

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

**Maurício Kaminski Alves**

**INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE  
DA POSSIBILIDADE DE ADOÇÃO DE AÇÕES DE UM  
PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
EUROPEU NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA**

Porto Alegre  
junho 2016

**Maurício Kaminski Alves**

**INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE  
DA POSSIBILIDADE DE ADOÇÃO DE AÇÕES DE UM  
PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
EUROPEU NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA**

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

**Orientador: Luis Carlos Bonin**

Porto Alegre

junho 2016

**MAURÍCIO KAMINSKI ALVES**

**INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE  
DA POSSIBILIDADE DE ADOÇÃO DE AÇÕES DE UM  
PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
EUROPEU NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 24 de junho de 2016

Prof. Luis Carlos Bonin  
Msc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Luis Carlos Bonin (UFRGS)**  
Msc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Eduardo Luís Isatto (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Sílvia Trein Heimfarth Dapper (UFRGS)**  
Msc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Jorge e Lidia, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Jorge e Lidia, pelo apoio e incentivo durante o período do meu Curso de Graduação.

Agradeço ao Prof. Luis Carlos Bonin, orientador deste trabalho, pelos conhecimentos transmitidos, apoio, dedicação e tempo despendido no aperfeiçoamento deste trabalho.

Agradeço aos profissionais que participaram do *focus group*, arquiteta e professora Dóris Zechmeister Bragança Weinmann, engenheiro e professor José Alberto Azambuja, engenheiro Roberto Sukster, engenheiro José Luiz Lima Lomando, pela contribuição com seus conhecimentos e experiências.

Agradeço ao meu colega e amigo Eduardo Tomasini Nunes pelas dicas durante a realização deste trabalho e por seu apoio no *focus group*.

A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas  
pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo  
mundo vê.

*Arthur Schopenhauer*

## RESUMO

Cada vez mais é necessária a otimização e desenvolvimento de novas técnicas construtivas, com o objetivo de se utilizar de maneira mais eficiente os materiais e a mão de obra empregados. A indústria da construção civil ainda adota muitas técnicas tradicionais, pouco produtivas, tornando a construção mais demorada e cara. A industrialização da construção permite que a produção de edificações seja realizada de maneira mais rápida e com melhor qualidade. Entretanto, muitos são os entraves que impedem uma adoção mais intensiva desta maneira de se construir. Para contornar estes entraves, na Europa foi desenvolvido um projeto que, visando o desenvolvimento tecnológico do setor, expõe as vantagens da industrialização aberta na construção e as ações necessárias para que ela seja implementada. Na construção civil brasileira, o tema da industrialização aberta é pouco abordado e, dados os benefícios que ela promove, este trabalho busca avaliar quais ações do projeto de desenvolvimento europeu possuem potencial de aplicação no cenário nacional. A partir da realização de um debate na forma de *focus group* (grupo focal), opiniões de profissionais do setor a respeito do tema foram utilizadas para, juntamente com uma análise do atual cenário tecnológico da construção nacional, identificar a possibilidade de adoção das ações do projeto europeu. Ao final, foi observado que, a desorganização do setor, juntamente com a deficiência de formação dos profissionais projetistas, contribui para que a maioria das ações do projeto não possam ser adotadas no Brasil. No entanto, as ações que buscam promover a disseminação do conhecimento, de conceitos como a coordenação modular e de novas tecnologias construtivas tem potencial, visto que o ambiente acadêmico busca manter uma cultura de inovação.

Palavras-chave: industrialização aberta, industrialização da construção, inovação na construção.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama do delineamento da pesquisa .....	16
Figura 2 – Salto tecnológico almejado pelo projeto <i>ManuBuild</i> na forma de se construir .....	28
Figura 3 – Exemplos de residências do projeto holandês possíveis de serem personalizadas .....	32
Figura 4 – Posicionamento de um módulo 3D durante a construção .....	32
Figura 5 – Aparência externa de um prédio construído por módulos 3D .....	33
Figura 6 – Disposição dos módulos 3D do projeto <i>Living Solutions</i> no canteiro de obras .....	34
Figura 7 – Aparência final dos prédios utilizando diferentes revestimentos .....	34
Figura 8 – Interior de uma edificação desenvolvida pelo projeto <i>Sekisui House</i> .....	35
Figura 9 – Fábrica da <i>Sekisui House</i> .....	36
Figura 10 – Casa modelo da <i>Sekisui House</i> .....	36
Figura 11 – Prédio demonstrativo dos conceitos do projeto <i>ManuBuild</i> (detalhe dos acessos aos apartamentos) .....	41
Figura 12 – Prédio demonstrativo dos conceitos do projeto <i>ManuBuild</i> .....	41
Figura 13 – Prédio demonstrativo dos conceitos do projeto <i>ManuBuild</i> (vista frontal) ..	42

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BIM – *Building Information Modelling*

MCMV – Minha Casa Minha Vida

NBR – Norma Brasileira

PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Sinduscon-RS – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Rio Grande do Sul

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## LISTA DE SÍMBOLOS

hh/m<sup>2</sup> – homem hora por metro quadrado.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA .....</b>	<b>14</b>
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	14
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	14
<b>2.2.1 Objetivo principal .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2 Objetivos secundários .....</b>	<b>14</b>
2.3 PREMISSA .....	15
2.4 DELIMITAÇÕES .....	15
2.5 LIMITAÇÕES .....	15
2.6 DELINEAMENTO .....	15
<b>3 RACIONALIZAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL....</b>	<b>18</b>
3.1 SISTEMAS ABERTOS E SISTEMAS FECHADOS .....	23
3.2 COMPATIBILIZAÇÃO E COORDENAÇÃO MODULAR .....	25
<b>4 PROJETO MANUBUILD .....</b>	<b>27</b>
4.1 ORIGEM E CONCEITOS DO PROJETO .....	27
4.2 MELHORIAS DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO .....	29
4.3 OBJETIVOS DO PROJETO MANUBUILD .....	29
4.4 PROJETOS ANTERIORES AO MANUBUILD QUE SERVEM COMO EXEMPLO DE ALGUNS CONCEITOS PROPOSTOS .....	31
4.5 A NECESSIDADE DE CONSTRUÇÕES ADEQUADAS AO USUÁRIO FINAL.	36
4.6 MOTIVOS PELOS QUAIS A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NÃO BUSCA A QUALIDADE PLENA .....	37
4.7 A IMPORTÂNCIA DE SE CONSIDERAR O CICLO DE VIDA DAS EDIFICAÇÕES DURANTE A FASE DE PROJETO .....	38
4.8 VANTAGENS E DESVANTAGENS ORIUNDAS DA ADOÇÃO DOS CONCEITOS .....	39
<b>4.8.1 Vantagens .....</b>	<b>39</b>
<b>4.8.2 Desvantagens .....</b>	<b>40</b>
4.9 RESULTADOS DO PROJETO MANUBUILD .....	40
<b>5 CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA .....</b>	<b>43</b>
<b>6 METODOLOGIA DE PESQUISA .....</b>	<b>48</b>
6.1 ESCOLHA DA METODOLOGIA .....	48

6.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA ADOTADA: <i>FOCUS GROUP</i> .....	48
6.3 DESENVOLVIMENTO E QUESTIONAMENTOS DO <i>FOCUS GROUP</i> .....	49
6.4 RESULTADOS DA DISCUSSÃO PROMOVIDA .....	50
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é historicamente reconhecida por ser uma indústria que utiliza processos de produção com aspectos bastante artesanais. Tal característica se dá devido ao fato de uma edificação ser produzida em uma “fábrica” exclusiva, assim os processos de produção necessitam ser adaptados às características desta “fábrica”, o canteiro de obras, pois esse geralmente propicia condições de trabalho adversas. Em grande parte das vezes cada edificação é um produto único, com peculiaridades principalmente arquitetônicas determinadas pelo cliente para que ela se diferencie das demais, o que também contribui para a necessidade de se adotar esta forma artesanal de trabalho.

Entretanto, com o passar dos anos, cada vez mais a indústria da construção civil vem empregando processos que otimizam o trabalho realizado, seja com novas técnicas de construção ou com produtos industrializados, produzidos em um ambiente melhor controlado. Nesses ambientes, a margem de erro proveniente de ações humanas é menor que aquela permitida no canteiro de obras, local no qual as condições de trabalho são bastante árduas e precárias. Podem também ser ambientes que se utilizem de maquinário de precisão, conferindo ao produto final maior uniformidade dimensional, melhor acabamento, melhor emprego dos recursos disponíveis, entre outros benefícios. Divisórias leves, portas, louças sanitárias, kits hidráulicos e janelas, são exemplos de alguns desses produtos.

Com o objetivo de incentivar mais intensamente os avanços tecnológicos na área, na Europa foi desenvolvido o projeto *ManuBuild – Open Building Manufacturing* (*ManuBuild – Construção Manufaturada Aberta*, em tradução livre). Esse projeto busca difundir a aplicação de conceitos da indústria manufatureira, que preza por alta produtividade com qualidade constante, levando em consideração as necessidades dos clientes, na construção civil. Grande parte das tarefas realizadas no canteiro de obras seria levada para o interior de fábricas, nas quais elementos com maior valor agregado seriam produzidos, visando reduzir ao máximo o trabalho no canteiro de obras à simples montagem destes produtos. A criação de um sistema aberto de produtos compatíveis entre si, aumentaria o poder de escolha do cliente e a qualidade desses produtos, pois fabricantes investiriam cada vez mais na variedade e

qualidade dos produtos a fim de conquistar clientes, visto que estes não estão mais presos a um sistema exclusivo de determinado fabricante.

Projetos que visam o aperfeiçoamento da construção civil existem também no Brasil, porém promovem mudanças mais lentas e localizadas. Este trabalho tem como objetivo identificar se as ações propostas pelo projeto *ManuBuild* possuem potencial de aplicação na indústria da construção civil brasileira para o desenvolvimento do setor. Será realizada uma breve descrição do atual cenário da construção civil brasileira e de ações já propostas para o seu desenvolvimento, assim como uma descrição do projeto *ManuBuild*, seus conceitos chave, vantagens e desvantagens e ações já realizadas em outros países envolvendo o conceito de construção industrializada aberta com o intuito de aproximar este tema à nossa realidade tendo em vista sua pouca disseminação no País.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

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

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: quais ações propostas pelo projeto *ManuBuild* podem ser desenvolvidas na indústria da construção civil brasileira buscando um maior desenvolvimento tecnológico do setor e a industrialização da construção?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

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

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal do trabalho é identificar quais ações propostas pelo projeto *ManuBuild* podem ser desenvolvidas na indústria da construção civil brasileira buscando um maior desenvolvimento tecnológico do setor e a industrialização da construção.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) descrição do projeto *ManuBuild* apresentando seus conceitos e ações propostas;
- b) caracterização do atual cenário da indústria da construção civil brasileira quanto ao seu desenvolvimento tecnológico.

## 2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que, dados os correntes defeitos, resultantes da mão de obra mal qualificada encontrados em obras e a baixa produtividade das técnicas tradicionais de construção, a introdução de componentes industrializados na produção de edificações tende a crescer cada vez mais na construção civil brasileira.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo das propostas do projeto europeu *ManuBuild* focado no desenvolvimento tecnológico da construção civil.

