



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA -
CAMPUS EUNÁPOLIS
DEPARTAMENTO DE ENSINO
COORDENAÇÃO DE ENSINO SUPERIOR
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

LEILIANE MOREIRA DE JESUS

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE UM SISTEMA CONSTRUTIVO
INDUSTRIALIZADO PARA CASAS PRÉ-FABRICADAS E O SISTEMA
CONSTRUTIVO CONVENCIONAL COM TIJOLOS CERÂMICOS**

EUNÁPOLIS - BA

2021

LEILIANE MOREIRA DE JESUS

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE UM SISTEMA CONSTRUTIVO INDUSTRIALIZADO PARA CASAS PRÉ-FABRICADAS E O SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL COM TIJOLOS CERÂMICOS

Monografia (Graduação) apresentada ao Colegiado do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Eunápolis, como parte das exigências para obtenção do título de Graduado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Jorge Vidal Dultra.

EUNÁPOLIS - BA

2021

S237d Jesus, Leiliane Moreira de Jesus

Estudo comparativo entre um sistema construtivo industrializado, casas pré-moldadas, e o sistema construtivo convencional, com tijolos cerâmicos / Leiliane Moreira de Jesus; orientado por Eduardo Jorge Vidal Dultra - Eunápolis: IFBA, 2021.

p.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia do Campus de Eunápolis, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

1. Construção Civil. 2. Pré-moldados. 3. Pré-fabricados. 4. Sistemas construtivos I. Dultra, Eduardo Jorge Vidal,

Catlogação na fonte

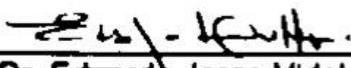
Bibliotecária Responsável: Nilcéia Aparecida Conceição Santos Campos – CRB5

LEILIANE MOREIRA DE JESUS

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE UM SISTEMA CONSTRUTIVO INDUSTRIALIZADO PARA CASAS PRÉ-FABRICADAS E O SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL COM TIJOLOS CERÂMICOS

Eunápolis - BA, 11/06/2021

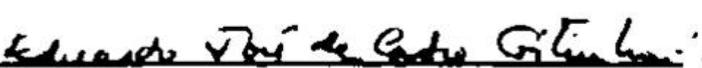
Comissão Examinadora



Prof. Dr. Eduardo Jorge Vidal Dutra
IFBA - Eunápolis
(Orientador)



Prof. Dr. Guillermo van Erven Cabala
IFBA - Eunápolis
(Convidado Interno)



Prof. Esp. Eduardo José de Castro Colinho
IFBA - Eunápolis
(Convidado Interno)

Dedico este trabalho a Deus por estar sempre comigo... ao meu pai (*in memoriam*), à minha mãe, minha irmã, aos meus Professores e amigos por terem acreditado em mim mesmo quando eu não acreditava.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me deu forças e ânimo para não desistir, que esteve comigo em todos os momentos.

Ao meu orientador, o Professor Doutor Eduardo Jorge Vidal Dultra por acompanhar e me orientar no processo de elaboração deste trabalho.

Ao Senhor Antônio Carlos Costa que contribuiu cientificamente durante a composição desse trabalho.

Agradeço de forma muito especial a todos os professores que me acompanharam durante essa minha caminhada, que direta ou indiretamente foram responsáveis não apenas pelo conhecimento por mim adquirido, mas também no meu crescimento pessoal e profissional, por de certa forma contribuírem para que eu seja quem hoje sou.

Aos meus pais e minha irmã pelo carinho, amor e dedicação, por me apoiarem e me incentivarem nesta grande batalha, durante todo esse período de busca incessante pelos os meus ideais.

Aos meus familiares dos mais chegados até aqueles que não tenho tanta comunicação, que de forma direta ou até indireta contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

Aos meus colegas da faculdade, Beatriz Tamandaré, Lucas Nascimento, Luís Henrique, Marcela Bonfim, Marcos Van-Basten, Pedro Ivo, Tainá Almeida, e Theophanes Campos, que me acompanharam durante tanto tempo, sem vocês eu não teria chegado onde cheguei, vocês foram essenciais no meu processo de formação.

Aos meus amigos que estiveram sempre comigo me acompanhando nessa tão longa jornada.

“E nesse tempo fui de tudo um pouco. . .
viajei no meu mundo louco e tentei não
seguir os caminhos já trilhados. Como já
dizia alguém, nem sempre terei o que
quero, mas o quanto puder tentarei.”
(Autor).

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo principal analisar o método construtivo *Fast Home* para construção de edificações de pequeno porte com elementos construtivos produzidos em fábricas e montadas no local. Ao longo de seu desenvolvimento, a construção civil passou por processo de industrialização e aprimoramento de métodos construtivos. Dentro desse cenário, os pré-fabricados surgem como um mecanismo de aperfeiçoamento da técnica e aumento da eficiência. Há uma busca incessante por novas tecnologias que promovam melhor produtividade e menor custo, permitindo uma maior rapidez na execução dos serviços, com menor desperdício de matérias e que ofereçam igual ou melhor qualidade, em conjunto com a evolução e crescimento da sociedade. A metodologia desse estudo é de natureza qualitativa, de caráter exploratório, onde, além da revisão bibliográfica, foi também obtidos dados *in loco*, com visitas a fabricantes e obras. Os resultados dessa pesquisa apontaram que o sistema *Fast Home* foi considerado mais eficiente, mais eficaz, com menor custo final e menor desperdício quando comparado com o sistema convencional. Esses benefícios são favoráveis mesmo que de forma indireta a outros setores; ao setor do meio ambiente com a comprovação de um menor desperdício de materiais; ao setor social com a capacidade de atender à uma maior demanda em menor tempo e com menor custo; e, ao setor econômico com um menor desperdício de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Construção Civil. Pré-moldados. Pré-fabricados. Sistemas construtivos.

