

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PROCESSO PRODUTIVO DE INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS DE MADEIRA
PARA CANTEIROS DE OBRAS**

FERNANDO BRAGA DE SOUZA

**São Carlos
2016**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**PROCESSO PRODUTIVO DE INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS DE MADEIRA
PARA CANTEIROS DE OBRAS**

FERNANDO BRAGA DE SOUZA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, como requisito para obtenção do título de Mestre em Estruturas e Construção Civil.

Área de Concentração: Sistemas Construtivos

Orientadora: Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra

São Carlos

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Fernando Braga de Souza, realizada em 26/02/2016:



Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra
UFSCar



Prof. Dr. Francisco Ferreira Cardoso
USP



Prof. Dr. João Pedro Pereira Maia Couto
UM

AGRADECIMENTOS

Serei eternamente grato a Professora Dra. Sheyla Mara Baptista Serra, pela compreensão, atenção e disposição em me apoiar em todos os momentos da pesquisa. Obrigado por compartilhar seu conhecimento e me receber tão bem desde nosso primeiro contato.

Ao Professor Dr. José Carlos Paliari e a Professora Dra. Léa Cristina Lucas de Souza pelos conhecimentos transmitidos e pelas contribuições no exame de qualificação.

Ao Professor Dr. Francisco Ferreira Cardoso e ao Professor Dr. João Pedro Pereira Maia Couto pelas suas presenças durante a defesa e suas importantes sugestões que contribuíram para a melhoria deste trabalho.

Ao Professor Dr. Itamar Aparecido Lorenzon pela orientação no Programa de Estágio Supervisionado de Capacitação Docente (PESCD).

A todos os professores que participaram da minha pós-graduação no PPGECiv, por compartilharem seus conhecimentos comigo.

Ao Professor Dr. André Luiz Vivan pela amizade e contribuição na pesquisa.

A Arq. Mestre Adriana Gouveia Rodrigo e a equipe da POLI-USP pelo apoio nas pesquisas de campo.

Aos profissionais da construção civil Bruno Boff, Rogério Neves, Paulo Giacomini e Carlos Grazina pelo apoio em nossa pesquisa.

À FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) pelo apoio ao projeto de pesquisa CANTECHIS (Tecnologias para Canteiro de Obras Sustentável em Habitação de Interesse Social), pela implementação da bolsa de pesquisa tecnológica e pela oportunidade de aprendizado.

A minha noiva Raquel, a minha irmã Marina e aos meus pais Lucimara e Edson, por seu amor incondicional, pela paciência e por acreditarem em mim mais do que eu mesmo. Eu amo vocês.

E a Deus, por sua graça e misericórdia.

SOUZA, F. B. **Processo produtivo de instalações provisórias de madeira para canteiros de obras**. 2016. 126f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

RESUMO

Como estrutura de suporte à execução das obras, deve ser previsto e planejado um ambiente de trabalho provisório, que contenha áreas de apoio ao processo de produção, como as áreas administrativas, de vivência e operacionais. Esses tipos de instalações são muito comuns nas obras e o seu planejamento é tão importante quanto a disposição dos fluxos físicos de materiais necessários à execução dos serviços. Entretanto, a forma como este ambiente é projetado nem sempre segue regras estabelecidas e que agreguem produtividade ao processo. Tampouco se busca conhecer a diversidade de tipologias existentes para o projeto das instalações provisórias. Atualmente, existem sistemas construtivos industrializados específicos desenvolvidos para as instalações provisórias com foco na integração entre os processos de montagem e desmontagem, no reaproveitamento e na reciclagem dos componentes. A incorporação da tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) no mercado brasileiro atualmente tem ênfase na fase de projeto para edifícios, devido às suas vantagens consolidadas. Porém, este trabalho defende a utilização de BIM voltada para o projeto das instalações provisórias do canteiro de obras. Neste sentido, o objetivo geral desta pesquisa foi analisar o processo de produção das instalações provisórias industrializadas em madeira. Como objetivo específico, apresenta-se a viabilidade da utilização dos conceitos BIM também para este tipo de projeto, podendo agregar os benefícios desta metodologia. Por meio do método do Estudo de Caso, apresenta-se a pesquisa de campo que contém relato de visitas a dois fabricantes de instalações, acompanhamento de duas obras e proposição de um modelo virtual 4D simulando as fases de fabricação, montagem e desmontagem. Os resultados indicaram que o processo de produção das instalações provisórias pode ser melhorado com pequenas alterações e é possível ter benefícios na utilização do BIM para a concepção, projeto e simulações da montagem e desmontagem. A ferramenta obtida pode servir para o planejamento da execução e também para treinamentos de operários. Verificou-se que os fornecedores oferecem a oportunidade da reutilização das instalações industrializadas, contribuindo para diminuir desperdícios e custos, e promover a sustentabilidade.

Palavras-chave: instalações provisórias, canteiro de obras, instalações industrializadas em madeira, *Building Information Modeling*.

SOUZA, F. B. **Production process for wood provisional installations in construction sites**. 2016. 126f. Dissertation (Master degree in Structures and Civil Construction). Federal University of São Carlos, São Carlos, 2016.

ABSTRACT

A temporary work environment containing areas of support to the production process, such as the administrative, operational, and living areas should be foreseen and planned as support to the implementation of works. These types of facilities are very common in sites and their planning is as important as the provision of the physical flow of materials necessary to the execution of the services. However, the way this is designed not always follows the laid down rules that add productivity to the process. Nor does it meet the diversity of existing typologies for the design of interim facilities. Currently, there are specific industrial constructive systems developed for provisional installations with a focus on integration between assembling and disassembling procedures, and in the reuse and recycling of components. The incorporation of BIM (*Building Information Modeling*) technology in the Brazilian market currently has an emphasis on the design phase for buildings due to its consolidated advantages. However, this work supports the use of BIM for the design of temporary construction site installations. In this sense, the general objective of this research was to analyze the production process of provisional facilities industrialized in wood. The feasibility of using BIM concepts also for this type of project, enabling the aggregation of this methodology benefits is thus presented as a specific objective. Through the Case Study method, the field research is presented, containing reports of visits to two plant manufacturers, follow-up of two works, and proposition of a 4D virtual model simulating the phases of fabrication, assembly, and disassembly. The results indicated that the production process of provisional facilities could be improved with minor changes and also that it is possible to have benefits in the use of BIM for drafting, design, and simulation of assembly and disassembly. The tool obtained can be used for the implementation planning and also for training of workers. It was found that suppliers offer the opportunity to reuse industrialized facilities, helping to reduce waste and costs and to promote sustainability.

Keywords: provisional facilities, construction site, industrialized facilities in wood, *Building Information Modeling*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Instalação provisória em sistema pré-fabricado em madeira.....	28
Figura 2 - Instalação provisória em sistema pré-fabricado em madeira, dois pavimentos	28
Figura 3 - Sequência de desconstrução de uma edificação	32
Figura 4 - Cenário de fim de vida útil para ambiente construído.....	43
Figura 5 – Software AutoCAD 2012.....	63
Figura 6 – Software MS Project 2016	64
Figura 7 – Software SketchUp 2015	64
Figura 8 – Software Navisworks 2016	66
Figura 9 – Componentes não acabados	69
Figura 10 – Galpão da fábrica	69
Figura 11 – Tesouras estocadas	70
Figura 12 - Estruturas dos painéis	70
Figura 13 - Fabricação do painel	70
Figura 14 - Tesoura estocada	71
Figura 15 – Painéis estocados.....	71
Figura 16 - Regularização do terreno	77
Figura 17 - Marcação da fundação	77
Figura 18 - Execução do baldrame com blocos.....	77
Figura 19 - Aterro e compactação manual do solo	77
Figura 20 - Instalação do suporte da fixação da cinta inferior dentro dos blocos.....	78
Figura 21 - Instalação da cinta inferior junto ao suporte de fixação.....	78
Figura 22 - Fixação do painel na cinta inferior e colocação do cimbramento .	78
Figura 23 - Fixação dos painéis por meio de pregos com cabeça dupla	78
Figura 24 - Instalação da cinta de junção dos painéis e fixação das tesouras	78
Figura 25 - Fixação das terças e colocação das telhas	78
Figura 26 - Concretagem e acabamento com a alisadora de concreto	79
Figura 27 - Fixação dos painéis internos	79
Figura 28 - Realização das instalações elétricas e fiação	79
Figura 29 - Realização das instalações hidráulicas-sanitárias.....	79
Figura 30 - Instalação de batentes para portas e janelas	79

Figura 31 - Instalação de portas e janelas	79
Figura 32 - Colocação do forro	80
Figura 33 - Instalação de pias e vasos sanitários	80
Figura 34 - Realização da pintura.....	80
Figura 35 – Vista da obra finalizada.....	80
Figura 36 - Janela sem o batente	81
Figura 37 - Instalação do batente	81
Figura 38 – Painel com o batente	81
Figura 39 - Painel com batente e janela	81
Figura 40 - Imagem da implantação	87
Figura 41 - Imagem da planta.....	87
Figura 42 - Foto externa da instalação provisória	88
Figura 43 - Foto interna da instalação provisória.....	88
Figura 44 – Planta baixa do pavimento inferior.....	88
Figura 45 – Planta baixa do pavimento superior.....	89
Figura 46 – Simulação 4D da fabricação da tesoura no Navisworks.....	95
Figura 47 - Simulação 4D da fabricação do painel no Navisworks	96
Figura 48 – Planta baixa da área administrativa	98
Figura 49 - Instalação provisória modelada e “explodida” no SketchUp	99
Figura 50 – Vista do canteiro de obras visitado – representação no SketchUp com mapa GoogleMaps	99
Figura 51- Simulação 4D resumida da montagem da IP no Navisworks	100
Figura 52 - Simulação 4D detalhada no Navisworks	101
Figura 53 - Simulação 4D da desmontagem da IP no Navisworks	103
Figura 54 – Croqui da fábrica “A”.....	116
Figura 55 – Croqui da fábrica “B”.....	117

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Processo de projeto de elementos pré-fabricados.....	54
Fluxograma 2 - Desenvolvimento da pesquisa	68
Fluxograma 3 – Industrialização dos componentes na fábrica “A”	72
Fluxograma 4 – Industrialização dos componentes na fábrica “B”	73
Fluxograma 5 – Montagem dos componentes da IP na obra	76
Fluxograma 6 – Desmontagem dos componentes da IP na obra	83
Fluxograma 7 – Passos para a simulação da montagem e desmontagem dos componentes.....	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Atributos dos tipos de soluções tecnológicas utilizadas em instalações provisórias para canteiros de obras.....	26
Quadro 2 – Classificação dos resíduos da construção civil	38
Quadro 3 - Benefícios do BIM para o contratante.....	56
Quadro 4 - Benefícios do desenho de projeto	56
Quadro 5 - Benefícios na construção e fabricação	57
Quadro 6 - Benefícios pós-edificação	57
Quadro 7 – Comparação entre os processos produtivos nas duas fábricas...	74
Quadro 8 – Destinação dos componentes das instalações provisórias no canteiro pesquisado	91

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

AVI – *Audio Video Interleave*

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – Computer Aided Design

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos
Socioeconômicos

DFA – *Design for Assembly*

DFD – *Design for Disassembly*

DWF – *Design Web Format*

EUA – Estados Unidos da América

IP – Instalações Provisórias

ITEC – *Institut de la Tecnologia de la Construcción de Catalunya*

LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

NBR – Norma Brasileira

NR – Norma Regulamentadora

NWD – *Navisworks Document*

OSB – *Oriented Strand Board*

PIB – Produto Interno Bruto

PVC – *Polyvinyl chloride*

USGBC – *United States Green Building Control*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1.	Justificativa.....	16
1.2.	Objetivos da pesquisa.....	19
1.3.	Estrutura do trabalho.....	19
2	O CANTEIRO DE OBRAS E AS INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS	21
2.1	Projeto do canteiro	21
2.2	Tipologias das instalações provisórias	24
2.3	O ciclo de vida das instalações provisórias	28
3	DESCONSTRUÇÃO	31
3.1	Conceitos gerais sobre a desconstrução.....	31
3.2	Desmontagem	34
3.2.1	<i>Design For Assembly</i> (Projeto para Montagem)	34
3.2.2	<i>Design For Disassembly</i> (Projeto para Desmontagem)	36
3.3	Sustentabilidade da construção	37
3.3.1	Características do reuso	39
3.3.2	O processo do reuso.....	42
4	INDUSTRIALIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES	45
4.1	Conceitos gerais.....	45
4.2	Pré-fabricação na construção.....	46
4.3	A Concepção de Projetos com Pré-Fabricados.....	48
5	BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	51
5.1	Diretrizes BIM para implementação	52
5.2	BIM e construção pré-fabricada	53
5.3	Benefícios do BIM	55
6	MÉTODO DE PESQUISA	59
6.1	Pesquisa Bibliográfica	59
6.2	Estratégia de Pesquisa.....	59
6.3	Definição e Caracterização do Estudo de Caso	60
6.4	Elaboração dos Roteiros de Coletas de Dados.....	60
6.5	Pesquisa de Campo	61
6.6	Análise dos dados	62

6.7	Modelagem Computacional.....	62
6.7.1	AutoCAD.....	62
6.7.2	MS Project.....	63
6.7.3	SketchUp.....	64
6.7.4	Navisworks.....	65
6.8	Fluxograma de Pesquisa.....	67
7	ESTUDOS DE CASO.....	69
7.1	Análises dos procedimentos de fabricação dos componentes das instalações.....	69
7.1.1	Caracterização da fábrica “A”.....	69
7.1.2	Caracterização da fábrica “B”.....	70
7.1.3	Fluxograma do processo de montagem dos componentes pré-fabricados.....	71
7.1.4	Análise da fabricação dos componentes.....	74
7.2	Montagem dos componentes da fábrica “B” em canteiro de obra.....	75
7.2.1	Fluxograma do processo de montagem dos componentes na obra.....	75
7.2.2	Sequência da montagem realizada na obra.....	76
7.2.3	Fluxograma do processo de desmontagem dos componentes na obra.....	82
7.2.4	Análise dos processos acompanhados.....	84
7.3	Acompanhamento da gestão de resíduos oriundos das instalações provisórias.....	86
7.3.1	Caracterização da obra pesquisada.....	87
7.3.2	Caracterização do Projeto da Instalação Provisória.....	87
7.3.3	Geração de resíduos das instalações.....	89
7.3.4	Separação, acondicionamento e transporte dos resíduos.....	90
7.3.5	Caracterização da recicladora dos resíduos de madeira.....	92
7.3.6	Considerações deste estudo de caso.....	93
7.4	Simulação.....	93
7.4.1	Simulação da montagem dos componentes pré-fabricados.....	95
7.4.2	Simulação da montagem das instalações provisórias.....	97
7.4.3	Simulação da desmontagem das instalações provisórias.....	102
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
APÊNDICES	116
Apêndice A: Croquis das fábricas.....	116
Apêndice B: Questionário sobre as características da fabricação	118
Apêndice C: Questionário sobre as características do produto	119
Apêndice D: Questionário sobre características da instalação provisória .	120
Apêndice E: Questionário sobre processo de projeto.....	121
Apêndice F: Questionário sobre características de entrega e montagem da instalação provisória	122
Apêndice G: Questionário sobre caracterização do produto	124
Apêndice H: Questionário sobre processo de montagem	125
Apêndice I: Questionário sobre resíduos gerados nas fábricas.....	126

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil tem sido historicamente um dos mais importantes da economia nacional. Além de ser um grande empregador de mão-de-obra, tem elevada participação na formação bruta de capital fixo e na geração do Produto Interno Bruto (PIB) (Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (CBIC), 2015). Nos últimos anos, a construção civil brasileira vem passando por um processo de mudanças e reestruturação produtiva em diversos de seus segmentos, impactando diretamente no cotidiano dos trabalhadores e do movimento sindical do setor (Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE), 2004). Dentre as mudanças mais impactantes propiciadas pelo avanço tecnológico, surgiu a pré-fabricação, que colabora para construções mais racionalizadas, rápidas e com melhores índices de produtividade.

A pré-fabricação pode ser entendida como uma etapa fundamental para a construção industrializada (BRUNA, 2002). Neste sentido, ela vem sendo alvo de discussão desde meados do século passado, quando sua utilização nas construções se tornou mais relevante. Segundo esse mesmo autor, suas origens remontam à Revolução Industrial e aos primórdios da mecanização da produção. Como a pré-fabricação exigia um maior planejamento de todo o processo produtivo, esse tipo de construção estimulou o desenvolvimento das fases envolvidas com o projeto e com a fabricação. Isso ocorreu principalmente com a industrialização de ciclo aberto. Nela, procurou-se a pré-fabricação dos componentes por meio de indústrias diversas, ou seja, diversos fornecedores contribuem para a construção de um edifício. Diferentemente do ciclo fechado, em que apenas um fornecedor pré-fabricava os componentes, no ciclo aberto é necessária uma maior cooperação entre as empresas para a criação de componentes que possam ser assimilados pelo mercado (BRUNA, 2002).

Durante a fase de execução do empreendimento, é necessário ter-se um espaço denominado canteiro de obras que serve ao desenvolvimento das atividades de obra. Segundo NBR 12284 (ABNT, 1991), o canteiro é o “conjunto de áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência”, e deve ser projetado segundo o planejamento e especificidades do empreendimento.

Existem regras legais no Brasil que orientam a elaboração do projeto do canteiro - NBR 12284 (ABNT, 1991) e a NR-18: Norma Regulamentadora número 18 (BRASIL, 2015).

Entre os vários ambientes previstos para o canteiro de obras estão as áreas de vivência (refeitórios, sanitários, vestiários, alojamentos, etc.) e as áreas administrativas (escritórios, salas de reunião, almoxarifados, etc.), que devem ser dimensionadas e projetadas para o uso correto. Em estudo realizado por Cesar et. al (2011) e Trotta et al. (2012) sobre as “instalações provisórias” (IP) em canteiros discute-se o potencial de melhoria possível no processo de produção das mesmas. Entre as estratégias elencadas, está prever o uso de tipologias industrializadas fornecidas no mercado brasileiro e a reutilização dos materiais constituintes após desmontagem.

Essas instalações são edificações consideradas temporárias ou provisórias, ou seja, somente estarão presentes na obra durante a fase de execução do edifício e enquanto houver disponibilidade do local no canteiro. Depois serão desconstruídas ou desmontadas e, eventualmente, remontadas. Neste caso, é interessante considerar que o processo de desmontagem tenha sido planejado e que a concepção do sistema construtivo preveja o reaproveitamento e remontagem (SOUZA e SERRA, 2016). A pré-fabricação surge, então, como uma alternativa racionalizada e produtiva para uso em instalações provisórias (IP) do canteiro, facilitando as fases de montagem e de desmontagem.

De acordo com Dias (2013), a distribuição das áreas de vivência e o posicionamento das instalações temporárias necessárias em uma obra são tradicionalmente feitos de maneira empírica, prevalecendo, muitas vezes, as experiências dos empreendimentos anteriores, sendo comumente executadas sem qualidade e por mão de obra não qualificada.

Em contrapartida, a Norma Regulamentadora NR-18: Condições e meio ambiente do trabalho na indústria da construção (BRASIL, 2015) solicita, desde sua reedição em 1995, que seja feita a elaboração do projeto do canteiro de obras e, mais recentemente, a “previsão de dimensionamento das áreas de vivência”. Considerando a necessidade de incorporar benefícios sociais, econômicos e ambientais ao empreendimento durante a fase de execução, o planejamento do projeto ou layout do canteiro e a definição do sistema

construtivo das instalações provisórias estão se tornando aspectos relevantes para melhorar a gestão das obras.

De acordo com Santo Jr e Azzolini (2009), a dificuldade de se aplicarem as Normas – NBR 12284 (ABNT, 1991) e NR-18 (BRASIL, 2015) – referentes às condições das instalações provisórias nos canteiros de obras é uma questão cultural, pois, em grande parte do tempo, o engenheiro responsável preocupa-se com a produção e os gastos relacionados diretamente com resultados visíveis e imediatos da produção.

Deste modo, é fundamental que as empresas se conscientizem que podem ocorrer perdas inerentes ao não planejamento das instalações temporárias, assim como devem prever sistemas construtivos reutilizáveis em empreendimentos futuros e adequados às necessidades dos trabalhadores e da obra, a fim de trazer benefícios sociais, econômicos e ambientais à construtora.

Para Saurin e Formoso (2006), a combinação de espaço limitado com o amplo número de elementos que compõem um canteiro de obra torna a concepção do projeto do ambiente similar à montagem de um “quebra-cabeça”, necessitando de criatividade por parte do projetista para encontrar soluções viáveis e adequadas à realidade do canteiro.

Neste sentido, a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), que tem sido utilizada para a elaboração de projetos na construção civil (SACKS; PARTOUCHE, 2010), pode ser empregada para o desenvolvimento do projeto do canteiro de obras e de suas respectivas instalações provisórias.

Os aplicativos BIM possuem um banco de dados que, além de exibir a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, armazena seus atributos e, portanto, transmite mais informação do que modelos CAD tradicionais. Além disso, uma vez que os elementos são paramétricos, é possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto. Esse processo estimula a experimentação, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade (FLORIO, 2007).

Os aplicativos BIM também possuem, em geral, bibliotecas com componentes típicos da indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC). Essas bibliotecas podem ser também acrescidas dos produtos e catálogos disponibilizados pelos fabricantes da construção provisória pré-fabricada. Deste

modo, o projeto é feito por meio da composição de elementos de construção, o que o torna muito similar à lógica da construção pré-fabricada.

As oportunidades de uso dos modelos BIM no canteiro de obras para instalações provisórias pré-fabricadas podem ser úteis para comparar o caso real ao modelo virtual 4D (que considera as três dimensões espaciais e o tempo), tanto no processo de montagem quanto no de desmontagem, visando otimizar esses processos.

Os processos de montagem e de desmontagem podem gerar resíduos inerentes aos mesmos. Assim, a proposição do projeto e consequente redução dos resíduos torna-se uma importante ferramenta de gestão ambiental nos canteiros de obra.

A necessidade de projetos sustentáveis e a possibilidade de reutilização das construções temporárias para uso em canteiro de obras justifica o uso de aplicativos para o projeto do processo de fabricação e de montagem e desmontagem das instalações provisórias em canteiro de obras.

1.1. Justificativa

A construção do *Empire State Building* em 1930 é um modelo de gestão antigo, mas que, ainda hoje, em muitos sentidos ultrapassa o desempenho do processo produtivo de várias construções atuais. A discussão de Sacks e Partouche (2010) mostra que a obra se constituiu num fenômeno bastante curioso, sobretudo se for considerado os avanços tecnológicos na época em termos de tipologia dos materiais, planejamento, métodos de comunicação durante a obra e estratégias de organização da mão de obra. Apesar de não haver ferramentas de apoio computacional, a obra conseguiu ser realizada conforme o planejado. O grande mérito foi o entendimento antecipado dos fatores que influenciam o processo de produção, bem como a integração do projeto com a execução.

Entretanto, hoje pode-se contar com ferramentas de apoio ao projeto e planejamento que facilitem as condições de êxito do empreendimento. Torna-se importante prever novas estratégias de desenvolvimento do processo de projeto para garantir a melhor performance do empreendimento e facilitar a visualização das etapas de produção. O uso dos programas computadorizados para projetos

atualmente são elementos que podem tornar a construção mais eficiente (SACKS e PARTOUCHE, 2010).

Neste sentido, a incorporação de modelos a partir da tecnologia BIM que considerem o planejamento (4D) e o custo (5D) pode contribuir não apenas para um melhor desenvolvimento na construção, mas também para a busca da produtividade no consumo de insumos. Ou seja, em projeto pode-se cumprir necessárias determinações ambientais, como as do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), evitando, por exemplo, o desperdício de materiais na construção civil e a má gestão de resíduos perigosos.

O estudo de Eastman *et al.* (2011) apresenta que o desenvolvimento de metodologias para a gestão e controle da construção podem ajudar a eliminar as falhas de cumprimentos de prazos, reduzir os custos excedidos, garantir um fluxo adequado de informação confiável ao longo de todo o processo, contribuindo, assim, para a melhoria da produtividade e qualidade na construção, tornando o setor mais competitivo.

No Brasil, as empresas enfrentam dificuldades inerentes à mudança de paradigma para introdução do conceito BIM. Faltam profissionais capacitados e a disseminação do assunto, pois ele ainda não é amplamente discutido nas universidades para que os futuros profissionais aprendam e possam introduzi-lo nas empresas.

Scheer *et al.* (2011) analisam que é possível, com a utilização do BIM, extrair dados que podem facilitar o processo de quantificação de serviços da obra, gerando planilhas automaticamente. Costa e Serra (2014) compararam as formas de levantamento de quantitativos do modo tradicional e com o uso de aplicativo 3D. Verificaram que os quantitativos extraídos do BIM apresentaram um alto grau de confiabilidade e que a grande maioria dos itens da planilha orçamentária podia ser extraída de forma automática por meio do modelo BIM. Com isso, foi possível analisar que o BIM é uma ferramenta que não apenas facilita as atividades de projeto, mas também contribui para outras atividades, como orçamento, eliminando os erros manuais comuns do levantamento de quantitativos e colaborando para a qualidade do orçamento.

Scheer *et al.* (2011) mencionam que, para que os benefícios do BIM possam ser plenamente atingidos, existe a necessidade das etapas de desenvolvimento do projeto e do planejamento serem realizadas de forma

integrada com os principais agentes envolvidos. Os agentes devem conhecer as ferramentas de tecnologia da informação e comunicação disponíveis para melhorar o processo.

Por exemplo, as ferramentas de modelagem 4D podem importar modelos de sistemas CAD ou BIM (EASTMAN *et al.*, 2011). Os softwares e ferramentas especializados em 4D proveem conexão direta com o cronograma e o modelo da construção, tornando o processo mais rápido e confiável se comparado à tecnologia CAD (EASTMAN *et al.*, 2011). Dessa forma, a modelagem 4D com tecnologia BIM utiliza ferramentas de análise que incorporam os componentes BIM e informações sobre o método de construção para que os planejadores otimizem o sequenciamento das atividades. Essas ferramentas incorporam o espaço, a utilização dos recursos e informações de produtividade (EASTMAN *et al.*, 2011).

Segundo Dispenza (2010), o BIM pode seguir todas as etapas do processo produtivo do edifício: análise de viabilidade, projeto conceitual, detalhamento do projeto, análise e cálculo estrutural, documentação (projetos, cronogramas, orçamentos etc.), pré-fabricação, execução, apoio logístico, operação e manutenção, renovação e demolição. Assim, o BIM facilita e possibilita que as informações estejam disponíveis por todo o ciclo de vida de uso do edifício.

Entre as etapas apresentadas, uma das menos estudadas por meio do BIM é a de demolição, que pode também ser projetada para possibilitar o reaproveitamento dos componentes. Para Couto *et al.* (2006), a demolição seletiva ou desconstrução surgiu em virtude do rápido crescimento da demolição de edifícios e da evolução das preocupações ambientais da população. Segundo esses autores, a desconstrução de um edifício é um processo que se caracteriza pelo seu desmantelamento ou desmontagem cuidadosa, de modo a reduzir os resíduos e possibilitar a recuperação, reaproveitamento ou reuso dos materiais e componentes da construção.

Além de a edificação permanente ser, naturalmente, o objeto de uso de BIM, as construções temporárias em canteiro de obra também podem contar com esse tipo de ferramenta em sua concepção. De modo geral, espera-se que as fases de montagem e de desmontagem no canteiro sejam mais bem implementadas a partir de um estudo específico com uso de programas BIM.

O potencial de uso do BIM para o projeto do canteiro e de suas instalações pode ser percebido pelos agentes antes mesmo de seu ingresso no canteiro. A própria demonstração das suas capacidades na fase de projeto aponta situações ideais para o exercício de BIM, tais como a obtenção de quantitativos específicos e imediatos, além da visualização de detalhes do modelo que não haviam sido previamente documentados.

1.2. Objetivos da pesquisa

Objetivo geral

Diagnosticar e propor melhorias no processo produtivo das instalações provisórias industrializadas em madeira presentes nos canteiros de obras, considerando as etapas de projeto, fabricação, montagem, desmontagem e sua reutilização ou descarte.

Objetivo específico

Demonstrar a utilização da tecnologia BIM na simulação do processo de fabricação, montagem e desmontagem das instalações provisórias de madeira para canteiro de obras.

1.3. Estrutura do trabalho

Assim, para alcançar os objetivos propostos, organiza-se o estudo em sete capítulos. No **capítulo um** discute-se a relevância das instalações provisórias de madeira e incorporação da tecnologia BIM para a construção civil, estabelecendo uma base para a importância de investir-se em tais tecnologias não apenas para um melhor desenvolvimento da obra, mas também para o cumprimento de cuidados ambientais e organizacionais essenciais.

Posteriormente, no **capítulo dois** discutem-se os temas teóricos envolvidos a respeito dos canteiros de obras e da tipologia das instalações provisórias. Em seguida no **capítulo três** é apresentada uma reflexão sobre o processo de desconstrução e a consideração da sustentabilidade na indústria da construção. O **capítulo quatro** apresenta uma discussão sobre a

industrialização na construção, o uso de pré-fabricados e o desenvolvimento de projetos com foco na pré-fabricação. Em seguida, no **capítulo cinco**, confere-se destaque à tecnologia BIM e ao uso de softwares utilizados nos processos de gestão da construção (que serão utilizados nesta pesquisa).

Por sua vez, o **capítulo seis** apresenta o método de pesquisa utilizado para a pesquisa, descrevendo as etapas, dentre elas a pesquisa bibliográfica, a elaboração de roteiro de coleta de dados, a pesquisa de campo e a análise dos dados.

Em seguida, no **capítulo sete** apresentam-se os estudos de caso desenvolvido em duas fábricas e dois canteiros de obra (montagem e gestão dos resíduos) e as correspondentes análises realizadas, contemplando em um âmbito prático os objetivos propostos nesta dissertação. Ao final do capítulo são propostos os modelos que representem os processos de montagem e desmontagem estudados.

Finalmente, apresentam-se as considerações finais da dissertação, com base nas referências bibliográficas estudadas, no método realizado e na análise dos estudos de campo desenvolvidos.

De acordo com as normas de trabalho acadêmico, apresentam-se as referências bibliográficas consultadas e os apêndices contendo as perguntas e respostas obtidas durante a pesquisa de campo.