## 2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

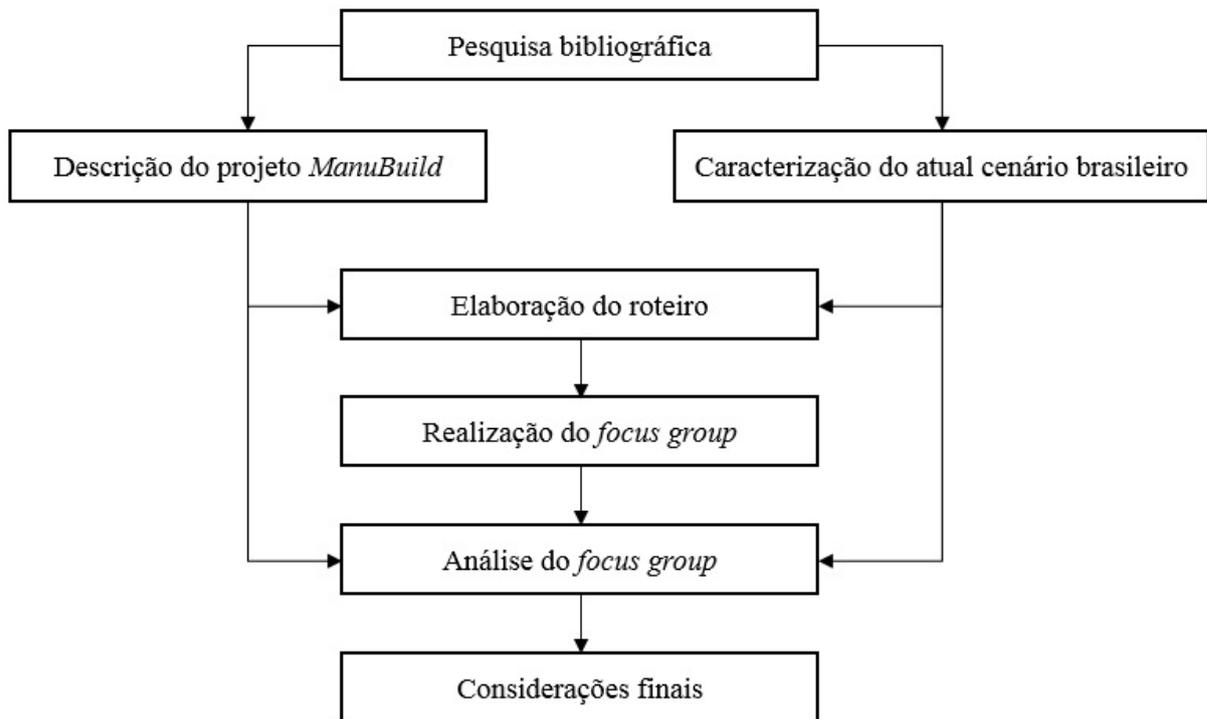
- a) caracterização da indústria da construção civil brasileira e descrição do projeto *ManuBuild* baseada na bibliografia disponível;
- b) o número limitado de profissionais entrevistados.

## 2.6 DELINEAMENTO

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

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) descrição do projeto *ManuBuild*;
- c) caracterização do atual cenário da indústria da construção civil brasileira quanto ao seu desenvolvimento tecnológico;
- d) elaboração de um roteiro a ser utilizado para a aquisição de informações dos profissionais consultados durante o desenvolvimento do trabalho;
- e) realização da consulta aos profissionais;
- f) análise desta consulta;
- g) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida abordando a inovação na construção civil através da inserção de componentes industrializados no setor. É apresentado um histórico dos motivos e ações que contribuíram para a industrialização da construção e os benefícios provenientes do emprego de componentes industrializados na produção de edificações.

Na descrição do projeto *ManuBuild* são apresentados os objetivos do projeto, sua origem e as partes envolvidas em sua elaboração. Também são descritas ações já realizadas em outros Países bem como os resultados obtidos nessas ações.

A etapa seguinte, consiste em uma caracterização do atual cenário tecnológico da construção civil brasileira. Nesta etapa são apresentadas as limitações e oportunidades do setor bem como ações que vem sendo realizadas buscando o seu desenvolvimento.

A partir das informações obtidas nos itens acima descritos, foi elaborado um roteiro de questionamentos que posteriormente foram realizados a profissionais do setor durante o *focus group*. Estas questões buscaram relacionar o projeto *ManuBuild* ao atual cenário brasileiro com o intuito de encontrar ações ou ideias com potencial de aplicação na realidade nacional

para o desenvolvimento de projetos que busquem o aprimoramento tecnológico da construção civil.

Após a realização do *focus group*, as respostas dadas pelos entrevistados foram analisadas com vistas a determinar se de fato existe a possibilidade de adoção de ações ou ideias provenientes do projeto *ManuBuild* para o desenvolvimento de futuros programas que almejem o desenvolvimento tecnológico da construção civil brasileira. Programas estes que visem incorporar cada vez mais elementos industrializados com o intuito de reduzir os trabalhos artesanais em canteiros de obras. Ao final, é realizada uma análise destacando as ações ou ideias que podem ser adotadas e os benefícios que proporcionariam e, também, foram identificados entraves que impossibilitam o desenvolvimento de algumas ações no País.

### **3. RACIONALIZAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Em sua obra, Oliveira et al. (2012) destaca que ao longo da história oportunidades foram criadas, a partir de alguns fatores, para que os conceitos de industrialização já existentes fossem aplicados no período pós Segunda Guerra Mundial. A escassez de materiais de construção e mão de obra especializada somadas a um déficit habitacional e poucos recursos financeiros disponíveis, eram alguns desses fatores. A partir daí diversas novas edificações com qualidade superior às anteriormente produzidas foram construídas, frutos de modificações implementadas dentro dos canteiros de obras e de profissionais dispostos a trabalhar com os novos sistemas. “Diante da grande demanda por habitações, do crescimento da construção civil e da busca por menor impacto ambiental, os sistemas construtivos industrializados seriam uma opção lógica na escolha dos profissionais e clientes para suas edificações.” (OLIVEIRA et al., 2012, p. 1761).

De acordo com Ceotto (2005), no final da década de 80, foi dado início a um processo de racionalização das técnicas construtivas existentes no Brasil, liderado por grandes empresas da época, onde se buscava a melhoria das práticas vigentes. Este processo não era focado no desenvolvimento de novos processos construtivos, mas sim no aprimoramento das práticas construtivas usuais à época. A participação das universidades, reproduzindo em seus laboratórios tais práticas, em parceria com as empresas de construção foi de extrema valia neste movimento e, juntamente com a inserção das técnicas produtivas oriundas dos demais setores industriais, o aumento da produtividade que se buscava estava mais próximo de ser alcançado, destaca o autor.

Para Rosso (1980, p. 29), “produtividade é a relação entre insumos e produtos: quanto maior esse índice tanto melhor o rendimento do processo.”. O autor explica também que a indústria da construção civil possui uma relação mão de obra/capital mais elevada do que os demais setores industriais em virtude de uma série de fatores. Isto em conjunto com os correntes desperdícios encontrados em obras, resulta em baixa produtividade. Ele acredita que se deve primeiramente buscar um progresso técnico que permita a substituição da mão de obra por

equipamento, para se obter uma melhora na produtividade. O próximo passo é eliminar desperdícios, utilizando completa e apropriadamente os fatores de produção disponíveis

A busca pela redução das diversas atividades realizadas em canteiros de obras, destacada por Ceotto (2005), tomava corpo. Esses canteiros, considerados ambientes inadequados para a realização de tais atividades, não favoreciam a execução de tarefas precisas e com razoável produtividade. Surgiu então a ideia de se iniciar a execução destas tarefas em locais mais adequados, semelhantes a fábricas, cobertos, com o intuito de proteger os trabalhadores do clima. Com isso, tudo o que fosse passível de produção em escala era produzido nestes ambientes, tomando apenas o cuidado para não serem elementos de elevado peso próprio, pois poderia dificultar seu posterior transporte, explica o autor.

Assim surgiram as **centrais de produção** ou **canteiros centrais de obras** que se constituíram nas primeiras **fábricas** de componentes que preencheram as lacunas de um mercado fornecedor muito pouco desenvolvido para a época. Esse processo só foi possível em grandes construtoras devido a necessidade de se obter uma escala de produção compatível a uma visão mais industrial (CEOTTO, 2005, p. 89).

No entanto, o autor salienta que não pode haver descaso no canteiro de obras no momento da fixação do elemento produzido na central, pois assim seria perdido todo o ganho de produtividade adquirido com a racionalização na central. Neste momento entra a importância do projeto executivo voltado à produção. É ele que determina como deverá ser feita a fixação do elemento no canteiro e também permite que todas as interferências que por ventura possam acontecer, sejam previamente resolvidas. Ao serem determinadas tais interferências, permitindo a compatibilização das diferentes partes de um edifício, foi possível identificar e quantificar as perdas de produtividade presentes nas técnicas artesanais de construção, sem o uso da racionalização. Ceotto (2005, p. 90) conclui que, neste método artesanal de produção “cada nova fase da obra destruía parte da anterior, num ciclo crônico de arremates e desperdícios de materiais, mas principalmente de horas trabalhadas.”

Em uma edificação, é possível elevar a produtividade de 80 hh/m<sup>2</sup> (homem hora por metro quadrado) obtida em um processo artesanal primitivo, para 10 num processo industrializado. Assim, fica clara a necessidade de se atualizar e adequar o processo de edificação, aos conceitos de produção que regem outras indústrias. A racionalização pode ser entendida como um conjunto de ações reformadoras que visam a adoção de recursos e métodos baseados em

raciocínio sistemático no lugar das práticas rotineiras convencionais, buscando a eliminação das decisões casuais (ROSSO, 1980).

A racionalização, é definida de maneira mais formal por Rosso (1980, p. 33) como “[...] o processo mental que governa a ação contra os desperdícios temporais e materiais dos processos produtivos, aplicando o raciocínio sistemático, lógico e resolutivo, isento do influxo emocional.”. O mesmo autor, divide a indústria da construção em duas partes: a da edificação e, subsidiária da primeira, a de materiais de construção. Praticamente independentes, uma das finalidades da racionalização é integrar essas duas indústrias. Para isso, deve ser formulado um conjunto de regras que transforme os materiais de construção em componentes construtivos de catálogo. “Quanto mais complexo for o produto, tanto mais difícil será a tarefa de tomar uma decisão quando várias opções são possíveis. A edificação é um dos produtos mais complexos e que apresenta a maior variedade possível de opções.” (ROSSO, 1980, p. 9).

É ressaltado por Oliveira et al. (2012) que, ao longo dos anos, houve um desenvolvimento dos sistemas construtivos industrializados, assim como da indústria, que os aperfeiçoou e permitiu uma melhor adaptação desses às exigências arquitetônicas. Tais sistemas se tornaram mais flexíveis, o que fez com que começassem a ser vistos como matéria prima, diferente do passado onde eram vistos como partes inteiras das edificações gerando um aspecto repetido e monótono, características condenadas para uma boa arquitetura. “A evolução dos sistemas construtivos tem um grande salto a partir da Revolução Industrial no final do século XVIII. Antes disso, a construção civil se baseava apenas em técnicas manuais e artesanais, extremamente imprecisas e tratadas caso a caso.” (OLIVEIRA et al., 2012, p. 1763).

Brizolara (1979, p. 6) esclarece que:

Uma certa confusão sobre os significados conceituais de construção industrializada e de pré-fabricação veio se criando na mente daqueles que, direta ou indiretamente estão relacionados com esse problema.

A industrialização é um conceito mais amplo, quando se refere a construção engloba a pré-fabricação nas suas diversas manifestações, mas também inclui outros processos construtivos como os das grandes formas túneis ou aqueles que aproveitando soluções parciais a ambos nos dão uma ampla gama de soluções mistas.

Brizolara (1979, p. 6) apresentou também as linhas técnico-econômicas que deveriam ser trilhadas para que fosse atingida a industrialização da construção:

- a) a substituição paulatina do trabalho de mão de obra pela máquina, isto é, a mecanização;
- b) o aperfeiçoamento da organização do trabalho para economizar mão de obra, mesmo mantendo o mesmo grau de mecanização. Isto é, a racionalização.