ABSTRACT

The main objective of this work is to analyze the Fast Home constructive method for the construction of small buildings with constructive elements produced in factories and assembled in loco. Civil construction has undergone a process of industrialization and improvement of construction methods over the years. Within this scenario, pre-fabricated products appear as a mechanism for improving the technique and increasing efficiency. There is an incessant search for new technologies that promotes better productivity and lower costs, allowing for faster execution of services, with less waste of materials and offering equal or better quality, together with the evolution and growth of society. The methodology of this study is qualitative, exploratory in nature, where, in addition to the literature review, data was also obtained in loco, with visits to manufacturers and work sites. The results of this research showed the Fast Home system to be more efficient, more effective, with lower final cost and less waste when compared to the conventional system. These benefits are indirectly favorable to other sectors, to the environment sector, with proof of much less waste of materials, to the social sector, with the ability to meet greater demand in less time and at lower cost, and to the economic sector, with less wasted energy.

KEYWORDS: Construction. To premold. Readybuilt. Constructive systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do gabarito.....	29
Figura 2 – Montagem de forma e armação de sapata.....	30
Figura 3 – Viga baldrame.	30
Figura 4 – Impermeabilização de vigas baldrame (tinta preta).....	31
Figura 5 – Marcação de alvenaria.....	32
Figura 6 – Levante de alvenaria com juntas desencontradas e localização de portas e janelas.....	32
Figura 7 – Verga e contra verga.....	33
Figura 8 – Fissuras ocorridas pela falta de verga.....	33
Figura 9 – Evolução do levante da alvenaria juntamente com a armação dos pilares.	34
Figura 10 – Estrutura para execução das vigas.	36
Figura 11 – Estrutura para execução da laje.....	37
Figura 12 – Corte da alvenaria para instalações elétricas.....	38
Figura 13 – Quebra de peça estrutural para instalações elétricas.	39
Figura 14 – Corte da alvenaria para embutimento das instalações hidráulicas.....	39
Figura 15 – Corte do piso para instalações hidráulicas.....	40
Figura 16 – Execução do revestimento em argamassa sem o uso de mestras (seta amarela) e ausência de verga (seta verde).....	41
Figura 17 – Execução do revestimento em argamassa com uso das mestras.	41
Figura 18 – Má aplicação da técnica de assentamento de revestimentos cerâmicos.	43

Figura 19 – Esquadrias – porta alinhada indevidamente, o que a impede de ser fechada.	44
Figura 20 - Formato da sapata	47
Figura 21 - Detalhamento da sapata	48
Figura 22 - Viga-laje	49
Figura 23 - Viga-laje	49
Figura 24 - Locação das vigas-lajes enquanto piso	49
Figura 25 - Locação das vigas-lajes enquanto teto	50
Figura 26 - Pilares	50
Figura 27 - Locação dos pilares	51
Figura 28 - Painéis de fechamento.....	51
Figura 29 - Locação dos painéis de fechamento.....	52
Figura 30 - Formas das sapatas.....	53
Figura 31 - Forma de um painel de fechamento.....	54
Figura 32 - Forma das vigas-lajes	54
Figura 33 - Forma dos pilares	55
Figura 34 - Soldagem da ferragem da viga-laje	56
Figura 35 - Sapatas concretadas	57
Figura 36 - Gabarito e linhas auxiliares.....	58
Figura 37 - Linhas auxiliares passando pelo projeto	58
Figura 38 - Furos das sapatas.....	58
Figura 39 - Furos das sapatas.....	59
Figura 40 - Locação das sapatas.	59
Figura 41 - Vigas-laje funcionando como piso.....	60
Figura 42 - Encaixe dos pilares	61

Figura 43 - Encaixe dos pilares	61
Figura 44 - Painéis de fechamento.....	61
Figura 45 - Vigas-laje funcionando como cobertura	62
Figura 46 - Instalações elétrica posicionadas.....	63
Figura 47 - Instalações elétricas e hidráulicas.....	63
Figura 48 - Instalações elétricas e hidráulicas.....	64
Figura 49 - Instalação de ar condicionado	64
Figura 50 - Cobertura	65
Figura 51 - Utilização de placas solares.....	65
Figura 52 - Utilização de placas solares.....	66
Figura 53 - Modelo de fachada.....	67
Figura 54 – a, b, c e d – Material em contato com o solo.....	78
Figura 55 a e b – Material em contato com a parede.....	78
Figura 56 a, b, c e d – Descarte de embalagens.....	79
Figura 57 a, b, c e d – Descarte de materiais e embalagens.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens do sistema de Alvenaria Convencional	27
Tabela 2 - Preço de uma casa de alvenaria convencional	69
Tabela 3 - Orçamento do Modelo A	70
Tabela 4 - Orçamento do Modelo B	71
Tabela 5 – Orçamento do Modelo C	72
Tabela 6 - Séries de números-índices e variações percentuais de mão-de-obra e material, novembro 2018 - abril 2019.....	73
Tabela 7 – BDI - Benefícios e Despesas Indiretas	73
Tabela 8 – Custo da construção casa alto padrão	74
Tabela 9 – Tempo de execução	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Justificativa	18
1.2 Objetivos	19
1.2.1 Objetivo geral	19
1.2.2 Objetivos específicos	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 Industrialização da construção civil	20
2.1.1 Elementos pré-moldadas	21
2.1.2 Estruturas pré-fabricadas	22
3. METODOLOGIA	24
4. SISTEMAS CONSTRUTIVO.....	24
4.1 Sistema construtivo convencional.....	26
4.1.1 Material da estrutura principal.....	26
4.1.2 Sistemática construtiva utilizada	26
4.2 Sistema construtivo pré-fabricado.....	44
4.2.1 <i>Fast Home</i>	45
4.2.1.1 Materiais da estrutura principal.....	46
4.2.1.2 Componentes envolvidos.....	47
4.2.1.3 Sistemática construtiva utilizada.....	52
5. COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS	68
5.1 Comparativo de valor	68
5.2 Utilização da matéria prima	74
5.3 Mão de obra.....	75
5.4 Controle de qualidade	75
5.5 Sustentabilidade	76
5.6 Tempo de execução.....	76
5.7 Limpeza e organização do canteiro	77
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS.....	82

1 INTRODUÇÃO

Segundo El Debs (2000) a Construção Civil é considerada uma indústria atrasada quando comparada a outros ramos industriais. Os motivos que apontam para essa conclusão baseiam-se no fato de apresentar, de uma maneira geral, baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade.