2 O CANTEIRO DE OBRAS E AS INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS

2.1 Projeto do canteiro

No estabelecimento do espaço dos canteiros de obras, planejar as condições de trabalho é tão importante quanto armazenar os materiais que nele serão utilizados. Assim, a organização dos canteiros é fundamental para o desempenho da obra, sobretudo a partir da ótica que seja necessário um fluxo constante de materiais para sua realização. Torna-se, assim, fundamental que os espaços de produção, de administração e de vivência no ambiente laboral sejam planejados com cuidado, permitindo melhor produtividade aos funcionários (MONTMOLLIN, 1994¹ *apud* TROTТА, 2011).

Uma vez que os operários, serventes e também engenheiros e projetistas permanecem de oito a nove horas por dia no espaço do canteiro de obras, é necessário que se ofereça, além de condições propícias para a realização das atividades necessárias, o máximo de conforto e bem-estar possíveis a estes trabalhadores. Assim, as construtoras devem privilegiar não somente um bom planejamento anterior da obra, mas também aspectos da qualidade de vida no ambiente de trabalho, bem como uma menor incidência de acidentes e desconfortos (CESAR *et al.*, 2011).

Dada a obrigatoriedade da implementação de áreas de vivência, estabelecidas pela NBR 12.284 (ABNT, 1991) e pela NR-18 (BRASIL, 2015), que descrevem a necessidade de instalações sanitárias, refeitório, cozinha, atendimento ambulatorial, lavanderias e mesmo áreas de lazer, a realização de instalações provisórias nas obras é um dos componentes que o Ministério do Trabalho trata com maior rigor durante suas fiscalizações (TROTТА *et al.*, 2012).

Neste sentido, quando se discute o caráter provisório destas instalações, não se refere a um cunho potencialmente precário que se pode interpretar nesta terminologia, sobretudo porque se trata de construções essenciais para que se

¹ MONTMOLLIN, M. **Sur le travail - choix de textes (1967-1992)**. Collection Travail. Toulouse: Octares Éditions, 1994.

iniciem e fluam as atividades nos canteiros de obras (REIS *et al.*, 2004). Mas se destaca o caráter transitório de uso e ocupação este tipo de edificação. Ainda assim, as empresas construtoras vêm apresentando pouca experiência com a realização deste tipo de construção temporária, de modo que, na maioria das vezes, contam com mão de obra pouco especializada e sem os cuidados técnicos que possam ser necessários para a desconstrução da instalação provisória (DIAS, 2013).

Um dos potenciais motivadores de tal descaso com a realização destas instalações provisórias é o curto período de utilização de tais instalações, uma vez que a sua vida útil é menor do que o tempo necessário para a execução da obra como um todo. Este caráter efêmero pode levar o empresário a ter pouco interesse em investir consideravelmente em tais espaços, valendo-se, antes, de improvisos e produtos de qualidade inferior (OLIVEIRA e LEÃO, 1997).

O projeto do canteiro precisa considerar a dinâmica da obra, ou seja, não se deve pensar que o espaço do canteiro de obras é um lugar fixo e sem possíveis mutações, pois uma vez que se iniciam as etapas da obra, diversas demandas além daquelas pensadas inicialmente podem emergir. Além disso, o espaço do canteiro de obras pode mudar consideravelmente após a concretização de uma etapa da execução, para que então se inicie outra. Neste mesmo sentido, Trotta (2011) aponta também potenciais mudanças nas áreas de vivência e áreas administrativas que normalmente são realocadas dentro do canteiro de obras.

Assim, a depender das características do empreendimento que se está realizando, a realocação ou desmonte das instalações provisórias pode gerar grandes quantidades de entulho e desaproveito de materiais para construções posteriores, gerando novo custo de implantação, encarecendo e dificultando a realização da obra.

A padronização do projeto do canteiro, pensando em soluções também padronizadas para situações recorrentes, aparece como uma tentativa empresarial e estratégica para firmas que realizam construções semelhantes. Um exemplo pode ser observado em Cozza (1998) que apresenta a experiência de uma construtora que usa da aplicação de um padrão construtivo em suas obras e conseqüente organização do processo de produção. Segundo esse autor, a empresa formou grupos de desenvolvimento tecnológico responsáveis

por padronizar soluções para serviços diversos do edifício, como preparação do canteiro de obras, estruturas, vedações e acabamentos, impermeabilização, instalações prediais, projetos, segurança do trabalho e informatização, conseguindo ótimos resultados de mercado. Assim, apesar de terreno possuir configurações diferentes, mantém-se como padrão as soluções construtivas e de organização do espaço do canteiro.

Dessa forma, para Saurin e Formoso (2006) mesmo que sejam demarcadas as particularidades necessárias a cada *layout*, as instalações provisórias podem ter cunhos comuns em diferentes empreendimentos. Estas regularidades podem ser definidas a partir de necessidades ambientais e/ou legais, e sua padronização se justifica na medida em que a realização de tais instalações são recorrentemente requisitadas em diferentes empreendimentos.

Arslan (2007) em estudo sobre construções emergenciais (decorrentes de necessidades de alocação da população após catástrofes) argumenta que se trata, antes de tudo, de uma questão de adaptação para que se construa em um prazo curto e com baixo custo. Além disso, podem ser incorporados os princípios de uma montagem que pode ser reaproveitada, cumprindo necessárias exigências ambientais, em caso de nova necessidade. Tal adaptação é possível, uma vez que se verifica a presença de diversos fatores em comum para tais tipos de construção, que ainda são pouco difundidos.

Neste sentido, em uma primeira vista, os investimentos em tecnologias que possibilitem a montagem, o reuso e que sejam de boa qualidade, bem como a adequação às exigências das normas vigentes, podem parecer cuidados excessivos para a execução de instalações provisórias. No entanto, a fase de planejamento da obra e dos canteiros acarretará em menores gastos com recursos necessários, além de reduzir os desperdícios pelo reaproveitamento dos materiais em futuros empreendimentos.

Assim, se comparada à realização da obra em sua integridade, a fase de planejamento do canteiro demanda poucas horas e baixo custo, o que confere força não apenas à necessidade do investimento e divulgação de tais tecnologias, mas também da sua aplicabilidade, uma vez que os recursos necessários são irrisórios frente aos benefícios de sua execução (SAURIN e FORMOSO, 2006).

Além disso, a incorporação de novas tecnologias como o BIM e o conhecimento da diversidade de soluções existentes no mercado brasileiro das instalações provisórias, pode agregar novos benefícios ao processo de projeto do canteiro. Neste sentido, serão explorados nos próximos subitens algumas das propriedades deste tipo de edificação.

2.2 Tipologias das instalações provisórias

De acordo com o levantamento realizado por Birbojm e Souza (2001), as construtoras realizam a escolha da tecnologia e materiais das instalações provisórias dos canteiros sem um conhecimento apurado dos benefícios e possíveis perdas. Isso acarreta no surgimento de aspectos dos canteiros de obras que não favorecem um bom desenvolvimento do ambiente de trabalho, como, por exemplo, uma má disposição das áreas de vivência.

Ainda que, na maioria dos canteiros de obras, existam majoritariamente espaços improvisados construídos por chapas de madeira compensada, há diversas possibilidades de soluções tecnológicas para o estabelecimento de instalações provisórias que podem ser exploradas. Neste sentido, cada uma destas tipologias comporta diferentes benefícios e desvantagens (SAURIN e FORMOSO, 2006).

Para Cichinelli (2015), a escolha do material e da tipologia das instalações para alojamentos e áreas de vivência nos canteiros deve considerar a duração da obra, o custo da solução tecnológica, sua correspondente manutenção e a vida útil. Para essa autora, a escolha do fornecedor deve considerar aquele que atende os requisitos mínimos legais estabelecidos para essas áreas, como altura do pé-direito, condições de ventilação e iluminação.

Entretanto, em relação às construções emergenciais têm sido desenvolvidas tecnologias que favoreçam a rapidez na execução das mesmas. Pesquisas têm sido feitas no sentido de atender às construções emergenciais em vários países. No Reino Unido, em um contexto após a Segunda Guerra Mundial, Vale (1995) descreve uma série de construções que foram realizadas em massa em tal período, destinadas, sobretudo, a repor moradias que então foram destruídas por ataques durante este confronto bélico. O *Temporary*

Housing Program, realizado no Reino Unido de 1945 a 1949, tinha como objetivo inicial a construção de moradias emergenciais.

Foram desenvolvidos protótipos de sistemas como: estrutura de aço com painel em fibrocimento para revestimento de fachada (*Arcon Bungalow Programm*), painéis de madeira pré-fabricados e montados em obra (*The Uniseco Programm*), painel de concreto com cimento com agregado tratado quimicamente e com telhado de madeira (*The Tarran Bungalow Programm*) e estrutura e painéis em alumínio (*The Aluminium Temporary Bungalow Programm*). Dentre todos os tipos de soluções apresentados pela autora, os bangalôs temporários construídos em alumínio foram as edificações tomadas como mais racionalizada. Seu projeto de produção foi feito, inicialmente, em cinco fábricas: as casas eram pré-fabricadas em quatro seções juntamente a seu acabamento, de modo que cada seção era erguida por um guindaste de cinco toneladas de capacidade. As unidades eram suspensas na fábrica durante a produção, o que permitia que fossem agregadas e niveladas antes que fossem finalmente fixadas no local. Apenas uma junção era requerida para cada um dos serviços do local (lixo, água, eletricidade e, possivelmente, gás), de modo que despediam cerca de 30 a 40 horas de trabalho para uma equipe experiente (VALE, 1995).

Johnson (2002) em pesquisa sobre alojamentos temporários pós-desastre na Turquia, verificou que existiam cinco tipos de soluções tecnológicas: pré-fabricadas em aço, construções em madeira, construções em papelão, em tendas (barracas) e abrigos de autoconstrução. Para o autor, cada tipo de acomodação possui características próprias. Assim, os tomadores de decisão podem escolher um, ou uma combinação de vários tipos de alojamento temporário, depois de fazer todas as considerações de planejamento necessárias, como clima, tempo de utilização e durabilidade.

No Brasil, algumas soluções foram propostas para construções emergenciais que podem ser adaptadas para as instalações provisórias. Dias (2013) identificou várias tipologias diferentes, conforme Quadro 1, onde se pode observar as vantagens e desvantagens das soluções tecnológicas ou sistemas construtivos identificados e existentes no mercado.

Quadro 1 - Atributos dos tipos de soluções tecnológicas utilizadas em instalações provisórias para canteiros de obras

Tipologia	Vantagens	Desvantagens
Sistema Tradicional em Chapas de Madeira Compensada	É bastante versátil quanto às formas e necessidades do canteiro.	O processo de montagem costuma despende muito tempo, além de não possuir um projeto voltado à racionalização dos materiais, os quais possuem baixa resistência às intempéries e, conseqüentemente, menor durabilidade. Como o reaproveitamento é difícil, muitas vezes, gera grande quantidade de resíduos.
Chapas de Aço Galvanizado	Resistência mecânica, simplicidade na montagem e desmontagem, grande flexibilidade à modulação e reaproveitamento independentemente do projeto.	Em alguns ambientes são necessários isolamento acústico, contra intempéries e privacidade, características não englobadas pelas telas.
Construções em Alvenaria	Durabilidade, resistência a impactos, conforto térmico e acústico, além da segurança patrimonial.	Custo, tempo de execução e baixo reaproveitamento dos materiais.
Aproveitamento de Construções Antigas	Ambientes prontos, sem a necessidade de investir em instalações temporárias durante todo o período construtivo.	Necessidade de demolição e sobreposição com atividades na periferia do empreendimento.
Sistema Pré-Fabricado em Madeira	Tratados contra-ataques de micro-organismos, podem ser reutilizados de cinco a sete vezes. Possuem alta resistência a intempéries. Sua alta resistência à delaminação e ao empenamento garante as condições higiênicas, durabilidade e aparência necessárias para a qualidade da edificação. Possui projeto que prevê a etapa de desmontagem.	Possuem baixa resistência mecânica. São necessárias fundações constituídas por baldrames, sapatas corridas ou <i>radiers</i> em concreto armado de acordo com as necessidades específicas de cada solo ou edificação.
Concreto Celular Autoclavado	Excelente conforto termo acústico e bom acabamento. A rapidez na execução e compatibilidade com qualquer dimensão de projeto são tratadas com elementos inertes e inorgânicos que evitam agressões de pragas e fogo, proporcionando resistência às intempéries.	É necessária a execução de fundações, a saber, baldrames, sapatas corridas ou radiers, em concreto armado.

Tipologia	Vantagens	Desvantagens
Contêiner Metálico	Independência de fundações, facilidade de transporte, possibilidade de reaproveitamento, resistência contra intempéries e propagação de fogo. Ainda, pequeno tempo de montagem e desmontagem, bem como versatilidade de arranjos internos, sendo possível abrigar inclusive banheiros. Geração de resíduos quase nula.	Alto custo de locação e o considerável desconforto térmico e acústico, sendo necessário o uso de ar condicionado.
Construções Temporárias em Chapas de Aço	Elevada resistência mecânica, não necessidade de executar fundações, grande resistência às intempéries, o que lhe confere diversas reutilizações.	Desconforto térmico.
Instalações Provisórias em Polietileno Reciclado	Não são necessárias fundações; assim, apenas um solo nivelado é o bastante para que se mantenha a sustentação. Variedade de materiais que podem ser utilizados para a cobertura. Bom acabamento. Prevê a desmontagem e o reaproveitamento dos resíduos.	A realização de acabamentos com placas de gesso ou reboco é de extrema importância, o que pode encarecer a implementação. Isso deve ocorrer porque este sistema é bastante inflamável, apesar de possuir maior resistência ao fogo que materiais plásticos convencionais, proporcionando um tempo de fuga bastante reduzido se comparado a construções de concreto, alvenaria e aço.
Galpões Estruturados	Possuem alta tenacidade e durabilidade, sendo adequados tanto para o armazenamento de produtos quanto para o abrigo de pessoas em canteiros de obras; dispensam a construção de fundações. O material de cobertura apresenta alta resistência, durabilidade, impermeabilidade, auto extingüíveis e possui tratamento antimofa, além de custo acessível e fácil manutenção, montagem, transporte e desmontagem, sem geração de barulho e entulhos.	Os galpões costumam apresentar altura central e dimensões maiores com, no mínimo, quatro metros, sendo maiores do que as instalações provisórias convencionais. Este pode ser considerado um dos motivos de não serem utilizados em todos os tipos de obras; especialmente, quando o canteiro apresenta pouco espaço livre.
Barracas e Tendas em Lona	São sistemas modulares leves que oferecem abrigos resistentes, de rápida montagem, fácil transporte e que suportam grandes variações climáticas; não geram resíduos; não necessitam de fundações específicas e não apresentam obstáculos intermediários.	

Fonte: baseado em Dias (2013).

Entre as tipologias listadas anteriormente, pode-se afirmar que as duas mais amplamente utilizadas no Brasil são a de madeira compensada (improvisada) e a de pré-fabricada em madeira.

Este último tipo de solução tecnológica (Figuras 1 e 2) pauta-se no processo industrial de seus componentes; ou seja, trabalha-se com uma série de painéis modulados, que são entregues prontos na obra. Os componentes normalmente são tratados contra a ação de microrganismos que podem desgastá-los, são realizados de acordo com a demanda do projeto do fornecedor, de modo que podem ser utilizados de cinco a sete vezes se bem aproveitados (BIRBOJM e SOUZA, 2001).

Figura 1 - Instalação provisória em sistema pré-fabricado em madeira



Figura 2 - Instalação provisória em sistema pré-fabricado em madeira, dois pavimentos



Fonte: elaborado pelo autor.

O sistema pré-fabricado em madeira, por sua importância e utilização no mercado brasileiro, foi escolhido como estudo de caso nesta dissertação.

2.3 O ciclo de vida das instalações provisórias

Tendo se originado no campo das ciências da natureza, o conceito de ciclo de vida refere-se ao caráter efêmero dos produtos, organizações, setores econômicos, empreendimentos etc., que, assim como uma vida presente na natureza, nascem, crescem, amadurecem e morrem. No campo da construção civil, este conceito refere-se aos modelos que pautam a concepção dos procedimentos para a realização de empreendimentos (LYRIO e AMORIN, 2006).

Dentro do que se compreende e como o ciclo de vida de uma construção civil, como é o exemplo da realização de um edifício, a etapa de construção compreende uma parte significativa dos potenciais impactos ambientais causados pela construção civil à natureza, sobretudo em relação à perda de materiais, mau tratamento de resíduos, interrupções nos arredores das obras e no espaço físico do local de construção. Assim, conhecidos os potenciais danos que tal impacto da construção pode ter, a seguinte etapa se centra em definir quais são as práticas que se realizam para atenuá-los ou mesmo eliminá-los.

Em um sentido bastante geral, Caixeta *et al.* (2008) asseveram que os estudos de desenvolvimento sustentável devem abordar a questão do ciclo de vida das obras, medindo os impactos ambientais gerados por tais processos. Isto se dá pautado em inventários de entradas e saídas de energias, além da contabilização dos insumos e custos de produção, que podem compreender todas as fases do processo ou somente uma etapa do ciclo de vida do edifício e do subsistema.

Neste sentido, a delicada relação do edifício e o meio ambiente em que se o insere se dá em momentos distintos de sua existência, envolvendo diversos agentes da cadeia produtiva, de modo que em cada uma das etapas do ciclo de vida de tais construções se desenvolvem atividades para tornar menos conturbada tal interação com o meio ambiente. Tal entendimento pode ser extrapolado para as edificações ou instalações provisórias existentes nos canteiros de obra.

Assim, o ciclo de vida de uma edificação permanente ou provisória contempla as seguintes fases (DIAS, 2013):

- Planejamento: fase inicial que trata dos estudos de sua viabilidade física, econômica e financeira, além de serem elaborados os projetos, especificações e a programação do desenvolvimento das atividades construtivas;
- Implantação: trata-se da fase da construção, propriamente dita;
- Uso: fase de operação da edificação, etapa em que a mesma é ocupada por seus usuários;
- Manutenção: fase que tem origem na necessidade de reposição de componentes que atingiram o final de sua vida útil, de manutenção de equipamentos e sistemas, de correção de falhas de execução ou das patologias e de adequação às alterações de comportamento do usuário ou à sua finalidade;

- Desconstrução: fase de inutilização da edificação por meio de um processo de demolição, ocorrendo etapas seguintes de descarte, reaproveitamento ou reciclagem.

É relevante que se aponte ainda que a sequência das fases ou etapas realizadas não pode ser entendida como um conjunto de tomadas de decisões isoladas, em que o resultado final de uma etapa não influencia a realização de outra. Deve ser considerado que o procedimento compreende um fluxo contínuo de materiais e componentes, com inter-relações diretas e significativos efeitos nas etapas que se seguem. Neste sentido, muitas atividades ocorrem ao mesmo tempo e podem ser sobrepostas, como é o exemplo da fase de manutenção, que ocorre, grosso modo, durante a fase o uso da edificação.

A investigação realizada por Arslan e Cosgun (2008) menciona que, para que se pudesse aprimorar o desempenho das instalações emergenciais, é necessário o estímulo ao debate sobre os impactos causados por distintos materiais de construção ao longo do ciclo de vida destas instalações, ao mesmo tempo em que se discute sobre o descarte e o reaproveitamento dos insumos. Desta maneira, os autores defendem que os componentes sejam reutilizados e que os resíduos sejam reciclados depois de sua desmontagem.

No entanto, o estudo realizado nesta dissertação teve seu principal enfoque em questões que dizem respeito ao processo de fabricação, montagem e desmontagem das instalações, e não à análise do ciclo de vida em si. Isso porque entendeu-se que é possível a proposição de reaproveitamento das instalações por meio de um projeto que considere a montagem e a desmontagem planejadas, agregando economia de custo e otimização do prazo.

Desta maneira, esta pesquisa se desenvolveu por meio de uma investigação das características dos processos de construção de instalações provisórias industrializadas de madeira pelos fornecedores, estendendo as análises à sua possível reutilização nos canteiros de obras. Por isso, o processo de desconstrução das instalações provisórias deve ser conduzido por critérios técnicos e planejados, como será comentado no capítulo a seguir.

3 DESCONSTRUÇÃO

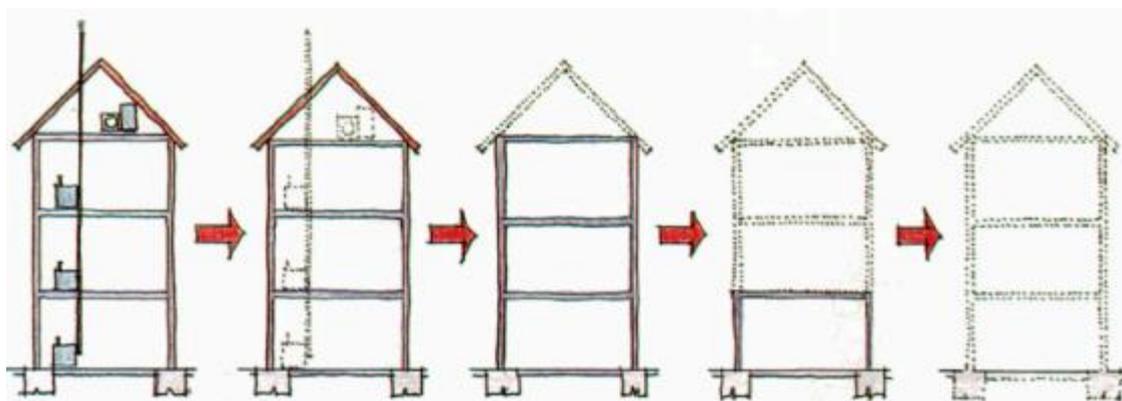
3.1 Conceitos gerais sobre a desconstrução

Enquanto a demolição tradicional visa remover a edificação o mais rápido possível, a desconstrução ou demolição seletiva busca separar os materiais para o reuso e reciclagem (LIPSMEIER e GÜNTHER, 2002). Entretanto, alguns fatores podem ser determinantes na escolha entre demolição seletiva e a demolição tradicional. O maior prazo para execução da demolição seletiva e o maior custo são os principais fatores que interferem nessa escolha (GODINHO, 2011).

A demolição seletiva e o consequente reuso e reciclagem apresentam benefícios ambientais claros, mas ainda não estão quantificados em termos financeiros. Segundo Real (2010), a escolha do tipo de demolição a ser feita é normalmente baseada nos custos dos processos, porém eventualmente essa decisão é influenciada pelo sentimento de responsabilidade ambiental do tomador de decisão. O custo da demolição seletiva é maior que o tradicional e será efetivamente implantado quando existirem mecanismos que permitam compensar financeiramente essa opção (LOURENÇO, 2007). Ainda, a demolição seletiva é também chamada por alguns autores de desconstrução.

Segundo Couto *et al.* (2006), desconstrução é o processo caracterizado pela desmontagem cuidadosa, possibilitando a recuperação de materiais e componentes da construção, promovendo o seu reuso e reciclagem. O procedimento de desconstrução deve ser planejado e documentado para que os envolvidos possam desenvolvê-lo de forma coordenada, eficiente, eficaz e segura (ITEC, 1995). A forma mais segura de realizar uma desconstrução é fazendo a desmontagem em sequência inversa ao processo de construção, retirando-se acabamentos, louças, cobertura, esquadrias etc., como pode ser visto no esquema da Figura 3.

Figura 3 - Sequência de desconstrução de uma edificação



Fonte: ITEC, 1995.

De forma a desenvolver um conhecimento que contribua para o processo de desconstrução, Crowther (2002) propõe alguns princípios baseados em pesquisas australianas, que são apresentados a seguir:

- i) Redução do número de diferentes tipos de componentes: simplifica o processo de seleção no canteiro e aumenta o valor do componente devido à grande quantidade de itens iguais;
- ii) Uso de sistemas abertos em que as partes da construção são mais livremente intercambiáveis: permite alterações do layout por meio da relocação de componentes sem uma significativa modificação;
- iii) Uso de modulação: vale-se de componentes e elementos que são compatíveis com outros sistemas em termos dimensionais e funcionais;
- iv) Uso de tecnologias montáveis compatíveis: a falta da integração entre componentes dificulta o desempenho e requer especialistas para a desmontagem;
- v) Fornecimento de acesso a todas as partes da construção e seus componentes: o fácil acesso possibilita uma melhor desmontagem dos componentes, sem uso de mão de obra especializada e equipamentos sofisticados;
- vi) Uso de componentes com tamanho adequado aos meios de montagem: possibilita várias maneiras de manuseio em todas as fases (montagem, desmontagem, transporte, reprocessamento e remontagem);

vii) Provimento dos meios de manuseio dos componentes durante a desmontagem: durante a desmontagem, pontos de conexão podem ser necessários para içar ou suportar temporariamente os componentes;

viii) Provimento dos meios de manuseio dos componentes durante a desmontagem: o processo de desmontagem pode requerer maior tolerância do que a montagem;

ix) Estudo de ligações e conexões para o reuso dos componentes: utilizado para minimizar as quebras ou deformações dos componentes e materiais durante os processos de montagem, desmontagem e remontagem;

x) Permissão da desmontagem paralela em vez da sequencial: um componente pode ser removido sem a quebra de outro componente; quando não for possível, o componente mais passível de reuso deve ter prioridade;

xi) Uso de sistemas pré-fabricados: reduzem o trabalho em canteiro e permite um maior controle da qualidade e da conformidade dos componentes;

xii) Fornecimento de peças de reposição no canteiro: principalmente, dos componentes personalizados quebrados ou danificados para não alterar o projeto da edificação;

xiii) Manutenção de todas as informações nos processos de construção e montagem: medidas devem ser tomadas para garantir a preservação das informações dos componentes, como as dimensões do produto, tempo de vida útil e necessidades de manutenção.

Pode ser elaborado um projeto para a desmontagem que pode aumentar, inicialmente, o custo de desconstrução. Contudo, a demolição sustentável em larga escala tem um grande potencial de trazer benefícios à sociedade (CROWTHER, 2002). Alguns dos benefícios da desconstrução em relação à demolição tradicional são, segundo Kibert e Chini (2000):

- i) Diminuição do direcionamento de resíduo para aterros;
- ii) Potencial de reuso dos componentes construtivos;
- iii) Maior facilidade de reciclagem dos materiais;
- iv) Menor impacto ambiental.

De acordo com Kibert e Chini (2000), o processo de desconstrução preserva a energia incorporada investida na produção dos elementos, reduzindo o consumo de uma nova energia no processamento ou manufatura. A energia incorporada pode ser entendida como a energia requerida para produzir um

produto, que inclui os processos de obtenção da matéria-prima, transporte, manufatura e de produção das máquinas e infraestrutura usada nessas atividades (MANFREDINI; SATTLER, 2005).

Segundo Lopes (2013), o projeto da desconstrução deve determinar a forma de reutilização, de transporte e de armazenamento dos materiais para reuso, e determinar o custo desse planejamento. Para essa autora, pode haver aumento dos custos e da adição de energia incorporada ao projeto, em vez de redução. Uma das recomendações, por exemplo, é utilizar os materiais recuperados em locais próximos do local de desconstrução.

3.2 Desmontagem

Para a desconstrução, são utilizados procedimentos não destrutivos. Os equipamentos recomendados para este processo são os que possibilitam a desmontagem dos componentes e o seu manuseio de forma segura e rápida, garantindo a integridade desses elementos.

Verifica-se potencial de aplicação da desconstrução para as instalações provisórias nos canteiros de obras. Como mencionado, o projeto deve prever esta situação, por isso, ele deve ser estudado com cuidado. A seguir serão citados procedimentos para o desenvolvimento do projeto de produtos que sistematizam o processo de montagem e desmontagem, podendo ser aplicado também na construção civil.

3.2.1 *Design For Assembly* (Projeto para Montagem)

A *Design For Assembly* (DFA), em português, Projeto para Montagem, é um método de análise que fornece uma estrutura de orientações para que o produto seja desenvolvido de forma a facilitar o processo de montagem, segundo Amaral (2007). Esse autor menciona que as bases do método são a redução das partes por meio da diminuição do número de peças por produto e da variedade de tipos de peças e mediante a utilização do conceito de coordenação modular. Com isso, busca-se a confecção de módulos, que podem ser montados, desmontados e trocados com mais facilidade.

Tais parâmetros para o projeto de construção são tratados anteriormente à realização da obra. Em situações que em a maioria dos componentes é de pré-fabricados, pode-se executar um planejamento preciso do uso das máquinas que serão mobilizadas na construção, permitindo um fluxo constante de materiais e evitando um mau uso do espaço (Kuo *et al.*, 2001).

De acordo com Kuo *et al.* (2001), a aplicação do DFA em projetos proporciona a simplificação de produtos, a redução do ciclo de produção, minimiza os custos de fabricação e montagem e possibilita que a fase de produção seja estudada de forma antecipada, evitando erros de projeto. Para vários autores, o objetivo principal do DFA é a redução do ciclo de produção e do custo envolvido. A concepção do processo de montagem, ainda, reflete um necessário planejamento no que diz respeito à conservação ambiental, uma vez que os projetos consideram a sustentabilidade dos produtos gerados.

Em países como a Inglaterra, por exemplo, foram tomadas medidas em 2010 para que tal tipo de planejamento fosse mandatório na construção civil, de modo que sua implementação deve realizar-se até 2016; nos Estados Unidos, também, tal modelo DFA é tomado como uma referência. No contexto brasileiro que compreende o foco de nossa pesquisa, esta abordagem ainda é pouco explorada.

Tal tipo de projeto DFA também considera uma potencial desmontagem, pautando-se em um processo realizado a partir destes mesmos módulos, que ocupam menos espaço no canteiro de obras e, além disso, permitem um desmonte mais dinâmico e menos conturbado. Com isso, além do melhor uso do tempo necessário não apenas para a realização da edificação, é também possível buscar o reaproveitamento dos materiais.

Vivan e Paliari (2012) aplicaram o DFA a uma edificação em sistema construtivo pré-fabricado em Light Steel Frame e apresentaram várias diretrizes para o processo de projeto e sua consequente representação. Como recomendação, os autores mencionaram que a aplicação do DFA pode ser altamente facilitada pelo uso de tecnologia da informação a partir de softwares BIM.

No caso das IP, entende-se que o processo de produção dos componentes em fábrica pode se beneficiar também dos conceitos do DFA.

3.2.2 *Design For Disassembly* (Projeto para Desmontagem)

O *Design For Disassembly* (DFD), em português, Projeto para Desmontagem, é o processo de concepção de produtos, de modo que eles possam ser rápida e facilmente desmontados no final de sua vida útil, de forma rentável, e que proporcione a reutilização e/ou reciclagem dos componentes (BOOTHROYD e ALTING, 1992).