No entanto, o autor ressaltou que estas duas linhas de ataque eram primárias, pois ao se progredir nelas outros avanços seriam alcançados na construção como, por exemplo, na qualidade, na rapidez e no custo global das edificações. O que é confirmado por Ceotto (2005), onde ele apresenta medidas da década de 80 que mostravam uma produtividade de 70 a 80 hh/m<sup>2</sup>. Com a racionalização dos processos este número foi otimizado para valores entre 40 e 50 hh/m<sup>2</sup>. Se observa, então, um grande avanço que permitiu que o desperdício de mão-de-obra, com valores entre 50 e 100% deixasse de acontecer. Dessa forma, foi possível perceber que o uso de técnicas artesanais estava consumindo entre 15 e 30 % do valor total da obra, uma vez que a mão de obra custava aproximadamente 35% do custo total.

A década de 80, de acordo com Ceotto (2005, p. 89-90) permitiu o desenvolvimento de diversos produtos bastante interessantes à época como:

- a) argamassas pré-misturadas e ensacadas em usinas e com dosagens melhor controladas;
- b) intensificação do uso de concreto misturado em usina ao invés de produzido em obra;
- c) produção de blocos de concreto com precisão de dimensões e de propriedades;
- d) adoção de formas de madeira para concreto pré-confeccionadas em centrais, para serem posteriormente montadas em obras;
- e) armaduras cortadas e dobradas em centrais e mandadas para a obra somente para montagem;
- f) fabricação de gabaritos metálicos de portas e janelas para se conseguir precisão dimensional nos vãos;
- g) pré-fabricação de peças pré-moldadas leves para uso em alvenarias e estruturas tais como: vergas, contra-vergas, contra-marcos de janelas, degraus de escadas, passagens de ralos em lajes, etc.;
- h) início do uso de lajes planas, sem vigas;
- i) centralização da marcenaria de portas e da serralheria de esquadrias;
- j) produção de ramais hidrossanitários em centrais, etc.

O autor ainda enfatiza que as técnicas industriais inseridas nesse processo de desenvolvimento tiveram grande serventia na centralização da produção, como exemplo, cita a fixação de tolerâncias dimensionais que foi utilizada na:

- a) padronização das dimensões de algumas partes dos edifícios, tais como: janelas, portas, pé-direito, escadas, etc.;
- b) padronização de peças estruturais tais como: pilares, vigas e espessura de lajes;
- c) padronização de bitolas e desenho de armaduras;
- d) padronização de banheiros e soluções hidrossanitárias, etc.

Brizolara (1979) complementa que, racionalização e mecanização estarão presentes onde houver industrialização, pois, com isso, se obtém resultados mais econômicos visto que se terá maior produtividade e melhor qualidade do produto final. Salienta também que, existem diversas maneiras através das quais estes resultados podem ser atingidos, a pré-fabricação é apenas um deles.

Na mesma obra, o autor define pré-fabricação como “[...]um processo construtivo industrializado que utiliza em grande proporção [...] elementos de maior porte que os da construção tradicional, fabricados industrialmente com antecedência a sua colocação em obra, para formar um sistema construtivo coerente.” (BRIZOLARA, 1979, p. 7). Ele também apresenta alguns fatores que favorecem, ou exigem que a pré-fabricação seja adotada em grande escala como:

- a) planos de construção em larga escala;
- b) mão de obra não especializada, ou especializada, porém em quantidade insuficiente e cara;
- c) necessidade de uma construção mais rápida;
- d) concentração no espaço de grandes mercados habitacionais;
- e) condições climáticas desfavoráveis que interrompem os trabalhos em obra muitos dias do ano;
- f) coordenação modular.

Ele destaca que os processos tradicionais que conhecemos, exigem mão de obra numerosa, barata e com habilidade artesanal. No sistema tradicional de construção, as edificações são produzidas a partir de um grande número de elementos de pequenas dimensões, utilizados na obra um a um. Assim, se faz necessária a presença de um grande número de trabalhadores no canteiro para a realização desta minuciosa e prolongada tarefa. Utilizando elementos pré-

fabricados, o que está se fazendo é uma mudança na escala dos elementos. No lugar de quilômetros de juntas, todas dependentes da habilidade do operário, são utilizados elementos de grandes dimensões como painéis de concreto por exemplo. Com isso, se elimina a necessidade da presença de mão de obra qualificada em canteiro, pois estes elementos maiores serão fabricados em uma usina ou outro tipo de instalação. No canteiro, será necessária apenas a presença de mão de obra menos qualificada para a montagem dos elementos pré-fabricados, mão de obra esta que será empregada de forma mais produtiva, racional e humana.

Fonyat (2013) acredita que, com a ampliação das alternativas de interação entre computadores e máquinas de produção industrial, se iniciaram as experiências formais e tecnológicas de pré-fabricação do século XXI. Assim, será possível estabelecer novas oportunidades de relacionamento entre tecnologia, projetistas e usuários, contribuindo com o fim da relação assimétrica que existe entre evolução da industrialização e arquitetura. No entanto, é necessário que os próprios arquitetos deem início ao processo, interagindo com a indústria tanto no sentido de utilizar os produtos já oferecidos em catálogos como também, participando da concepção desses produtos.

### 3.1 SISTEMAS ABERTOS E SISTEMAS FECHADOS

Eichert e Kazi (2007), explicam que a diferença entre o sistema aberto e o fechado, está no fato de que o primeiro pode ser influenciado por eventos externos aos seus limites reais ou conceituais, enquanto que o sistema fechado não pode ser influenciado por tais eventos. Assim, se deve ter um conhecimento dos limites do sistema. A indústria automobilística, por exemplo, é considerada como sendo um sistema fechado onde seu limite é o carro, um produto muito complexo constituído por uma infinidade de subsistemas bastante diferentes como motor, bancos, rádio, etc. O cliente não tem liberdade para determinar onde vai cada um desses subsistemas. Porém, uma grande vantagem deste sistema, por ser fechado, é que os carros podem ser produzidos com alta eficiência por processos padronizados bem determinados, com qualidade constante, em um ambiente de trabalho seguro, saudável e limpo.

Por outro lado, a construção civil tradicional é considerada um sistema aberto. Edificações são produtos muito complexos, também constituídas por inúmeros subsistemas, porém estes podem ser escolhidos e combinados praticamente sem limitações. O cliente pode determinar onde vai cada um, e até mesmo com que material serão produzidos. Tais escolhas podem ser solicitadas ou mudadas inclusive durante o processo de construção. No entanto, na construção tradicional atual, onde grande parte do trabalho é realizado de maneira artesanal, o preço pelo sistema ser aberto é muito alto, e resulta em um longo prazo de construção sob condições de trabalho não controladas, concluem os autores.

Rosso (1980, p. 87) explica que “na industrialização fechada, em que o objeto da produção de uma indústria é o produto final, os modelos do produto e dos componentes intermediários são exclusivos da indústria.”. Completa que, as únicas alternativas dentro da industrialização fechada, são as permitidas pela flexibilidade do processo e do ciclo de produção. Por outro lado, na industrialização aberta os modelos apenas definem os requisitos dos componentes intermediários, permitindo também estabelecer as condições de compatibilização destes componentes.

De acordo com Fonyat (2013), um sistema pré-fabricado de ciclo fechado, leva este nome pois todas as etapas, desde o projeto, passando pela fabricação, transporte e montagem são determinadas por um único fabricante. Esse fabricante produz todos os elementos e executa o edifício completo, com seus próprios meios. As peças e conexões possuem formas e dimensões exclusivas para serem usadas em uma única construção. A ausência de incompatibilidade entre as peças é uma das vantagens dos sistemas fechados, pois toda a edificação foi desenvolvida por um único fabricante.

Oliveri<sup>1</sup> (1972, apud FONYAT, 2013, p. 96) explica que “se, por um lado, o Ciclo Fechado presume a produção em massa do edifício por completo, por outro, o ciclo aberto aplica esse mesmo raciocínio às partes que o constituem.”. Fonyat (2013) complementa que uma característica marcante desse sistema, é a grande variedade de tipologias que podem ser proporcionadas. É um sistema constituído por séries flexíveis, onde os elementos produzidos podem ser combinados entre si de diversas maneiras, satisfazendo exigências tanto funcionais como estéticas.

---

<sup>1</sup> OLIVERI, G. M. **Prefabricacion o metaproyecto constructivo**. Barcelona: Gustavo Gili, 1972.

No entanto, Fonyat (2013, p. 98-99) destaca que:

É preciso que tais elementos sejam substituíveis por outras peças de diferentes fornecedores, intercambiáveis dentro da mesma obra, combináveis entre si, formando conjuntos maiores, e, finalmente, permutáveis por diferentes tamanhos e quantidades de peças. Assim, a dificuldade maior está na necessidade de estabelecer critérios aceitáveis para todos os atores da cadeia produtiva de elementos do sistema aberto de industrialização, sejam eles projetistas, fabricantes ou construtores.

Se fez necessário então, o desenvolvimento da Coordenação Modular, um acordo dimensional para permitir a coordenação dos elementos pré-fabricados. Bruna<sup>2</sup> (1976, apud FONYAT, 2013), explica que o desenvolvimento da Coordenação Modular se deu durante o século XX, tendo como objetivo a padronização de dimensões das construções com o intuito de reduzir a variedade dimensional dos diversos elementos produzidos, utilizando como referência o módulo, uma dimensão de base, que, (do latim, *modulus*) significa pequena medida.

Ferreira<sup>3</sup> (2003, apud FONYAT, 2013) ainda apresenta os Sistemas Pré-fabricados de Ciclos Flexibilizados, nos quais não apenas os componentes são **abertos**, mas sim todo o sistema, desta forma o projeto também passa a ser flexível, sendo possível se adequar a qualquer tipologia arquitetônica.

### 3.2 COMPATIBILIZAÇÃO E COORDENAÇÃO MODULAR

Rosso (1980, p. 122) esclarece que “a integração dos componentes intermediários para formar a edificação/produto final deve ser possível **sem qualquer dificuldade** sem cortes ou adaptações no ato da associação ou da montagem.”. Para que isto seja possível, deve haver compatibilidade entre os elementos, o que significa que eles devem possuir propriedades que facilitem o ajuste imediato e perfeito. Estas propriedades também devem permitir a substituição destes componentes por outros semelhantes, não necessariamente do mesmo fabricante, concedendo ao usuário uma ampla gama de alternativas. Assim, componentes poderiam ser permutáveis também entre edificações diferentes, onde para uma ele pode não ser mais útil, mas pode ser para outra (ROSSO, 1980).

---

<sup>2</sup> BRUNA, P. J. V. Arquitetura, industrialização e desenvolvimento. São Paulo: Perspectiva, 1976.

<sup>3</sup> O autor lido indica que essas informações foram colhidas na obra de Ferreira, de 2003, mas não apresenta as demais informações dessa obra.

O autor na mesma obra apresenta três condições de compatibilidade que devem ser observadas para que essa integração seja garantida, são elas: geométrica-dimensional, a associativa ou mecânica e a funcional. A funcional se baseia no fato de que todos os componentes utilizados tenham sido projetados para atender as exigências do uso ao qual serão submetidos. A geométrica-dimensional é atendida ao se utilizar como unidade de medida o módulo, oriundo da coordenação modular. A associativa, é obtida por meio da padronização de juntas. Assim, se observa que os problemas de compatibilização dependem substancialmente de normalização.

## 4. PROJETO *MANUBUILD*

### 4.1 ORIGEM E CONCEITOS DO PROJETO

*ManuBuild* é um projeto de pesquisa colaborativo na área de construção industrializada. Teve início em abril de 2005, durou 4 anos e envolveu 25 instituições parceiras de 10 países europeus. Foi incentivado e patrocinado parte pela indústria e parte pela Comissão Europeia. (KAZI et al., 2007).