Deve-se considerar que a construção civil se modernizou e busca por sistemas construtivos mais econômicos e práticos. A utilização de sistemas pré-moldados e pré-fabricados tornou a execução muito mais ágil e, por isso, foi cada vez mais adotada em países desenvolvidos por promover maior rapidez, controle da qualidade e otimização de tempo e custos.

Por mais que o sistema de construção civil no Brasil ainda esteja defasado em comparação a países desenvolvidos, o que era apenas uma tendência começou a se tornar também nossa realidade, ou seja, a industrialização da construção civil no Brasil deu passos importantes que resultam em praticidade, qualidade e economia, principalmente ao se considerar que o processo de industrialização da construção no Brasil foi posterior, conforme explicam Salas (1988 apud SERRA, et al., 2005).

A necessidade de construir com uma maior velocidade, com eficiência, garantir a qualidade do produto, racionalizar processos e agilizar atividades tornou-se prioridade para as empresas nacionais da construção civil.

Nesse contexto, as estruturas pré-fabricadas ganham cada vez mais notoriedade no ambiente de construção. Essas estruturas são utilizadas nas diversas ramificações da construção como em casas, edifícios residenciais, comerciais ou industriais, hotéis, hospitais, prédios escolares, galpões, etc. em etapas como infraestrutura e/ou superestrutura. (VAN ACKER, 2002).

Ao analisar o panorama da construção brasileira é fácil perceber que na construção de residências, as técnicas tradicionais são, ainda, largamente utilizadas resultando no emprego de mão de obra pouco qualificada e baixo controle de

execução. Porém, devido à competitividade no setor, verifica-se uma necessidade de adoção de técnicas e/ou equipamentos que resultem em facilidades na execução.

Mesmo em meio a tantos empecilhos, novos métodos construtivos industrializados são inseridos, uns mais viáveis que outros. Dentre os que são utilizados no Brasil, destaca-se: o método construtivo de casas, no qual são executados em fábricas e, posteriormente, montados no local. Esse processo propicia vantagens não encontradas no sistema convencional de construção, como diminuição do desperdício de materiais, maior eficiência na utilização de mão de obra, maior rapidez na construção, entrega mais limpa e organizada, dentre outros. (SIRTOLI, 2015).

O cenário industrial brasileiro ao longo dos anos, passa por constantes adaptações, atualizações e modernizações, de forma positiva, na medida em que a implantação de sistemas construtivos mais modernos e evoluídos torna-se mais viável, também, em obras de pequeno porte.

Contudo, segundo Scopel (2018), para as construções de pequeno porte a aplicação dos métodos construtivos pré-fabricados já existentes no mercado, ainda resultam em um aumento de custo, quando comparado ao método convencional. Essa afirmação cabe, ainda, em muitas regiões, porém, em algumas, é perceptível um maior desenvolvimento em relação a técnicas construtivas.

Esse aumento do custo sugere incompatibilidade com o conceito do método industrializado, uma vez que é projetado para tornar a execução mais simples e racional, porém, na maioria das vezes, seus benefícios são melhor evidenciados em maior escala de produção.

1.1 Justificativa

A escolha do tema foi motivada pela percepção da tendência à modernização do sistema construtivo tradicional aliada à escassez de estudos acadêmicos relacionados a sistemas construtivos inovadores desenvolvidos nesta região.

Nesse contexto, foi proposta uma análise comparativa entre um sistema construtivo modular em elementos pré-fabricados e o sistema construtivo tradicional. Foi escolhido o sistema construtivo *Fast Home* por possuir características alinhadas com as vantagens de um sistema construtivo em elementos pré-fabricados, ou seja, maior praticidade e rapidez na execução, menor desperdício de materiais e custo viável. Outro fator importante na escolha de tal sistema construtivo, além de ser inovador, foi por se tratar de um sistema desenvolvido por uma empresa da região Sul da Bahia.

O sistema construtivo *Fast Home* é um sistema modular de concreto armado e concreto celular voltado para a construção de edificações de pequeno porte. Foi idealizado a partir da utilização de 4 módulos – elementos estruturais padronizados – planejados de forma a reduzir o desperdício de matérias, a incidência de acidentes no trabalho e, principalmente, o tempo de execução da obra, quando comparado com os métodos convencionais de construção civil.

A apresentação do método construtivo *Fast Home* visa estudar e avaliar suas particularidades de forma a identificar vantagens ou desvantagens desse sistema, a viabilidade de sua produção em série, seu controle de qualidade, a minimização do desperdício, tudo sob o viés industrial. Portanto, a construção civil com foco na construção de edificações pré-fabricadas tem importância para a sociedade de modo significativo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar as características do sistema construtivo *Fast Home* e compará-las com as técnicas envolvidas no sistema convencional.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar um breve histórico do processo de industrialização na construção civil.
- Conceituar estruturas pré-moldadas e pré-fabricadas e relacioná-las com a industrialização na construção civil.
- Analisar aspectos do sistema construtivo convencional e do sistema *Fast Home*, detalhando tecnicamente todos os seus processos executivos.
- Comparar qualitativamente esses dois sistemas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Industrialização da construção civil

Segundo Bruna (1976), a industrialização está associada a processos de organização e produção em série. Como consequência, foi observado o desenvolvimento da mecanização dos sistemas e meios de produção. O autor acrescenta que houve três grandes fases. A primeira, no surgimento das grandes máquinas genéricas ou polivalentes; a segunda, a transformação dos mecanismos para que se adequassem a tarefas específicas, com maior autonomia, a exemplo dos ditos movimentos toyotistas e fordistas; a terceira fase teve início por volta dos anos 50 e ficou conhecida como a segunda revolução industrial, quando parte do trabalho braçal foi substituído por mecanismos, não necessariamente repetitivos, mas capazes de repetir diferentes ciclos.