A concepção do DFD, por sua vez, considera que todo o processo posterior de desmontagem é pensado durante o desenvolvimento do projeto inicial, o que acarreta grandes benefícios para o reaproveitamento dos materiais e, logo, em um maior cuidado com o impacto ambiental. O processo de reuso, reciclagem e potencial conserto dos materiais gerados têm sido designados por diferentes nomes.

O DFD aplicado à construção de edifícios, segundo Guy (2003), precisa considerar a criação de um plano de desconstrução que considere a rotulagem dos materiais e dos componentes constitutivos, categorizando-os de forma antecipada. Durante o processo de desmantelamento, é importante priorizar a disposição dos materiais na ordem de reutilização, remanufatura, reciclagem ou eliminação. O plano de desconstrução também deve prever o planejamento da gestão, programação e requisitos de segurança do processo de desconstrução.

Neste sentido, Barkkume (2008) argumenta que a desconstrução de edifícios não ocorre de maneira simplificada, sendo uma atividade complexa, que requer grande contingente de pessoas para sua realização, com necessárias considerações de segurança e saúde. Por isso, deve ser antecipadamente preparada durante a fase de projeto do produto, considerando os princípios do DFD. Para o referido autor, a desconstrução é uma alternativa inteligente à demolição, com fins de salvar materiais, componentes e a energia incorporada total.

Segundo Guy (2003), a tendência em pré-comercializar materiais para reutilização e reciclagem fornece um incentivo econômico para a desconstrução. Assim, Guy e Ohlsen (2003) desenvolveram um software para facilitar a análise do “negócio” da desconstrução, permitindo que os empreiteiros estimem o custo e o potencial de receita. Usando o computador, a ferramenta apresenta dados sobre a viabilidade da desconstrução e identifica variáveis econômicas, como uso de mão de obra local e custos de materiais recicláveis. O programa foi

inicialmente concebido para sistemas construtivos de madeira com um e dois andares.

O projeto das instalações provisórias realizado com essa concepção de DFP deve compreender uma fase de detalhamento do processo de desmontagem, que oriente como os componentes das instalações provisórias podem ser desmontados de forma segura, adequada à preservação do meio ambiente e ajustada ao orçamento da obra.

3.3 Sustentabilidade da construção

Segundo C), o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) é um programa desenvolvido pela *United States Green Building Control* (USGBC) para promover diretrizes de práticas de desenvolvimento sustentável e renovação. Trata-se de um sistema de pontuação, no qual a construção de cada projeto congrega pontos de acordo com o nível de satisfação em relação a uma construção ecologicamente pensada, definidos pela USGBC em seis diferentes categorias, quais sejam:

- i) o estabelecimento de canteiros sustentáveis;
- ii) eficiência do uso de água;
- iii) cuidados em relação à energia e atmosfera; iv) materiais e recursos;
- iv) qualidade ambiental interna e
- v) inovação em design.

Primeiramente pensada em 1999, a certificação LEED tem sido desenvolvida para que se possam incluir parâmetros de qualidade em oito categorias dos projetos, mais notavelmente os seguintes tipos: novas construções, construções já existentes e desenvolvimento dos entornos. Segundo Winkler (2010), até a publicação do estudo realizado pelo autor, mais de 34 mil projetos certificados pelo LEED foram completados ou estão em curso em cerca de 50 estados dos Estados Unidos, bem como em 91 outros países, o que representa mais de 418 milhões de m² de área de construção.

A certificação LEED é de adesão voluntária e muitas empresas verificam a importância de atender aos critérios e recomendações como forma de obter vantagem também para os seus produtos.

No Brasil, existem no âmbito nacional as determinações, resoluções e normas estabelecidas para a construção civil que são apresentadas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Uma das mais importantes diretrizes é a Resolução N. 307, de 05/07/2002, que postula diretrizes, rigores e etapas para a administração dos resíduos da construção civil. Neste sentido, o artigo primeiro mostra como há uma preocupação em disciplinar as ações que se fazem necessárias em âmbito nacional, de modo a minimizar impactos ambientais.

Uma série de conceitos são definidas no artigo segundo da Resolução 307: resíduos da construção civil geradores; transportadores; agregado reciclado; gerenciamento de resíduos; reutilização; reciclagem; beneficiamento; aterro de resíduos classe A e de reservação de materiais para usos futuros; área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT); gerenciamento de resíduos sólidos e gestão integrada de resíduos sólidos.

Finalmente, o artigo terceiro da Resolução 307 do CONAMA, de maior relevância para a discussão deste trabalho, define as classes de resíduos para descarte ou reutilização. Reproduziu-se no Quadro 2 a seguir as quatro classes elencadas para o descarte e reaproveitamento dos componentes.

Quadro 2 – Classificação dos resíduos da construção civil

Classe A	Trata-se de resíduos que podem ser reutilizados ou permitem reciclagem como agregados. Subdividem-se em três categorias: a) “de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem”; b) “de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos [...], argamassa e concreto; c) “de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.)”, que são produzidos nos canteiros de obras
Classe B	Trata-se de resíduos recicláveis, destinados a outros fins, como plásticos, papel, papelão, vidros, madeiras e gesso
Classe C	Trata-se de resíduos para os quais não há, ainda, tecnologias ou aplicações de grande viabilidade em termos econômicos
Classe D	São resíduos oriundos de demolições, reformas e reparos de, por exemplo, clínicas radiológicas, que são mais propriamente tóxicos e nocivos. Alguns exemplos são tintas, solventes, óleos e demais substâncias prejudiciais à saúde.

Fonte: CONAMA 307 (BRASIL, 2012).

Winkler (2010, p. 49), ao analisar os processos de reaproveitamento de materiais na construção e os resíduos gerados por demolições, verificou que o reuso de painéis e dos produtos de madeira é uma das principais estratégias utilizadas. Este procedimento pode ser interessante para os produtores de manufatura, que podem reusar os produtos ou componentes desinstalados. Winkler (2010) comenta ainda que este mercado é bastante especializado e limitado, de modo que a busca por compradores de tais matérias pode ser considerada apenas quando a quantidade de resíduos de madeira gerados em um projeto é relativamente grande.

Outra estratégia de gestão, refere-se a que os produtos de madeira possam ser coletados em um único contêiner e vendidos como, por exemplo, para ser combustível em determinada indústria.

As companhias de desconstrução podem alugar uma série de máquinas que para serem usadas nos canteiros, realizando diversas atividades que podem ajudar a reduzir a produção ou o volume dos resíduos em madeira. As trituradoras, por exemplo, podem reduzir o volume de resíduos de madeira, remover materiais e separar as peças de metais.

O reuso é o objetivo principal do processo de desconstrução, pois o mesmo evita o descarte e armazenamento dos resíduos de forma inadequada. Além disso, se mais componentes para o reuso estiverem disponíveis, haverá menos necessidade de extração de matéria prima, diminuindo a energia incorporada das construções (TINGLEY e DAVISON, 2012).

3.3.1 Características do reuso

Ainda hoje, a cultura construtiva predominante no Brasil é a do concreto armado moldado *in loco*, principalmente para edificações habitacionais. De acordo com Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), em 2008 a utilização de estrutura em concreto armado moldado *in loco* foi de 68%, mas com uma leve tendência de queda desde 2007. Já a utilização de alvenaria estrutural, por sua vez, obteve um crescimento de 13% para 20% entre 2006 e 2008

(FONSECA JR.², 2008 apud ANDRADE, 2013). Estes dois tipos de estrutura predominantes no Brasil não permitem a desmontagem direta dos componentes, o que prejudica o seu potencial reuso, já que os métodos de demolição utilizados neste tipo de estrutura são destrutivos ou parcialmente destrutivos.

Ainda de acordo com a pesquisa da ABCP, as estruturas de concreto pré-fabricado e metálicas foram utilizadas em conjunto somente em 1% das obras brasileiras em 2008 (FONSECA JR., 2008 apud ANDRADE, 2013). O processo de desconstrução para estas estruturas é mais eficaz quando são utilizadas conexões do tipo parafusadas e encaixe, as quais aumentam o potencial de reuso dos componentes.

A desconstrução que objetiva o reuso é um procedimento que torna o processo de produção de edificações mais sustentável. Os elementos com maior taxa de reuso no Brasil são (ROCHA, 2008):

- a) Elementos de madeira (estruturas e tábua de piso);
- b) Telhas (metálicas e à base de cimento);
- c) Tijolos cerâmicos;
- d) Esquadrias (metálicas e de madeira);
- e) Equipamentos hidrossanitários (pias, cubas, vasos sanitários, caixas d'água, válvulas de descarga, chuveiros e torneiras);
- f) Luminárias;
- g) Cerâmica antiga.

Rocha (2008) avaliou o processo de demolição e seus problemas técnicos e burocráticos, com o objetivo de propor diretrizes para facilitar e ampliar o reuso de componentes das edificações. A partir do acompanhamento de algumas demolições, concluiu-se que as técnicas construtivas e os produtos utilizados criam partes integrais, com pouca separação entre peças com diferentes funções e longevidades, assim como um excesso de interfaces entre essas. A autora concluiu também, com relação ao uso dos produtos de demolição, que estes são

² FONSECA, A. J. **Pesquisa de Nível Tecnológico 2008**. Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2008. Disponível em:<http://www.abcp.org.br/conteudo/wpcontent/uploads/2010/01/Comunidade_Pesquisa_Nivel_Tecnologico_2008.pdf> Acessado em 12/03/14.

aproveitados apenas em detalhes das novas edificações e para alguns clientes que apreciam o estilo rústico ou antigo. O uso desses produtos é aplicado quando se deseja um visual de edificação específico, realizado com responsabilidade ambiental (ROCHA, 2008).

O custo de utilização de mão de obra manual é inferior ao de mão de obra com maquinário, não se constituindo, assim, como um entrave a um maior reuso. O baixo custo da mão de obra que, aparentemente, é um aspecto positivo para o reuso, ocorre devido à desqualificação da mesma e ao contexto socioeconômico do país (ROCHA, 2008).

Rocha e Sattler (2009) apresentam uma análise das principais barreiras e oportunidades sobre o reuso de componentes provenientes da demolição de habitações, indicando o apoio na bibliografia existente.

a) Barreiras:

- i) A qualidade inconsistente dificulta o uso de componentes de desconstrução (KLANG *et al.*, 2003; KARTAM *et al.*, 2004);
- ii) A percepção negativa e a falta de informação sobre os componentes impendem o seu reuso (KLANG *et al.*, 2003; KARTAM *et al.*, 2004; KIBERT *et al.*, 2000);
- iii) A falta de conhecimento e gestão deficiente da informação dificulta o reuso dos componentes;
- iv) O excesso de ponto de estoque pode aumentar o custo de reuso dos componentes.

b) Oportunidades:

- i) A desconstrução é economicamente atrativa devido ao baixo custo da mão de obra e à alta demanda dos componentes;
- ii) Curtas durações em demolições raramente ocorrem, não sendo assim uma barreira ao reuso dos componentes;
- iii) Clientes de alta renda geram demanda por componentes usados similares ou de alto preço em vez de novos;
- iv) As regulamentações tendem a melhorar a reciclagem e o reuso (KIBERT *et al.*, 2000; POON *et al.* 2001; DANTATA *et al.*, 2005).

Pode-se observar que as barreiras e oportunidades apresentadas por Rocha e Sattler (2009) também servem de base para a análise do reuso de componentes para instalações provisórias.

Segundo Poon *et al.* (2001), o reuso das estruturas das edificações é crucial para evitar a geração de resíduo a partir da sua demolição. Ainda de acordo com esses autores, o reuso pode ocorrer com a estrutura no seu local original ou com a mudança de local, quando a mesma é projetada para ser transportável ou desmontável.

3.3.2 O processo do reuso

Curwell e Cooper (1998) comparam os processos produtivos das edificações a partir de duas visões de ciclo de produção.

De acordo com a ABNT NBR 15.575, a vida útil é definida como “período de tempo durante o qual o edifício (ou seus sistemas) mantém o desempenho esperado, quando submetido às atividades de manutenção predefinidas em projeto” (ABNT, 2013). O fim da vida útil é determinado quando se leva em consideração aspectos físicos, tecnológicos e sociais. Neste sentido, segundo Langston *et al.* (2008), os fatores de obsolescência são:

- i) Físico: deterioração dos principais componentes que comprometem a edificação;
- ii) Econômico: retorno sobre o investimento foi atingido ou necessidade de mudar o local;
- iii) Funcional: mudança nos objetivos dos proprietários;
- iv) Tecnológico: quando há a necessidade de diminuir o custo operacional e aumentar a eficiência;
- v) Social: quando ocorre mudança na moda ou no comportamento da sociedade, surgindo a necessidade de renovação e relocação da edificação;
- vi) Jurídico: quando as normas e legislações mudam.

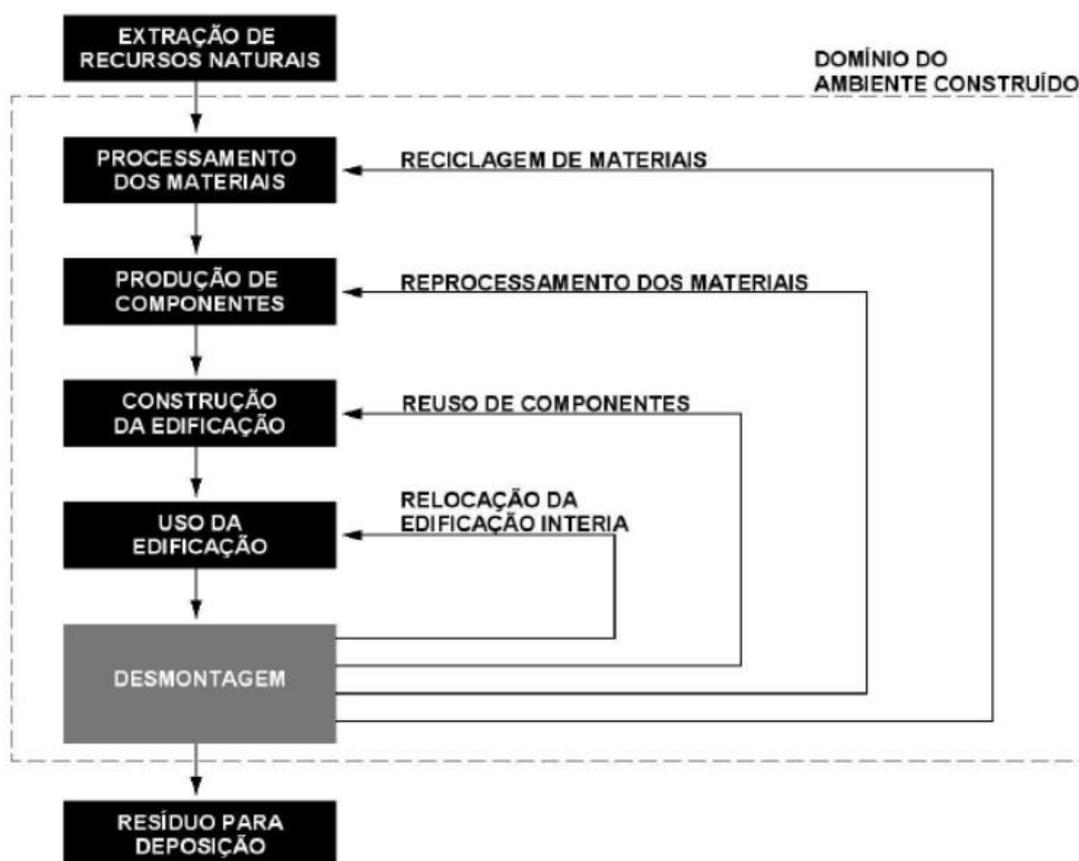
Agopyan e John (2011) ressaltam que a obsolescência é influenciada pelas mudanças tecnológicas, sociais, urbanas e também por estratégias de *marketing* das empresas, fazendo com que os usuários decretem o fim da vida útil da edificação sem que a mesma tenha atingido um nível de degradação que comprometa o desempenho. No caso das edificações industriais e comerciais,

os processos de mudança levam a obsolescência a ocorrer mais rapidamente (FERNANDEZ, 2003). Já edificações antigas, que conservam aspectos históricos, contribuem para a cultura da sociedade e sua conservação busca manter esse valor, mesmo sendo consideradas obsoletas (LANGSTON *et al.*, 2008).

Para minimizar o impacto negativo da obsolescência, Burak e Hall (2010) sugerem que os projetos das edificações devem ser flexíveis e adaptáveis, com componentes facilmente desmontáveis, possibilitando também o reuso e a reciclagem. Desse modo, no caso de optar-se pela desconstrução em vez da adaptação, deve-se dar preferência para o reuso no lugar da reciclagem, porque há um consumo de energia adicional no processo de reciclagem (WYK, 2010).

A proposta de Crowther (2002), para o reaproveitamento das edificações no domínio do ambiente construído, é apresentada na Figura 4 a seguir.

Figura 4 - Cenário de fim de vida útil para ambiente construído



Fonte: CROWTHER (2002)

Cada nível de reaproveitamento da edificação depende da integridade e estado dos componentes, segundo Crowther (2002). O reuso direto do componente será possível apenas com aqueles que estiverem íntegros, enquanto que o destino dos componentes avariados será o processamento de novos materiais ou a produção de novos componentes. De acordo com Addis (2006), a situação ideal para se evitar perdas, nesse processo de ciclo fechado, é tentar reaproveitar, reprocessar ou reciclar os componentes ou materiais. Em último caso, a redução das perdas pode ser realizada pelo uso da energia incorporada de um componente danificado, como combustível na produção de um novo componente, diminuindo a necessidade do uso de uma nova fonte de energia (ROUSSAT *et al.*, 2009).

Concluindo-se este capítulo, torna-se importante frisar que o processo de desconstrução deve ser planejado, e que no caso das instalações provisórias, a mesma deve ser projetada considerando também a otimização dos processos de montagem e de desmontagem.

4 INDUSTRIALIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES

4.1 Conceitos gerais

Com o advento da Revolução Industrial, no início do século XX, sobretudo em sua difusão entre a Europa e os Estados Unidos, novas concepções do trabalho industrial começaram a emergir, impulsionadas sobretudo pela fabricação de novas máquinas, que comportaram novas possibilidades de produtividade (FABRICIO, 2013, p. 248). Princípios como o da divisão do trabalho, defendidos por Frederick W. Taylor, postulavam que a gerência deveria identificar os movimentos fundamentais em cada função, eliminando movimentos menos úteis a determinadas tarefas, promovendo, assim, uma otimização e intensificação do ritmo de trabalho realizado.

Além da incorporação desta visão taylorista da organização do trabalho, a produção em massa incorpora a cadência à produção; dito de outra forma, a máquina não só aumenta a capacidade do homem de realizar trabalho, mas também passa a determinar o ritmo pelo qual tal trabalho se realiza. Tais concepções foram introduzidas pela *Ford Motor Company*, de modo que “a linha de montagem reúne as ideias de parcelamento, simultaneidade e sincronia do trabalho” (FABRICIO, 2013).

Segundo Girmscheid e Scheublin (2010), a industrialização na construção é uma racionalização dos processos de trabalho na indústria para atingir a eficiência de custos, maior produtividade e qualidade. Pode-se, para isso, utilizar de melhoria do ambiente de trabalho, mecanização ou pré-fabricação.

Segundo o levantamento realizado por Girmscheid e Scheublin (2010, p. 336), alguns dos mais importantes benefícios da manufatura em fábrica são a qualidade superior, a menor quantidade de defeitos e maiores benefícios em termos de saúde e segurança, além de uma construção mais rápida, resultando em menores gastos na manutenção dos canteiros de obras e nas atividades ali realizadas.

A manufatura dos componentes pode ser feita por materiais leves, que serão então congregados. Com isso, permite-se uma maior previsibilidade de completude da obra se comparada à realização destes componentes quando realizada no canteiro; sobretudo, permite-se que se reduza o desperdício de

materiais de 11,8% (construção no canteiro) para 1,8% (pré-fabricação). Desta maneira, métodos de construção planejados apresentam maiores benefícios para construir em alta quantidade, principalmente quando as mesmas tem características semelhantes.

4.2 Pré-fabricação na construção

A construção pré-fabricada tem início na produção de elementos construtivos em ferro fundido que, combinado com o vidro, produziu edifícios de grande relevância arquitetônica no século XIX, trazendo novos conceitos de construção (BENEVOLO, 1998). Desta forma, foram produzidos edifícios inteiros que eram então transportados ao seu destino final para sua montagem.

Problemas relacionados à monotonia e rigidez das construções e também à segurança contra o fogo fizeram com que esse tipo de construção fosse relegado a segundo plano até ser reintroduzida na metade do século XX, devido a fatores sociais e econômicos do pós-guerra (BRUNA, 2002). Ao mesmo tempo, a construção com elementos pré-moldados de concreto armado foi sendo desenvolvida e aplicada em construções de grande interesse para o desenvolvimento dessa tecnologia (EL DEBS, 2000).

Segundo Vasconcellos (2002), o nascimento do concreto armado ocorreu com a pré-moldagem de elementos, fora do local de seu uso, favorecendo o início da industrialização na construção civil.

O termo pré-fabricação, no campo da construção civil, possui vários significados, entre eles o seguinte: “fabricação de certo elemento antes do seu posicionamento final na obra”, segundo Revel (1973). Para esse autor, a pré-fabricação em seu sentido mais geral pode ser aplicada à fabricação de componentes e sistemas construtivos, que são produzidos em indústrias e, posteriormente, transportados à obra para montagem da edificação.

Para se compreender melhor a construção pré-fabricada e como esta poderá ser relacionada com a montagem virtual, é necessário abordar os chamados ciclos de construção aberto e fechado. O ciclo de produção fechado desenvolveu-se primeiro, na Europa na metade do século XX. Nele “... uma mesma empresa, ou grupo de empresas coligadas, executa inteiramente com

seus próprios meios e em suas próprias usinas o produto final, isto é, o edifício completo” (BRUNA, 2002). Esse ciclo, apesar de suprir a necessidade de habitações por meio da construção em grande volume, gerou edifícios padronizados e que não supriam a expectativa social que vêm junto com a demanda por habitação.

As questões surgidas pela aplicação da construção de ciclo fechado conduziram a novas ideias. Estas se baseavam na criação de elementos pré-fabricados voltados para a comercialização no mercado, originando o chamado ciclo de construção aberta (BRUNA, 2002). Os problemas levantados por este ciclo se relacionam intimamente à capacidade de coordenação, pois os elementos de diferentes fabricantes devem trabalhar conjuntamente. Por isso, esforços conjuntos de entidades e empresas para criação de detalhes e encaixes que possam ser adotados mutuamente são de extrema importância para o bom funcionamento das peças.

Bruna (2002) também indica a construção de ciclo aberto como “industrialização de catálogo”, uma vez que os elementos produzidos pelo fabricante possuem características físicas, dimensões e tolerâncias de fabricação padronizadas antes de sua produção.

Continuando Bruna (2002), a decomposição da unidade habitacional em partes ou elementos pré-fabricados faz com que a construção seja cada vez mais um processo de montagem do que de construção propriamente dito. A fabricação dos elementos é normalmente feita em indústrias cujo controle de qualidade da produção é maior e cuja exposição a intempéries é reduzida. Os elementos são normalmente padronizados e catalogados para o perfeito encaixe no sistema idealizado.

No caso de pré-fabricados de concreto produzidos sob demanda, há diversidade na produção das peças. Entretanto, as peças possuem uma certa padronização, de acordo com as tipologias da obra, mas também de acordo com os parâmetros e limitações impostas por sua fabricação, transporte e montagem e que devem ser previstas no projeto, conforme será abordado no próximo subitem deste trabalho.

4.3 A Concepção de Projetos com Pré-Fabricados

O projeto realizado com componentes pré-fabricados implica no conhecimento do projetista dos processos de fabricação dos elementos, do transporte, da montagem e das ligações necessárias. Por esse motivo, é importante que todas essas etapas sejam determinadas logo na concepção do projeto. O projetista do sistema deve atuar como agente de integração entre as disciplinas, facilitando a padronização das soluções e compatibilidade entre os sistemas construtivos adotados.

El Debs (2000) enumera, ainda, cinco itens importantes para o projeto com elementos pré-fabricados de concreto:

- i) Concepção do projeto de acordo com o sistema escolhido;
- ii) Interação entre a estrutura e outras partes da construção;
- iii) Número de ligações reduzido;
- iv) Racionalização do número de repetições;
- v) Utilização de elementos com pesos de mesma faixa.

Durante a concepção do projeto, os itens anteriores devem ser levados em consideração pelo arquiteto responsável, procurando a racionalização da construção, seja no número de ligações e repetições dos elementos, seja na utilização dos equipamentos de montagem. A figura do projetista como agente de integração entre as disciplinas e conhecedor da construção deve emergir a partir do seu conhecimento nesse tipo de sistema, pois um projeto bem elaborado é crucial para elementos pré-fabricados. A integração com as demais disciplinas é importante para verificar possíveis interferências de projeto que influenciem no desenho dos elementos pré-fabricados, visto que estes permitem pouca ou nenhuma adaptação após sua fabricação.

Em geral, os projetos que são concebidos para a utilização de elementos pré-fabricados são desenvolvidos com a ajuda de consultores especializados ou em conjunto com o setor de projetos da empresa fabricante dos elementos. Em alguns casos, a empresa construtora também participa da coordenação dos projetos, agindo como ponte entre a empresa fabricante e o projetista.

No caso dos projetos das IP pré-fabricadas, eles são concebidos, normalmente, pelo setor de projetos da empresa fabricante desse tipo de estrutura. Dias (2013) visitou três empresas fabricantes que, além de possuírem

setor próprio de projetos, possuíam soluções padronizadas para as principais demandas do mercado, como almoxarifados, refeitórios, sanitários e vestiários. Várias empresas encontradas atualmente no mercado brasileiro, inclusive, disponibilizam as soluções padronizadas em seus sites comerciais.

A construção com componentes pré-fabricados, mesmo sendo provisória, pressupõe que o projetista e fabricante utilizem conceitos como construtibilidade, modularidade, desempenho e segurança. O diferencial desse tipo de construção é que o projeto deve contemplar, necessariamente, o processo de desconstrução e remontagem.

Assim, de forma a desenvolver um conhecimento que contribua para o processo de desconstrução, Crowther (2002) propõe alguns princípios com foco na construtibilidade dos projetos com sistemas pré-fabricados, a saber:

i) Redução do número de diferentes componentes: visa simplificar o processo de seleção no canteiro e aumentar o valor do componente;

ii) Uso de sistemas abertos em que as partes da construção são mais livremente intercambiáveis: permite alterações do layout por meio da relocação de componentes sem uma significativa modificação;

iii) Uso de modulação: componentes e elementos que são compatíveis com outros sistemas em termos dimensionais e funcionais;

iv) Uso de tecnologias montáveis compatíveis: não exige especialistas para a desmontagem;

vi) Uso de componentes com tamanho adequado aos meios de montagem: facilitar o manuseio em todas as fases (montagem, desmontagem, transporte, reprocessamento e remontagem);

vii) Provimento dos meios de manuseio dos componentes durante a montagem e desmontagem: prever pontos de conexão que podem ser necessários para içar ou suportar temporariamente os componentes;

ix) Estudo de ligações e conexões para o reuso dos componentes: minimizar as quebras ou deformações dos componentes e materiais durante os processos de montagem, desmontagem e remontagem;

x) Permissão da desmontagem paralela em vez da sequencial: um componente pode ser removido sem a quebra de outro componente; quando isso não for possível, o componente mais passível de reuso deve ter prioridade;

xi) Uso de sistemas pré-fabricados: reduzir o trabalho em canteiro e permitir um maior controle da qualidade e da conformidade dos componentes;

xii) Fornecimento de peças de reposição no canteiro: principalmente dos componentes quebrados ou danificados para não alterar o projeto da edificação;

xiii) Manutenção das condições dos componentes: garantir a preservação dos componentes, como as dimensões do produto, tempo de vida útil e necessidades de manutenção.

Por meio das características citadas anteriormente, verifica-se o potencial de utilização do conceito de desconstrução visando às instalações provisórias em canteiro.

Vê-se, portanto, que a própria construção com elementos pré-fabricados pressupõe um conhecimento mais apurado da construção, no sentido de planejamento da edificação. Além disso, um projeto bem compatibilizado e detalhado é essencial para a utilização deste sistema. Com essas características em vista, além das questões referentes à racionalização de tipos, o conceito de modelagem da informação da construção pode apresentar-se como um facilitador da utilização de sistemas pré-fabricados no Brasil.

Assim, no próximo capítulo este conceito será detalhado, tendo em vista a compreensão das suas vantagens para o sistema construtivo em questão e também para a construção industrializada.

5 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

O termo BIM ora é tratado como modelo (*Building Information Model*), ora como processo (*Building Information Modeling*). No Brasil, quando entendido como um modelo, o BIM é chamado de Modelo da Informação da Construção. Porém, quando pensado na forma de processo, é denominado de Modelagem da Informação da Construção (BIOTTO, 2012).

A modelagem de informações de construção, segundo Florio (2007), é o processo de geração e gerenciamento de informações da construção de um modo interoperável e reutilizável. Os aplicativos BIM adotam modelos paramétricos dos elementos construtivos de uma edificação e permitem o desenvolvimento de alterações dinâmicas no modelo gráfico, que se refletem em todas as pranchas de desenho associadas, bem como nas tabelas de orçamento e especificações (COELHO; NOVAES, 2008).

O BIM é um conjunto de aplicativos ou sistemas que capacita os usuários a integrar, reusar informação na construção e obter domínio no conhecimento por todo o ciclo de vida de uso do edifício (ARAUJO e CARDOSO, 2007). Por este motivo, neste trabalho chamou-se este conjunto de sistemas de Modelo Integrado. BIM também é entendido como uma representação digital de características físicas e funcionais de uma edificação, que serve como fonte de compartilhamento de conhecimento para informar sobre uma edificação, formando uma base de dados confiável para apoiar a tomada de decisão durante todo seu ciclo de vida (BUILDINGSMART, 2008 *apud* BIOTTO, 2012, p. 44).

Segundo Menezes *et al.* (2010), o uso da tecnologia BIM permite aos responsáveis pela construção a simulação de etapas da construção, antevendo as interferências entre projetos antes mesmo de sua execução. No levantamento realizado, destaca-se, ainda, que as grandes vantagens dessa inovação são o aumento da precisão durante a construção, o menor desperdício de tempo e dinheiro, além de menos retrabalho.