Os autores ainda destacam que, a indústria da construção civil tradicional possui, como característica básica, uma produção artesanal de seus produtos e serviços. Em outros setores industriais como o automotivo e o aeroespacial, para o fornecimento de determinado produto, são utilizados, essencialmente, componentes padronizados prontos que exigem uma simples montagem.

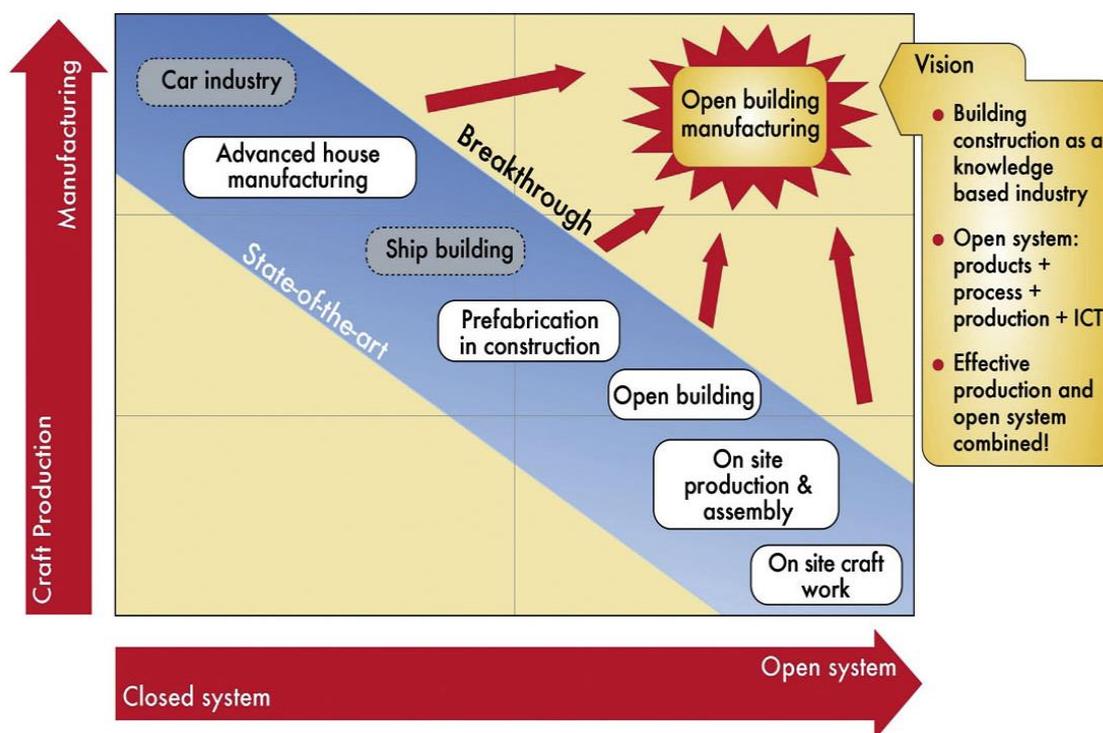
Portanto, se torna cada vez mais necessário que a indústria da construção civil se prepare para o futuro, afim de se manter competitiva, tomando medidas que permitam seu aprimoramento em diversas áreas, buscando também, uma atualização constante com os atuais avanços tecnológicos e inovadores, para se manter em ritmo com os demais setores industriais (EICHERT; KAZI, 2007).

Para Kazi et al. (2007), o projeto *ManuBuild* busca aplicar, através da construção manufaturada aberta, os conceitos da manufatura eficiente no setor da construção civil. Assim, deverá ser possível a experimentação de uma economia significativa nos custos de construção e manutenção, além de uma menor ocorrência de erros e retrabalho, mais opções de escolha para o cliente, além de novos produtos e serviços que poderão ser configurados e montados em fábricas móveis no canteiro de obras.

Os avanços nos processos construtivos não podem ser isolados, em áreas específicas. É essencial que haja uma abordagem integrada, considerando todos os aspectos relevantes relacionados a construção, não apenas aspectos técnicos. Portanto, é necessário o envolvimento de todas as partes interessadas (EICHERT; KAZI, 2007).

Para isso, esforços de países europeus foram conduzidos na elaboração de um sistema de construção manufaturada aberta. Combinando a manufatura eficiente em fábricas e em canteiros de obras, com um sistema aberto, será possível oferecer diversidade de componentes e produtos no mercado (KAZI et al., 2007). A figura 2 ilustra o salto tecnológico almejado na forma de se construir.

Figura 2 – Salto tecnológico almejado pelo projeto *ManuBuild* na forma de se construir



(fonte: BUILDING..., 2008)

De acordo com Eichert e Kazi (2007, p. 8, tradução nossa):

[...] *ManuBuild* deve definir os princípios e as regras adequadas para o desenvolvimento de conceitos, métodos, ferramentas, tecnologias e produtos necessários para funcionar no mundo da construção manufaturada aberta. Com base nesses princípios e regras, o *ManuBuild* estabelece um sistema aberto para demonstrar e validar o novo paradigma. Isto inclui novos designs conceituais (arquitetura), construção modular e industrializada com produção flexível conveniente para produtos e componentes pré-fabricados assim como para sua fácil montagem.

Para enfrentar este descompasso tecnológico, a estratégia do projeto *ManuBuild* é impulsionada pela necessidade de se combinar os conceitos de sistema aberto e manufatura

eficiente. Com as construções sendo projetadas para serem executadas utilizando elementos manufaturados e, permitindo sua customização, a produção de edificações extrapolará os atuais conceitos de pré-fabricação. O resultado será mais orientado ao cliente, diferente da pré-fabricação atual que visa otimizar a produção do elemento sem levar muito em conta questões relacionadas a estética e a possibilidade de customização. Os processos produtivos serão mais eficientes, reduzindo custos e resultando em produtos com maior qualidade (EICHERT; KAZI, 2007).

## 4.2 MELHORIAS DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO

Na construção civil tradicional, o ambiente de trabalho, historicamente, é visto como sendo perigoso, sujo e árduo. A maioria dos trabalhadores que enfrentam este ambiente sob estas condições, param de trabalhar antes de atingirem a idade de aposentadoria. Além disso, as condições fisicamente exigentes dos canteiros de obras, são o principal empecilho que impede que mulheres optem por trabalhar na indústria da construção civil. É estimado que 96 a 99% da força de trabalho do setor, é constituída por homens. Portanto, se fossem melhoradas as condições de trabalho, o mercado poderia usufruir de uma quantidade de capital humano e conhecimento significativa, pois mais mulheres cogitariam trabalhar na indústria da construção (EICHERT; KAZI, 2007).

Salientam ainda que, movendo 80% das atividades realizadas fora das fábricas, para o interior das fábricas, se estima que níveis de segurança semelhantes aos encontrados dentro da indústria manufatureira seriam atingidos. Conseqüentemente, uma redução radical no número de trabalhadores gravemente feridos ou mortos por um fator de 10 e 20 respectivamente, seria alcançada, com isso, custos sociais seriam reduzidos em aproximadamente 2 bilhões de euros por ano no continente europeu.

## 4.3 OBJETIVOS DO PROJETO *MANUBUILD*

Eichert e Kazi (2007, p. 11-12, tradução nossa) destacam diversos objetivos almejados pelo projeto *ManuBuild*, alguns são:

- a) possibilitar que no mínimo 30% de toda a edificação seja flexível, pensando no ciclo de vida;
- b) componentes e módulos inteligentes com instalações já integradas representando 50% do valor da edificação;
- c) conexões e interfaces que permitam uma montagem fácil em canteiro cobrindo 80% das conexões estruturais da edificação;
- d) modelos que cubram o ciclo de vida da edificação em aspectos como, reparos e manutenção, adaptação a novos usos, reuso e reciclagem;
- e) produção fora de canteiro e pré-montagem de alguns componentes de maneira eficiente, utilizando métodos e sistemas automatizados que permitam que a entrega do pedido seja realizada em até 5 dias;
- f) métodos de montagem em canteiro que permitam uma montagem segura e de qualidade, com um tempo médio de 20 minutos entre a entrega do componente e seu destino final na construção;
- g) métodos que garantam qualidade e segurança durante a fabricação e montagem dos componentes, com o intuito de entregar edificações sem defeitos e com zero acidentes durante os trabalhos;
- h) catálogos de componentes com descrição em linguagem padronizada de suas características;
- i) métodos interativos para o cliente configurar sua edificação em termos de funcionalidades, design, etc.;
- j) gestão logística para coordenar os componentes vindos de diferentes fornecedores para rapidamente planejar e simular sequências de montagens alternativas, e para ter o conhecimento de onde o produto está localizado;
- k) criação de cursos para treinamento dentro da indústria e universidades para disseminar os conceitos do projeto;
- l) implementar instituições de ensino, em ambiente fabril para a prática e desenvolvimento de habilidades em manufatura avançada de componentes e módulos de edificações;
- m) desenvolvimento de um simulador para treinamento, mostrando como será o 'canteiro de obras do futuro'.

Inicialmente, para que seja possível um maior emprego de produtos industrializados na construção de edificações, racionalizando os processos, os autores acreditam que as construtoras devem deixar de lado a ideia de que podem construir qualquer coisa que os clientes solicitarem. Com a possibilidade de os clientes solicitarem que qualquer coisa seja construída, se torna difícil a tarefa de otimizar os processos construtivos das empresas, visto que, dependendo da peculiaridade do projeto, o processo talvez seja executado uma única vez para um único cliente (NEDERVEEN et al., 2009).

Cabe destacar que, para que este sistema de construção manufaturada aberta, que serve como base para a construção futura, se desenvolva plenamente e alcance um efeito duradouro, não basta que apenas os desenvolvedores do projeto se utilizem dele. É necessário que todas as partes interessadas adotem e implementem esta ideia, pois com isso, será possível que avanços adicionais provenientes de todo o setor da construção civil contribuam para um contínuo aperfeiçoamento da ideia inicial. A ideia de se transformar a construção civil, através da aquisição dos benefícios e vantagens da manufatura, em uma indústria aberta para competição entre fornecedores, arranjos alternativos, alterações futuras no decorrer da vida útil da edificação, integração entre módulos e sistemas, reutilização e reciclagem de elementos (EICHERT; KAZI, 2007).

#### 4.4 PROJETOS ANTERIORES AO *MANUBUILD* QUE SERVEM COMO EXEMPLO DE ALGUNS CONCEITOS PROPOSTOS

Deve-se enfatizar que o projeto *ManuBuild* não parte do zero. Diversas tentativas de implantação de alguns de seus conceitos já foram realizadas previamente a ele. Estes outros projetos servem como inspiração para o futuro, para o aperfeiçoamento das técnicas adotadas e, também, como guias para as construtoras que desejam entrar na área da construção manufaturada aberta (OOSTRA; CLAESON-JONSSON, 2007).

Os autores iniciam descrevendo que, na Holanda, uma empresa desenvolveu um conceito onde compradores em potencial recebem um CD no qual existe um *software* que permite ao usuário visualizar os diferentes tipos de edificações residenciais, os quais a empresa é capaz de construir. No *software*, ao se escolher uma residência, são possíveis serem feitas algumas modificações como, por exemplo, o tipo de revestimento ou telha a ser utilizado. Logo que feita a modificação, as consequências no preço final da edificação são apresentadas. A figura 3 na próxima página ilustra exemplos de residências possíveis de serem personalizadas no *software*.

Figura 3 – Exemplos de residências do projeto holandês possíveis de serem personalizadas



(fonte: OOSTRA; CLAESON-JONSSON, 2007)

Outro exemplo dado pelos autores é o projeto sueco *Open House*. Neste, são ofertados prédios de apartamentos que podem possuir entre três e oito andares. Os prédios são compostos por módulos 3D patenteados cuja produção é totalmente realizada dentro de fábricas por métodos altamente industrializados. A figura 4 mostra o momento da colocação de um módulo em um prédio sendo construído.