Na construção civil, esse processo foi observado com o surgimento dos pré-moldados. Isso ocorreu devido a necessidade de otimizar o tempo e o trabalho, mantendo ou melhorando sua qualidade. Nesse contexto, a utilização de elementos estruturais produzidos em um local diferente daquele que será a sua destinação ou posição final ganhou espaço. Com a utilização cada vez maior de elementos pré-moldados e a necessidade de produção em larga escala, houve uma tendência cada vez maior à industrialização desse sistema, na qual os elementos pré-moldados foram executados com maior padronização, ou seja, com maior controle da qualidade, dimensões e materiais e, assim, nessas condições, o termo pré-fabricado começou a ser adotado.

Em consonância com a teoria de Salas (1988 *apud* SERRA, *et al*, 2005), entendemos que a utilização dos pré-fabricados em concreto, na perspectiva mundial, pode ser dividida em três etapas:

1950-1970 - Pós guerra caracterizado pela ausência de edificações residenciais ou não, na qual pela necessidade de construção em massa um sistema que ficou conhecido como "fechado" começou a ser realizado em longa escala;

1970 - 1980 - Período com diversos acidentes em edifícios construídos com painéis desse modo. Como o momento anterior foi o primeiro que trabalhava com o sistema, é nesse momento que os resultados do modelo começam a surgir, gerando rejeição social e revisão do conceito;

Pós 1980 - Após a necessidade de demolição de algumas obras, um novo modelo, mais flexível começou a ser construído, conhecido como de “ciclos abertos”, que permitia a interconexão com outros elementos e subsistemas.

A partir do enunciado, compreende-se que a industrialização influenciou o processo de surgimento dos pré-fabricados. Existe um consenso entre os autores que a cronologia acima, é mais adequada para descrever o desenvolvimento e evolução dos pré-fabricados. Também há um consenso de que o grande evento histórico que impulsionou a industrialização da construção civil foi a 2ª Guerra Mundial, principalmente na Europa, devido à necessidade de reconstruir cidades diretamente atingidas, bem como, de promover a infraestrutura para produção bélica e de suprimentos. As fases seguintes ocorreram devido a necessidade de evolução dos pré-fabricados, advindo em muitos casos de erros ou de adaptações a novas formas de construção.

Apesar da evolução da tecnologia dos pré-moldados na segunda metade do século XX, no Brasil, de acordo com Vasconcelos (2002 *apud* SERRA, *et al.*, 2005), o primeiro empreendimento foi o hipódromo da Gávea no Rio de Janeiro no ano de 1926. Ainda segundo os autores, anos depois a Construtora Mauá realizou empreendimentos do tipo galpões pré-moldados e mais adiante ressalta a construção da cidade universitária Armando Salles de Oliveira, em São Paulo.

O autor ainda destaca uma série de outros elementos que caracterizam o surgimento e o desenvolvimento dos pré-fabricados na construção civil no Brasil, mas estes foram os eventos que mostram como se iniciou esse processo, destacando também que esse desenvolvimento se concentrou inicialmente no eixo Rio-São Paulo.

2.1.1 Elementos pré-moldados

A norma NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado (ABNT, 2017) define elemento pré-moldado como:

Elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura, conforme especificações estabelecidas em 12.1.1

12.1.1 Os elementos pré-moldados devem ser executados conforme prescrições das ABNT NBR 14931 e ABNT NBR 12655 e ao controle da qualidade estabelecido nesta Seção, para o qual se dispensa a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias.

O emprego de estruturas pré-moldadas impulsionou a indústria da construção civil de forma significativa, permitindo projetos mais arrojados, maior produtividade, menor custo e desperdício. Segundo Vasconcelos (2002 *apud* SERRA, *et al.*, 2005), não é possível afirmar com precisão quando começou a utilização deste sistema, pois, inicialmente o concreto armado era produzido fora do local de utilização. A realização de estruturas feitas com concretagem no local final surgiria depois.

No mesmo âmbito da indústria da construção, o mercado de pré-moldados vive em constante evolução. Na medida que novas tecnologias são inseridas, há uma tendência em que o serviço seja realizado de forma a buscar maior produtividade.

A partir dessa premissa, observa-se uma dedicação ao aprimoramento na forma de realizar a produção, controlar e avaliar a qualidade do produto final, onde entra a industrialização desse processo. Conforme Sirtoli (2015) essa industrialização tem como características linhas de produção mais organizadas, com repetição das atividades e produção em grande escala. Tais características simplificam a execução e reduz o desperdício promovendo alto controle de qualidade.

2.1.2 Estruturas pré-fabricadas

Segundo Ordenéz (1974 *apud* SERRA, *et al.*, 2005) a necessidade de construir em larga escala promoveu uma evolução do sistema pré-moldado aproximando-o das características observadas no sistema industrial da época.

De acordo com Sirtoli (2015) atualmente o desenvolvimento dos automatismos industriais do sistema de pré-fabricados não está interligado apenas ao seu processo de fabricação, mas também ao processo de transporte, de montagem, as formas de inspeção e controle, à criação de novos materiais e peças, bem como ao controle das consequências que esses processos trarão ao meio ambiente.

A norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 2017) define estrutura pré-fabricada a partir de uma série de características: mão de obra treinada e especializada, fiscalização, avaliação da matéria-prima utilizada na fabricação dos pré-fabricados, e, obediência aos critérios normatizados de regulação dos pré-fabricados.