Segundo Hellum (2015, p. 7), pode-se definir um projeto elaborado com tecnologia BIM como um modelo 3D inteligente, que incorpora as informações dos componentes necessários para a realização da construção. O BIM, neste sentido, considera os processos que envolvem a geração e administração de modelos a partir da representação da realidade. Neste sentido, o modelo 3D

permite uma visualização mais ampla do projeto, além de uma apresentação mais fiel ao contratante de como seria a construção finalizada, por meio, por exemplo, de simulações a partir da perspectiva de pessoas que visitariam a obra já acabada. Os modelos 4D, por sua vez, permitem a vinculação do tempo a cada componente geométrico do projeto, contribuindo para que se planeje, agende, monitore e administre o desenvolvimento do empreendimento com mais precisão. Já uma realização BIM 5D, por seu turno, permite estimar com mais confiabilidade os custos necessários para a execução da obra. Ainda segundo a autora (HELLUM, 2015, p. 14), no caso do 6D, realizam-se também análises sobre o uso de energia, iluminação, impacto solar, efeitos da chuva, dentre outros, de modo que a interoperabilidade da geometria do modelo BIM permite e facilita tais análises. A simulação 7D, finalmente, permite uma administração das instalações, operações e manutenção pós-ocupação, além de uma análise de seu ciclo de vida (HELLUM, 2015, p.7).

A simulação 8D, por sua vez, é interesse para a realização desta pesquisa, sobretudo porque permite que se definam aspectos do processo de desmontagem da obra. Uma vez que se compreende a tecnologia BIM como uma ferramenta importante para maior sustentabilidade dos empreendimentos, além de possibilitar menor descarte de resíduos, menor desperdício de materiais e melhor reaproveitamento. Com a simulação 8D podem ser incorporadas, sobretudo, análises que respondem às determinações ambientais como as do CONAMA e LEED.

5.1 Diretrizes BIM para implementação

O alinhamento de processos, modelos e ferramentas é uma etapa fundamental para configurar as condições de colaboração entre os membros da equipe (HARTMANN *et al.*, 2012). As diretrizes devem ajudar as equipes a entender possibilidades de aplicação da tecnologia BIM, juntamente com os procedimentos necessários para atingir esses benefícios. As diretrizes tratam da possibilidade de adotar a tecnologia em processos organizacionais, desde o planejamento, desenvolvimento de projeto, construção e operação. Para tanto, relacionam os intervenientes que devem desenvolver os modelos e informações, além de requisitos para que seja possível extrair as informações necessárias

para o uso desejado. As diretrizes apresentam padrões de processos, diagramas e imagens de aplicações de softwares BIM. Continuando Hartmann *et al.* (2012), a cada atividade do BIM devem ser relacionados os intervenientes e suas responsabilidades para que os objetivos discutidos sejam alcançados.

Atualmente, estão sendo elaboradas diretrizes governamentais que propõem padrões de processos, requisitos de informação por fases do projeto e padrões de documentação. A combinação destas com as diretrizes desenvolvidas pelo setor acadêmico, empresas e vendedores de *softwares* contribuem para explorar uma maior variedade de implicações e pontos de vista pelos usuários/implementadores da prática BIM e suas tecnologias.

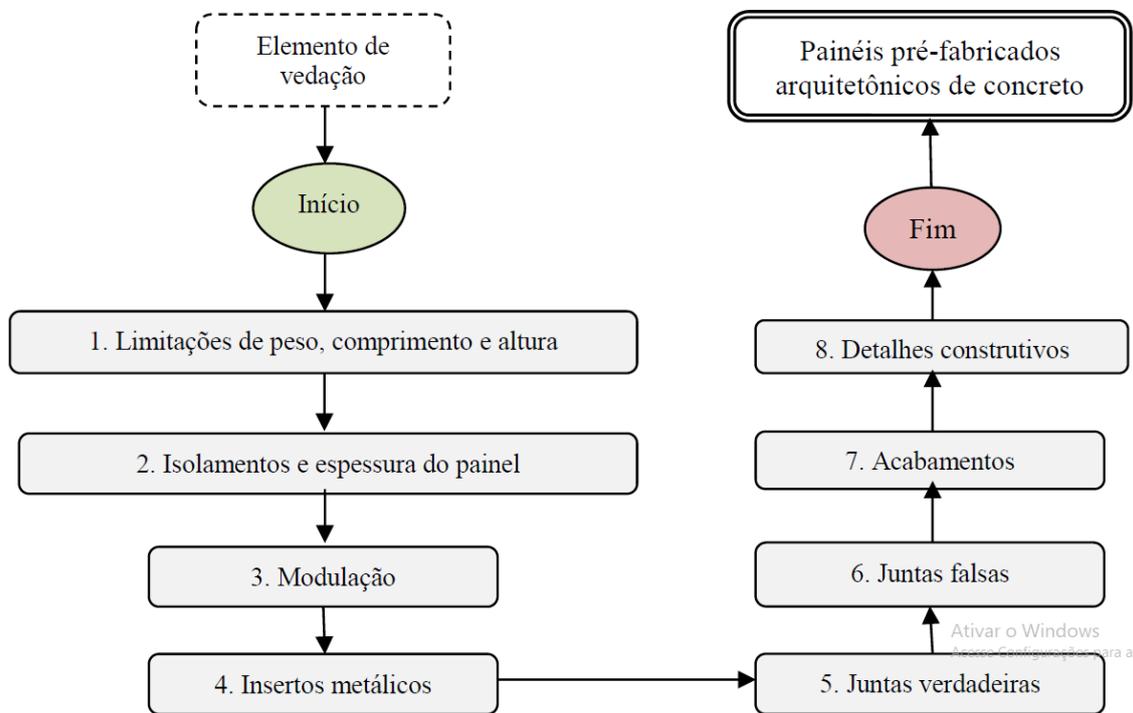
5.2 BIM e construção pré-fabricada

Há claramente uma similaridade na lógica da construção pré-fabricada e da modelagem do processo de execução por meio do processo BIM. Ambas assumem a construção como a associação e junção de elementos, num processo de montagem de peças e componentes. Neste sentido, Bruna (2002) destaca que o trabalho no canteiro está cada vez mais se transformando “[...] progressivamente num serviço de montagem de componentes semi-acabados que a indústria oferece”. No processo BIM, essa montagem é virtual e o estímulo à utilização de elementos da indústria é destacado por meio das bibliotecas de objetos existentes nos aplicativos. Existem esforços atuais de fornecedores da construção civil que procuram elaborar e aumentar a disponibilidade destas bibliotecas de acordo com seus produtos, inclusive, para os pré-fabricados de concreto (EASTMAN *et. al.* 2011). Atualmente, alguns aplicativos (Revit e Vectorworks) já possuem em seu banco de dados elementos pré-fabricados como pilares e vigas, mas que poderiam abranger maior diversidade de componentes, aumentando as bibliotecas originais dos aplicativos.

El Debs e Ferreira (2014) apresentam diretrizes para a criação de um processo de elaboração de projetos que utilizam painéis pré-fabricados de concreto, tendo como base o ambiente de trabalho BIM. De acordo com o fluxograma 1, os autores elaboraram uma orientação para o processo de projeto que utiliza painéis pré-fabricados de concreto, com simulação do procedimento proposto para validação no programa Revit 2013. A proposta visa auxiliar o

projetista a definir os passos de projeto e a conceberem projetos utilizando elementos pré-fabricados, estimulando, ao mesmo tempo, seu uso no país.

Fluxograma 1 - Processo de projeto de elementos pré-fabricados



Fonte: EL DEBS e FERREIRA (2002)

Além disso, a utilização do processo BIM faz com que alguns aspectos da construção sejam definidos em uma etapa anterior à do projeto. Isso se dá devido tanto à modelagem tridimensional como à compatibilização entre as diversas disciplinas em um mesmo modelo. Para a indústria de pré-fabricados, um projeto com menos incompatibilidades é importante para a adequação das peças e para que não haja a necessidade de adaptações após a fabricação e durante a montagem, segundo El Debs e Ferreira (2014). Alguns aplicativos utilizam dados de modelos BIM para realizar simulações de canteiro e execução da obra como, por exemplo, o aplicativo *Synchro*. Estas simulações podem validar o planejamento executivo e, no caso de elementos pré-fabricados, também validar as localizações de equipamentos de montagem. A posição e capacidade destes equipamentos influenciam diretamente as especificações de projeto.

No exterior existem alguns estudos publicados relacionando a modelagem da informação da construção com a utilização de peças pré-fabricadas de concreto. Segundo o estudo realizado por Sacks *et. al.* (2010), prevê-se que a utilização do BIM para esse tipo de sistema construtivo reduza significativamente os custos de engenharia e retrabalho, pois grande parte desses se deve a erros e inconsistências nos desenhos de produção. Acrescentam-se estudos que indicam que aproximadamente 1% do custo da construção nos EUA seja devido a erros causados pelo detalhamento bidimensional equivocado (SACKS *et al.*, 2003³ *apud* EASTMAN *et al.* 2011).

Por outro lado, os estudos ainda revelam que os custos são uma barreira à adoção da tecnologia BIM por parte dos escritórios de pré-fabricados. Ao mesmo tempo, a criação de bibliotecas de detalhes padronizados foi indicada como um dos benefícios do processo estudado. Mais informações podem ser encontradas nos estudos de Sacks *et. al.* (2010).

Em geral, os estudos publicados no exterior indicam que há um grande salto de qualidade ao adotar tecnologias BIM para os projetos de pré-fabricados, além da conquista de novos benefícios se comparado com o processo de projeto tradicional, baseado somente nos detalhamentos bidimensionais. Como a migração para o BIM implica em mudanças da organização dos processos em um escritório, admite-se que sua utilização ainda levará tempo e recursos.

5.3 Benefícios do BIM

Eastman *et al.* (2011), conforme citação no início deste texto, destacam benefícios trazidos pelo uso de BIM nos diversos aspectos envolvidos na indústria da construção civil. Dentre eles, podem ser destacados os apresentados a seguir nos Quadros 3 a 6, conforme resumo elaborado pelo autor.

³ Sacks, R., Eastman, C. M. and Lee, G. (2003). "Process Improvements in Precast Concrete Construction Using Top – Down Parametric 3 – D Computer – Modeling". Journal of the Precast/Prestressed Concrete Institute, 48(3): p.46–55.

Quadro 3 - Benefícios do BIM para o contratante

Capacidade de execução do conceito e benefícios da modelagem BIM	Trata-se de averiguar se a construção condiz com as condições financeiras do contratante, de modo que se deve levar em consideração se suas demandas podem ser respondidas com determinado nível de certeza; os contratantes, assim, podem prosseguir com a expectativa de que os objetivos serão alcançados.
Performance e qualidade superiores da construção	O desenvolvimento de um projeto detalhado de construção permite uma representação direta do que está projetado, a peça fabricada terá pouca ou nenhuma chance de não se adequar ao seu local de destino – o que é muito comum atualmente –, evitando mudanças e retrabalhos na obra, de modo a responder aos requerimentos funcionais e de sustentabilidade da construção.

Fonte: adaptado de Eastman *et al.* (2011)

Quadro 4 - Benefícios do desenho de projeto

Visualizações mais rápidas e mais precisas do projeto	O modelo 3D gerado a partir da tecnologia BIM é projetado diretamente, em vez de ser construído em diversas etapas de desenho 2D. Assim, pode-se visualizar o projeto em qualquer um dos estágios do processo.
Correção automática em todos os níveis quando mudanças são feitas no projeto	Utilizando ferramentas de projeto e documentação 2D, qualquer alteração solicitada pela obra é uma provável causa para consumo de tempo e para erros. Todos os projetistas envolvidos devem verificar seus projetos e atentar para que toda a documentação seja atualizada. Caso os objetos utilizados para o projeto sejam controlados por regras paramétricas (3D) que asseguram um alinhamento preciso, isso reduz a quantidade de alterações no projeto.
Geração precisa e consistente de desenhos 2D em qualquer etapa do projeto	Desenhos precisos podem ser extraídos de qualquer uma das possibilidades de visualização do projeto, o que reduz o número de erros e o tempo despendido.
Contribuições mais rápidas de múltiplas disciplinas de projeto	Facilita-se a realização de trabalhos simultâneos, em diversas disciplinas do projeto. Ao passo que tal colaboração também é possível por meio de desenhos 2D, trata-se de um procedimento mais difícil, demandando mais trabalho.
Facilidade de checagens de etapas que vão contra o intento do projeto	A tecnologia BIM provê visualizações 3D e quantifica a área, o espaço e outras grandezas materiais que serão utilizadas, permitindo estimativas de preço mais precisas e, além disso, anteriores.
Aumento de eficiência da energia e sustentabilidade	Ao estabelecer uma relação entre o modelo de construção e ferramentas de análise de energia, permite-se simular o processo de construção e ter uma visão prévia da edificação finalizada.

Fonte: adaptado de Eastman *et al.* (2011)

Quadro 5 - Benefícios na construção e fabricação

Sincronização entre o projeto e o planejamento da construção	O uso de ferramentas CAD 4D requer que se unam o cronograma de construção aos objetos 3D no projeto, sendo possível, assim, simular o processo de edificação e mostrar estados da obra em qualquer uma das etapas do tempo que será despendido.
Descoberta de erros e omissões de antemão	Uma vez que o modelo 3D virtual da construção é a fonte de todos os desenhos 2D e 3D, erros de projeto causados por desenhos 2D inconsistentes são eliminados com mais facilidade.
Rápida reação para projetar soluções no canteiro de obras	O impacto de determinadas mudanças no projeto pode ser incorporado ao modelo, sendo os câmbios nos outros objetos automaticamente atualizados. As consequências de determinada mudança, assim, podem refletir precisamente no modelo e em todas as etapas que nele se sequenciam.
Utilização do modelo de projeto como base para a fabricação de componentes	Caso o projeto seja realizado via ferramentas de fabricação BIM, o desenho final conterà uma representação dos objetos da edificação, para fabricação e construção. Uma vez que os componentes são definidos de antemão em desenhos 3D, sua fabricação usando máquinas precisas é mais facilmente realizada.
Melhor implementação e incorporação de técnicas advindas da concepção <i>Lean Construction</i>	As técnicas provenientes do <i>Lean Construction</i> requerem uma sincronização cuidadosa entre o engenheiro contratado e seus subordinados, para que se possa assegurar que o trabalho pode ser realizado quando os recursos estejam disponíveis nos canteiros. Isso minimiza o desperdício de materiais e reduz a necessidade de materiais no canteiro de obras.

Fonte: adaptado de Eastman *et al.* (2011)

Quadro 6 - Benefícios pós-edificação

Melhor administração e operabilidade das instalações	O modelo da construção permite que se gere uma fonte de informações (gráficas e especificações) para todos os sistemas que compõem uma edificação. Especifica-se quais foram os equipamentos mecânicos utilizados - dentre outros objetos necessários - como meios para melhorar a gestão futura.
Integração de operação das instalações com sistemas de gestão	Um modelo de edificação que foi atualizado com todas as mudanças feitas durante a construção permite uma fonte precisa de informações a respeito dos espaços e sistemas utilizados, provendo um ponto de partida para administrar e operar a edificação. Um modelo BIM, neste sentido, dá suporte para que se os monitore em com precisão otimizada.

Fonte: adaptado de Eastman *et al.* (2011)

Deste modo, pode-se inferir que mesmo tendo, possivelmente, um custo elevado para a sua implementação, os benefícios apresentados pelo BIM se mostram bastante convenientes aos processos da construção civil, apresentando de forma clara importantes contribuições para os diversos

momentos do projeto em desenvolvimento. A operacionalidade da obra é observada de forma prévia, isso evitará gastos desnecessários e tornará o projeto mais sustentável em todas as etapas, incluindo o trajeto que vai da tomada de decisões à execução das tarefas pelas diversas equipes.

6 MÉTODO DE PESQUISA

6.1 Pesquisa Bibliográfica

De acordo com Wacker (1998), a pesquisa bibliográfica é de grande importância para a construção de uma teoria, pois fornece informações a respeito de domínios de sua aplicação, as relações entre os seus elementos constituintes e suas definições e, além disso, indica quais as relações importantes a serem investigadas no desenvolvimento de uma pesquisa.

Assim, na etapa de revisão bibliográfica, se estabelece a base teórica necessária para o desenvolvimento da pesquisa. Neste sentido, os principais temas pesquisados estão relacionados às instalações provisórias no canteiro de obras, processo de desconstrução, industrialização das habitações, BIM e à sua aplicação na construção civil, construindo um panorama nacional e internacional sobre o tema.

6.2 Estratégia de Pesquisa

Segundo Yin (2001), existem muitas maneiras de se fazer pesquisa científica. Experimentos, levantamentos, pesquisas históricas, análise de informações em arquivos e estudo de caso são alguns exemplos. Para atender aos objetivos deste trabalho, foi escolhido, como estratégia de pesquisa, o estudo de caso.

De acordo com Godoy (1995), o estudo de caso se caracteriza como um tipo de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente, ou seja, visa ao exame detalhado de um ambiente, de um simples sujeito ou de uma situação em particular. Essa concepção é corroborada por Yin (2001), ao afirmar que o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa indicada para questões que lidam com ligações operacionais que necessitam ser traçadas ao longo do tempo, em vez de serem encaradas como meras repetições ou incidências. Por fim, o mesmo autor observa que, como esforço de pesquisa, o estudo de caso contribui, de forma inigualável, para a compreensão que se tem dos fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos.

Para o uso deste método podem ser utilizadas diferentes estratégias de coleta de dados, como entrevistas, registro visual, análise de documentos, entre

outros. Deste modo, entrou-se em contato com as empresas disponíveis a colaborar com a pesquisa a fim de agendar visitas para a aplicação das estratégias pertinentes ao estudo.

6.3 Definição e Caracterização do Estudo de Caso

Definiu-se que o sistema construtivo de instalações provisórias a ser estudado foi o de pré-fabricados em madeira, por atender aos princípios de industrialização, desmontagem e reaproveitamento dos componentes. Também foi analisado que havia disponibilidade e interesse de dois fabricantes, localizados próximos à cidade de São Paulo, em colaborar com a pesquisa, sendo que um deles indicou uma obra em andamento para acompanhamento da montagem das instalações provisórias. Foi identificada também uma outra obra para que pudesse ser acompanhada a desmontagem de uma IP pré-fabricada em madeira, mas devido a equívocos na comunicação, não foi possível acompanhar em detalhes o processo.

Não foi identificado fabricante de instalação provisória em concreto que se dispusesse a colaborar com esta pesquisa.

Os Estudos de Caso analisados foram relevantes para confirmar e completar a análise das etapas envolvidas no processo produtivo de instalações provisórias, servindo de informações para modelagem das duas situações de referência adotadas nesta dissertação: montagem e desmontagem. Neste sentido, solicitou-se autorização às empresas para estudo dos seus processos construtivos nos canteiros de obras e adaptação de um projeto de IP estudado para um modelo BIM.

O procedimento adotado neste trabalho poderá servir para a elaboração dos projetos e desenvolvimento de futuros modelos de sistemas construtivos industrializados para instalações provisórias no canteiro de obras.

6.4 Elaboração dos Roteiros de Coletas de Dados

Com base nos estudos de caso realizados, elaborou-se um roteiro para a coleta de dados acerca dos processos de concepção, projeto, fabricação, montagem, desmontagem e reutilização das instalações provisórias

industrializadas, para coleta das informações com os fornecedores pesquisados. Foram desenvolvidos roteiros para pesquisa em dois ambientes diferentes: a fábrica das IP e o canteiro de obras.

Em relação às informações necessárias para a avaliação da montagem das respectivas instalações no canteiro essas foram obtidas em campo inicialmente, e depois inseridas e comparadas durante a modelagem. O objetivo secundário desta pesquisa, foi apresentar a utilização dos conceitos BIM e desenvolveu-se o planejamento em 4D que permitiu a simulação dos processos de montagem e de desmontagem. Durante um processo de desmontagem em obra foi possível coletar dados dos resíduos. Entretanto, o passo-a-passo da desmontagem foi realizado somente por meio da simulação.

6.5 Pesquisa de Campo

Após a elaboração do roteiro de pesquisa, agendaram-se visitas aos fornecedores “A” e “B” de instalações provisórias industrializadas e foram acompanhados, dois canteiros de obra. A pesquisa foi efetuada por meio de visitas para acompanhamento da montagem, desmontagem e identificação das estratégias de reutilização ou descarte das instalações industrializadas provisórias.

A metodologia utilizada para obtenção dos dados foi o procedimento de registro fotográfico e comparação com o modelo virtual. Deste modo, as visitas tiveram como finalidade também a identificação do planejamento para o desenvolvimento da modelagem de montagem da IP.

O estudo da montagem do canteiro de obras foi realizado em uma obra que utilizou sistemas construtivos industrializados para instalações provisórias de um dos fabricantes visitados.

A outra obra visitada foi durante a fase de recolhimento dos resíduos gerados a partir da desmontagem. Durante esta visita, coletaram-se informações sobre os aspectos que envolvem o reaproveitamento de alguns materiais utilizados nas instalações provisórias.

Como estratégia desta pesquisa, em seguida, para o estudo foram modelados os projetos do canteiro de obras e das IP no AutoCAD e SketchUp. Em seguida, foi desenvolvido o cronograma da montagem da IP no programa

MS Project para posteriormente ser feita a comunicação com o Navisworks. O detalhamento da utilização destes programas é apresentado neste capítulo.

As informações necessárias foram obtidas por meio de questionários e entrevistas (apêndices em anexo) para facilitar a aplicação da modelagem, conforme mencionado. A partir da análise consolidada com os fabricantes, foi possível identificar os processos produtivos e elaborar o desenho do fluxograma das etapas das instalações provisórias. Em seguida, fez-se a modelagem para comparação do que foi executado no canteiro de obras com o planejamento da montagem e desmontagem no modelo BIM (planejamento 4D), representando o processo produtivo virtualmente, assimilando ao que realmente acontece no canteiro.

6.6 Análise dos dados

A análise foi feita a partir do estudo dos processos produtivos e desenho do fluxograma das etapas das instalações provisórias. Em seguida, realizou-se a modelagem para comparação do executado no canteiro de obras com o planejamento da montagem e desmontagem no modelo BIM (planejamento 4D). Com isso foi possível representar o processo produtivo virtualmente, de maneira bastante similar ao que, de fato, se deu na fábrica e no canteiro. Estudou-se os benefícios gerados quando se utiliza a modelagem BIM desde a concepção do projeto da instalação provisória industrializada no canteiro de obras até sua desmontagem.

6.7 Modelagem Computacional

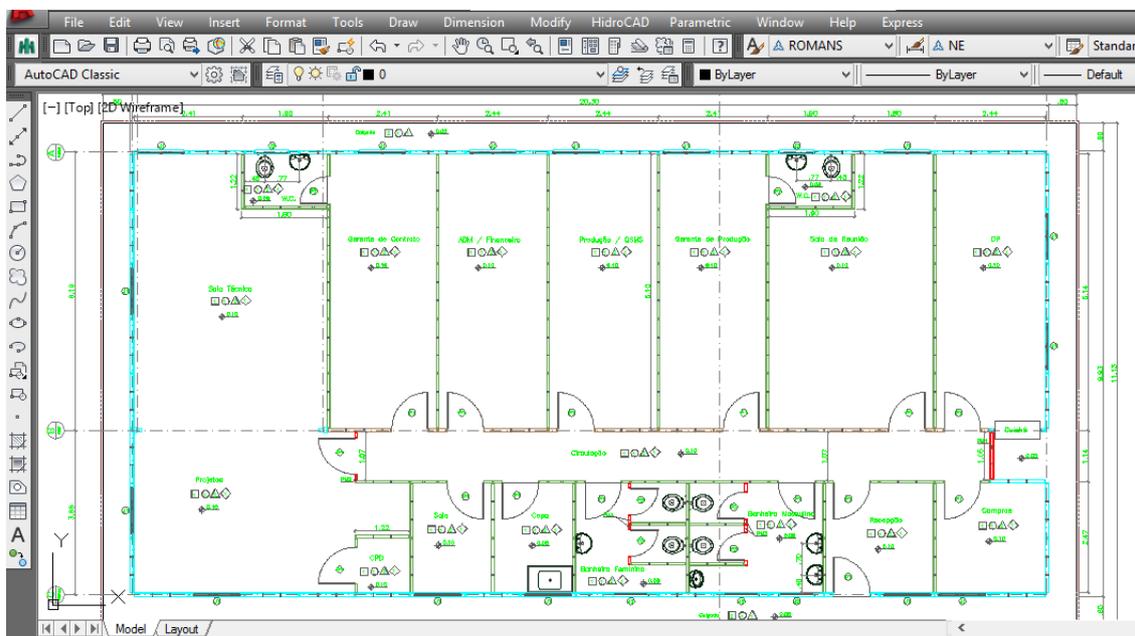
Conforme mencionado, foram utilizados quatro softwares relacionados com a tecnologia BIM. As etapas de utilização dos mesmos são sucintamente apresentadas a seguir.

6.7.1 AutoCAD

O AutoCAD é o programa ou *software* para Engenharia e Arquitetura mais utilizado no mundo para elaboração de projeto nestas áreas. O programa possui recursos para projeto em CAD 2D, assim como recursos de CAD 3D integrados,

permitindo modelagem 3D, desenho 3D e elaboração de maquete eletrônica. Neste trabalho, a figura 5 apresentada a seguir destaca o *software* AutoCAD que foi utilizado na versão 2012.

Figura 5 – Software AutoCAD 2012

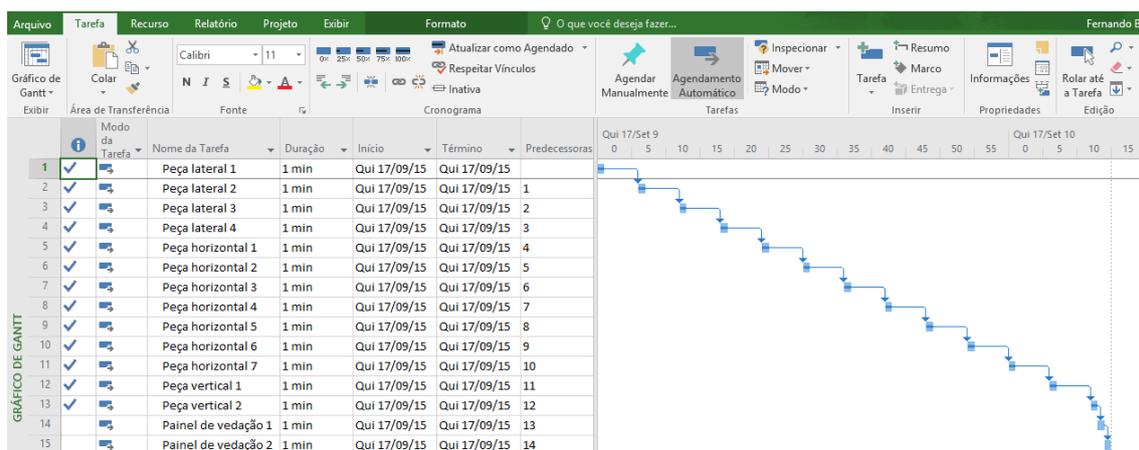


Fonte: elaborado pelo autor.

6.7.2 MS Project

O MS Project permite gerenciar e realizar o planejamento do projeto. Trata-se de uma ferramenta que auxilia na construção do cronograma das atividades juntamente com sua sequência de execução, com rápido compartilhamento de informações entre os envolvidos no projeto. A figura 6 mostra o MS Project 2016, versão utilizada neste trabalho.

Figura 6 – Software MS Project 2016

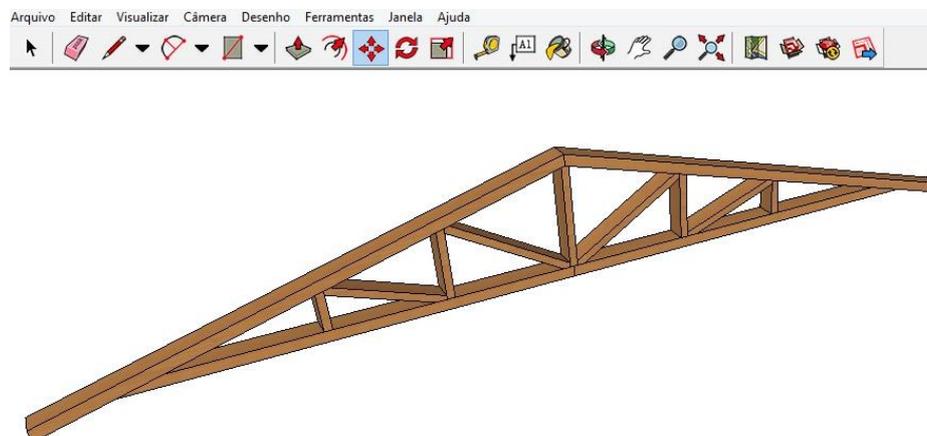


Fonte: elaborado pelo autor.

6.7.3 SketchUp

O SketchUp é um *software* voltado para a criação de modelagem e desenho 3D em computadores. O SketchUp Pro permite, ainda, o uso de ferramentas de programação, diagramação, volumetria, desenvolvimento e detalhamento de desenhos, bem como para gerar respostas a solicitações de informação. Depois de realizados os primeiros planejamentos em 2D com o AutoCAD, o SketchUp permite a realização de modelos 3D a partir das plantas. Os modelos tridimensionais serão incorporados à sequência final em um planejamento 4D, que posteriormente constrói-se e analisa-se a partir do Navisworks. Neste trabalho, utilizou-se a versão 2015 do SketchUp Pro mostrada na figura 7.

Figura 7 – Software SketchUp 2015



Fonte: elaborado pelo autor.

O resultado do uso do SketchUp é uma integração entre as diferentes fases de desenvolvimento do projeto 2D, combinando-as em um único modelo tridimensional. Esta série de procedimentos em um só momento, por sua vez, contribui para o potencial fluxo de mudanças no planejamento inicial: quando se trabalha exclusivamente com modelagens 2D, caso haja uma simples alteração necessária no projeto da fundação; Por exemplo, essa mudança deve ser realizada manualmente em todas as fases. Com o uso do software SketchUp, é feita uma integração entre os diferentes eixos do planejamento 2D, de modo que é possível alterar diretamente o desenho 3D e que as alterações, assim, sejam feitas automaticamente nas plantas 2D (SKETCHUP, 2015).

Uma vez que se buscam recursos para aprimorar o planejamento da obra e do canteiro e, por conseguinte, melhor aproveitamento dos materiais e do espaço, a integração entre as diferentes plantas 2D realizada pelo SketchUp contribui positivamente, pois permite alterações em tempo real no planejamento 3D, que são imediatamente incorporadas ao modelo.