Figura 4 – Posicionamento de um módulo 3D durante a construção



(fonte: OOSTRA; CLAESON-JONSSON, 2007)

O foco da empresa é o fornecimento de edificações com melhor qualidade, baixo custo e prazo de entrega reduzido. Os elementos constituintes dos módulos são fabricados em materiais leves e com dimensões determinadas pela capacidade dos veículos que realizam o transporte desses módulos até o local onde o prédio será construído. As paredes dos módulos podem ser removidas para a criação de cômodos maiores a depender da decisão do arquiteto. Os materiais de revestimento das paredes internas, fachada e telhado também podem ser determinados pelo arquiteto em uma gama de opções fornecida pela empresa (OOSTRA; CLAESON-JONSSON, 2007). A figura 5 ilustra a aparência externa de um prédio após pronto, construído utilizando esta tecnologia.

Figura 5 – Aparência externa de um prédio construído por módulos 3D



(fonte: OOSTRA; CLAESON-JONSSON, 2007)

Outro projeto apresentado pelos autores, dessa vez na Inglaterra, semelhante ao sueco, também adota módulos 3D para a fabricação de edificações. O *Living Solutions* consegue fornecer a seus clientes diversos acabamentos para os seus módulos como fachadas com

aspecto de terem sido erguidas em alvenaria de tijolos, painéis compósitos, revestimento metálico, cedro ou terracota. Também propicia a opção de o módulo ser fabricado em madeira (*wood frame*) ou aço (*light steel frame*). A figura 6 ilustra os módulos dispostos no canteiro de obras, já a figura 7 exemplifica a aparência final dos prédios com diferentes revestimentos.

Figura 6 – Disposição dos módulos 3D do projeto *Living Solutions* no canteiro de obras



(fonte: OOSTRA; CLAESON-JONSSON, 2007)

Figura 7 – Aparência final dos prédios utilizando diferentes revestimentos



(fonte: OOSTRA; CLAESON-JONSSON, 2007)

Por último, o exemplo proveniente do Japão denominado *Sekisui House* possibilita aos seus clientes a escolha por três diferentes tipos de estrutura, uma básica, uma mais avançada de *steel frame* e outra utilizando *wood frame*. Existem três categorias de construções: casas residenciais, condomínios e prédios de apartamentos. Com seu foco maior nas casas residenciais, a empresa desenvolveu uma enorme gama de opções de estilos das edificações, tipos de acabamento e jardins. As casas podem ser equipadas com sistemas para diminuir os efeitos de terremotos, facilidades de acesso e uso para pessoas portadoras de deficiências físicas (OOSTRA; CLAESON-JONSSON, 2007). A figura 8 mostra o interior de uma residência desenvolvida pela empresa.

Figura 8 – Interior de uma edificação desenvolvida pelo projeto *Sekisui House*



(fonte: OOSTRA; CLAESON-JONSSON, 2007)

As edificações construídas pela empresa possuem garantia de dez anos e, regularmente, o serviço de atendimento ao consumidor faz visitas às casas para averiguar se alguma manutenção se faz necessária ou se o cliente quer remodelar o ambiente. Para uma casa ser finalizada são necessários 63 dias. Duas semanas são dedicadas para a produção dos componentes constituintes na fábrica e o restante do tempo para a construção em si no canteiro. É esperado que os funcionários da empresa forneçam dez ideias por mês para melhoria dos processos. Cada ideia é retribuída com um pagamento e é revisada pela equipe. A melhor ideia do ano é recompensando com uma quantia considerável de dinheiro, explicam os autores na mesma obra. As figuras 9 e 10 na próxima página mostram, respectivamente, a fábrica onde são produzidas as residências e a casa modelo nas proximidades de Tóquio.

Figura 9 – Fábrica da *Sekisui House*

(fonte: OOSTRA; CLAESON-JONSSON, 2007)

Figura 10 – Casa modelo da *Sekisui House*

(fonte: OOSTRA; CLAESON-JONSSON, 2007)

#### 4.5 A NECESSIDADE DE CONSTRUÇÕES ADEQUADAS AO USUÁRIO FINAL

O setor residencial exerce grande impacto nas emissões atmosféricas, especialmente em países desenvolvidos. Muitos são os fatores que influenciam tais emissões como: a eficiência da oferta de energia, o projeto das residências que muitas vezes pode ser inadequado quanto

ao uso do espaço e na sua capacidade de se adequar às necessidades dos usuários (THOMPSON, 2007).

O autor explica que, comumente as edificações não são adequadas às necessidades dos usuários que as habitam. Os padrões de leiaute das edificações são decididos pelos projetistas, fornecedores ou órgãos regulatórios, sem a participação do usuário final. Isto leva à obsolescência da edificação, uso ineficaz do espaço e solo, demolições e reconstruções.

Como exemplo, Thompson (2007) explica que se uma residência é projetada na forma padrão, para três a quatro ocupantes, e acaba sendo ocupada por apenas um morador, há um uso ineficaz dos recursos empregados. Isto leva a um aumento da demanda de espaço e de energia para aquecimento por pessoa. A solução proposta pelo projeto *ManuBuild* para este problema é a customização em massa, ao invés da produção em massa. Ao se desenvolver soluções juntamente com o usuário, moradias mais sustentáveis serão produzidas, as quais poderão se adaptar no decorrer de sua vida útil para satisfazer mudanças de contexto e do estilo de vida do usuário.

O autor complementa, explicando que não é possível, durante o desenvolvimento de uma edificação, prever as exatas necessidades de cada futuro ocupante dela. Porém, é possível antever semelhanças e diferenças entre os prováveis ocupantes e assim, permitir a flexibilidade necessária para que, ao longo do tempo, cada um possa fazer as adaptações que lhes convém. O grande problema é que, de acordo com Thompson (2007, p. 55, tradução nossa): “A ideia de se combinar customização em massa, moradias adaptáveis e o envolvimento do usuário final no projeto parece utópica. O fato é que todas estas ideias já estão em uso pela indústria, no entanto não necessariamente juntas.”.

#### 4.6 MOTIVOS PELOS QUAIS A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NÃO BUSCA A QUALIDADE PLENA

Para Cuperus (2007) nunca houve a necessidade de a indústria da construção civil mudar drasticamente sua forma de construir, em busca da qualidade, pelo simples fato de que, sejam sociedades desenvolvidas ou em desenvolvimento, ambas tendem a perpetuar certa escassez

de moradias. Assim, a indústria da construção entrega seus produtos em um mercado onde não há alternativas para os consumidores, tendo estes que adquirirem o que estiver disponível.

Se proteger do clima é uma necessidade básica de qualquer espécie. Assim, se faz fundamental que desde os primórdios fossem criadas formas de abrigo, fazendo com que a indústria da construção seja uma das mais antigas da história, cujos profissionais possuem forte tradição local. Esta indústria tradicional sempre careceu de incentivos para agregar valor aos seus produtos. Dessa forma, a indústria da construção não está acostumada a construir para um mercado de consumidores, onde estes possuam opções de escolha e, portanto, se permite otimizar apenas na redução de custos, ao invés de oferecer edificações com maior valor agregado ao usuário final. O autor finaliza esclarecendo que, apesar de, a princípio, esta escassez autossustentável de edificações parecer atrativa para a indústria da construção, ainda assim continua tendo alto custo de reparo de falhas e baixas margens de lucro.

#### 4.7 A IMPORTÂNCIA DE SE CONSIDERAR O CICLO DE VIDA DAS EDIFICAÇÕES DURANTE A FASE DE PROJETO

Avaliar o ciclo de vida das edificações propicia uma construção mais sustentável pois, com isso, é possível a adoção de componentes adequados aos requisitos de desempenho incluindo a durabilidade esperada destes elementos. Um importante desafio para a realização desta avaliação é o desenvolvimento de métodos que permitam a avaliação de diferentes tipos de sistemas, utilizando indicadores que não favoreçam soluções específicas (HÄKKINEN; PULAKKA, 2007).

Ao serem desenvolvidos componentes e conexões para um sistema construtivo, é importante considerar também o ciclo de vida dos diferentes sistemas e seus componentes. Quão frequente será a necessidade de manutenção de cada sistema? É importante que se faça esse tipo de pergunta pois assim será possível a criação de “camadas de acessibilidade” com o intuito de facilitar o acesso, manutenção e substituição dos diferentes sistemas, minimizando a necessidade de interferências em outros elementos como componentes estruturais para acessar os componentes que necessitam intervenção. Para refazer as instalações elétricas por exemplo, em uma edificação executada com métodos tradicionais de construção, pode ser necessário extenso trabalho invasivo nas paredes, removendo revestimentos ou destruindo a alvenaria (THOMPSON, 2007).

A avaliação dos custos das construções também deve ser realizada considerando o ciclo de vida da edificação. O *life-cycle costing* (LCC) é uma técnica que auxilia na tomada de decisão em investimentos. Ela permite avaliar os custos de aquisição, desenvolvimento, operação, manutenção e desativação da edificação. É importante destacar que existem diversas formas e expressões matemáticas que permitem a realização desta avaliação, variando de região para região, portanto é importante adotar uma metodologia que esteja de acordo com as características locais de onde se deseja construir (HÄKKINEN; PULAKKA, 2007).

Häkkinen e Pulakka (2007, p. 94) apresentam uma lista de itens que podem ser considerados durante a avaliação dos custos ao longo do ciclo de vida de uma edificação, juntamente com os benefícios oriundos desta avaliação, são eles:

- a) segurança do trabalho – menor custo de construção;
- b) desempenho energético – menor custo de manutenção;
- c) qualidade da construção (materiais) – menor custo de reforma;
- d) flexibilidade – menor custo de modificações futuras;
- e) facilidade na substituição de partes da construção – menor custo de reforma e maior reaproveitamento das partes.

## 4.8 VANTAGENS E DESVANTAGENS ORIUNDAS DA ADOÇÃO DOS CONCEITOS

A seguir, são destacadas as vantagens que os conceitos de industrialização do projeto *ManuBuild* podem propiciar, bem como algumas desvantagens.

### 4.8.1 Vantagens

Hervás e Ruiz (2007) destacam a qualidade possível de se adquirir pelo processo construtivo proposto, juntamente com a redução dos custos de construção propiciados pela produção em escala. As economias de tempo e de materiais obtidas também são valorizadas, visto que reparos dos processos artesanais não mais serão necessários poupando insumos e horas de trabalho. Outra grande vantagem destacada é a redução dos acidentes de trabalho, dadas as melhores condições de trabalho propiciadas em ambientes mais seguros, as fábricas. Para as

companhias de seguros, vantagens imediatas são obtidas, pois as responsabilidades em cada estágio da construção estarão bem definidas.

#### 4.8.2 Desvantagens

Engström et al. (2007) alerta que inicialmente pode ser difícil a articulação dos agentes intervenientes no processo e, que o cliente pode imaginar que a industrialização proporcionará deficiências estéticas das edificações. A relutância em mudar o jeito de se construir ainda é forte entre diversos profissionais do setor (HERVÁS; RUIZ, 2007). Outro grande problema é a lacuna de conhecimento em áreas como a coordenação modular (ENGSTRÖM et al., 2007). No entanto, os autores ressaltam que ampla divulgação dos conceitos do projeto deve ser realizada através de *showrooms*, publicações, modelos em tamanho real e também em ambientes virtuais, afim de mostrar os benefícios da adoção de tais conceitos (EICHERT; KAZI, 2007).

Questões socioculturais também influenciam para dificultar a implantação dos conceitos. A cultura do tijolo, por exemplo, em países como Espanha, Polônia e no Reino Unido, é uma barreira cultural que impede a introdução de novos materiais na construção de edificações (HERVÁS; RUIZ, 2007).