É notável que os critérios para construção de estrutura pré-fabricadas são mais rígidos do que para estruturas pré-moldadas. Além do controle da qualidade, a montagem em larga escala também é uma das premissas para a consideração. Conforme El Debs (2000), vantagens como controle dimensional dos componentes e de toda a construção, maior durabilidade, e em certas situações até redução de alguns coeficientes de ponderação relacionados a todo dimensionamento das estruturas que compensam o custo acrescentado pelo melhor controle da qualidade desses elementos.

Para Dawson (2003 *apud* OLIVEIRA, 2015), A partir da utilização desse tipo de estrutura facilitada pelo surgimento de processos cada vez mais mecanizados, o desenvolvimento dos guindastes e suas possibilidades de utilização, os projetistas passaram a planejar edificações com áreas mais amplas e livres de quaisquer obstruções como pilares.

3. METODOLOGIA

Para realização deste trabalho foi utilizado o método de pesquisa descritiva com a finalidade de analisar o contexto histórico que levou a utilização dos variados sistemas construtivos. Como objeto de estudo, por meio de um processo dialético, foram selecionados dois sistemas construtivos, o convencional e o pré-fabricado. O primeiro foi escolhido por ser largamente utilizado em nosso país e, de certa forma, estar enraizado como método construtivo em nossa cultura. O segundo pela proposta que oferece de inovação, conforto e simplicidade de implantação.

Foi realizada uma vasta pesquisa bibliográfica a fim de expor as principais características do sistema construtivo convencional, bem como, visitas de campo e entrevistas aos profissionais dos canteiros de obras para registrar as técnicas construtivas executadas na região. Foi realizada, também, uma comparação entre as técnicas recomendadas na bibliografia com as técnicas utilizadas na prática. Foi realizada, ainda, a pesquisa documental de todo o material, parte do relatório descritivo do sistema, produzido pela empresa que o desenvolveu, com base em seus quesitos e características que o classifica como sistema pré-fabricado.

Conforme recomendou Gil (2008), na pesquisa de campo procurou-se o aprofundamento de uma realidade específica. Foi basicamente realizada por meio de observações diretas, das atividades do grupo estudado, e de entrevistas com profissionais diretamente envolvidos a fim de captar as justificativas e interpretações sobre a aplicação e execução de cada sistema construtivo.

Foram utilizados registros fotográficos e entrevistas com os responsáveis pelos sistemas construtivos analisados. O trabalho teve caráter qualitativo, com análise dos dois sistemas, e um comparativo entre eles, com ênfase na pesquisa e na observação.

4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A construção civil está ligada à qualidade de vida, ao bem-estar, ao conforto da população e relaciona-se com inclusão social e divisão de espaços entre particulares e públicos.

Durante o século XIX, ocorreram diversos marcos na construção. Segundo Battagin (2010), no final da década de 80 tem-se a instalação das primeiras fábricas de cimento. De acordo com Santos (2008) na década de 30 tem-se a movimentação para elaboração das primeiras normas brasileiras voltadas para o concreto armado com o “código de Obras Arthur Saboya”.

De acordo com Vasconcelos, (2016), na década de 40 ocorreu a normalização do concreto armado, com o surgimento da revista “Cimento Armado” e da ABC – Associação Brasileira de Concreto em 1930, e, da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland em 1936. Esses processos são resultantes da preocupação com a qualidade do produto final.

Para Sabbatini (1989), o sistema construtivo é um “método para combinação de meios e de processos para produzir certos resultados”. Assim, as técnicas construtivas “correspondem ao conjunto de procedimentos empregados na produção de uma construção”, como:

Elevar uma parede de alvenaria; montar uma fôrma de madeira para moldar uma viga de concreto; assentar uma esquadria de janela; pintar uma porta, montar a estrutura de um telhado; assentar um piso de cerâmica, embutir uma canalização elétrica; instalar uma banheira, etc. (SABBATINI, 1989).

Nesta perspectiva é possível compreender por método construtivo como “um conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas, empregada na construção de um subsistema ou elemento de uma edificação”. Por conseguinte define-se sistema construtivo, como: “[...] o processo construtivo de elevados níveis de industrialização e organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo”. (SABBATINI, 1989).

Portanto, com base na afirmativa do autor, a partir desta conceituação, pode-se chegar a conclusão de que os sistemas construtivos são modelos muito bem definidos, com tecnologias aprimoradas, e com desempenho para alavancar o processo de inovação do sistema construtivo referente ao uso de materiais e técnicas necessárias para seu sucesso.

4.1 Sistema construtivo convencional

Durante décadas o sistema construtivo convencional predominou no topo da construção civil com vistas no planejamento de construções em edificações com estruturas sólidas de concreto armado, com elementos estruturais de vigas e pilares de sustentação e mão-de-obra específica.

Popularmente conhecido como convencional, o sistema de alvenaria foi descrito por Martins (2009) como:

Alvenaria é o sistema construtivo de paredes e muros, ou obras semelhantes, executadas com pedras naturais, tijolos ou blocos unidos entre si com ou sem argamassa de ligação, em fiadas horizontais ou em camadas parecidas, que se repetem sobrepondo-se sobre as outras, formando um conjunto rígido e coeso. (MARTINS 2009).

A alvenaria convencional é formada por elementos que possuem função estrutural como pilares, vigas e lajes, bem como, paredes que não possuem função estrutural. Os vãos podem ser preenchidos com tijolo cerâmico, tijolo de barro, tijolo aparente, tijolo laminado, tijolo de face lisa ou com blocos de concreto. Nesse modelo de construção, o peso é distribuído em sapatas, brocas, baldrame, pilares, vigas e lajes, e as paredes são chamadas de “não portantes”, isto é, sua função é de separar ambientes e de vedação. São utilizados Aço – para Construção Civil – e concreto para execução da estrutura em concreto armado, bem como, fôrmas de madeira ou mistas para a moldagem *in loco* de pilares e vigas. As instalações elétricas e hidrossanitárias, em geral, são embutidas nas alvenarias e pisos, bem como, comumente, "atravessam" elementos estruturais como pilares, vigas e lajes. Dessa forma, torna-se necessário prever os pontos em que as instalações atravessarão elementos

estruturais a fim de deixar passagens prévias antes da concretagem desses elementos. Após o levante das alvenarias será necessária a abertura de rasgos nos blocos para permitir o embutimento das tubulações e conexões previstas nas instalações elétricas e prediais.