Este software comporta uma série de ferramentas para a construção de modelos tridimensionais. Neste trabalho, considerou-se sobretudo as ferramentas de modelagem 3D, fazendo proveito, ainda, do funcionamento bastante intuitivo que o *software* possibilita, uma vez que não são necessários muitos conhecimentos técnicos específicos para sua utilização.

6.7.4 Navisworks

O *software* Navisworks 2016, da Autodesk⁴, possibilita uma apurada simulação e revisão do projeto da construção e da disposição das atividades nos canteiros de obras, permitindo que se incorporem modelos 3D em uma disposição temporal. Ou seja: ao analisar o projeto em um deslocamento de tempo em relação ao desenvolvimento da obra, pode-se gerar uma modelagem

⁴ Desenvolvedor disponibiliza uso acadêmico da licença.

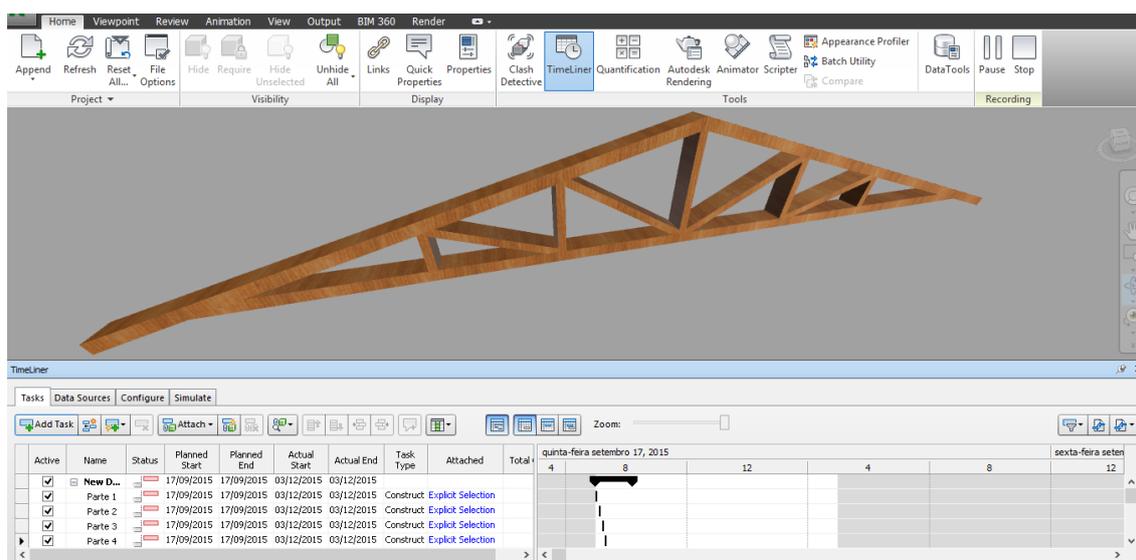
4D que contribui para a edificação em termos de melhor aproveitamento. Para a realização deste trabalho, utiliza-se a versão 16 do Navisworks (figura 8).

Neste sentido, utilizando o *software* Navisworks permite-se uma integração em tempo real destas fases, contribuindo para evitar gastos e desperdícios na obra. Um de seus mais importantes recursos é a ferramenta *clash detection*, que auxilia na identificação de potenciais confrontos de atividades em diversas instâncias.

A primeira contribuição possível para esta pesquisa está relacionada com as determinações ambientais às quais a construção civil deve obedecer: uma vez que há um preciso planejamento da montagem e da desmontagem, os recursos utilizados são mais bem aproveitados, bem como se planeja o descarte de materiais potencialmente tóxicos após a construção.

Também, uma vez que a edificação é representada por etapas, o uso do Navisworks auxilia no planejamento para que estas fases sejam realizadas em um constante fluxo, evitando gastos não planejados com o estoque de materiais por períodos excessivos (devido, por exemplo, a eventuais contratempos no cronograma) ou mesmo com a contratação de serviços que demandem a conclusão da fase anterior.

Figura 8 – Software Navisworks 2016



Fonte: elaborado pelo autor.

A disposição do canteiro é um fator relevante para o bom andamento da obra e do planejamento. Neste sentido, uma vez que tais modelagens se realizam por modelos pré-fabricados, sua aplicação na obra pode requerer máquinas de grande porte, que devem ser dispostas e distribuídas no canteiro para um melhor desempenho. Uma vez que o programa Navisworks realiza uma simulação bastante precisa da execução da obra e de suas etapas, tais conflitos podem ser também evitados, de modo que se possa realizar um melhor uso das máquinas necessárias. Mas tal simulação não será apresentada neste trabalho, restringindo o foco para a instalação provisória.

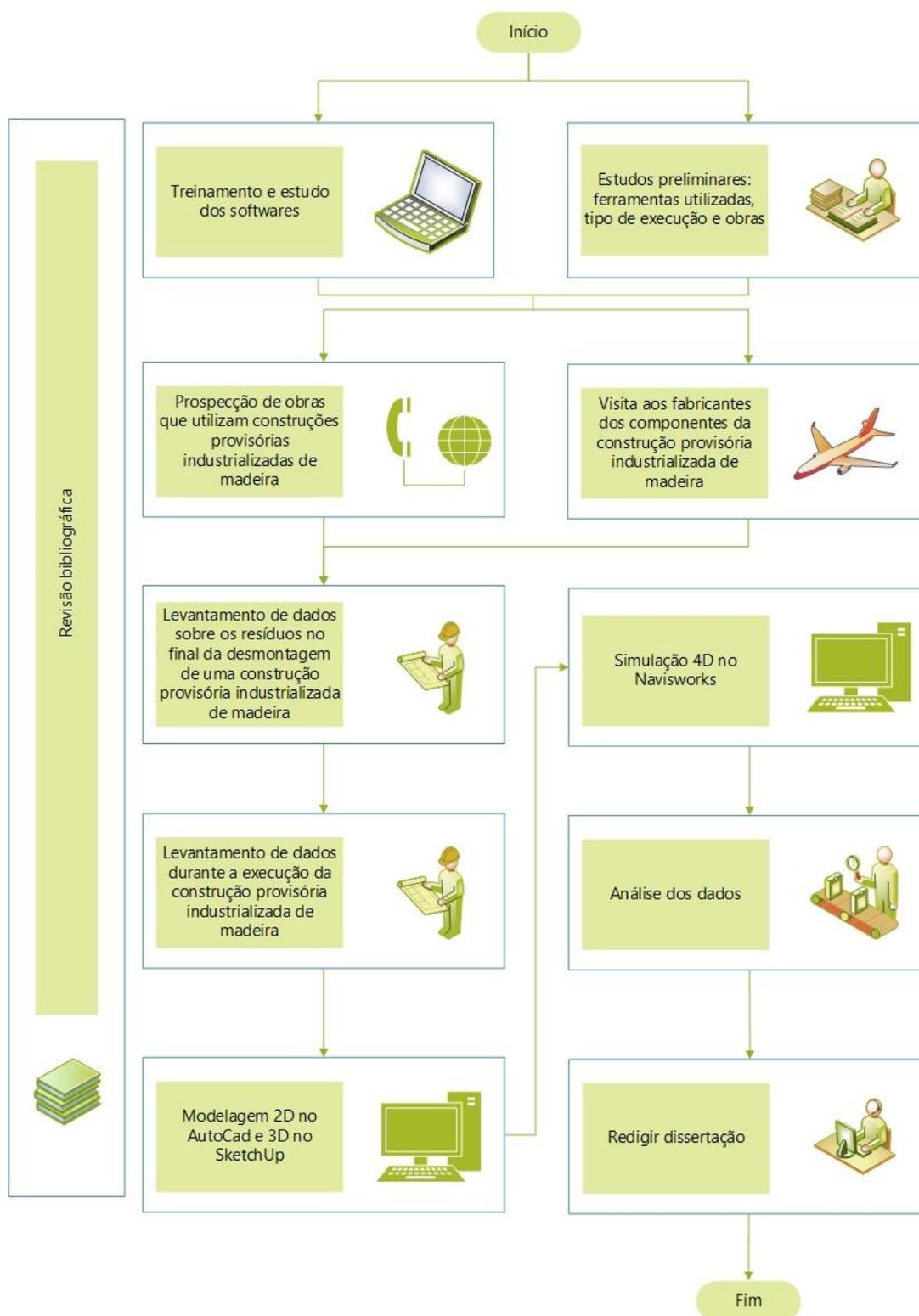
Outro exemplo de entrave que pode ser evitado a partir da ferramenta *clash detection* do Navisworks refere-se aos potenciais conflitos de atividades de diferentes subsistemas construtivos, como a interferência de um pilar e a passagem da tubulação de água.

O Navisworks, assim, é uma ferramenta primordial para a integração entre as fases de desenvolvimento não apenas do projeto da obra, mas também para compreender a disposição do canteiro de obras, buscando em ambas as etapas benefícios de planejamento que possam contribuir para a sua realização. Os projetos podem ser visualizados, editados e analisados em sua integridade em formato NWD ou DWF, possibilitando uma navegação em tempo real (AUTODESK, 2015).

6.8 Fluxograma de Pesquisa

Para a realização desta pesquisa, foram desenvolvidas as seguintes etapas, conforme representado no fluxograma 2.

Fluxograma 2 - Desenvolvimento da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor.

7 ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo serão apresentadas as análises das visitas realizadas nas fábricas “A” e “B”, bem como as que ocorreram nos dois canteiros de obra estudados. O Apêndice A mostra o layout simplificado das duas fábricas.

7.1 Análises dos procedimentos de fabricação dos componentes das instalações

Neste item, discutem-se os procedimentos realizados nas fábricas “A” e “B”, que tiveram como objetivo a observação da pré-montagem dos módulos de madeira que serão utilizados nas instalações provisórias a serem montadas nos canteiros de obras.

7.1.1 Caracterização da fábrica “A”

A fábrica “A” atua desde 1985 no mercado brasileiro, havendo se especializado na construção de instalações provisórias de canteiros de obras. Esta empresa têm a preocupação ambiental bastante evidente: utiliza-se matéria prima certificada e oriunda de reflorestamento, com rigoroso controle de qualidade. A fábrica funciona em um parque industrial que pertence à própria empresa, contendo 8.000 m² construídos dentro de uma área que totaliza 120.000 m². As figuras 9 a 11 destacam alguns componentes produzidos e a infraestrutura da fábrica.

Figura 9 – Componentes não acabados



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 10 – Galpão da fábrica



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 11 – Tesouras estocadas

Fonte: elaborado pelo autor.

7.1.2 Caracterização da fábrica “B”

A fábrica “B” é especializada em edificações racionalizadas em estrutura metálica e de madeira, visando atender empreendedores e empreiteiras.

A empresa teve sua origem em 1988, comercializando peças de madeira. Posteriormente, sobretudo devido às demandas do mercado, dedicou-se à venda de edificações pré-fabricadas, que se destinam, especialmente, à utilização em canteiros de obras, buscando soluções práticas, adaptáveis e viáveis financeiramente. Atualmente, a empresa ganhou visibilidade no mercado, por fornecer dois sistemas - madeira e metálica - constituindo-se como uma das principais fornecedoras de edificações pré-fabricadas no contexto brasileiro.

As figuras 12 a 15 mostram os componentes e situação de trabalho na fábrica “B”.

Figura 12 - Estruturas dos painéis

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 13 - Fabricação do painel

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 14 - Tesoura estocada

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 15 – Painéis estocados

Fonte: elaborado pelo autor.

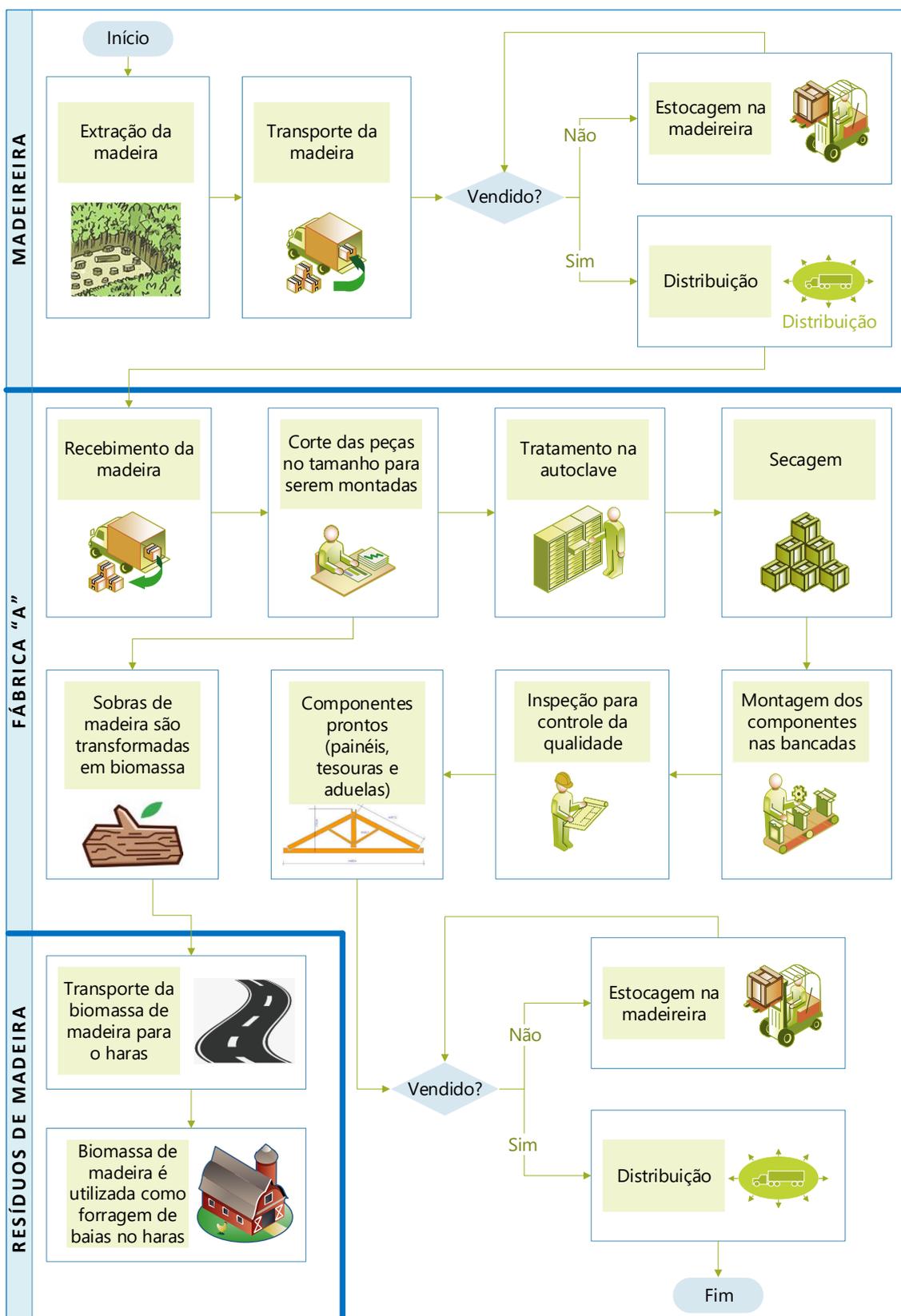
7.1.3 Fluxograma do processo de montagem dos componentes pré-fabricados

Para a simulação do processo de montagem dos componentes pré-fabricados foi necessário verificar *in loco* nas fábricas como que se dava o processo de fabricação dos mesmos. O Fluxograma 3, neste sentido, exemplifica o processo de fabricação dos componentes, desde a extração da madeira até a estocagem ou distribuição na fábrica “A”. Observou-se a integração com a etapa de extração da madeira por meio de um fornecedor qualificado e responsável social e ambientalmente.

Os dados para montagem dos fluxogramas foram obtidos a partir da observação durante as visitas e das respostas às entrevistas, apresentadas em apêndice.

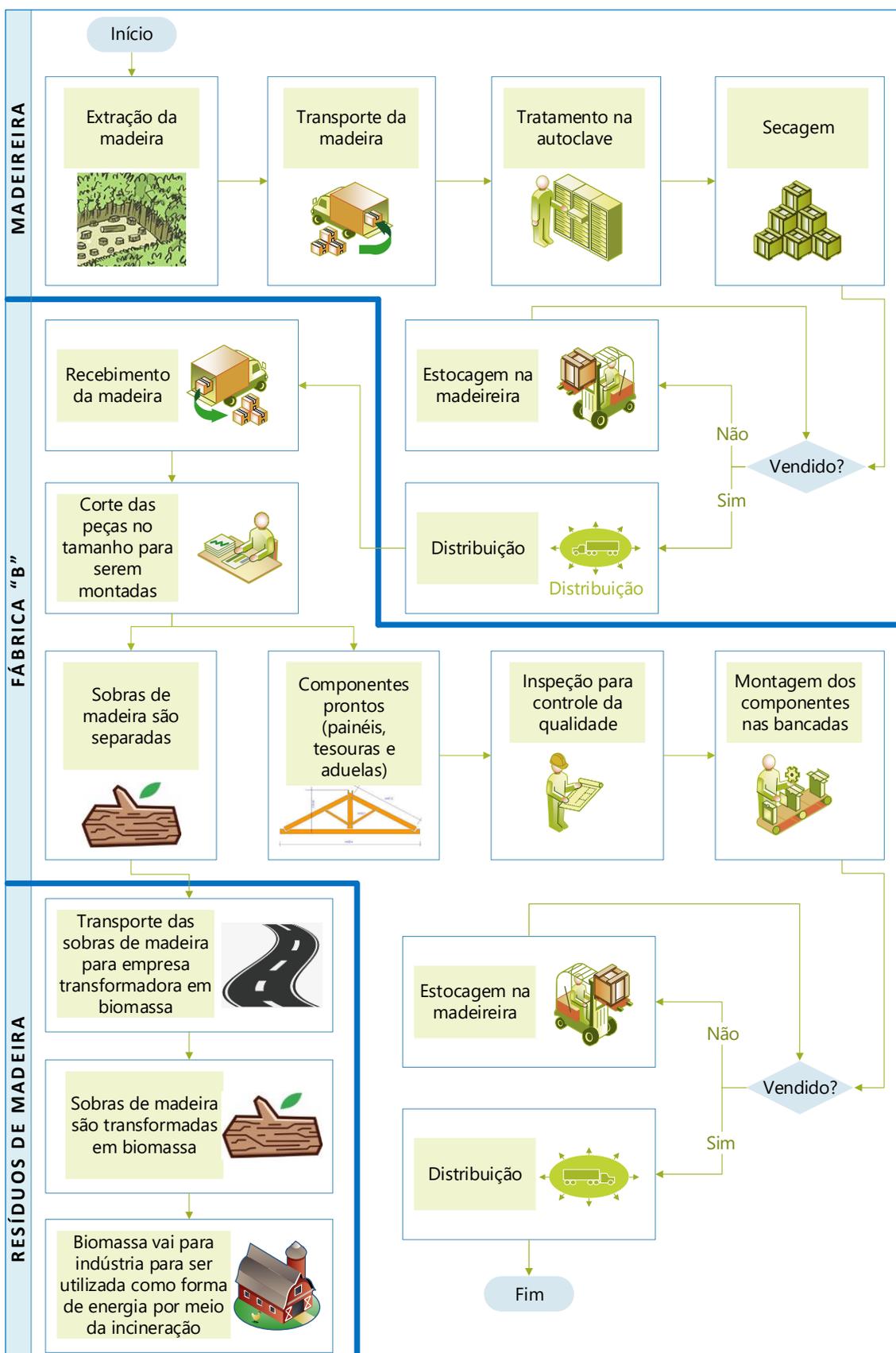
O Fluxograma 4 exemplifica o fluxograma do processo de fabricação dos componentes em madeira na fábrica “B”, desde a extração da matéria prima em madeireira (compra de madeira certificada) até a estocagem e distribuição dos componentes.

Fluxograma 3 – Industrialização dos componentes na fábrica “A”



Fonte: elaborado pelo autor.

Fluxograma 4 – Industrialização dos componentes na fábrica “B”



Fonte: elaborado pelo autor.

7.1.4 Análise da fabricação dos componentes

O processo de industrialização dos componentes nas duas fábricas são semelhantes, sendo que as comparações são destacadas no Quadro 7.

Pode-se destacar que o processo de industrialização dos componentes da fábrica “B” não possui o tratamento da madeira, ou seja, tem menos etapas em relação à fábrica “A”. No caso da fábrica “A” a madeira precisa ser tratada após sua aquisição, e na fábrica “B” a mesma já é adquirida em condições de corte e montagem.

A montagem observada para diferentes componentes na fábrica “B” é de: dois minutos no corte da madeira, cinco minutos na fabricação da tesoura e quatro minutos na fabricação dos painéis. Além disso, o processo de fabricação da empresa “B” possui menor tempo de provisionamento (lead time) por não fazer o tratamento da madeira que dura até cinco dias na fábrica “A”.

Quadro 7 – Comparação entre os processos produtivos nas duas fábricas

Etapa	Empresa A	Empresa B
Tratamento da madeira	A madeira é comprada crua e faz o tratamento da mesma, acrescentando o processo de tratamento na autoclave com duração de 2 horas e a secagem com tempo entre 3 a 5 dias (dependendo da temperatura e umidade no ambiente)	A madeira chega tratada e vai direto para corte, montagem ou estocagem.
Fixação dos conectores anti-racha para madeira nas tesouras	Fixação automatizada por meio de uma prensa hidráulica	Fixação manual por meio de martelo
Resíduos de madeira	As sobras de madeira são transformadas em biomassa ⁵ e destinados para forragem de baias em um haras	As sobras de madeira são retiradas na forma de pedaços por uma empresa que os transforma em biomassa para destinar a indústrias para incineração

Fonte: elaborado pelo autor.

⁵ Biomassa é a matéria orgânica, nesse caso a madeira, que pode ser utilizada na produção de energia.

Os resíduos são transformados e destinados de forma diferente nas duas fábricas. Na empresa “A” tem-se um contrato com um haras que retira os resíduos de madeira do processo de industrialização dos componentes que são transformados em biomassa para forragem de baias. O material possui alta capacidade de absorção de umidade com duração de até 40 dias sem escurecer e perder suas características.

Na empresa B os resíduos são retirados por uma empresa terceirizada em forma de pedaços de madeira com dimensões distintas. Estes resíduos de madeira também são transformados em biomassa e utilizados nas indústrias como forma de energia através da queima, o setor que mais utiliza esses materiais são as olarias da região de Várzea Paulista.

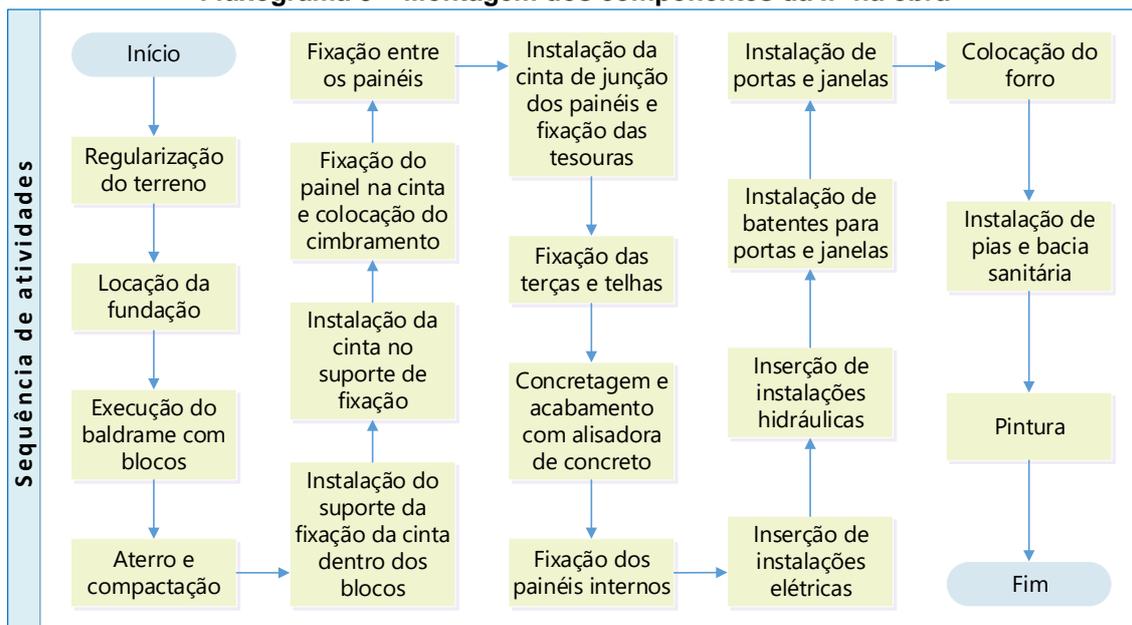
7.2 Montagem dos componentes da fábrica “B” em canteiro de obra

Foi acompanhada a montagem das instalações provisórias pré-fabricadas de madeira produzidas pela fábrica “B” em determinado canteiro de obras. O mesmo localizava-se numa área de cerca de 3.200 m² para dar suporte a uma obra localizada na cidade de São Paulo-SP, correspondente a um corredor de ônibus com 14 km de extensão (entre o Terminal Carrão, Av. Dezenove de Janeiro, Avenida Itaquera, Avenida Líder). Devido à complexidade e tamanho da obra rodoviária a ser desenvolvida, o canteiro de obras foi projetado em local estratégico de forma a otimizar às necessidades e contou com as instalações provisórias pré-fabricadas em madeira.

7.2.1 Fluxograma do processo de montagem dos componentes na obra

O processo de montagem dos componentes na edificação está no fluxograma 5, que sintetiza as atividades construtivas realizadas no canteiro até o acabamento final. Esse fluxograma serviu como base para representar a simulação por meio da tecnologia BIM 4D, que será explicada em detalhes no próximo item.

Fluxograma 5 – Montagem dos componentes da IP na obra



Fonte: elaborado pelo autor.

7.2.2 Sequência da montagem realizada na obra

Para melhor comparar com a simulação, foram feitas imagens pelo autor durante a montagem das instalações provisórias industrializadas de madeira no canteiro de obras na cidade de São Paulo-SP.

A primeira imagem (figura 16) mostra como se deu a regularização do terreno, posteriormente fez-se a locação da fundação (figura 17) e executou-se o baldrame (figura 18). Após a etapa de aterro, compactação do solo e nivelamento (figura 19) internamente ao baldrame, é seguida a instalação dos elementos que serão o suporte da fixação da cinta dentro dos blocos (figura 20). Posteriormente, instalou-se a cinta inferior de madeira que dará o suporte de fixação (figura 21) para os painéis. A etapa seguinte foi a fixação do painel na cinta e colocação de um cimbramento provisório para dar estabilidade e prumo (figura 22). Posteriormente, fez-se a fixação da junção dos painéis por meio de pregos (figura 23), instala-se a cinta superior de madeira de estabilidade e junção dos painéis e fixam-se as tesouras (figura 24). Após isto, são fixadas as terças e telhas (figura 25). O piso interno é concretado o com auxílio da alisadora de concreto para dar o acabamento (figura 26) e pode ser dado início à instalação dos painéis internos da edificação. Partindo para as últimas fases, instalou-se os componentes elétricos da instalação provisória (figura 28) e as instalações

hidráulicas (figura 29). Os acabamentos finais que foram realizados na instalação provisória, foram a execução dos batentes para portas e janelas (figura 30) e em seguida foram colocadas as portas e janelas (figura 31). Finalmente, coloca-se o forro (figura 32), instalam-se as louças e metais - pias e vasos sanitários (figura 33), executam-se as pinturas (figura 34) e a obra é limpa e finalizada (figura 35).

Figura 16 - Regularização do terreno



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 17 - Marcação da fundação



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 18 - Execução do baldrame com blocos



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 19 - Aterro e compactação manual do solo



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 20 - Instalação do suporte da fixação da cinta inferior dentro dos blocos



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 21 - Instalação da cinta inferior junto ao suporte de fixação



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 22 - Fixação do painel na cinta inferior e colocação do cimbramento



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 23 - Fixação dos painéis por meio de pregos com cabeça dupla



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 24 - Instalação da cinta de junção dos painéis e fixação das tesouras



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 25 - Fixação das terças e colocação das telhas



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 26 - Concretagem e acabamento com a alisadora de concreto



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 27 - Fixação dos painéis internos



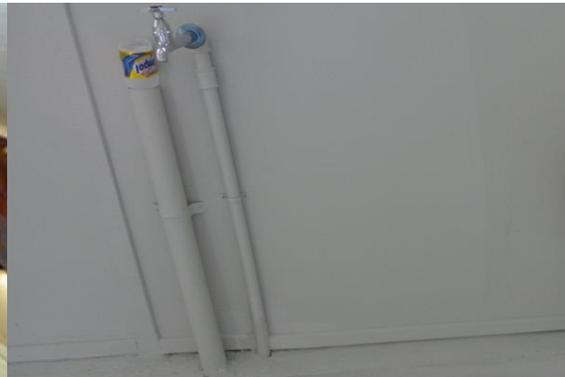
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 28 - Realização das instalações elétricas e fiação



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 29 - Realização das instalações hidráulicas-sanitárias



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 30 - Instalação de batentes para portas e janelas



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 31 - Instalação de portas e janelas



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 32 - Colocação do forro

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 33 - Instalação de pias e vasos sanitários

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 34 - Realização da pintura

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 35 – Vista da obra finalizada

Fonte: elaborado pelo autor.

Durante o acompanhamento das instalações dos batentes (figura 30), foi observado que se poderia diminuir a quantidade de atividades para sua fixação no canteiro (figuras 36 a 39). Ou seja, ao invés dos trabalhadores gastarem tempo instalando cada um destes componentes, ainda que a madeira houvesse sido pré-cortada, a sua pré-montagem na fábrica, junto com a previsão da abertura, permitiria avanços de tempo e produtividade no canteiro.

Figura 36 - Janela sem o batente

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 37 - Instalação do batente

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 38 - Painel com o batente

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 39 - Painel com batente e janela

Fonte: elaborado pelo autor.

Pensando na importância de se prever um Projeto para Montagem (DFA) ou um Projeto para Desmontagem (DFD) e a necessidade de responder aos aspectos de sustentabilidade (social, econômico e ambiental), os passos realizados e mostrados nas figuras 36 a 39 podem ser reformulados. Como sugestão, recomenda-se que os batentes sejam instalados antes, junto com os painéis que possuem aberturas durante a montagem dos componentes em ambiente fabril.