### 4.9 RESULTADO DO PROJETO *MANUBUILD*

A companhia municipal de habitação de Madri lançou em março de 2006, uma competição de ideias arquitetônicas como primeiro passo para a construção de um prédio que serviria como base para a demonstração dos conceitos abordados pelo projeto *ManuBuild*. A proposta era transpor os métodos tradicionais de construção na Espanha, utilizando elementos industrializados e sustentáveis. A competição buscava uma construção flexível, que pudesse se adaptar não só às necessidades dos usuários, mas também aos requisitos de compatibilidade que os sistemas abertos exigem. Na fachada foram utilizados painéis fotovoltaicos que permitem a geração de parte da energia necessária para a operação do prédio (MANUBUILD, 2011). As figuras 11, 12 e 13 nas próximas páginas ilustram o prédio construído.

Figura 11 – Prédio demonstrativo dos conceitos do projeto *ManuBuild* (detalhe dos acessos aos apartamentos)



(fonte: MANUBUILD, 2011)

Figura 12 – Prédio demonstrativo dos conceitos do projeto *ManuBuild*



(fonte: MANUBUILD, 2011)

Figura 13 – Prédio demonstrativo dos conceitos do projeto *ManuBuild* (vista frontal)



(fonte: MANUBUILD, 2011)

## 5 CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA

Para Ceotto (2005, p. 85):

“No Brasil, a Construção Civil de edifícios foi um dos setores da economia onde houve muito pouco desenvolvimento nas últimas décadas. Não seria exagero afirmar que, do ponto de vista sistêmico, se constrói hoje de forma muito semelhante do que há 70 anos atrás. A última grande evolução se deu com a introdução do concreto armado no país no fim da década de 20 [...]”.

Complementa ainda que desde os anos 30 até a década de 90, a evolução no setor foi baseada apenas na substituição de alguns materiais utilizados na construção de edifícios como, por exemplo, os canos de ferro fundido que foram trocados por PVC e no estudo das propriedades e uso do concreto armado. Porém, nenhuma dessas ações geraram mudanças realmente significativas no atual processo construtivo.

A construção de edificações no Brasil, principalmente habitacionais, utiliza muito os métodos convencionais de produção, onde os elementos da edificação são produzidos no seu local definitivo. O atraso tecnológico no setor, responsável por permitir que os métodos convencionais estejam presentes na construção habitacional, já era destacado no final do século XX tendo como causa, de acordo com Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1988):

- a) base de produção caracterizada pela sobrevivência da estrutura de ofícios – definida de acordo com a habilidade dos trabalhadores que exercem o ofício de pedreiro, armador, carpinteiro, etc. – baixo grau de mecanização e consequente uso intensivo de mão de obra;
- b) etapas do processo produtivo e projetos sem coordenação;
- c) controle de qualidade deficiente;
- d) insuficiência, desatualização ou desconhecimento das normas técnicas ou desobediência às mesmas tanto na fase de projeto como na de execução;
- e) mão de obra pouco produtiva;
- f) produto final com muitos problemas de qualidade;
- g) desperdícios excessivos de materiais e tempo durante a execução;
- h) condições de trabalho precárias.

O documento salienta ainda que as especulações imobiliárias, constituem um obstáculo ao avanço técnico da construção de edificações. Tais especulações geram altos lucros, desestimulando a busca por ganhos em produtividade na construção pela implementação de inovações tecnológicas ou pela maior racionalização, pois os custos da produção da edificação possuem uma importância secundária para o mercado imobiliário. “Outro entrave à ‘modernização tecnológica’ do setor consiste no longo período de rotação do capital, implicando imobilização de recursos por períodos relativamente grandes de tempo.” (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1988, p. 23).

Destaca também, que outras maneiras são encontradas para se obter uma redução de custos, não necessitando de uma efetiva modernização tecnológica do setor, entre elas se destacam a utilização de materiais de qualidade inferior e a redução das dimensões das habitações. No entanto, isto só é possível, pois existe uma certa tolerância dos consumidores, que dificilmente reclamam por habitações de melhor qualidade.

Para se elevar a industrialização na construção civil, primeiramente é necessária a quebra de barreiras culturais. Um problema recorrente, sempre utilizado para desmotivar a industrialização, é a comparação direta entre custos da solução tradicional com a tecnologia inovadora. É necessário mensurar os ganhos decorrentes no ciclo de vida do empreendimento como ganhos de produtividade e conseqüente redução nos custos indiretos. Estudos de viabilidade sérios devem ser realizados, analisando o todo, não apenas custos diretos (A INDUSTRIALIZAÇÃO..., 2015).

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2011, p. 46), “a indústria da construção e a área de Tecnologia do Ambiente Construído são fundamentais ao desenvolvimento econômico do país, ao bem-estar da sua população e à sustentabilidade ambiental. A inovação tecnológica é elemento essencial para o atendimento desses objetivos.”. De acordo com o mesmo documento, agentes públicos e privados vem conduzindo iniciativas nessa área, visando o aprimoramento tecnológico, porém há um certo desalinhamento das mesmas. Tais iniciativas ainda sofrem devido a debilitada forma com que as ações públicas de fomento à ciência, tecnologia e inovação as contemplam.

Para a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2011), já existe consenso de que a introdução do conceito de industrialização aberta e coordenação modular dos diferentes sistemas construtivos é necessária. Também há uma preocupação em torno da implantação de

sistemas com elevada produtividade que sejam cada vez mais sustentáveis e exerçam suas funções com correto desempenho. Assim, acredita-se que nos próximos anos, de acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2011, p. 34-35), as pesquisas passem a abordar:

- a) implantação efetiva da coordenação modular, propondo alternativas de intervenção governamental para se criar um efeito de escala no setor;
- b) aumento significativo de inovações tecnológicas de processos e sistemas construtivos, visando redução de mão de obra, aumento da produtividade e desempenho agregado;
- c) aumento de produtividade, mecanização e uso crescente de sistemas secos, como em fachadas pré-fabricadas, sistemas com junta a seco, porém ainda com espaço para sistemas moldados no local racionalizados, como paredes de concreto, com formas incorporadas ou não;
- d) implantação efetiva da industrialização aberta;
- e) implantação de processos e sistemas construtivos mais sustentáveis e de melhor desempenho e envolvendo processos de execução mais limpos.

É salientado que algumas destas ideias não são novas, são estudadas já há algumas décadas, porém, a organização dos agentes envolvidos, governo, empresas e academias, ainda é deficiente. A academia vem buscando que sejam destacados os pesquisadores e instituições que realizam pesquisas e criam novos processos e tecnologias construtivas especialmente para a construção nacional. Tais pesquisas alavancam o desenvolvimento do setor no Brasil, independente se elas possuem ou não relevância internacional (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2011).

Outro fator que contribui para o setor da construção estar tecnologicamente atrasado é a instabilidade do mercado habitacional. Esta instabilidade gera insegurança nos empresários que preferem não investir pesado em tecnologia, para em tempos de crise não arcarem com o custo da tecnologia imobilizada. Assim, uma defesa para o setor não enfrentar tais custos, é aplicar o mínimo investimento em capital fixo (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1988).

Um último fator destacado pelo documento que dificulta a modernização do setor, no sentido da implementação da industrialização, é o próprio processo de produção das edificações, o qual apresenta elevada variabilidade. O fato de os produtos estarem sendo fabricados em locais dispersos – os canteiros de obras – atrapalha a implementação de uma produção em

escala, impedindo que seja estabelecido um fluxo contínuo de produção, desta forma, se torna inviável o investimento em maquinário para o aumento da produção. Variações oriundas das próprias características dos terrenos e legislações dos diferentes municípios, também impedem que sejam implementadas padronizações nos produtos e projetos, além daquelas variações necessárias para que haja uma diversificação do produto por questões de mercado.

Para Silva (1994, p. 10), a formulação de políticas de desenvolvimento para o setor da construção civil, é dificultada por uma série de barreiras, a seguir, são destacadas as mais relevantes:

- a) falta de integração entre as instâncias governamentais que interferem na formulação das políticas – repetição de diagnósticos, falta de ação em torno de propostas já consolidadas e consensuais: política industrial; política de emprego; políticas sociais de um modo geral, política de ciência e tecnologia no que diz respeito ao setor da construção civil;
- b) falta de compreensão por parte destas instâncias sobre o que vêm a ser as necessidades de desenvolvimento da construção civil;
- c) priorização ao estabelecimento de políticas de incentivos/capacitação voltadas aos setores industriais exportadores e com potencial competitivo no mercado internacional ou aos setores não tradicionais; não há compreensão sobre a necessidade do País atingir elevada produtividade e qualidade na construção civil – entendida como macro complexo composto por várias cadeias produtivas – os efeitos do ponto de vista do desenvolvimento econômico e social;
- d) ‘utilidade’ do setor para as políticas de emprego emergenciais, que visam apenas aliviar a pressão da sociedade sobre o governo em períodos de elevado nível de desemprego;
- e) descontinuidade das administrações e de políticas e programas;
- f) falta de capacitação técnica específica das equipes dos órgãos da administração responsáveis pela contratação de obras;
- g) falta de vontade política para que o Estado venha a exercer o poder de compra para exigir a modernização das empresas através da elevação da produtividade e qualidade (condições de trabalho adequadas, prazos e qualidade final dos produtos, conformidade às normas técnicas, certificação de produtos e homologação de sistemas construtivos).

Oliveira et al. (2012) também apresenta hipóteses indicando as razões que explicam o pouco uso dos sistemas industrializados na construção civil brasileira. A primeira hipótese, é a diferença de preço entre os sistemas industrializados e os sistemas tradicionais, dentre os quais o primeiro é mais caro. Porém, ressalta que por se tratar de processos construtivos distintos, esta comparação direta não reproduz a realidade, pois é deixado de lado o fato de o tempo da obra ser menor com o sistema industrializado e, a mão de obra necessária também

ser menor, assim como a necessidade quase nula de máquinas no canteiro de obras. Deste modo, o custo superior do sistema industrializado é dissolvido nos benefícios provenientes dele.

A segunda hipótese aborda o fato de se pressupor que, edifícios erguidos utilizando alvenaria e concreto são menos frágeis que os que utilizam outro método construtivo, como os sistemas industrializados, e não apresentam um padrão repetitivo desagradável. No entanto, explica que esse preconceito é fruto da inexistência de exemplos de bons projetos no Brasil que utilizem de maneira adequada os sistemas industrializados.

Outra hipótese, traz a falta de mão de obra especializada e de profissionais aptos a trabalhar com sistemas industrializados como razão para a baixa utilização desses. Por fugir do tradicional, a atual mão de obra disponível no mercado não está adaptada à uma construção desse tipo. Projetistas também não estão familiarizados nem dispõem de informações suficientes para propor aos seus clientes os sistemas industrializados.

A última hipótese apresentada por Oliveira et al. (2012), busca explicar a não utilização de sistemas industrializados, com base no fato de que esses sistemas não estão sendo abordados de forma substancial no ambiente acadêmico. Assim, os sistemas convencionais e pouco produtivos continuarão tendo prioridade em canteiros de obras por falta de conhecimento dos profissionais recém-formados nas universidades.

## 6 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo se destina à apresentação e descrição da metodologia utilizada para a obtenção das informações que auxiliaram a elaboração da resposta da questão de pesquisa.

### 6.1 ESCOLHA DA METODOLOGIA

A ideia inicial para aquisição de informações seria a realização de entrevistas individuais com profissionais atuantes em diferentes segmentos dentro da construção civil. Porém, esta abordagem individualista poderia ser ineficiente pois cada profissional estaria limitado a responder sem contrapontos. Desta forma, prováveis empecilhos em outros níveis da cadeia produtiva poderiam ser desconsiderados.

Assim, se optou pela realização de um debate onde todos estes profissionais estivessem presentes permitindo a livre interação entre todos. Esta metodologia recebe o nome de *focus group* (grupo focal).