Segundo Souza (2012) a alvenaria é a técnica mais utilizada para o fechamento de construções em nosso contexto social. É formada por paredes que não possuem função estrutural, pilares, vigas e lajes. Contudo, a qualidade dos materiais empregados, da mão de obra, as deficiências de confecção, as incorreções ao nível da concepção, são causas de distorções que comprometem o orçamento previsto, o tempo de execução, e causam o desgaste da obra. A autora explica que a cultura construtiva brasileira ainda possui mais abertura para o método construtivo convencional por uma diferença fundamental: menor necessidade de planejamento. Esse conceito se mostra válido ainda, até no momento atual, devido a simplicidade de sua execução.

Há dois métodos mais utilizados: blocos de vedação, para a confecção de paredes; e blocos estruturais ou portantes, que podem substituir pilares e vigas, por possuírem resistência mecânica adequada. Na Tabela 1 são mostradas as vantagens e desvantagem do modelo de alvenaria convencional.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens do sistema de Alvenaria Convencional

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Bom isolamento térmico e acústico; Boa estanqueidade à água; Excelente resistência mecânica e ao fogo; Durabilidade superior a qualquer outro material; Facilidade de produção por montagem ou conformação; Facilidade e baixo custo dos componentes; Excelente versatilidade e flexibilidade; Ótima aceitação pelo usuário e sociedade.	Mão de obra não especializada; Baixa produtividade na execução; Elevada massa por unidade de superfície; Domínio técnico centrado na mão de obra executora; Necessidade de materiais adicionais para ter a textura lisa; Deficiente na limpeza e higienização; "Desconstrução" (quebradeira de parede em caso de reparos na rede hidrossanitária) o que gera desperdício.

Fonte: Souza (2012)

4.1.1 Materiais da estrutura principal

Conforme dito no item 4.1, os materiais utilizados no sistema de alvenaria convencional são concreto magro e concreto armado para as fundações e estruturas e os blocos - cerâmicos ou de concreto - e argamassas para as alvenarias de vedação.

4.1.2 Sistemática construtiva utilizada

Independente do tipo de construção que será realizada, alguns elementos precisam ser levados em consideração antes do seu início. Normas e regulamentos nos recomendam itens que são indispensáveis para um bom desempenho final da edificação. Nem todas as obras seguem os protocolos indicados, no entanto essa preferência pode provocar consequências consideráveis que vão desde a escolha e execução da fundação, até o resultado final.

Segundo a ABNT NBR 15575-1_2013 todos os projetos relacionados com a construção arquitetônicas, estruturais, de fundação ou contenção, além de serem compatíveis precisam ser elaborados com base nas características do local de implantação. O solo e a topografia precisam ser estudados e todos os riscos calculados, as soluções viáveis precisam ser previstas e planejadas, pois a escolha do tipo de fundação além de ser determinada levando-se em conta a estrutura que será montada, depende também do solo. Quando torna-se necessária a compatibilização do terreno com os projetos, este tem seu perfil modificado através de corte ou aterro.

O canteiro de obras é planejado para atender as necessidades do sistema construtivo como um todo. Nele podem ser determinados locais para armazenamento de ferramentas e materiais que serão utilizados, bem como, salas técnicas, salas de reunião, alojamentos, refeitório e banheiros para banho e uso comum. Deve ser mantido limpo e organizado. Baias para areia, brita e entulho precisam ser planejadas para fins de estocagem e organização.

A locação da obra é realizada por meio da execução de gabaritos ao redor da futura edificação ou através da aplicação de técnicas topográficas. A Figura 1 mostra a montagem de um gabarito de madeira ao redor da área onde será locada a edificação. Em seguida são transferidas as posições dos elementos de fundação da planta de locação para o terreno.

Figura 1 – Estrutura do gabarito



Fonte: Autoria própria.

Na base da fundação após a abertura e compactação da vala, é recomendada a execução de lastro de concreto magro afim de evitar o contato direto das amaduras com o solo, uniformizar e limpar o piso antes da concretagem. Em seguida é executado o lastro onde são montadas as formas e armação das peças estruturais para a concretagem, conforme indicado na Figura 2. Quando necessário é realizado o reaterro das valas.

Figura 2 – Montagem de forma e armação de sapata.



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 3 é mostrada o vigamento baldrame concretado. Sua função é amarrar as fundações e distribuir melhor as cargas. Serve também como demarcação da alvenaria. Nas obras de pequeno porte esse concreto é feito, geralmente, *in loco*, e, segundo a ABNT NBR 6122_2019 o procedimento precisa atender as especificações da ABNT NBR 12655 - que trata do preparo, controle, recebimento e aceitação do concreto de cimento Portland - e da ABNT NBR 7212 quando se tratar de concreto usinado.

Figura 3 – Viga baldrame.



Fonte: Autoria própria.

Após a concretagem, a estrutura é impermeabilizada (Figura 4). A impermeabilização é feita para proteger a alvenaria da influência da umidade vinda do solo. São muitas as consequências dessa umidade, como o surgimento de manifestações patológicas relativas à existência de umidade. Hoje em dia, são identificadas tais manifestações em muitas edificações residenciais de pequeno porte - tanto as consideradas antigas como, também, as mais atuais - devido à falta de uma impermeabilização do vigamento baldrame. É possível que, o custo dos materiais de impermeabilização aliado à negligência por parte dos responsáveis técnicos, tenham considerável influência nesses casos. Existem diversas técnicas utilizadas sendo mais comuns as que utilizam materiais betuminosos.