Outra observação diz respeito à concretagem do contrapiso (figura 26). Observou-se que tal procedimento poderia ter sido feito antes da instalação dos painéis, pois facilitaria que se espalhasse o concreto de forma mais eficiente, no local da concretagem. Uma vez que os painéis haviam sido instalados, foi necessário que o caminhão betoneira fosse posicionado na entrada da edificação; os trabalhadores, instruídos pelo encarregado pela obra,

transportaram o concreto com auxílio das carrinhas. O caminhão se posicionou próximo à porta da instalação que estava sendo edificada, para despejar o concreto em cada uma das carrinhas, que eram transportadas pelos colaboradores. Caso os painéis ainda não tivessem sido instalados, o caminhão poderia despejar mais facilmente o concreto por meio da sua bica de concretagem. Na análise do autor, tratou-se de um desperdício de mão de obra, que poderia ter sido evitado com melhor planejamento e conhecimento do processo construtivo.

Dessa forma, com um melhor planejamento, a execução seria otimizada devido ao menor número de passos que serão realizados. Assim, as instruções que o engenheiro ou arquiteto responsável darão aos colaboradores da obra (pedreiros, serventes, pintores etc.) poderão ser seguidas com mais exatidão, o que resultaria em uma diminuição do tempo de realização da obra.

7.2.3 Fluxograma do processo de desmontagem dos componentes na obra

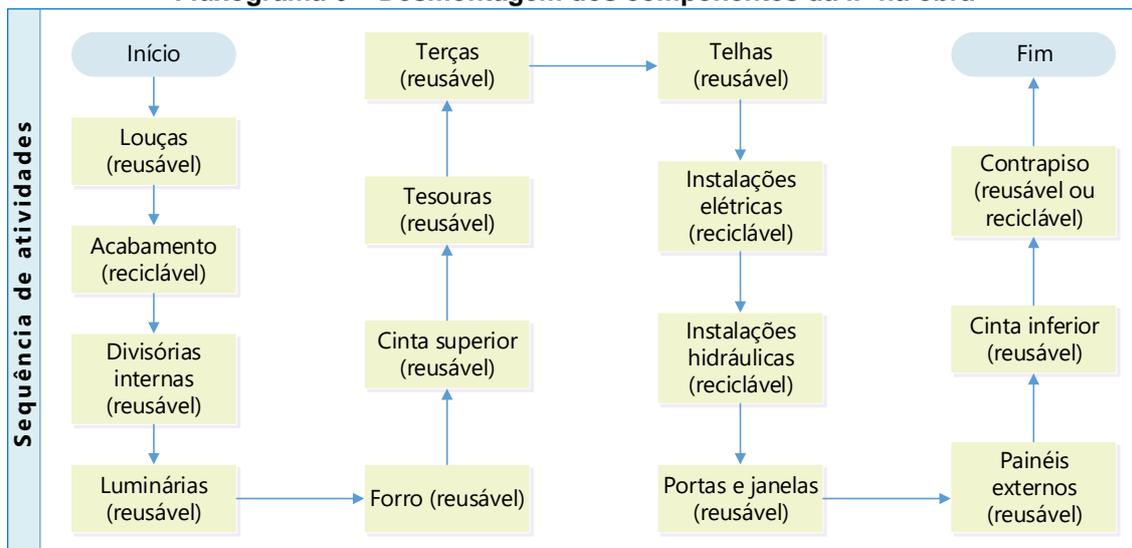
Segundo informação dos fabricantes, apesar dos mesmos oferecerem o serviço de desmontagem com mão de obra especializada, as construtoras não costumam contratá-los para este serviço. Normalmente, as construtoras utilizam sua mão de obra própria (serventes) para fazer a desmontagem e não costumam seguir critérios de reaproveitamento ou reuso. O custo envolvido no processo de desmontagem e de remontagem é de cerca de 70% do custo de uma nova instalação.

Durante a pesquisa, devido à crise no setor da construção civil, foi identificado apenas um canteiro para acompanhamento do processo de desmontagem das instalações provisórias, devidamente autorizado por empresa construtora. Entretanto, houve uma falha na comunicação em relação à data prevista para iniciar a desmontagem, e quando o pesquisador teve acesso ao canteiro, as instalações já haviam sido desmontadas. Assim, foi possível apenas o acompanhamento da gestão dos resíduos gerados, que será descrita em item a seguir.

Entretanto, foi realizada entrevista com o responsável pela desmontagem, obtendo-se as informações necessárias. No fluxograma 6 apresenta-se a

sequência do processo de desmontagem dos componentes com base em informações fornecidas pelos fabricantes das instalações provisórias industrializadas de madeira para canteiro de obras. Não foi possível o registro fotográfico das etapas de desmontagem porque, no momento da fase de pesquisa de campo, não foi identificado identificar outro estudo de caso que pudesse ser acompanhado.

Fluxograma 6 – Desmontagem dos componentes da IP na obra



Fonte: elaborado pelo autor.

Os acabamentos utilizados neste canteiro que foi pesquisada a desmontagem foram: rodafornos de PVC, rodapés de piso cerâmico (aonde existia o piso nesta tipologia) e matajunta de madeira entre painéis.

Após a desmontagem, foi informado que alguns componentes seriam reusados ou reciclados. Os reusáveis poderiam ser utilizados na própria obra, como no caso dos contrapisos, servindo de base para novas construções ou pavimentações no próprio local. Outros exemplos de reusáveis que poderiam ser realocados no canteiro ou utilizados em diferentes obras seriam as louças, as portas, as janelas e as telhas. Segundo o fabricante “A” há perdas, em média, de 30% desses componentes reusáveis durante o período de utilização da construção, na desmontagem, transporte e/ou remontagem em outro local. Como exemplo, pode-se citar: telhas e forros que podem quebrar, uma porta pode empenar, nas janelas pode-se substituir um vidro quebrado e as chapas

dos painéis podem se danificarem devido as intempéries. Neste caso, os mesmos também podem ser reciclados ou descartados.

Os recicláveis são entendidos como os componentes que poderão ser transformados para a mesma finalidade ou para fazer novos produtos. Como exemplo, pode-se citar: as terças quebradas de madeira utilizadas como outros elementos do telhado ou escoramentos; o contrapiso retirado e utilizado como agregado para concretagem de uma nova área e o forro rachado de PVC que poderá retornar para o processo de fabricação de novos forros, para o mesmo tipo de utilização.

7.2.4 Análise dos processos acompanhados

Após o estudo dos processos produtivos e desenho dos fluxogramas das etapas de montagem das instalações provisórias, iniciou-se a modelagem para comparação do executado no canteiro de obras com o planejamento da montagem e desmontagem no modelo BIM (planejamento 4D). Trabalhou-se iterativamente até que se considerasse que os processos produtivos estavam representados virtualmente de maneira bastante similar ao que, de fato, aconteceu no canteiro. Verificou-se, assim, os benefícios gerados de acompanhamento do planejamento quando se utiliza a modelagem BIM.

O primeiro possível benefício da incorporação da modelagem BIM para a montagem da instalação provisória confeccionada na fábrica “B” que se pode observar refere-se à visualização da sequência das atividades, antes que se iniciasse o trabalho na obra. A simulação virtual, neste sentido, poderia contribuir para otimizar a sequência de montagem das instalações provisórias nesta construção.

O processo de concepção das instalações anterior à realização permitiu, também, perceber como a ferramenta *clash detection*, do *software* Navisworks pode ser um mecanismo importante para evitar incompatibilidades de projeto entre diferentes subsistemas da construção.

Outros benefícios, apesar de não terem sido fruto de investigação deste trabalho, podem ser elencados como pontos positivos do BIM.

A capacidade de precisão na definição das quantidades dos insumos a serem adquiridos, também, foi aumentada e pôde-se dar maior confiabilidade no

processo de compra dos materiais, bem como na contratação de mão de obra e a locação de equipamentos nos planejamentos em curto, médio e longo prazo.

Houve também um incremento de eficiência da produtividade, uma vez que o fluxo das atividades que se deveriam realizar no canteiro de obras já foi preestabelecido durante a sequência simulada. Isto, por sua vez, acarretaria em um melhor ritmo de produção.

A modelagem BIM também pode contribuir para que se diminua a ociosidade da mão de obra necessária para operar determinados equipamentos, pois o número de pessoal a ser contratado para realizar determinada atividade tende a ser mais preciso e, também, mais coerente em relação aos prazos que foram estabelecidos para a obra.

Pensando nas importantes resoluções ambientais como as do CONAMA, estabelecidas em um campo oficial e que ditam importantes diretrizes para a construção civil, a modelagem a partir da tecnologia BIM permitiria uma redução da quantidade de matéria prima utilizada.

Os resíduos gerados na obra foram armazenados em caçambas contratadas de uma empresa que retira esse material e transporta-o para aterros regularizados, lá eles passam por triagem para separar cada tipo de material. O processo permitiu que a terra, areia, pedra, madeira e aço, que em muitos locais são enterrados de forma contínua sem reaproveitamento, possam retornar para a construção por meio da reciclagem ou reuso.

Em relação à pré-fabricação dos painéis e módulos na fábrica da empresa “B”, para que então fossem transportados para o canteiro de obras, pode-se constatar que tal procedimento é bastante benéfico para o bom andamento da obra. Em um primeiro momento, tal preocupação refletiu na conservação e bom uso dos materiais necessários: uma vez que tais componentes foram construídos em local adequado, em melhores condições de ergonomia para os operários. Além disso, o armazenamento dos componentes na fábrica permitiu que os mesmos estivessem protegidos contra intempéries, o que nem sempre poderia ser evitado caso tais componentes fossem confeccionados no canteiro de obras.

Também, a montagem dos painéis modulares propiciou um melhor aproveitamento da mão de obra disponível no canteiro de obras, uma vez que a montagem é simples, necessitando apenas a junção dos painéis. Também não

foi necessária a utilização de mão de obra especializada durante a montagem. Assim, diante de um possível treinamento simples e de fácil aprendizagem e assimilação, que conserve a qualidade na produção, é possível agregar o benefício adicional do cumprimento do fator tempo e do bom uso da mão de obra disponível.

A constituição das equipes que realizaram a montagem da instalação provisória também é um importante reflexo do melhor aproveitamento possível da mão de obra: a contratação das equipes, além de potencialmente ser mais “enxuta”, possibilita também que haja maior especialização daqueles que executam determinada tarefa. Isso acarreta em maior qualidade dos serviços que se está realizando, bem como em benefícios para a preparação para a etapa subsequente. Com isso, pode-se determinar com maior “precisão”, tanto no que se refere aos prazos estabelecidos para a obra tanto no dimensionamento para recrutar as equipes necessárias.

A confecção prévia dos componentes necessários para a obra, por sua vez, também significa melhorias, pois o processo de industrialização dos módulos necessários, possibilitando uma padronização, contribui para facilitar a montagem.

Assim, todos estes são fatores trariam benefícios para a realização da simulação antecipada da montagem da IP. De uma forma geral, tais contribuições seriam: menor necessidade de retrabalho; menor geração de resíduos e maior aproveitamento dos materiais utilizados; verificação do cumprimento das determinações de resoluções legais, como atendimento à conservação ambiental; menor descarte de resíduos, protegendo a natureza.

7.3 Acompanhamento da gestão de resíduos oriundos das instalações provisórias

Entre as etapas previstas para a pesquisa estava o acompanhamento da desmontagem de instalações provisórias pré-fabricadas em madeira. Entretanto, devido à informação equivocada por parte do engenheiro responsável pela obra, não foi possível ao pesquisador acompanhar esta fase por meio da observação direta e com registros visuais. Por meio de entrevistas, foi possível levantar os detalhes sobre o processo de demolição sustentável do tipo de IP estudado.

Houve concordância e participação da construtora responsável pelo canteiro que cedeu material fotográfico, plantas e colaborou com a entrevista.

7.3.1 Caracterização da obra pesquisada

A obra pesquisada está localizada no município de São Paulo – SP e o terreno possui 3.600 m². O empreendimento terá 36 apartamentos de quatro suítes, sendo duas unidades por andar, 34 unidades de 271 m² de área privativa e duas coberturas duplex de 460 m². As figuras 40 e 41 mostram a implantação e a planta de um apartamento, respectivamente, do edifício.

A instalação provisória estudada se localizava na região destinada à piscina externa, identificado em vermelho na figura 40.

Figura 40 - Imagem da implantação



Fonte: fornecido pela construtora.

Figura 41 - Imagem da planta



Fonte: fornecido pela construtora.

7.3.2 Caracterização do Projeto da Instalação Provisória

A instalação provisória estudada possui dois pavimentos e pode ser caracterizada como pré-fabricada em madeira. As divisórias foram feitas com painéis estruturais em madeira OSB (painel de tiras de madeira orientada) modulados de 1,22m de largura por 2,5m de altura, conforme demonstrado nas figuras 42 e 43. O revestimento foi feito por meio de pintura ou de cerâmica, as portas eram de madeira, as janelas eram de alumínio, o telhamento era composto por telhas de fibrocimento e os forros eram feitos de chapas planas e

lisas de madeira OSB. As plantas baixas do pavimento inferior e do pavimento superior podem ser visualizadas nas figuras 44 e 45 respectivamente.

Figura 42 - Foto externa da instalação provisória



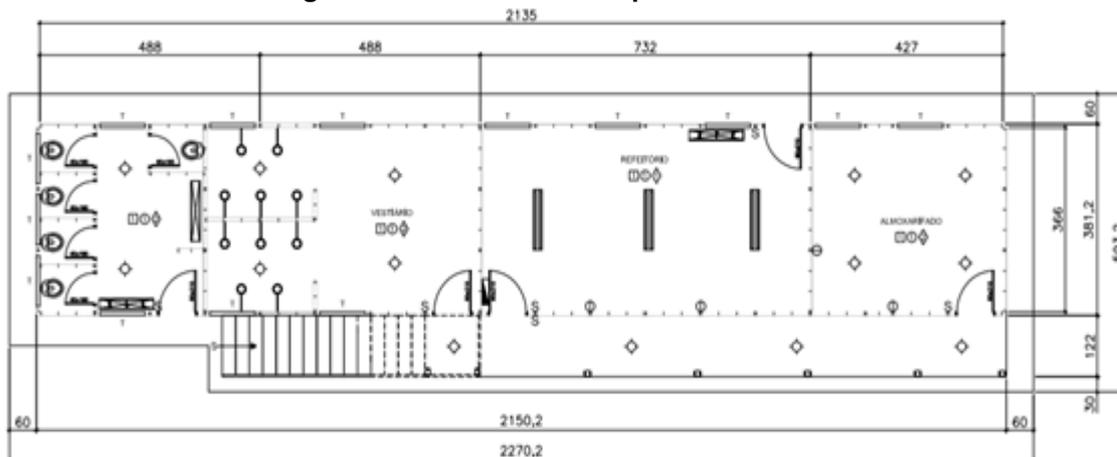
Fonte: fornecido pela construtora.

Figura 43 - Foto interna da instalação provisória



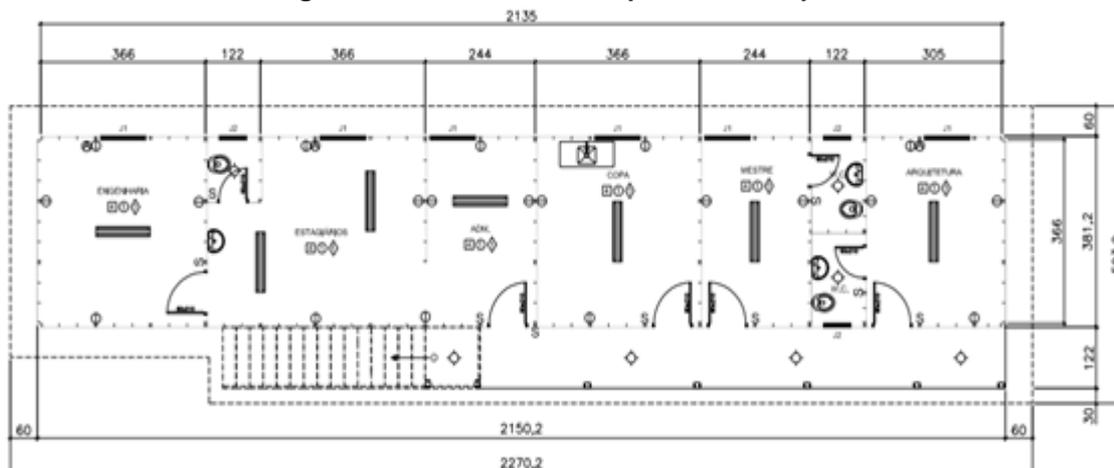
Fonte: fornecido pela construtora.

Figura 44 – Planta baixa do pavimento inferior



Fonte: fornecido pela construtora.

Figura 45 – Planta baixa do pavimento superior



Fonte: fornecido pela construtora.

A fundação da instalação provisória era sobre uma laje tipo radier, sendo que o perímetro era formado por blocos de concreto assentados com argamassa de cimento e areia. Os pisos dos ambientes internos foram feitos de cimento queimado, cimento desempenado, piso cerâmico ou assoalho de madeira.

7.3.3 Geração de resíduos das instalações

Segundo informações da construtora, a quantidade de resíduos gerada na montagem é de meia caçamba (cerca de 2 m³ formado por material OSB). Na desmontagem, foram geradas cinco caçambas (20 m³), cujo material em sua maioria se tratava de OSB. Além desses, foram reaproveitados materiais que dariam para preencher duas caçambas. Os resíduos foram coletados e reciclados por uma empresa recicladora especializada. Posteriormente, os resíduos foram transformados em cavaco de madeira e vendidos para combustão pela recicladora.

Como curiosidade para entendimento mais sistêmico do processo produtivo das IP, procurou-se conhecer também a empresa recicladora dos resíduos de madeira, como será apresentado neste item.

A montagem e a desmontagem foram feitas por carpinteiros e ajudantes contratados pelo próprio fabricante das construções industrializadas. O custo da montagem e desmontagem era de cerca de 60% a 70% do valor de uma nova construção para este fabricante. Tendo em vista que a maior parte é

reaproveitada, este processo de desmontagem e remontagem dura cerca de trinta dias.

7.3.4 Separação, acondicionamento e transporte dos resíduos

Os operários da construtora transportaram os resíduos por meio de carrilhas ou giricas, até as caçambas ou locais de descarte. Eventualmente, quando necessário, tal transporte se realizou no interior ou no exterior do canteiro de obras, dependendo da localização das caçambas.

Após o recolhimento dos resíduos, faz-se a triagem, identificando e separando-os pela composição do material, conforme Quadro 8. Os componentes que seriam ser reaproveitados eram separados e encaminhados para outras obras da empresa. Os resíduos que teriam algum tipo de tratamento, eram acondicionados em caçambas até a chegada da empresa coletora de resíduos, que reciclava uma parte dos materiais e descartava o montante não aproveitado em aterros certificados e de acordo com a Resolução 307 do CONAMA.

Quadro 8 – Destinação dos componentes das instalações provisórias no canteiro pesquisado

Componente	Material	Classe	Destinação na obra pesquisada
Lavatório com coluna	Louça	A	Transferido para outro canteiro
Torneira	Metal	B	Transferido para outro canteiro
Bacia sanitária	Louça	A	Transferido para outro canteiro
Caixa de descarga	Plástico	B	Transferido para outro canteiro
Parafuso, prego, arruela, porca, abraçadeira, dobradiça, etc.	Metal	B	Transferido para outro canteiro
Rodaforro	PVC	B	Transferido para outro canteiro
Canaleta	PVC	B	Transferido para outro canteiro
Mata-junta	Madeira	B	Resíduo para reciclagem – pós 4 usos de canteiro
Painéis internos	Madeira	B	Resíduo para reciclagem – pós 4 usos de canteiro
Luminária	Metal e Vidro	B	Transferido para outro canteiro
Forro	PVC	B	Transferido para outro canteiro
Cinta de ligação	Madeira	B	Resíduo para reciclagem – pós 4 usos de canteiro
Tesoura	Madeira	B	Resíduo para reciclagem – pós 4 usos de canteiro
Terça	Madeira	B	Resíduo para reciclagem – pós 4 usos de canteiro
Telha	Fibrocimento	A	Transferido para outro canteiro
Instalações elétricas	Plástico, PVC e metal	B	Transferido para outro canteiro
Instalações hidráulicas	PVC	B	Transferido para outro canteiro
Porta	Madeira	B	Transferido para outro canteiro
Janela	Alumínio e Vidro	B	Transferido para outro canteiro
Batente	Madeira	B	Transferido para outro canteiro
Contrapiso	Argamassa	A	Resíduo destinado em caçamba 4 m ³ – com CTR

Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com a Resolução 307 do CONAMA, os resíduos de Classe A devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A ou utilizados como reservação de material para usos futuros. Os resíduos de Classe B devem ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura. Percebeu-se que a construtora

pesquisada procurava seguir as normas estabelecidas pela Resolução 307 do CONAMA.

7.3.5 Caracterização da recicladora dos resíduos de madeira

A empresa recicladora foi criada com foco na responsabilidade ambiental e visando suprir a crescente demanda por energia renovável e pela destinação correta aos resíduos de madeira. Conta com apoio de equipe treinada, especializada e possui equipamentos e tecnologia de ponta para a correta operação de todo tipo de resíduo de madeira.

Toda madeira, desde a doméstica até a gerada pelo processo industrial, quando em estado de resíduo inerte, portanto, sem a correta destinação final, é poluente. Esta mesma madeira acaba ocupando espaços importantes na natureza e inclusive nos aterros sanitários.

A empresa procura separar as madeiras a serem processadas, pois a combustão de madeiras em fogueiras e lareiras, impregnadas com conservantes ou pintadas, origina a liberação de numerosos poluentes na atmosfera. Além disso, as cinzas geradas não podem ser utilizadas como fertilizantes do solo por conterem resíduos dos conservantes ou tintas. Segundo a empresa, a madeira tratada ou pintada é considerada um resíduo poluente e não pode ser considerada como um produto florestal.

O resíduo de madeira tem papel destacado como uma fonte de energia renovável e sustentável. Acreditando nessa fonte alternativa de geração de energia, a recicladora implementou o projeto de reciclagem dos resíduos de madeira para produção de cavacos em duas granulometrias diferentes.

Atualmente, a recicladora tem capacidade de produção de aproximadamente 15.600 m³/mês de cavaco/madeira, o que corresponde a 6.240 árvores de reflorestamento de oito anos de idade. Trata-se de resíduos de madeira comercialmente seca com teor de umidade de 18% a 23% para uma boa combustão.

De uma forma genérica, o processo realizado segue as seguintes etapas na fábrica da recicladora:

- Captação da madeira (em caçambas, externo);
- Recepção;

- Alimentação do pré-picador;
- Esteira de classificação (escolha);
- Esteira transportadora;
- Saída da peneira de classificação;
- Carregamento da biomassa;
- Saída da peneira de classificação.

Após a transformação e embalagem, o produto reciclado é vendido e colocado no mercado.

7.3.6 Considerações deste estudo de caso

O processo de projetar a instalação provisória, além de possuir a lógica de montagem e desmontagem, também permite que os projetos sejam detalhados, o que permite a visualização de incompatibilidades e a resolução de problemas em etapas anteriores e, com isso, um produto com menos adaptações em campo. Quanto menos adaptações do produto durante a montagem, melhores as condições para a utilização de sistemas pré-fabricados, menores também a quantidade de resíduos a serem gerados.

Cada vez mais a questão da melhoria da qualidade dos processos é debatida e requisitada nas indústrias, inclusive na de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Os sistemas pré-fabricados, por serem produzidos dentro de ambiente controlado, podem ser considerados parte de um processo de melhoria na qualidade da construção. Por sua vez, um projeto melhor documentado e compatibilizado também representa uma melhoria na qualidade da construção.

Conclui-se que, mesmo a empresa tendo uma boa gestão do canteiro, é inerente ao processo de montagem e desmontagem das instalações provisórias a geração de resíduos. Foram tomados cuidados em reutilizar alguns materiais, em reprocessar outros, gerando novos produtos, e em separar os resíduos, descartando-os corretamente por meio de uma empresa terceirizada.

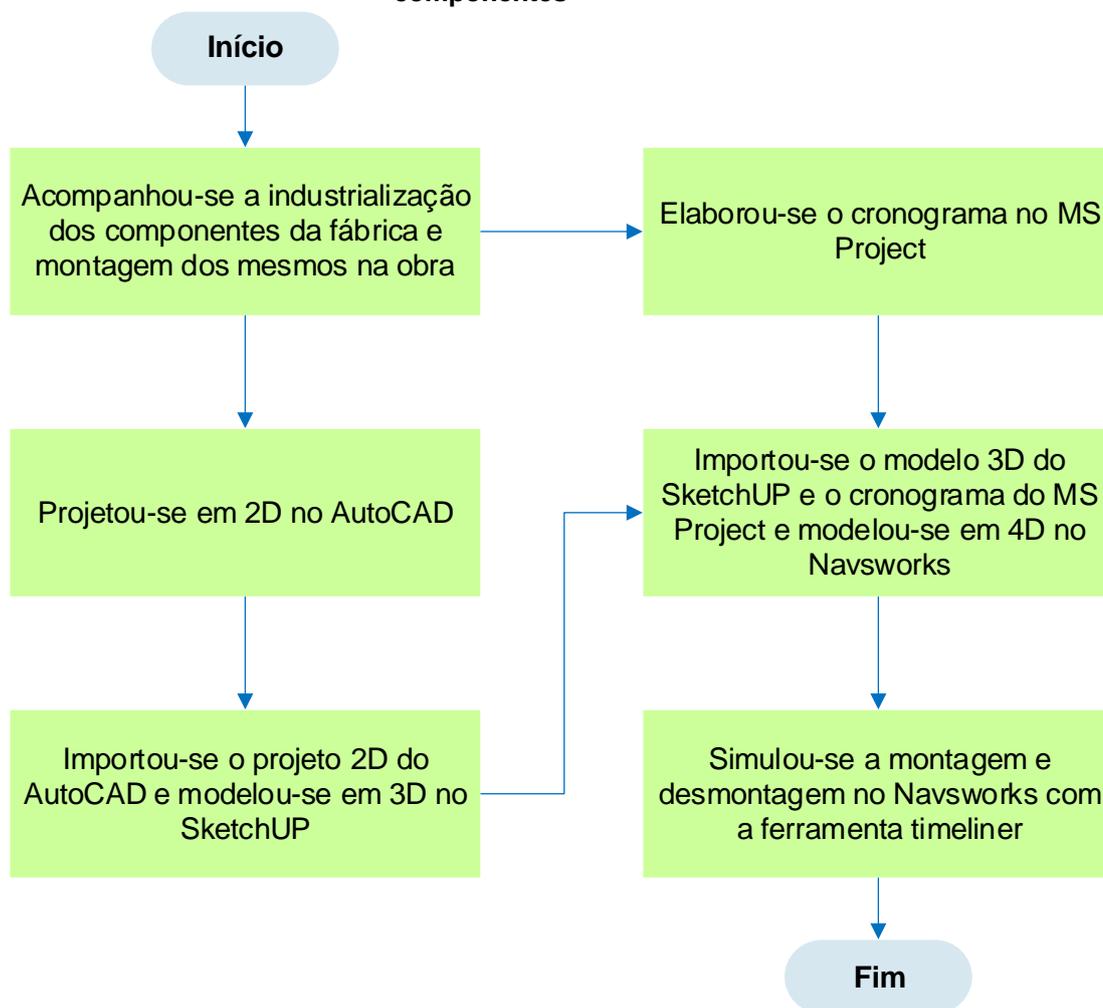
7.4 Simulação

Após o conhecimento do processo produtivo das IP foi realizada a simulação virtual por meio dos programas apresentados anteriormente. Com

isso, espera-se compatibilizar o projeto 3D, ao mesmo tempo que se observa o planejamento mais adequado para as atividades de montagem e desmontagem, de modo a gerar menos resíduos e maior qualidade para o processo.

A simulação da montagem e desmontagem dos componentes das instalações provisórias industrializadas de madeira fez-se no software Navisworks com auxílio da ferramenta *TimeLiner* considerando os seguintes passos indicados no fluxograma 6 a seguir.

Fluxograma 7 – Passos para a simulação da montagem e desmontagem dos componentes



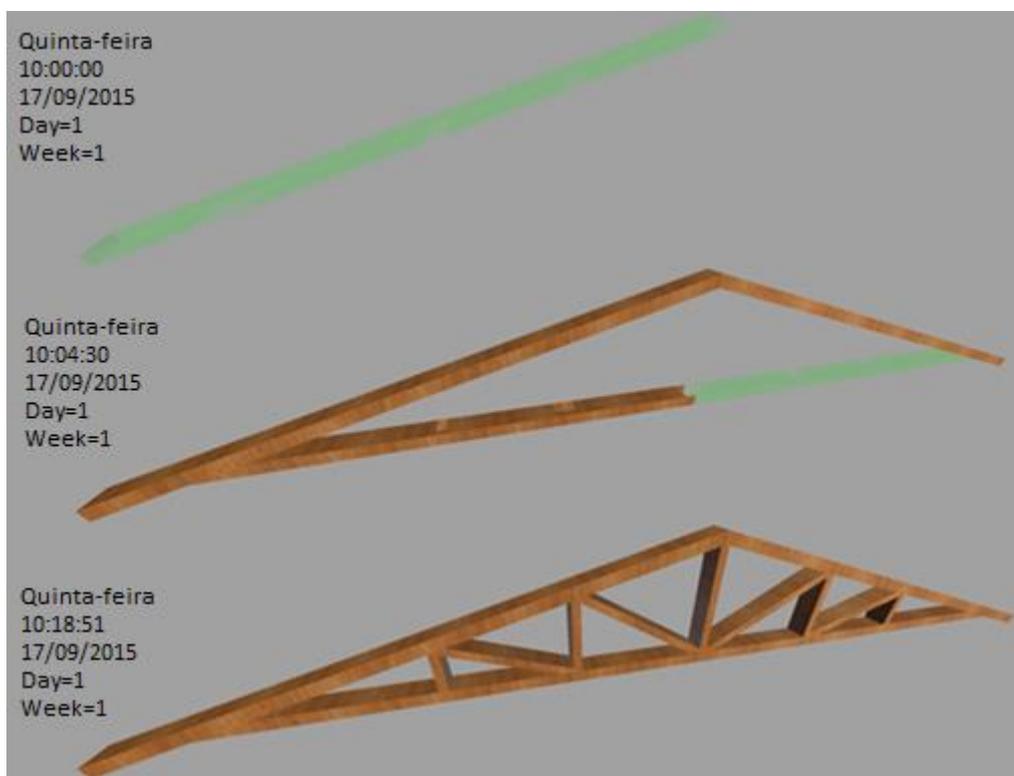
Fonte: elaborado pelo autor.