### 6.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA ADOTADA: *FOCUS GROUP*

Os grupos focais são, de acordo com Caplan<sup>4</sup> (1990 apud DIAS, 2000 p. 3), “pequenos grupos de pessoas reunidos para avaliar conceitos ou identificar problemas [...]”. Oliveira e Freitas (1998, p. 3) caracterizam o *focus group* como:

[...] um tipo de entrevista em profundidade realizada em grupo, cujas reuniões apresentam características definidas quanto a proposta, tamanho, composição e procedimentos de condução. O foco ou o objeto de análise é a interação dentro do grupo. Os participantes influenciam uns aos outros pelas repostas às ideias e colocações durante a discussão, estimulados por comentários ou questões fornecidos pelo moderador.

Oliveira e Freitas (1998) também salientam que o grupo focal é uma metodologia bastante conveniente quando se está atuando em novos campos de pesquisa, onde uma orientação à

---

<sup>4</sup> CAPLAN, S. **Using focus group methodology for ergonomics design.** Ergonomics, v. 33, n. 5, p. 527-533, 1990.

investigação se faz necessária. Johnson<sup>5</sup> (1994 apud DIAS, 2000, p. 7) complementa que a utilização dos grupos focais como metodologia é favorável ao pesquisador quando as informações almejadas não podem ser obtidas com facilidade por outras técnicas, como exemplo dessas informações cita soluções criativas e inovadoras.

Os profissionais almejados para participarem do *focus group*, foram previamente contatados através de *e-mail*. Nesta mensagem, uma breve descrição da tarefa que seria realizada foi feita e um texto contendo um resumo do projeto *ManuBuild* foi enviado para que eles tivessem um prévio conhecimento do assunto a ser abordado. Assim que manifestaram interesse em participar do *focus group*, o horário e local do encontro foi determinado baseado na disponibilidade dos profissionais.

Participaram do *focus group* a arquiteta e professora, doutoranda em engenharia pelo PPGEC/UFRGS Dóris Zechmeister Bragança Weinmann; o engenheiro civil e professor, doutor em engenharia pelo PPGEC/UFRGS José Alberto Azambuja; o engenheiro civil e gerente de planejamento de uma construtora de grande porte de Porto Alegre, mestre em engenharia pelo PPGEC/UFRGS Roberto Sukster e o engenheiro civil, gerente geral de obras de uma construtora de grande porte de Porto Alegre e vice-presidente do Sinduscon-RS José Luiz Lima Lomando.

### 6.3 DESENVOLVIMENTO E QUESTIONAMENTOS DO *FOCUS GROUP*

No dia em que o *focus group* foi realizado, antes do debate ser iniciado uma rápida apresentação multimídia foi feita com o intuito de enfatizar mais alguns aspectos do projeto *ManuBuild* que não haviam sido contemplados no resumo previamente enviado aos participantes. Em seguida, o debate se iniciou e cada participante teve um tempo reservado para expressar sua opinião inicial a respeito do assunto. Após, questionamentos foram realizados aos participantes buscando relacionar as ações propostas pelo projeto *ManuBuild* ao cenário nacional abordando temas como:

- a) a aceitação por parte dos clientes, de um maior nível de industrialização nas edificações como o proposto pelo projeto *ManuBuild*;

---

<sup>5</sup> JOHNSON, D. Focus groups. In: ZWEIZIG, D. et al. **Tell it! Evaluation sourcebook & training manual**. Madison: SLIS, 1994.

- b) a necessidade da participação do governo para incentivar o desenvolvimento tecnológico da construção civil;
- c) a capacidade da força de trabalho para assimilar as novas formas de construir e projetar;
- d) mobilização da cadeia de suprimentos buscando aperfeiçoar seus produtos.

O debate não focou apenas nestes questionamentos pois, como vantagem da metodologia adotada, a livre interação entre os participantes é incentivada, com isso outros tópicos também puderam ser abordados. É necessário destacar que o debate não foi gravado com o intuito de promover aos participantes um ambiente adequado a uma maior liberdade de expressão e espontaneidade das suas colocações e experiências. No entanto, um colega estava presente no *focus group* apenas para auxiliar no registro das informações fornecidas pelos participantes. Posteriormente, estas informações foram compiladas para serem utilizadas na composição do próximo item.

#### 6.4 RESULTADOS DA DISCUSSÃO PROMOVIDA

Para o grupo, o primeiro pensamento que surge sobre industrialização intensiva é a utilização de células 3D, como os banheiros prontos por exemplo. No entanto seu uso ainda é muito raro no Brasil. A beleza dos prédios industrializados é relativa, o problema não está no poder aquisitivo do cliente, existe um preconceito de que apenas pessoas com menor poder aquisitivo aceitariam sem maiores problemas edifícios industrializados em função de seu custo e aparência. Porém, um dos membros do grupo destaca que existe um empreendimento em Porto Alegre, de médio/alto padrão que se utiliza de paredes de concreto aparente moldadas no local, permitindo uma maior racionalização e velocidade na execução visto que não depende da elevação de paredes em alvenaria, e que foi bem aceito por clientes de maior poder aquisitivo. O contratempo deste empreendimento foi que, apesar da alta velocidade na produção da estrutura do prédio, os acabamentos, não industrializados, demoraram demasiado para serem finalizados. É um prédio industrializado em meio a um tradicional, destacou o profissional.

O problema na adoção de uma construção mais industrializada não é a resistência do cliente, mas sim a elaboração dos projetos. O grupo destacou que em outros países a industrialização está mais presente nas obras pois, por exemplo, no exterior são despendidos três anos

projetando para se construir em seis meses, já no Brasil, se projeta por seis meses e se constrói durante três anos. O conceito de projeto deve ser modificado, é necessário um maior tempo projetando para se adquirir a qualidade almejada no momento da execução. Também não se deve levar em questão apenas a aparência "monótona" da construção industrializada para ela ser rejeitada, outros desempenhos além do estético devem ser pensados. Esta resistência no uso das soluções industrializadas contribui para que elas possuam um custo mais elevado, pois existem poucos fornecedores e poucos clientes para elas. Foi destacado pelo grupo, uma solução nova de fachada industrializada cujo uso estava sendo avaliado em um novo empreendimento, porém o custo, quatro vezes maior que a solução tradicional, inviabilizou a sua adoção. O mercado atual dificulta muito o uso destas novas tecnologias, é necessário aumentar a escala de produção para seu preço se tornar competitivo. São poucas as empresas (normalmente as maiores) que adotam tecnologias inovadoras na construção, grande parte do mercado é atendido por empresas de pequeno porte que se utilizam de métodos tradicionais de construção e não arriscam novas tecnologias, estas últimas são adotadas apenas quando amplamente difundidas e consolidadas pelo mercado.

Foi destacado também que os clientes solicitam modificações na planta, no entanto as atuais formas de se projetar em certos sistemas construtivos engessam essa possibilidade. Os projetos pecam em função da formação dos profissionais que é carente em coordenação modular. Nas faculdades de arquitetura e engenharia civil, esse assunto é mais abordado por professores das áreas de novas tecnologias construtivas do que por professores das áreas de criação e concepção de projetos. Uma provável justificativa para isto é a atual releitura da arquitetura modernista influenciada pela liberdade criativa dos projetos de Oscar Niemeyer. Outra dificuldade destacada na elaboração de projetos é o fato de os alunos de graduação manterem um distanciamento das formas como são construídos os prédios, conseqüentemente não sabem detalhar.

Se enfatizou também a existência de um empreendimento composto por casas de concreto altamente industrializadas moldadas *in loco*, inclusive os telhados destas construções chegam prontos à obra. Porém a casa não aceita modificações em sua distribuição de paredes, apenas projeto de aumento. Existem modelos de 40, 45 e 50 m<sup>2</sup>, todos com as mesmas janelas e portas. Este foi o único jeito encontrado de, atualmente, produzir edificações industrializadas com um baixo custo para o Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). É ressaltado também que estas casas atualmente possuem um custo baixo pois elas já vem sendo

construídas há muito tempo, e que todos os problemas inicialmente encontrados durante sua execução foram sendo sanados e corrigidos no decorrer deste período. As instalações elétricas destas edificações também foram otimizadas para serem executadas em 45 minutos em cada casa. A otimização foi proposta por um eletricista que desenvolveu um método de instalação onde as caixas de passagem são equipadas, previamente a sua disposição final, com todos os cabos elétricos necessários que chegam ou partem dela.

A deficiência na formação é novamente destacada quando um integrante do grupo ressalta que as universidades não ensinam arquitetos a utilizarem a tecnologia BIM (*Building Information Modelling*). O uso desta tecnologia em projeto de edificações é bastante deficiente, é utilizada de maneira muito simples. Já a área de projetos de instalações (elétrica, hidrossanitária, etc.) utiliza de maneira mais avançada esta tecnologia.

A empresa na qual um dos participantes trabalha, já tentou adotar o uso de garagens pré-moldadas, no entanto o custo destas garagens é o dobro do custo de uma garagem moldada no local, o que inviabilizou sua utilização. A empresa agora busca produzir os próprios pré-moldados para baixar seu custo. Ele destaca também um problema proveniente dos órgãos reguladores, por exemplo, a Caixa Econômica Federal não aceita juntas aparentes em empreendimentos do programa MCMV, juntas essas que são inevitáveis em diversas edificações onde são utilizados elementos pré-fabricados.

O grupo concorda que a industrialização é inevitável, ela acontece em todos os setores industriais e em algum momento vai ter que acontecer na construção com maior ênfase. Um dos problemas é que a indústria da construção civil é altamente pulverizada e poucas são as empresas que realizam pesquisa e desenvolvimento nesse sentido, e estes estudos não acontecem com a mesma intensidade que em outras indústrias. Apenas quando a indústria da construção trazer para si a responsabilidade pela mudança é que a industrialização flexível irá prosperar.

A indústria automotiva por exemplo é quem dita as regras para o desenvolvimento do produto final, e a cadeia de suprimentos desta indústria segue estas regras. Já na construção civil, quem desenvolve e impõe os componentes é a cadeia de suprimentos. Há uma prática no mercado das empresas esconderem suas ideias, o que prejudica a união da cadeia. Isso acarreta em uma divergência das tecnologias, diferente das outras indústrias que são convergentes. Um exemplo dado foi o da indústria de telefonia, em que todas convergiram

para os *smartphones*, os aparelhos são diferentes, mas todos possuem a mesma função. O projeto *ManuBuild* é compreendido pelo grupo como uma iniciativa que tenta fazer uma coordenação, em que o produto final é que coordena os demais (suprimentos). Porém como a cadeia de suprimentos é maior, ela precisa estar disposta a aceitar essa coordenação. O fabricante de cerâmicas, por exemplo, não se importa com a modulação dos revestimentos, seu empenho está em otimizar ao máximo a utilização de seu forno. Ao aceitar a coordenação proposta ele sai perdendo, pois, esta otimização que foi realizada se perderá, e o benefício será do cliente.

Sobre a mão-de-obra o grupo acredita que, com a adoção mais frequente das técnicas industrializadas, treinamentos permitirão que a força de trabalho se especialize. No entanto, a maior necessidade de qualificação é dos projetistas, os quais possuem dificuldades para conceberem projetos em que, a decisão final de como algo deve ser feito não fique a cargo do operário. A atual concepção de projetos se baseia em definir os limites da edificação, já a forma como eles serão construídos fica a cargo dos operários. Houve também um relato sobre a existência de uma empresa que produz elementos pré-fabricados que contratou trabalhadores provenientes da indústria calçadista, estes mais acostumados com a repetição de procedimentos padronizados, ao invés de pedreiros. Para um dos integrantes do grupo, a solução talvez seja integrar as universidades com as construtoras, incorporando projetistas nas empresas. Outro integrante destacou que, na empresa onde trabalha, existe um setor responsável por "traduzir" o trabalho do projetista contratado externamente, para que o projeto se adeque aos padrões de construção da empresa construtora.