Figura 4 – Impermeabilização de vigas baldrame (tinta preta).



Fonte: Autoria própria.

A marcação da primeira fiada é feita para direcionar o levante das paredes, conforme a Figura 5, e nela são definidos os vãos das portas. O elemento de ligação dos blocos é uma argamassa de cimento Portland inserida tanto nas juntas verticais quanto horizontais, entre um bloco e outro. Essas juntas tem a função tanto de ligação quanto de amarração dos blocos. Diversas técnicas podem ser utilizadas para garantir o alinhamento, nivelamento e prumo. Caso contrário, haverá desperdício de materiais com retrabalho e/ou excesso de espessura das camadas de revestimento para "esconder" as imperfeições. Alvenarias desalinhadas, com fiadas desniveladas e fora

de prumo são consideradas erros grotescos da construção de edificações. Na altura do peitoril são definidos os vãos das janelas. As juntas são feitas preferencialmente desencontradas, como mostra a Figura 6, para que as paredes tenham estabilidade. A alvenaria precisa ser resistente e durável.

Figura 5 – Marcação de alvenaria.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6 – Levante de alvenaria com juntas desencontradas e localização de portas e janelas.



Fonte: Acervo pessoal do encarregado da obra.

Sobre vãos de portas e janelas devem ser executadas vergas e sob os vãos de janelas, contra vergas, com a finalidade de otimizar a distribuição das cargas

evitando aparecimento de fissuras. A falta de controle técnico na execução desses elementos pode provocar trincas e fissuras futuras. As vigas denominadas vergas e contra vergas devem exceder, no mínimo, 20 cm do vão em cada lado, bem como, ter pelo menos 10 cm de altura para que esteja de acordo com a NBR 8545. Na Figura 7 é mostrada uma verga executada com o devido transpasse. Como dito anteriormente, a inexistência desse transpasse pode acarretar trincas e fissuras futuras conforme mostrado na Figura 8.

Figura 7 – Verga e contra verga.



Fonte: Autoria própria.

Figura 8 – Fissuras ocorridas pela falta de verga.



Fonte: Autoria própria.

Uma prática comum, no entanto incorreta, na concretagem de pilares é eles serem armados, enformados e concretados até a altura da alvenaria quando o levante está na metade do pé direito, conforme a Figura 9. Quando o restante das fiadas de blocos é finalizada, é então concretado, a outra metade do pilar. Profissionais da área asseguram que é executado dessa forma para promover ligação entre o elemento estrutural e a alvenaria, já que os blocos funcionam como fôrma de um lado e de outro do pilar. No entanto, essa prática não é recomendada por muitos autores e técnicos da construção por considerarem que emendas em pilares. Outro problema é que aumenta a probabilidade de desaprumo (possibilidade de ocorrer flexão composta não prevista no cálculo estrutural). O recomendado é montar e concretar todo o pilar, para evitar juntas frias, e, utilizar elementos de ligação entre o elemento e a alvenaria para promover a amarração.

Figura 9 – Evolução do levante da alvenaria juntamente com a armação dos pilares.



Fonte: Autoria própria.

Quando a edificação é projetada para suportar algum pavimento, após a execução da estrutura do pavimento anterior são montadas as fôrmas e armação para execução das vigas do pavimento seguinte conforme mostrado na Figura 9. É possível perceber que foi utilizada a própria alvenaria como fôrma de fundo para as vigas. Tal prática deve ser evitada por transferir parte da carga às alvenarias de vedação que, conforme definição, não são preparadas para suportar carregamentos. Apesar de ser

comum, essa prática pode acarretar o surgimento de fissuras nas alvenarias. Conforme recomenda a ampla bibliografia, deve-se primeiro executar a viga e, posteriormente, o fechamento com a alvenaria de blocos aguardando o tempo necessário para que ocorram as deformações imediatas do vigamento. Para não prejudicar o cronograma físico, é aconselhável fazer o levante - após a retirada do escoramento das vigas - deixando um espaço vazio entre 10 a 15 cm do fundo da viga. Esse espaço permite a deformação imediata da viga e será fechado posteriormente com argamassa e blocos por meio de uma técnica largamente conhecida como "aperto" da alvenaria.

Seguindo as definições de projeto, a ABNT NBR 6118_2014 indica a elaboração de projetos de fôrma e escoramento que são essenciais para garantir a qualidade final desse elemento estrutural. A referida norma também define que o limite mínimo para espessura de lajes de piso maciça, que não possuem balanço, é 8 cm. Quando não ocorre um controle efetivo das larguras dos elementos estruturais, estes podem ficar subdimensionados, podendo acarretar deformações nos elementos, fissuras, trincas e flechas.

Observando a Figura 10, percebe-se que o bloco de alvenaria é utilizado como fôrma do pilar (e do fundo das vigas), ou seja, duas tábuas são apoiadas diretamente na alvenaria, de um lado e do outro. Dessa forma, a largura do pilar será a largura do bloco. Em muitas situações são utilizados blocos com largura de 12 ou 9 cm. Então, quando do uso desse tipo de bloco, juntamente com a prática de "fazer o bloco de fôrma" obtêm-se dimensões dos pilares e vigas abaixo dos limites da norma. Essa prática pode contribuir para o mau desempenho da estrutura ocasionando, por exemplo, flecha acima do limite. Ainda na mesma figura pode-se observar a ausência de espaçadores que são os responsáveis por garantir o cobrimento do elemento estrutural. Tal cobrimento é definido no cálculo estrutural e influencia diretamente na durabilidade da estrutura e, conseqüentemente, na vida útil da mesma. A ausência desses espaçadores permite que a armação eventualmente encoste na fôrma evitando que o concreto "abraçe" o aço, ou seja, que a armadura fique completamente

envolta pelo concreto. Nessas circunstâncias a armadura fica com o cobrimento abaixo do recomendado por norma ou mesmo exposta e sujeita a corrosão precoce.

Figura 10 – Estrutura para execução das vigas.