7.4.1 Simulação da montagem dos componentes pré-fabricados

A partir do registro das etapas de produção, foi feita a simulação 4D da fabricação dos componentes, conforme figuras 46 e 47. Tal simulação foi obtida por meio da importação do modelo 3D e do planejamento da montagem no Navisworks. Primeiramente utilizou-se a ferramenta Autodesk Rendering para adicionar o tipo de material utilizado em cada elemento para que os componentes virtuais ficassem mais parecidos com o real. Foi necessário escolher a opção construction na ferramenta TimeLiner e associar cada componente do modelo 3D a uma atividade do planejamento, que podia ser visualizada e facilmente alterada no cronograma de Gantt. Depois, usou-se a opção simulate para exportar a animação em vídeo no formato “avi”.

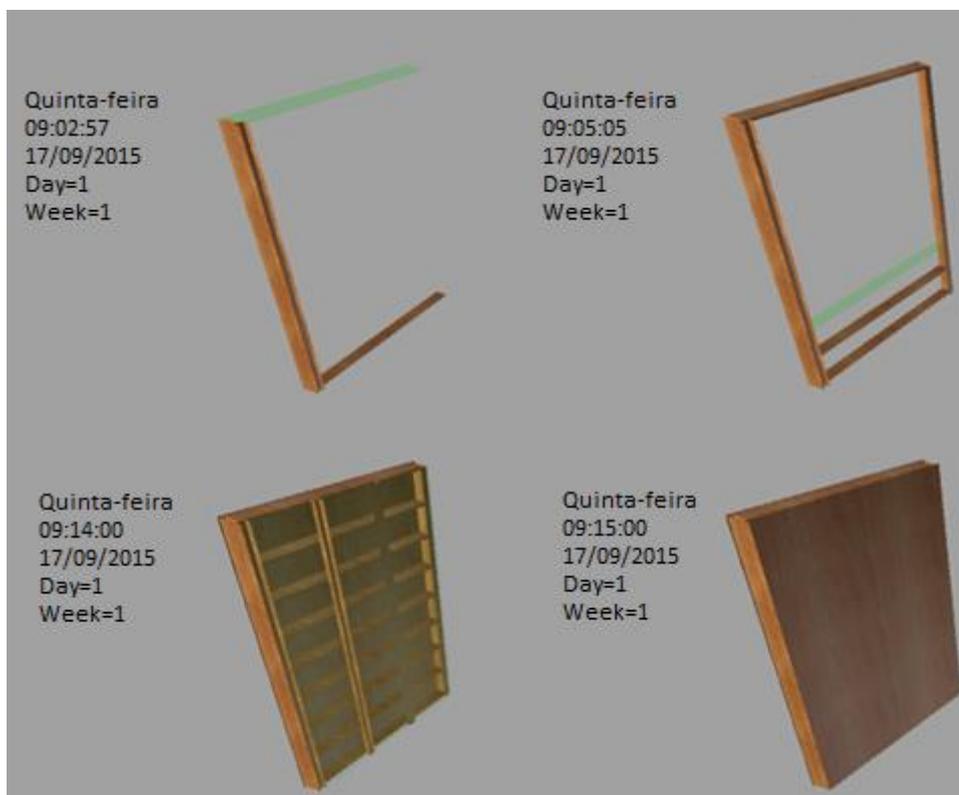
No canto esquerdo superior de cada etapa observa-se o horário e data que se refere a construção do elemento destacado em verde, ou seja, cada elemento 3D está vinculado ao cronograma para gerar a simulação 4D por meio da ferramenta *TimeLiner* do Navisworks.

Figura 46 – Simulação 4D da fabricação da tesoura no Navisworks



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 47 - Simulação 4D da fabricação do painel no Navisworks



Fonte: elaborado pelo autor.

Observou-se que o vídeo gerado pode servir para análise e incorporação de melhorias no projeto e para o treinamento de novos operários, facilitando o processo de produção.

O processo de concepção das instalações anterior à realização permitiu, também, perceber como a ferramenta *clash detection*, do *software* Navisworks, pode ser um mecanismo importante para evitar incompatibilidades entre diferentes etapas do processo que foi realizado. Assim, seria possível realizar um replanejamento das atividades mais dinâmico, bem como alterações antecipadas para evitar que houvesse incompatibilidades de projeto na realização da obra.

Além da capacidade de exatidão no levantamento dos quantitativos de materiais e de serviços, com este tipo de projeto é possível aumentar o nível de confiabilidade e velocidade no processo de compra dos materiais, bem como na

contratação de mão de obra e a locação de equipamentos nos planejamentos em curto, médio e longo prazo.

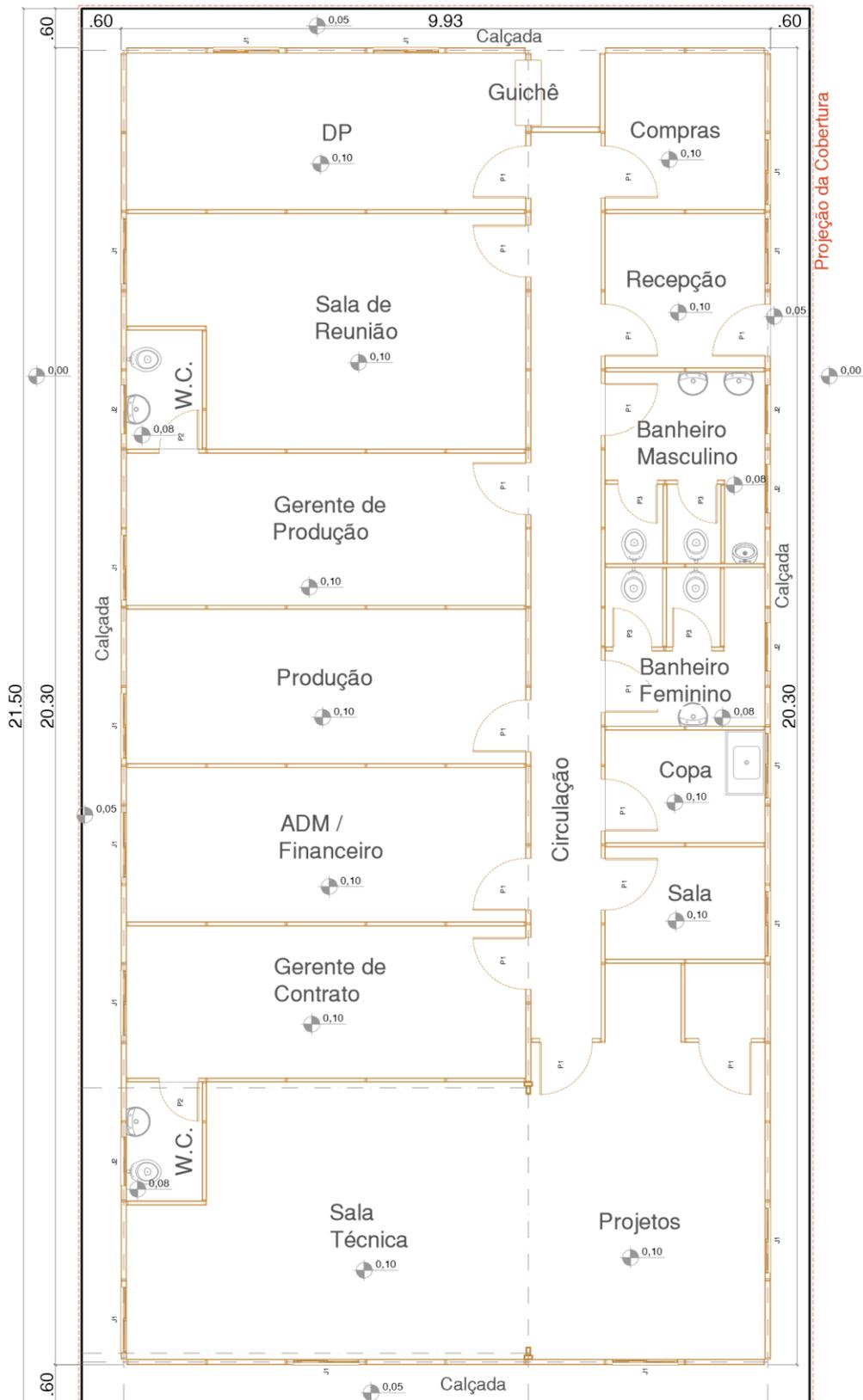
Poderá haver também um notável aumento da eficiência da produtividade, uma vez que o fluxo das atividades que se deveriam realizar no canteiro de obras pode ser preestabelecido durante a sequência simulada. Com a visualização do planejamento pelos operários, os mesmos poderão ter mais facilidade na interpretação dos projetos e realização da montagem ou desmontagem. Isto, por sua vez, acarretaria em um melhor ritmo de produção.

A modelagem BIM também pode contribuir para que se diminua a ociosidade da mão de obra necessária para operar determinados equipamentos, pois o número de pessoal a ser contratado para realizar determinada atividade poderá ser mais preciso e, também, mais respeitoso em relação aos prazos que foram estabelecidos para a obra.

7.4.2 Simulação da montagem das instalações provisórias

Na figura 48 é mostrado o projeto 2D (planta baixa) projetado no AutoCAD e nas figuras 49 e 50 são apresentadas a modelagem 3D feito pelo SketchUp, Como o projeto da IP já existia em 2D, inicialmente foi importado o projeto 2D para depois erguer o modelo tridimensional neste programa.

Figura 48 – Planta baixa da área administrativa



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 49 - Instalação provisória modelada e “explodida” no SketchUp



Fonte: elaborado pelo autor.

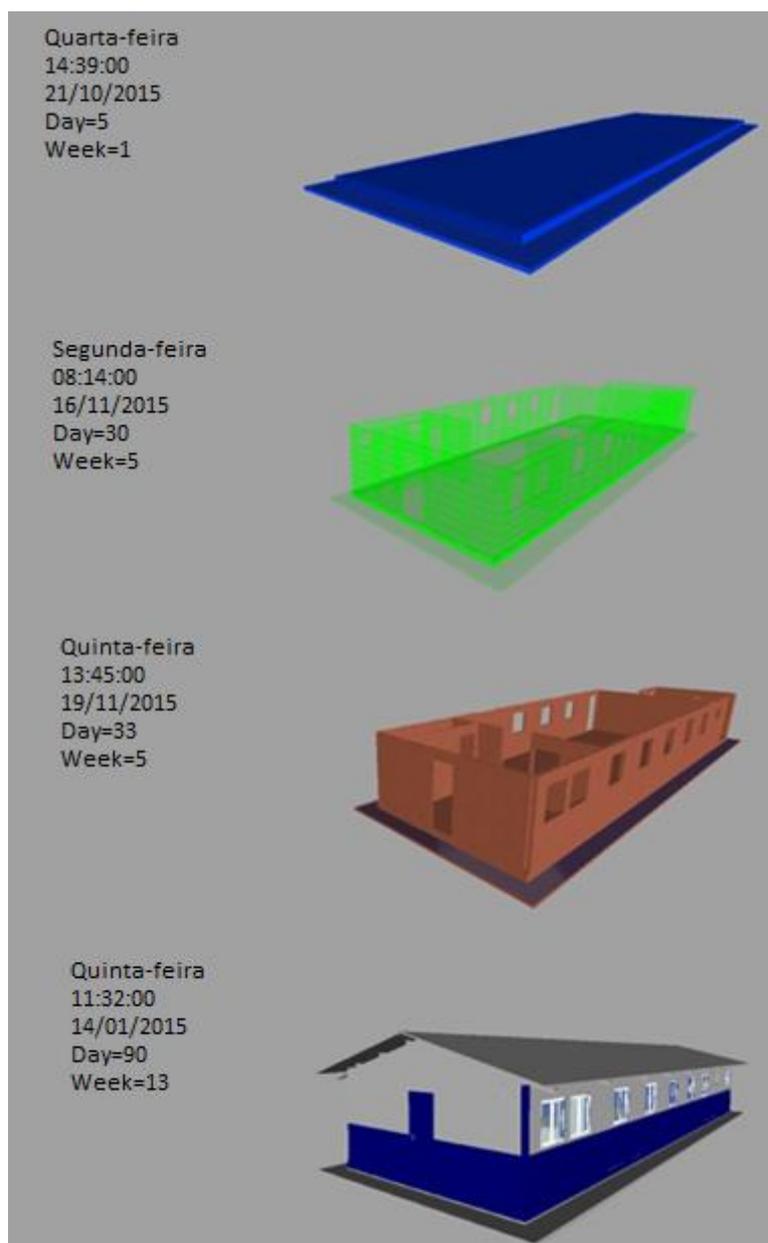
Figura 50 – Vista do canteiro de obras visitado – representação no SketchUp com mapa GoogleMaps



Fonte: elaborado pelo autor.

Nas figuras 51 e 52 pode-se ver resumidamente algumas etapas do vídeo da simulação 4D no software Navisworks, que foi realizada a partir da importação de um modelo 3D do Sketchup e de um planejamento feito no MS Project, na seguinte sequência: execução do baldrame, colocação de painéis, preparação para o telhado e obra concluída. A modelagem 4D foi resultado da vinculação de cada componente do modelo 3D às atividades do cronograma físico de montagem da IP. Sendo assim, cada componente era “montado/desenhado” no momento de seu planejamento. A ferramenta *TimeLiner* do Naviswork foi responsável para tal feito.

Nas figuras 51 e 52 podem ser visualizadas as montagens dos componentes das instalações provisórias na seguinte sequência: regularização do terreno, baldrame, primeiro painel, segundo painel, todos os painéis, tesouras, terças, calçada, acabamento do telhado, louças, telhado e todos os componentes montados. Esta simulação 4D foi modelada através da importação do modelo 3D e do planejamento da montagem no Navisworks, conforme já mencionado. Primeiramente utilizou-se a ferramenta “*Autodesk Rendering*” para adicionar o tipo de material a cada elemento para que cada componente virtual ficasse mais parecido com o real. Foi necessário escolher a opção “*construction*” na ferramenta *TimeLiner* e associar cada componente do modelo 3D a cada atividade do planejamento que pode ser visualizada e facilmente alterada no cronograma físico da montagem da IP. Depois usou-se a opção “*simulate*” para exportar a animação em vídeo no formato “avi”.

Figura 51- Simulação 4D resumida da montagem da IP no Navisworks

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 52 - Simulação 4D detalhada no Navisworks



Fonte: elaborado pelo autor.

7.4.3 Simulação da desmontagem das instalações provisórias

A simulação da desmontagem foi baseada em informações fornecidas pelo fabricante de acordo com o fluxograma 5, pois não foi possível acompanhar tal etapa no canteiro de obras. As etapas são semelhantes ao contrário da montagem observada no canteiro. A simulação 4D da desmontagem fez-se com o mesmo modelo 3D do SketchUp utilizado na simulação 4D da montagem, porém adaptou-se o planejamento de acordo com a sequência de desmontagem para associar a este 3D no programa Navisworks.

Apesar da similaridade da desmontagem ser ao contrário da montagem, pode-se destacar que a regularização do terreno, aterro, viga baldrame, contrapiso e calçada realizados para a montagem permanecerão após a desmontagem, pois serão aproveitados para uma futura área pavimentada.

A figura 53 seguinte ilustra a simulação idealizada para a desmontagem desta instalação provisória do canteiro de obra. Podem ser visualizadas algumas etapas do vídeo da simulação 4D gerado no software Navisworks da desmontagem dos componentes das instalações provisórias, na seguinte sequência: retirada das esquadrias e louças, retirada das telhas, das terças e das tesouras, retirada dos painéis e, por fim, é visualizado o contrapiso e a calçada, que permanecerão após a desmontagem.

A simulação 4D da desmontagem foi modelada em menos passos devido ao 3D e ao planejamento da montagem já estarem modelados no Navisworks. Foi necessário alterar a opção “*construction*” para “*demolish*” na ferramenta *TimeLiner* e excluir algumas atividades que compunham a montagem, mas que não seriam desmontadas (como os elementos argamassados) e alterar a ordem de execução do cronograma físico de acordo com a sequência e o tempo da desmontagem. Depois usou-se a opção “*simulate*” para exportar a animação em vídeo no formato “avi”.

Figura 53 - Simulação 4D da desmontagem da IP no Navisworks

Fonte: elaborado pelo autor.

Após a análise dos dados anteriormente apresentados, pode-se considerar que há potencial ganho econômico e de agilidade no canteiro ao se inserir os dados específicos do processo de produção de obra com peças pré-fabricadas nos softwares de construção para a geração dos modelos. Essas ações otimizam o tempo e os esforços dispendidos no canteiro de obras tanto na montagem das edificações como na desmontagem. Além desse ganho, entende-se que a geração do modelo traz benefícios quanto aos custos, já que possibilita o cálculo com precisão do material, da mão de obra, do tempo e dos resíduos, permitindo melhor gestão de todo o processo e maior qualidade de serviço e produto.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo a instalação provisória do canteiro de obra sendo uma edificação de duração temporária defende-se neste trabalho, que a mesma seja projetada de acordo com as normas técnicas de desempenho e conforto humano para os usuários. Este trabalho apresentou a possibilidade da modelagem BIM 4D para instalações provisórias industrializadas de madeira utilizadas em canteiro de obras nas diferentes etapas do seu processo produtivo: durante sua fabricação, montagem e desmontagem na obra. O procedimento abrange ainda o processo de industrialização de cada componente da IP pré-fabricadas de madeira na fábrica, de forma inclusive didática que pode facilitar o treinamento de novos operários. De uma forma geral, foi possível apontar que há diversos benefícios nestas construções quando visualizados em conjunto com a modelagem BIM 4D como suporte à compatibilidade e simplificação antes da montagem na obra.

A revisão de literatura foi importante para auxiliar na compreensão dos conceitos apresentados e nortear quais conceitos e procedimentos seriam necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

O primeiro estudo feito nas fábricas mostrou que ambas têm produtos semelhantes, com processos produtivos diferenciados. Pode-se destacar que na primeira fábrica “A” a madeira chega crua e é feito o tratamento na autoclave, a fixação dos componentes é automatizado por meio da prensa hidráulica e os resíduos de madeira são transformados em biomassa para serem destinados a forragem de baias em um haras. Na fábrica “B” é importante ressaltar que a madeira chega tratada, a fixação dos componentes é manual com auxílio do martelo e os resíduos de madeira são retirados por uma outra empresa que transforma-os em biomassa com destino para indústrias que utilizem fornos de incineração.

Observou-se que a construtora pesquisada possui estratégias de separação e de acondicionamento dos resíduos gerados pela montagem e desmontagem das IP em seu canteiro, Além disso, a construtora também conta com uma outra empresa que faz o recolhimento dos resíduos de madeira para reaproveitamento. Outro ponto importante é que a construtora desmonta e remonta as mesmas instalações provisórias de um canteiro de obras em outro a ser iniciado, com apoio de mão de obra especializada fornecida pela empresa

fabricante da IP industrializada. Ressalta-se que a construtora pesquisada faz o reaproveitamento, reciclagem e descarte corretos dos materiais contribuindo com a sustentabilidade.

Em relação ao acompanhamento durante a montagem, percebeu-se que as IP estudadas foram concebidas de modo a reduzir os resíduos gerados, pois foram poucos componentes cortados em obra. Destaca-se a necessidade de elaboração de um Projeto para Montagem compatibilizado com a Desmontagem, a fim de otimizar o uso da mão de obra, tempo e custo. No caso da desmontagem, deve-se prever a destinação dos materiais gerados a partir da desconstrução.

O potencial de uso do BIM para a fabricação dos componentes, do projeto do canteiro e de suas instalações pode ser percebido pelos agentes atuantes na construção civil a partir desses exemplos. Além da visualização da concepção dos detalhes e do produto geral, é possível obter quantitativos de materiais e de serviços e, ainda, programar a montagem e a desmontagem.

Na modelagem 4D foi facilmente observado que alguns passos poderiam ter sido realizados na fábrica para otimizar o processo e melhorar a produtividade, como a instalação das portas e janelas. Também na montagem da IP no canteiro, o processo de execução poderia ter sido alterado para melhorar a eficiência. Por exemplo, a concretagem do contrapiso poderia ter sido executada antes da instalação dos componentes pré-fabricados, que passaram ser limitadores de deslocamento durante o serviço. Ou seja, a concretagem poderia ter acontecido antes da montagem dos painéis para facilitar a sua execução e trazer maior produtividade ao processo de montagem. Estes aspectos contribuem em favor do planejamento, diminuindo a quantidade de passos, resultando em otimização de mão-de-obra, tempo e custo.

Os vídeos das simulações da construção foram gerados por meio da modelagem BIM 4D no software Navisworks, sendo necessário contar com conhecimento dos processos de fabricação e de construção. A sequência para a modelagem 4D foi: projetar a planta 2D no AutoCAD, importar o 2D e modelar o 3D no SketchUp, inserir o planejamento no MS Project e, por fim, modelar o 4D por meio da ferramenta Timeliner no Navisworks juntando o 3D com o planejamento. A simulação da montagem foi baseada em informações coletadas durante o acompanhamento da obra e a simulação da desmontagem foi feita por

meio das informações coletadas nas fábricas e no canteiro visitado. Houve a necessidade de o pesquisador fazer várias simulações da modelagem virtual até chegar ao resultado que representasse a realidade da melhor forma. Também foi necessário entender a integração entre os programas computacionais. Sabe-se que podem ser buscadas outras alternativas para combinação dos programas.

As entrevistas auxiliaram na compreensão dos processos descritos, principalmente com relação às informações necessárias para a simulação da desmontagem. Houve uma certa dificuldade em conseguir registros das etapas de desmontagem, mas por similaridade reversa à montagem e pelas entrevistas realizadas, foi possível propor uma solução condizente com a experiência do pesquisador e coerente com a literatura.

Acredita-se que os objetivos desta pesquisa foram alcançados, pois foi apresentado o processo de produção e montagem das instalações provisórias industrializadas em madeira presentes nos canteiros de obras e foi descrita a viabilidade e utilização quando utilizado esta tecnologia juntamente com a modelagem BIM 4D.

Em especial, destaca-se a necessidade de uso licenciado dos programas computacionais de forma a contar com todo o suporte técnico durante a fase de modelagem e simulação.

Acredita-se que tal trabalho significa um avanço no conhecimento e na proposta de se incluir os aspectos do uso do BIM nos canteiros de obra brasileiros.

Os próximos estudos sugeridos dizem respeito a:

- (1) propor métodos de desconstrução adequados para a tipologia de instalações provisórias estudada;
- (2) modelar em novos softwares para apontar as vantagens e desvantagens de cada um;
- (3) simular o processo de produção do canteiro de obras para indicar melhorias no layout, dimensionamento de mão de obra, cronograma de construção e contratação de máquinas e equipamentos;
- (4) quantificar a redução de materiais, mão-de-obra e tempo quando utilizado em conjunto a modelagem 4D com as instalações provisórias de madeira;

(5) inserir a modelagem 5D para prever o custo de cada etapa com maior confiabilidade e comparar com a obra;

(6) adequar o procedimento proposto nesta dissertação para estudo das instalações industrializadas de madeira – visita às fábricas, estudo do canteiro de obras, definição de fluxogramas, modelagem 4D da montagem e desmontagem – para outras tipologias de instalações provisórias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDIS, B. **Building with Reclaimed Components and Materials: a design handbook for reuse e recycling**. Earthscan, London, 2006.
- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. Série Sustentabilidade, Vol. 5, Ed. Blucher, 2011.
- AMARAL, A. T. **O uso do método DFA (Design for Assembly) em projeto de produtos objetivando a melhoria ergonômica na montagem**. 2007. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- ANDRADE, F. R. **Metodologia para a avaliação do processo de desconstrução de estruturas de concreto armado pré-fabricado de galpões: estudo de caso no DF e GO**. 2013. 147f. Dissertação (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade federal de São Carlos, São Carlos.
- ARAUJO, V. M.; CARDOSO, F. F; **Levantamento do estado da arte: canteiro de obras**. 2007. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável, Projeto Finep 2386/04, São Paulo. 2007. 38 p.
- ARSLAN, H. Re-design, re-use and recycle of temporary houses. **Building and Environment**, Philadelphia, v. 42, p. 400-406, 2007.
- ARSLAN, H.; COSGUN, N. Reuse and recycle potentials of temporary houses after occupancy: example of Duzce-Turkey, **Building and Environment**, Vol. 43 No. 5, pp. 702-9, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: edificações habitacionais – desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12284**: Áreas de vivência em canteiros de obras. Rio de Janeiro, 1991.
- AUTODESK. **Welcome to Autodesk Navisworks 2016 (conteúdo digital)**. 2015. Disponível em <<http://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Navisworks/files/GUID-82273D46-50EB-42F1-A1BC-0F60DF68621D-htm.html>>. Acesso em 19/10/2015.
- BARCKUME, A. **Deconstruction and Design for Disassembly**. 2008. Disponível em <http://www.academia.edu/178424/Deconstruction_and_Design_for_Disassembly>. Acesso em 01/10/2015.
- BENEVOLO, Leonardo. **História da arquitetura moderna**. São Paulo: Perspectiva, 1998.
- BIOTTO, C.N. **Método de gestão da produção na construção civil com uso da modelagem BIM 4D**. 2012.182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BIRBOJM, A.; SOUZA, U. E. L. **Construções temporárias para canteiro de obras**. 2001. 23 p.. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BOOTHROYD, G.; ALTING, L. **Design for Assembly and Disassembly**. CIRP Annals Manufacturing Technology. v. 41, n. 2, 1992, pp. 625-636.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Emprego**. Norma Regulamentadora 18 (NR-18) Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. 2015. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-18-condicoes-e-meio-ambiente-de-trabalho-na-industria-da-construcao>. Acesso em janeiro de 2016.

BRUNA, P. J. V. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. 2. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2002. 307 p. (Debates).

BURAK, R.; HALL, B; PARKER, K. Designing for Adaptability, Disassembly, and Deconstruction. **PCI Journal**, Vol. 55, 2010.

CAIXETA, M. C. B. F et al. Gestão do ciclo de vida em projetos de hospitais. In: Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projetos na Construção se Edifícios, 8., 2008, São Paulo. **Anais...** 2008, 7 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL (CBIC). **PIB Brasil e Construção Civil**. 2015. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>. Acesso em janeiro de 2016.

CESAR, L. D.; ZANUTTO, T. D.; BISINHOTO, S. L.; SERRA, S. M. B.; SOUZA, L. C. L. Projeto do canteiro de obras: avaliação das instalações provisórias e dos fluxos físicos de materiais. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 2., 2011, Rio de Janeiro. **Anais...** Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2011, 13 p.

CICHINELLI, G.C. Escolha de material para alojamentos e áreas de vivência nos canteiros deve levar em conta tempo da obra, custo, manutenção e vida útil do sistema. **Construção Mercado**, edição 169, Julho de 2015. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/169/escolha-de-material-para-alojamentos-e-areas-de-vivencia-nos-357946-1.aspx>. Acesso em janeiro de 2016.

COELHO, S. B.; NOVAES, C. C. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e Ambientes Colaborativos para Gestão de Projetos na Construção Civil. In: Workshop Brasileiro - Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios, 8., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução 307**: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em janeiro de 2016.

COSTA, J. M. C.; SERRA, S. M. B. Comparação de processos de levantamento de quantitativos: tradicional e BIM. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 2014), 12, 13 e 14 de novembro. **Anais...** Maceió, Alagoas, 2014.

COUTO, A. B.; COUTO, J. P.; TEIXEIRA, J. C. Desconstrução – Uma ferramenta para a sustentabilidade da construção. In: Inovações Tecnológicas e Sustentabilidade, 2006, **Anais... NUTAU 2006**, São Paulo.,

COZZA, E. Tecnologia: Quando tudo se encaixa. **Téchne**, edição 37, novembro de 1998. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/37/artigo285119-1.aspx>. Acesso em janeiro de 2016.

CROWTHER, P. **Design for Buildability and the Deconstruction Consequences**. In: Design for Deconstruction and Material Reuse. CIB Publication 272, 2002.

CURWELL, S.; COOPER, I. The Implications of Urban Sustainability. **Building Research and Information**, v. 26, n. 1, p. 17-28, 1998.

DANTATA, N.; TOURAN, A.; WANG, J. An Analysis of Cost and Duration for Deconstruction and Demolition of Residential Buildings in Massachusetts. **Resources, Conservation and Recycling**, 2005.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (DIEESE), **Os trabalhadores e a reestruturação produtiva na indústria da construção civil brasileira**. São Paulo: DIEESE, 2001.

DIAS, C. M. **Etapas do Ciclo de Vida de Construções Provisórias para Canteiros de Obras**. 2013. 119p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Civil, Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

DISPENZA, K. **The Daily Life of Building Information Modeling (BIM)**. 2010. Disponível em: <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim>. Acesso em janeiro de 2016.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, p.; SACKS, R. e LISTON, K. - **BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling.**, WILEY, 2011.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

EL DEBS, L. de C.; FERREIRA, S. L. Diretrizes para processo de projeto de fachadas com painéis pré-fabricados de concreto em ambiente BIM. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 41-60, abr./jun. 2014. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

FABRICIO, M. M. **Industrialização das construções: revisão e atualização de conceitos**. Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, v. 20, p. 228, 2013.

FERNANDEZ, J. E. Design for Change: parte 1 – diversified lifetimes. **Architectural Research Quartely**, v. 7, p. 169-182, 2003.

FLORIO, W. Contribuições do *Building Information Modeling* no processo de projeto em arquitetura. In: Seminário TIC 2007 – Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 2007, Porto Alegre. **Anais... Porto Alegre: TIC 2007**, 2007. CD-ROM.