Existem incentivos no exterior para a implantação de novas tecnologias. A normalização por desempenho facilita essa implantação, porém no Brasil as normas são prescritivas. Foi salientado também que em evento para a divulgação de novas diretrizes do programa MCMV onde o desempenho das edificações seria abordado, diversos profissionais ainda possuíam muitas dúvidas sobre o assunto. Um dos integrantes do grupo destacou que a norma de desempenho (ABNT NBR 15.575/2013: Edificações Habitacionais - Desempenho) recebeu, e vem recebendo, uma divulgação mais ampla. Um dos grandes motivos para isto é o fato de que o usuário pode utilizar ela para exigir do construtor maior qualidade da edificação. No entanto, existem diversas normas cuja existência o usuário final desconhece e, portanto, o cumprimento das mesmas não é solicitado por ele. A normalização almejando uma maior industrialização e racionalização deve iniciar por itens básicos. Foi dado o exemplo das

dobradiças em kits de portas prontas que, quando apresentam algum defeito, dificilmente se encontra a mesma dobradiça no comércio para substituição. Normalmente o formato desta ferragem é diferente, resultando em transtorno para o cliente pois o entalhe na folha da porta deverá também sofrer modificações para o recebimento da nova ferragem.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esta pesquisa, foi possível observar que a indústria da construção civil, mesmo com o constante desenvolvimento de diversos sistemas construtivos mais racionalizados, ainda se utiliza muito das técnicas tradicionais de construção em diversos países do mundo. É importante destacar também, que se observa cada vez mais uma mobilização dentro do setor com o objetivo de difundir estes sistemas racionalizados e de reforçar a necessidade de se abrir mão das técnicas tradicionais expondo suas deficiências.

A indústria da construção civil brasileira ainda peca em organização. O setor não possui uma visão holística, conseqüentemente cada segmento busca otimizar seu processo sem pensar nos demais. Como o mercado é atendido em sua maioria por empresas de construção pequenas, estas não se empenham em adotar novas técnicas construtivas, perpetuando de certa forma os métodos convencionais de construção, não racionalizados. Um nível de industrialização como o almejado pelo projeto *ManuBuild*, ainda é uma realidade distante no cenário nacional. No entanto, a industrialização é inevitável, como foi destacado durante o *focus group*, e em algum momento ela deverá acontecer.

A cadeia de suprimentos não vê motivos para produzir elementos seguindo os conceitos de coordenação modular, a transposição desta dificuldade pode ser iniciada com a atuação do governo e com exigências normativas. A deficiência na formação de profissionais capacitados para elaboração de projetos também incentiva a continuidade da utilização das técnicas artesanais. O projeto precário obriga que o operário, durante a construção, decida como executar o que está sendo solicitado pois no projeto, esta instrução e detalhamentos não são fornecidos. Inclusive técnicas mais racionalizadas, amplamente presentes em canteiros de obras nacionais, como divisórias em gesso acartonado, deixam a desejar. Ainda são grandes as deficiências em sua utilização, como por exemplo, o excessivo desperdício de material gerado em recortes desnecessários devido à ausência de modulação nas divisórias.

Outro desestímulo à industrialização, é o preconceito quanto ao custo inicial. Evidentemente a adoção de uma nova tecnologia terá um custo elevado, no entanto, os benefícios oriundos desta ação serão inúmeros, principalmente quando a produção for em escala. A construção de

habitações de interesse social pode se aproveitar dessa industrialização, dado o déficit habitacional brasileiro, seria possível uma produção em escala. O governo poderia também incentivar a adoção das técnicas industrializadas de construção com este objetivo. No entanto, um cenário de crise política e econômica, como o vivenciado atualmente, pode postergar tais medidas. O resultado disto, será que em um período onde se busca economizar, os gastos continuam sendo elevados na construção, com baixa produtividade e muitos desperdícios.

As universidades devem promover uma cultura inovadora em seus alunos, buscando a geração de profissionais com maior conhecimento das novas técnicas de construção industrializada. O simples empenho em difundir com maior eficácia os conceitos de coordenação modular já traria benefícios, inclusive ambientais, reduzindo o desperdício de materiais, e consequentemente os custos de construção. A falta de conhecimento não pode ser usada como barreira para o avanço tecnológico do setor nem para justificar a preferência por técnicas artesanais.

Sendo assim, a maioria das ações propostas pelo projeto *ManuBuild* dificilmente poderão ser aplicadas no atual cenário nacional, salvas as que visam a difusão das novas tecnologias e conceitos teóricos como a coordenação modular no ambiente acadêmico. Pois nesse sentido, as universidades possuem um caráter mais atuante para tratar destes tópicos. Porém, para se evitar os problemas que a construção civil enfrenta atualmente, é necessária uma atenção especial para projetos como este, que visam o desenvolvimento tecnológico setorial.

Em pesquisas futuras, estudos buscando identificar as diferenças entre os usuários de edificações, europeus e brasileiros, poderiam permitir que adaptações à realidade nacional das propostas do projeto *ManuBuild* fossem executadas. Assim, seria possível entender quais as expectativas dos usuários com relação ao ambiente construído, e o desenvolvimento de propostas convergentes às suas necessidades.

## REFERÊNCIAS

- A INDUSTRIALIZAÇÃO é o caminho mais curto para o aumento da produtividade na construção. **Portal Sobratema**. São Paulo, 2015. Disponível em: <[https://sobratema.org.br/BlogSobratema/Post/171593-A\\_industrializacao\\_%C3%A9\\_o\\_caminho\\_mais\\_curto\\_para\\_o\\_aumento\\_da\\_produtividade\\_na\\_construcao](https://sobratema.org.br/BlogSobratema/Post/171593-A_industrializacao_%C3%A9_o_caminho_mais_curto_para_o_aumento_da_produtividade_na_construcao)>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- BRIZOLARA, A. O. **A pré-fabricação e a industrialização da construção no Brasil**. 1979. 46 f. Tese (Mestrado em Arquitetura) – Núcleo Orientado para a Industrialização da Edificação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1979.
- BUILDING for the future. **New Steel Construction**. Londres, 2008. Disponível em: <<http://www.newsteelconstruction.com/wp/building-for-the-future/>>. Acesso em: 18 jan. 2016.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Ciência, Tecnologia e Inovação e a Indústria da Construção Civil: elementos para a formulação de uma política para o setor**. Porto Alegre, 2011
- CEOTTO, L. H. A industrialização da construção de edifícios: de passado letárgico para um futuro promissor. In: FARIA, C. P. (Org.). **Inovação em construção civil: monografias**. São Paulo: Instituto UNIEMP, 2005, p. 85-106.
- CUPERUS, Y. Open, lean and the quality of the built environment. In: KAZI, A. S.; HANNUS, M.; BOUDJABEUR, S.; MALONE, A. **Open building manufacturing: core concepts and industrial requirements**. Espoo: VTT – Technical Research Centre of Finland, 2007. p. 69-82. Disponível em: <<http://www.cinark.dk/archive/media/303.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2015.
- DIAS, C. A. Grupo focal: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. **Informação & Sociedade: estudos**, João Pessoa, v. 10, n. 2, 2000. Disponível em: <[www.ies.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/download/330/252](http://www.ies.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/download/330/252)>. Acesso em: 8 abr. 2016.
- EICHERT, J.; KAZI, A. S. Vision and strategy of ManuBuild – open building manufacturing. In: KAZI, A. S.; HANNUS, M.; BOUDJABEUR, S.; MALONE, A. **Open building manufacturing: core concepts and industrial requirements**. Espoo: VTT – Technical Research Centre of Finland, 2007. p. 3-14. Disponível em: <<http://www.cinark.dk/archive/media/303.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2015.
- ENGSTRÖM, D.; THOMPSON, S.; OOSTRA, M. Building manufacturing architecture – whatever you thought, think again. In: KAZI, A. S.; HANNUS, M.; BOUDJABEUR, S.; MALONE, A. **Open building manufacturing: core concepts and industrial requirements**. Espoo: VTT – Technical Research Centre of Finland, 2007. p. 109-132. Disponível em: <<http://www.cinark.dk/archive/media/303.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2015.
- FONYAT, M. de A. R. **A pré-fabricação e o projeto de arquitetura**. 2013. 196 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000902078&loc=2013&l=4c70f6774117d772>>. Acesso em: 19 set. 2015.

HÄKKINEN, T.; PULAKKA, S. Use of LC guides in open building manufacturing. In: KAZI, A. S.; HANNUS, M.; BOUDJABEUR, S.; MALONE, A. **Open building manufacturing: core concepts and industrial requirements**. Espoo: VTT – Technical Research Centre of Finland, 2007. p. 70-106. Disponível em: <<http://www.cinark.dk/archive/media/303.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2015.

HERVÁS, F. C.; RUIZ, M. I. V. Stakeholder requirements for open building manufacturing. In: KAZI, A. S.; HANNUS, M.; BOUDJABEUR, S.; MALONE, A. **Open building manufacturing: core concepts and industrial requirements**. Espoo: VTT – Technical Research Centre of Finland, 2007. p. 133-152. Disponível em: <<http://www.cinark.dk/archive/media/303.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Programa de atualização tecnológica industrial – PATI: Construção Habitacional (Relatório IPT nº 27.080/88)**. São Paulo: IPT, 1988.

KAZI, A. S.; HANNUS, M.; BOUDJABEUR, S.; MALONE, A. **Open building manufacturing: core concepts and industrial requirements**. Finlândia: VTT – Technical Research Centre of Finland, 2007. Disponível em: <<http://www.cinark.dk/archive/media/303.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2015.

MANUBUILD. **Ruiz Larrea & Associados**. Madri, [2011?]. Disponível em: <<http://ruizlarrea.com/en/project/manubuild>> Acesso em 27 mar. 2016.

NEDERVEEN, S. V.; GIELINGH, W.; RIDDER, H. D. Value-oriented industrial building for a sustainable future. In: KAZI, A. S.; HANNUS, M.; BOUDJABEUR, S. **Open building manufacturing: key technologies, applications and industrial cases**. Espoo: VTT – Technical Research Centre of Finland, 2009. p. 19-30. Disponível em: <<http://adaptablefutures.com/wp-content/uploads/2011/10/Fuster-et-al.-20091.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2015

OLIVEIRA, A. B. de F.; BIELER, H. E.; SOUZA, H. A. de. Abordagem de sistemas de construção industrializados estruturados em aço nos cursos de graduação em arquitetura e urbanismo e engenharia civil no Brasil. In.: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012. p. 1761-1769. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/entac2014/2012/docs/1175.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2015.

OOSTRA, M.; CLAESON-JONSSON, C. Best practices: lessons learned on building concepts. In: KAZI, A. S.; HANNUS, M.; BOUDJABEUR, S.; MALONE, A. **Open building manufacturing: core concepts and industrial requirements**. Espoo: VTT – Technical Research Centre of Finland, 2007. p. 15-32. Disponível em: <<http://www.cinark.dk/archive/media/303.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2015.

ROSSO, T. **Racionalização das construções**. São Paulo: FAU-USP, 1980.

SILVA, M. A. C. A modernização do macrocomplexo da construção civil: o posicionamento competitivo na contribuição ao desenvolvimento do país. In.: SEMINÁRIO INTERNACIONAL ESTRATÉGIAS DE MODERNIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL:

QUALIDADE NA CADEIA PRODUTIVA, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FINEP, 1994. p. 5-13.

THOMPSON, S. Dwellings for today and tomorrow: a people-focussed, sustainable approach to design utilizing an open building manufacturing approach. In: KAZI, A. S.; HANNUS, M.; BOUDJABEUR, S.; MALONE, A. **Open building manufacturing: core concepts and industrial requirements**. Espoo: VTT – Technical Research Centre of Finland, 2007. p. 49-68. Disponível em: <<http://www.cinark.dk/archive/media/303.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2015.