- GIRMSCHEID, G.; SCHEUBLIN, F. (ed.). **New Perspective in Industrialisation in Construction** – A state-of-the-Art Report. Zurich: Eigenverlag des IBB an der ETH. 2010.
- GODINHO, C. M. **Gestão Integrada de Resíduos de Construção e Demolição – Análise de Casos de Estudo**. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2011. (Dissertação).
- GODOY, A. S. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n.3, p. 20 – 29, Maio/Junho, 1995.
- GUY, B. **Design for Deconstruction and Materials Reuse**. 2003. Center for Construction and Environment, Gainesville, Florida; Scott Shell, Esherick, Homsey, Dodge e Davis Architecture, San Francisco, CA. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.624.9494&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: dez. 2016.
- GUY, B.; OHLSEN, M. **Creating business opportunities through the use of a deconstruction feasibility tool**. Paper 3. 12p. 2003. In: CIB Publication 287. Proceedings of the 11th Rinker International Conference May 7-10, 2003 Gainesville, Florida, USA. Disponível em: http://www.cce.ufl.edu/wp-content/uploads/2012/08/Deconstrucion_and_Materials_Reuse.pdf. Acesso em: dez. 2016.
- HARTMANN, T.; MEERVELD, H.; VOSSEBELD, N.; ADRIAANSE, A. Aligning building information model tools and construction management methods. **Automation in Construction**, v. 22, p. 605 – 613, 2012.
- HELLUM, E. M. **Increasing Utility Value of BIM in All Project Phases**. Norwegian University of Science and Technology, 2015. (Dissertação de mestrado).
- Institut de la Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITEC). **Manual de Desconstrucción**. 1995. Disponível em: <http://www20.gencat.cat/docs/arc/Home/LAgercia/Publicacions/Residus%20de%20la%20construccio/desconstr.pdf> Acesso em: dez. 2016.
- JOHNSON, C. What's the big deal about temporary housing? Planning considerations for temporary accommodation after disasters: example of the 1999 Turkish earthquakes. 2002 TIEMS disaster management conference. **Proceedings...** Waterloo (2002). Disponível em: <http://www.grif.umontreal.ca/pages/i-rec%20papers/cassidy.PDF>. Acessado em 12/08/14.
- KARTAM, N.; AL-MUTAIRI, N.; AL-GHUSAIN, I.; AL-HUMOUD, J. Environmental Management of Construction and Demolition Waste in Kuwait. **Waste Management**, 2004.
- KIBERT, C. J.; CHINI, A. R. **Overview of Deconstruction in Selected Countries**. CIB Publication 252, 2000.
- KLANG, A.; VIKMAN, P.; BRATTEBO, H. Sustainable Management of Demolition Waste - an integrated model for the evaluation of environmental, economic and social aspects. **Resources, Conservation and Recycling**, 2003.

KUO, T-C.; HUANG, S. H.; ZHANG, H-C. **Design for manufacture and design for 'X':** concepts, applications, and perspectives. In.: Computers and Industrial Engineering. N. 41, 2001. p. 241-260.

LANGSTON, C.; WONG, F. K. W.; HUI, E. C. M.; SHEN, L. Strategic Assessment of Building Adaptive Reuse Opportunities in Hong Kong. **Building and Environment**, v. 43, p.1709–1718, 2008.

LIPSMEIER, K.; GÜNTHER, M. **Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios**. Minho: Institute for Waste Management and Contaminated Sites Treatment of Dresden University of Technology, v. 1, 2002.

LOPES, M. F. **Implementação da desconstrução na indústria da construção nacional**. 183f. 2013. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil), Universidade do Minho, Portugal.

LOURENÇO, C. **Optimização de Sistemas de Demolição – Demolição Seletiva**. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2007. (Dissertação).

LYRIO F, A. M.; AMORIM, S. L. Ciclo de vida de empreendimentos imobiliários: as dinâmicas de produto e projeto. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 11, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: 2006.

MANFREDINI, C; SATTTLER, M. A. Estimativa da Energia Incorporada a Materiais de Cerâmica Vermelha no Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 1, p. 23-37, 2005.

MENEZES, A. M.; VIANA, M. L. S.; PEREIRA JUNIOR, M. L.; PALHARES, S.R. A adequação (ou não) dos aplicativos BIM às teorias contemporâneas de ensino de projeto de edificações. In: XIV Congresso de la Sociedad Iberoamericana de gráfica Digital - SIGRADI 2010, **Anais...** Bogotá: Ediciones Uniandes, 2010.

OLIVEIRA, M. E. R.; LEÃO, S. M. C. Planejamento das instalações de canteiros de obras: aspectos que interferem na produtividade. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 17., 1997, Gramado. **Anais...** Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 1997, 6 p.

POON, C. S.; Yu, T. W.; Ng, L. H. **A Guide for Managing and Minimizing Building and Demolition Waste**. The Hong Kong Polytechnic University, 2001.

REAL, S. A. C. F. **Contributo da Análise dos Custos do Ciclo de Vida para Projectar a Sustentabilidade na Construção**. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

REIS, R. P. A.; SOUZA, U. E. L.; OLIVEIRA, L. H. Alternativas e soluções de instalações hidráulicas provisórias em canteiros de obra. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), 10., 2004, São Paulo. **Anais...** Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2004, 13 p.

REVEL, M. **La prefabricacion em la construccion**, 1.ed. 1973. Bilbao: Urmo. 457p.

ROCHA, C. G.; SATTTLER, M. A. A Discussion on the Reuse of Building Components in Brazil: An analysis of major social, economical and legal factors. In: **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, p. 104–112, 2009.

- ROCHA, C. **Proposição de Diretrizes para Ampliação do Reuso de Componentes de Edificações**. Programa de Pós-graduação em Construção Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. (dissertação).
- ROUSSAT, N.; DUJET, C.; MÉHU, J. Choosing a Sustainable Demolition Waste Management Strategy Using Multicriteria Decision Analysis. **Waste Management**, v. 29, p. 12-20, 2009.
- SACKS, R.; BARAK, R. e RADOSAVLJEVIC, M. Requirements for Building Information modeling based lean production management systems for construction. **Automation in Construction**, Volume 19, Issue 5, August 2010, Pages 641–655.
- SACKS, R.; PARTOUCHE, R. **Empire State Building Project**: Archetype of “Mass Construction”. In.: *Journal of Construction Engineering and Management*. 136(6), 702–710, 2010. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000162>>. Acesso em 18/10/2015.
- SANTO JR, A. P. E.; AZZOLINI, R. L. **Instalações elétricas provisórias em canteiros de obras**: estudos de casos. 2009. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade da Amazônia, Belém.
- SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. **Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos**. *Recomendações Técnicas HABITARE*. v. 3, 112 p, 2006
- SCHEER, S.; CARVALHO, W.; SANTOS, A. Análise da situação atual e proposta para a produção e gestão de projetos civis em instituições públicas de ensino. In: *Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção (VII SIBRAGEC)*, 2011. **Anais...** Campinas, 2011.
- SKETCH UP. **Sketch up for architecture (conteúdo digital)**. 2015 Disponível em: <<http://www.sketchup.com/pt-BR/3Dfor/architecture>>. Acesso em 19/10/2015.
- SOUZA, F.B.; SERRA, S. M. B. Gestão e Reciclagem dos Resíduos nas Construções Provisórias Industrializadas de Madeira. In: *Encontro em Engenharia de Edificações e Ambiental*, 3., 2015, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2015.
- TINGLEY, D. D.; DAVISON, B. Developing an LCA Methodology to account for the environmental benefits of design for deconstruction. **Building and Environment**, v. 57, p. 387–395, 2012.
- TROTTA, C. L. **Análise das áreas de vivência em canteiros de obra**. 2011. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- TROTTA, C. L.; GRILLO, K.V.F.; SERRA, S. M. B. Análise das áreas de vivência em canteiros de obra. XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 2012. **Anais...** Novembro de 2012. Juiz de Fora, MG, 2012.
- VALE, B. **PREFABS: The history of the UK Temporary Housing Programme**. Londres, Reino Unido: Routledge, 1995.

- VASCONCELOS, A. C. (2002). **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo.
- VIVAN, A.L.; PALIARI, J.C. **Design for Assembly aplicado ao projeto de habitações em Light Steel Frame**. Ambiente Construído, v. 12, n. 4, p. 101-115, 2012.
- WACKER, J. G. A Definition of Theory: research guidelines for different theory-building research methods in operations management. **Journal of Operations Management**, v.16, p. 361-385, 1998.
- WINRKLER, G. **Recycling Construction and Demolition Waste – A LEED-Based toolkit**. Estados Unidos: Mc Graw Hill, 2010.
- WYK, V. L. **Green Building Handbook Volume 3: Demolish or Deconstruct**. Alive2Green Publishers, 2010.
- YIN, R. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 2. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2001.

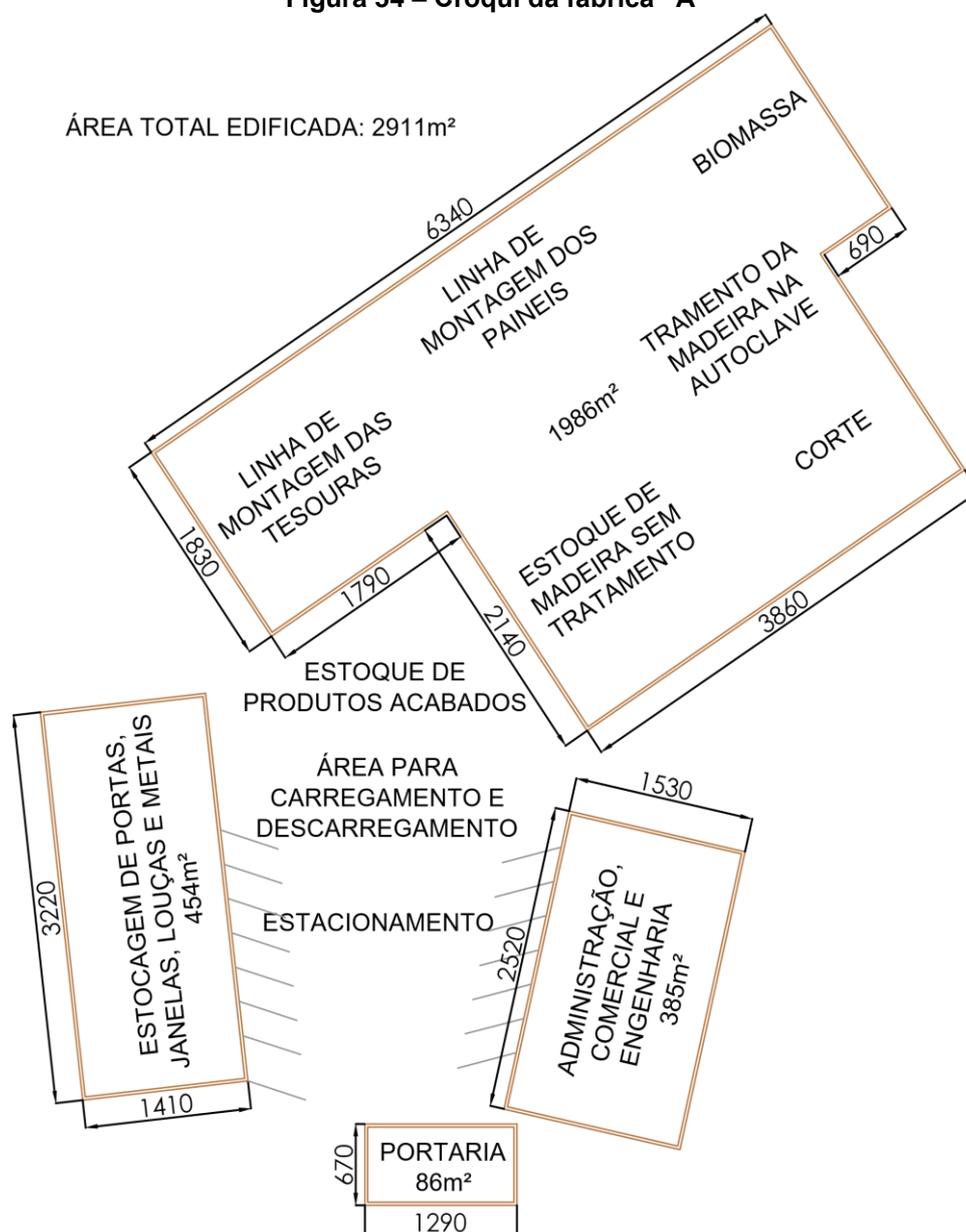
APÊNDICES

Os questionários foram respondidos pelos seguintes profissionais:

Profissional	Fábrica "A"	Fábrica "B"
Cargo	Engenheiro projetista	Gerente comercial
Função	Projetar as instalações	Gerenciar vendas
Formação	Engenheiro Civil	Administração de empresas
Tempo de experiência na função	3 anos	2 anos

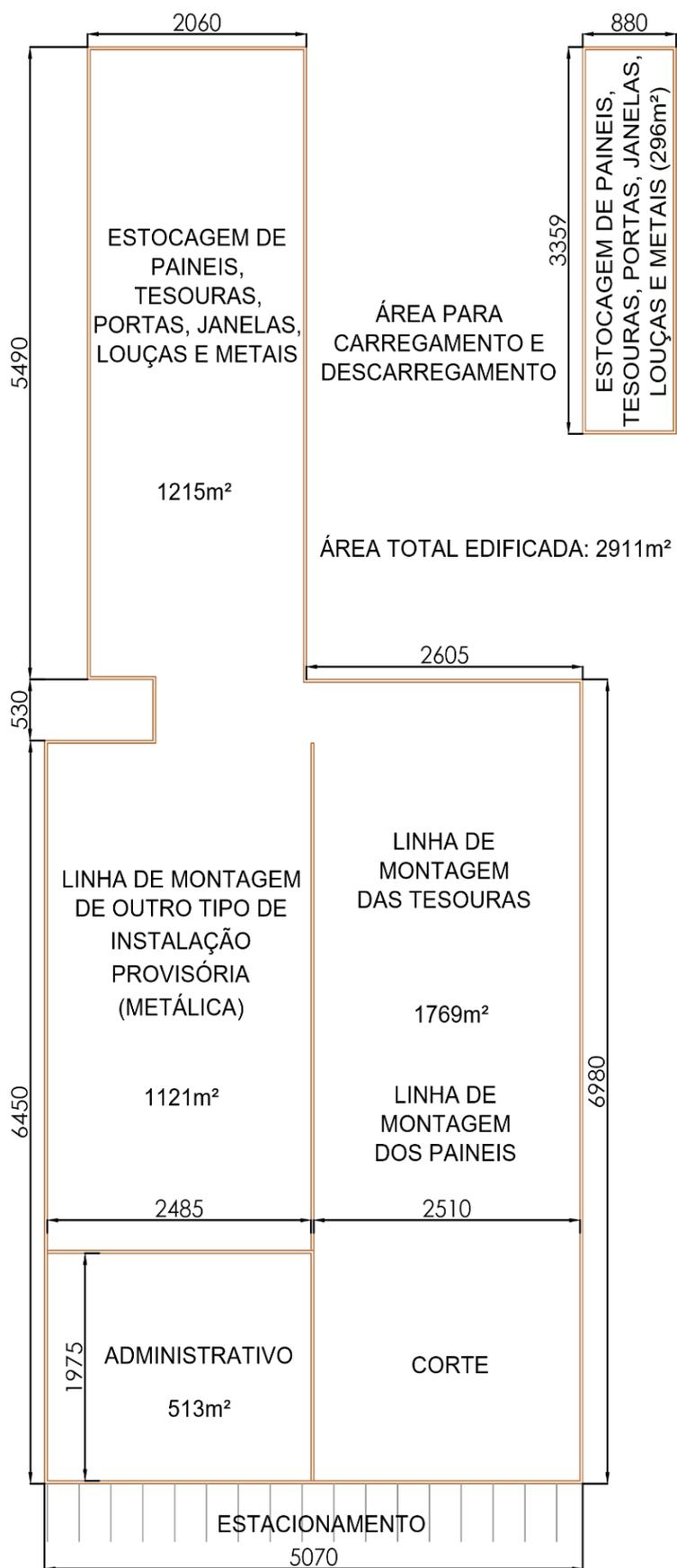
Apêndice A: Croquis das fábricas

Figura 54 – Croqui da fábrica "A"



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 55 – Croqui da fábrica “B”



Fonte: elaborado pelo autor.

Apêndice B: Questionário sobre as características da fabricação

No.	Pergunta	Resposta da Fábrica A	Resposta da Fábrica B
1	Em que momento a empresa começou a industrializar as instalações provisórias de madeira, desenvolvendo esta tecnologia?	30 anos	A mais ou menos 20 anos.
2	O que motivou a fabricação dessa tecnologia?	Conhecimento da empresa anterior.	Era uma tecnologia que já existia, mas que a empresa atualizou.
3	Todos os componentes da instalação provisória são produzidos em fábrica?	Não, as instalações hidráulicas e elétricas não são pré-fabricadas.	Sim, menos material de acabamento.
4	Quais equipamentos são utilizados na fabricação?	Máquinas de marcenaria, corte, mesa de tesouras, grampeador.	Prensas e serras e pistolas de pressão.
5	Há necessidade de mão de obra especializada para a fabricação dos componentes?	Sim, noções de marcenaria.	Sim.
7	Aproximadamente, quantos homens hora por metro quadrado são necessários para a fabricação de uma instalação provisória padrão?	3,24 hora*homem /m2	2,51 hora*homem/m2
8	Qual a especialização dos operários (pedreiros, carpinteiros, marceneiros ou outros) e sua relação com os ajudantes ou serventes?	Ajudantes, pedreiros, carpinteiros, pintor, eletricista. Todos coordenados por um Gerente ou Supervisor de obras.	Pedreiro, carpinteiro, pintor, encanador, eletricista, ajudante e encarregado,

Apêndice C: Questionário sobre as características do produto

No.	Pergunta	Resposta da Fábrica A	Resposta da Fábrica B
1	Qual é a modulação empregada no sistema construtivo? Os projetos sempre devem seguir esta modulação?	Módulos de 1,22m x 2,50m (até 3,50m). Devem seguir a modulação.	Larguras 1,22m e 0,60m Altura: 2,50m, 2,60m, 2,80m e 3m. Sim.
2	Quem é o responsável pela elaboração dos projetos? O projetista é externo à empresa?	A fábrica adequa o projeto do cliente a modulação	Sim empresa terceirizada.
3	Existe a padronização das instalações provisórias oferecidas ao mercado?	Madeira, metálica e concreto celular.	Sim.
4	Quais tipos de ambientes (escritórios, almoxarifados, vestiários, etc.) podem ser concebidos com este sistema?	Todos.	Escritório, almoxarifados, vestiários, refeitórios, oficinas, área de lazer em geral.
5	Há possibilidade de customizar os projetos, ou seja, o cliente pode elaborar seu próprio layout?	Sim.	Sim.
6	Como se poderia descrever um fluxograma do processo de produção, desde a obtenção do material base até sua reutilização em obra?	Chegada da madeira → Usinagem dos componentes → Tratamento → Secagem → Montagem dos componentes → Estoque → Carregamento → Transporte → Descarregamento → Montagem dos módulos → Entrega do canteiro → Desmontagem → Transporte → Montagem → Entrega.	1. Chegada da madeira na fábrica 2. Industrialização dos componentes 5. Bancada para montagem 6. Componentes prontos (painéis, tesouras e aduelas) 7. Componentes vão para estoque ou obra 8. Transporte em caminhões 9. Montagem no canteiro 10. Desmontagem 11. Remontagem

Apêndice D: Questionário sobre características da instalação provisória

No.	Pergunta	Resposta da Fábrica A	Resposta da Fábrica B	
1	Quais são as matérias-primas dos elementos? Alguma provém da reciclagem de outros materiais?	Madeira de reflorestamento, janelas de alumínio, telha de fibrocimento, encanamento de PVC.	Madeira de reflorestamento, janelas de alumínio, telha de fibrocimento, encanamento de PVC.	
2	Quem é o fornecedor da matéria básica para os componentes?	Madeireiras e LP.	Madeireiras e LP.	
3	Foram realizados ensaios para a determinação dos seguintes itens:	a. Resistência dos materiais?	Não	
		b. Deslocamentos máximos?	Não	
		c. Segurança contra incêndio?	Temos um produto (CKC 2020) que é um retardante de chamas e é utilizado quando solicitado.	Não
		d. Estanqueidade?	Não	Não
		e. Desempenho térmico?	Temos um produto (lã de rocha) utilizado para melhorar o desempenho técnico e acústico, é utilizado quando solicitado.	Não
		f. Desempenho acústico?	Idem acima.	Não
		g. Desempenho lumínico?	Como seguimos projetos enviados, esse desempenho deve ser projetado pela empresa que nos enviou o projeto.	Não
4	Qual é o tempo de vida útil estimado para a instalação provisória?	Padrão Stand são 7 anos e no canteiro 15 anos.	5 anos com manutenção anual.	
5	Qual a previsão de reutilizações (montagens e desmontagens)?	Varia de duas a quatro.	Duas a três vezes	
6	Qual é a previsão de descarte dos componentes da instalação, ou seja, é prevista a reciclagem? Ou o que é feito depois da vida útil do componente?	A construtora que descarta.	A construtora é responsável por isso, normalmente é descartado	
7	Em que aspectos a tecnologia pode ser aprimorada?	Tratamento da madeira.	Melhorar o planejamento dos insumos necessários na hora correta.	

Apêndice E: Questionário sobre processo de projeto

No.	Pergunta	Resposta da Fábrica A	Resposta da Fábrica B
1	Quais são os tipos de projeto que a empresa faz para as Instalações Provisórias?	Planta baixa	Planta baixa
2	De maneira geral, como estes projetos são desenvolvidos?	De acordo com a necessidade do cliente	De acordo com a necessidade do cliente
3	A empresa reconhece estratégias de projeto baseadas nos conceitos da Engenharia Simultânea?	Não	Não
4	Se sim, de que maneira a empresa utiliza a Engenharia Simultânea no processo de projeto?		
5	Durante a construção, há falta de informações nos projetos?	Não	Não
6	O que esta falta de informação prejudica (tanto na obra quanto no produto)?		
7	Quais informações deveriam constar nos projetos para evitar tais consequências negativas?		
8	São comuns os projetos as-built nas obras em IPs?	Não	Não
9	A empresa reconhece a possibilidade de aplicação dos princípios da Lean Construction no processo de projeto?	Não	Não
10	A empresa utiliza os Projetos para Produção?	Sim	Sim
11	Se sim, estes Projetos para Produção são voltados para quais atividades das construções em IPs?	Na montagem dos painéis (hidráulica e elétrica)	Arquitetura, elétrica e hidráulica
12	Existe projeto (manual) com sequência detalhada da montagem e desmontagem das IPs?	Não.	Não

Apêndice F: Questionário sobre características de entrega e montagem da instalação provisória

No.	Pergunta	Resposta da Fábrica A	Resposta da Fábrica B
1	Como as instalações são entregues no canteiro de obras? (Montadas, desmontadas).	Chegam em painéis e faz a montagem de acordo com o projeto.	Montadas, com todo o acabamento interno (sem móveis).
2	Como é feito o transporte e o posicionamento dos componentes no canteiro? (Manualmente, mecanizado)	Na fábrica é na empilhadeira e na obra depende da empresa.	Manualmente.
3	Quais equipamentos de transporte são utilizados? Estes são utilizados somente para esta finalidade?	Carreta, sim.	Carretas. Sim.
4	Como é feita a montagem dos componentes?	A sequência é: aterro do terreno, baldrame, compactação do solo, contrapiso e acabamento em cimento queimado, cinta que liga o baldrame aos painéis, painéis, cinta de ligação dos painéis as tesouras, tesouras e terças, telha fibrocimento, portas e janelas, elétrica e hidráulica, acabamento.	São encaixadas peças por peças manualmente, fixadas com pregos.
5	A instalação necessita de ferramentas específicas para sua montagem?	Não.	Não.
6	Qual é o número de operários para a montagem (desmontagem)? Qual é o tempo gasto? (Relação homem hora por metro quadrado)	4 montadores, 4 ajudantes, 2 pintores, 1 eletricista. Mas isso varia de acordo com o tamanho da obra.	Em média 6 funcionários, sendo 1 eletricista/hidráulico, 1 encarregado, 1 pintor e 3 montadores (varia muito)
7	A instalação necessita de mão de obra especializada para sua montagem? E qual é a especialização dos operários envolvidos (pedreiros, carpinteiros, marceneiros ou outros, e a relação com os ajudantes ou serventes)?	Pode ser feita por qualquer pessoa que tenha conhecimentos em marcenaria. No nosso caso, temos uma supervisão em obra para novos funcionários, para que conheçam o nosso sistema. Para montagem da rede elétrica, mesmo nós trabalhando apenas com energia morta (pois não há ligação com o quadro de distribuição), os funcionários têm treinamento da NR10 com nosso Eng. Eletricista.	Sim. Pedreiro, carpinteiro, pintor, encanador, eletricista, ajudante e encarregado.
8	Qual a produtividade na montagem (desmontagem) da	Com uma equipe de 10 – 15 homens é possível	70m ² por homem por mês

	tecnologia quando comparada às instalações provisórias convencionais?	montar 1.000,00 m2 de canteiro em 30 dias. A desmontagem é um pouco mais rápida, diria 20 dias. Não existe uma conta exata. Existem fatores que podem interferir na duração (chuva, padrões de exigência em segurança do trabalho, etc.).	
--	---	---	--

Apêndice G: Questionário sobre caracterização do produto

No.	Pergunta	Resposta da Fábrica A	Resposta da Fábrica B
1	Como se caracterizam as fundações do sistema construtivo?	Radier.	Radier.
2	Como se caracteriza a estrutura do sistema construtivo? (Por exemplo, quais elementos resistem as cargas acidentais, peso próprio, ação do vento e telhado).	Painéis externos, esqueleto.	Painéis externos, esqueleto.
3	Como se caracterizam as paredes externas do sistema construtivo? (Material, espessura, módulo).	Stand: OSB 8 ou 10,2mm. Canteiro: 11,5mm	OSB de 11,5mm
4	Como se caracteriza o piso do sistema construtivo? (Há diferenças para os pisos de áreas molhadas, podem ser colocados revestimentos).	Piso cimentado (padrão) ou qualquer outro.	Normalmente contagem e acabamento com a alisadora de concreto
5	Como se caracterizam as instalações elétricas? (São aparentes, embutidas, em que momento do processo são instaladas).	Acima do forro é aparente e nas paredes é canaleta. Elétrica antes do forro.	Não são aparentes, ficam acima do forro
6	Como se caracterizam as instalações hidrossanitárias? (São aparentes, embutidas, em que momento do processo são instaladas).	Hidráulica antes do contrapiso e os painéis hidráulicos são mais espessos e as instalações não ficam aparentes.	As instalações são aparentes, instaladas após finalizar o telhado
7	Como se caracteriza a estrutura da cobertura e o forro da instalação provisória?	Tesouras de madeira espaçadas a 1,22m fixada sobre os painéis, forro OSB.	Tesouras

Apêndice H: Questionário sobre processo de montagem

No.	Pergunta	Resposta da Fábrica A	Resposta da Fábrica B
1	Quais atividades são desenvolvidas visando o planejamento da produção?	De acordo com a ordem de serviços é pedido os painéis (prioridades)	Segue o projeto por experiência própria
2	A mão-de-obra para as construções das IPs é especializada?	Sim	Sim
3	Quais as principais atividades de montagem que existem em uma obra de IPs?	Radier, levantamento dos painéis externos (cobertura, hidráulica e contrapiso, elétrica junto com o forro, divisórias internas e acabamento).	Radier, painéis, telhado, hidráulica, elétrica e pintura
4	Para a construção de IPs, o que seria mais importante, em termos de quantidade de informação sobre a montagem ou desmontagem dos componentes e elementos?	Utilizar encaixes para facilitar	Projeto detalhado
5	A empresa utiliza os conceitos da DFA/DFD (Design For Assembly/Design For Disassembly)?	Não	Não
6	Se sim, como é feita a aplicação dos conceitos destas ferramentas na obra?		
7	Na opinião da empresa, é mais fácil ou mais difícil aplicar os conceitos da DFA/DFD (projeto para montagem/projeto para desmontagem) em obras de IPs? Por que?	Não conhece	Não sabe.
8	Qual o valor da montagem e desmontagem por m ² ? Neste sentido, qual seria este valor, em porcentagem, em relação ao custo de uma nova IP?	O custo varia de 65% - 75% de uma edificação nova. Sendo o custo por volta de R\$ 430/m ² .	R\$ 400,00 por m ² e a desmontagem e a montagem custa em torno de 70% de uma nova.

Apêndice I: Questionário sobre resíduos gerados nas fábricas

No.	Pergunta	Resposta da Fábrica A	Resposta da Fábrica B
1	Os resíduos gerados na montagem e desmontagem da instalação provisória de madeira são compostos de que materiais?	Madeira, sobras de canos, sobras de fios, blocos, sobras de telha. Tudo em pouca quantidade.	Madeira e entulho
2	Qual a quantidade, em porcentagem, de resíduos gerados na fabricação dos painéis e tesouras em relação ao que foi utilizado na fabricação? Esses resíduos são compostos em sua totalidade por madeira? Ou há outro tipo de resíduo gerado?	5% – 10% para ambos. Somente madeira.	Somente madeira. Aproximadamente 5%.
3	Em uma estimativa do número de caçambas saídas da obra, qual a quantidade de resíduos gerados na montagem e desmontagem do canteiro? Qual o volume da caçamba? Há uma estimativa de perdas em porcentagem dos materiais? (Com a realização desta pergunta, busca-se ter uma noção do volume de resíduos gerado.)	Isso varia de acordo com o estado do canteiro a ser desmontado e remontado. Normalmente a própria empresa faz a destinação dos resíduos, mas quando é de nosso escopo essa tarefa, utiliza-se caçambas estacionárias.	Vou usar a obra de Itaquera como referência: ½ caçamba de entulho e 1 caçamba de madeira. 762m ² .
4	Qual o destino dos resíduos? São reciclados, incinerados ou descartados? Onde? (Essa pergunta busca averiguar o tratamento dos resíduos das fábricas e das obras.)	Na fábrica: Temos um silo que faz toda a captação da serragem gerada. Para os pedaços maiores de madeira, temos um “picotador” que transforma em lascas de madeira que é vendida para empresas, que podem usar o alto poder de combustão, ou para sítios e/ou fazendas que usam no estábulo/criadouros/etc. Nas obras: Aterros certificados. Em geral, pedaços de madeira.	Na fábrica: uma empresa retira o material que é destinado a queima. Nas obras: o nosso cliente de descarta.
5	Quem retira esses resíduos da obra?	Empresas de bota-fora, devidamente certificadas ambientalmente.	Nosso cliente geralmente contrata uma empresa especializada
6	Quanto tempo se gasta na montagem e desmontagem por m ² ?	Podemos usar a média: 1.000,00 m ² em 45 – 50 dias.	Usando a obra de Itaquera 2 meses. A obra têm 762m ² .
7	A empresa segue a resolução Nº. 307 do CONAMA para gestão dos resíduos na fábrica? E no canteiro de obras? Se sim, o que é feito?	Na fábrica nós vendemos, pois ele é reaproveitável. Na obra, utiliza-se de empresas especializadas para a retirada. Qual a destinação que eles dão, eu não sei.	Junta-se os resíduos na fábrica e na obra e contrata-se uma empresa que retira os resíduos que dará destinação correta.