Fonte: Acervo pessoal do encarregado da obra.

Para execução da laje, peças pré-fabricadas são empregadas. Entre elas são inseridos elementos intermediários conhecidos como elementos de enchimento, que podem ser de vários materiais, entre eles o EPS como mostra a Figura 11. Quando solicitado, é adicionada, também, armadura. Elas auxiliam no combate aos esforços de tração, ajudam a diminuir a ocorrência de fissuras e podem trabalhar como um elemento de ligação da laje juntamente com o concreto.

Figura 11 – Estrutura para execução da laje.



Fonte: Acervo pessoal do encarregado da obra.

A concretagem dos elementos estruturais é uma etapa fundamental para a execução da estrutura. Tais serviços passam por 5 etapas de execução: mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura. Para todas, existem práticas recomendadas pela bibliografia específica que muitas vezes não são realizadas em canteiros de obras de edificações residenciais. Essa observação é sustentada pela grande ocorrência de falhas de concretagem e baixa durabilidade dessas estruturas. As propriedades do concreto exigidas em projeto estrutural raramente são verificadas. Bicheiras ou bexigas em vigas e pilares, bem como, armaduras expostas são comumente observadas após a retiradas das fôrmas e os reparos necessários, geralmente, são realizados sem atender às recomendações das boas práticas da engenharia. Percebe-se, corriqueiramente, a prática de "esconder" esses defeitos com o simples preenchimento dessas falhas utilizando argamassa produzida no próprio canteiro.

Posteriormente, se definido em projeto, é montada a estrutura e o telhado. O forro também é definido em projeto e deve ser definido levando-se em consideração algumas características como: acústica ou estética, ou se levando em conta modelos disponíveis no mercado.

Com o esqueleto da casa pronto outros serviços podem ser realizados. É recomendado que os eletrodutos para execução das instalações elétricas sejam

inseridos a medida que ocorre o levante, pois quando isso não acontece é necessário o corte da alvenaria conforme indica a Figura 12. Esse corte pode ocorrer tanto antes quanto depois de executado o revestimento da alvenaria promovendo desperdício de material e retrabalho para a cobertura dos rasgos. Essa prática demonstra a falta de planejamento por parte dos responsáveis pela construção.

Figura 12 – Corte da alvenaria para instalações elétricas.



Fonte: Autoria própria.

A falta de planejamento em uma construção pode levar a uma prática muito comum, porém, perigosa, de corte de elementos estruturais, como mostrado na Figura 13. É importante ressaltar que tal prática acarreta prejuízos significativos, tanto de ordem da capacidade resistente desses elementos, quanto de durabilidade dos mesmos. É possível perceber que a seção resistente do pilar mostrado na Figura 13 foi diminuída por meio de corte para a passagem de dutos das instalações elétricas. Tal prática deve ser evitada, pois, a passagem de dutos através de pilares deve ser prevista no projeto estrutural e executada antes da concretagem.

Figura 13 – Quebra de peça estrutural para instalações elétricas.



Fonte: Autoria própria.

Cortes nas alvenarias são inevitáveis pois as tubulações são embutidas. No entanto, o correto é executar o embutimento dos dutos antes do revestimento da alvenaria, diferente do apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Corte da alvenaria para embutimento das instalações hidráulicas.



Fonte: Autoria própria.

Os cortes para passagem de dutos também são realizados no piso como mostrado na Figura 15. A execução do piso portanto, deve ser posterior à instalação das tubulações.

Figura 15 – Corte do piso para instalações hidráulicas.



Fonte: Autoria própria.

Após o levante da alvenaria, as paredes são revestidas com chapisco, emboço e reboco. O chapisco é utilizado para aumentar a rugosidade da superfície e, conseqüentemente, aumentar a aderência entre o emboço e o substrato. Para a execução do chapisco utiliza-se um traço forte - geralmente 1:3 (cimento:areia) em massa - feito com areia grossa, com consistência fluida a fim de permitir maior espalhamento ao ser arremessada contra a superfície. É recomendado aguardar pelo menos três dias para iniciar a execução do emboço, no entanto, relatos de profissionais afirmam que "é costume iniciar o emboço logo após a aplicação do chapisco".

O emboço é utilizado para regularizar a superfície e proteger das intempéries, conforme mostrado nas Figuras 16 e 17. Para a execução do emboço, a recomendação é que sejam assentadas mestras de madeira ou plástico à distâncias fixas mantendo a regularização por meio de alinhamento e prumo. Em seguida, a

argamassa do emboço é aplicada e sarrafeada com régua de alumínio apoiando-se nas mestras, garantindo assim um nivelamento do revestimento. No entanto, a falta de rigor na aplicação dessa técnica promove falhas na uniformidade da espessura e prejudica a perfeita planicidade da superfície.

Na figura 16 é possível também, perceber a falta da verga acima da porta, o que pode provocar fissuras na parede e comprometer a estrutura, a depender do peso acima do térreo.

Figura 16 – Execução do revestimento em argamassa sem o uso de mestras (seta amarela) e ausência de verga (seta verde).



Fonte: Autoria própria.

Figura 17 – Execução do revestimento em argamassa com uso das mestras.



Fonte: Autoria própria.

Existem variadas possibilidades para a escolha do sistema de pintura a utilizar na construção de edificações. Tal escolha depende, principalmente, do padrão de acabamento desejado. Para um padrão de menor exigência - acabamento rústico - pode-se optar pela aplicação de selador no próprio emboço com posterior aplicação de tinta seguindo as recomendações do fabricante. Para um padrão de exigência intermediária, pode-se optar por aplicar a camada de reboco sobre o emboço a fim de melhorar a lisura da superfície e, em seguida, aplicar o selador e a tinta. Para padrão mais exigente, é recomendada a aplicação da massa corrida sobre o emboço - ou, opcionalmente, sobre uma camada de selador aplicada sobre o emboço - seguida da aplicação de camada de tinta salvaguardando as recomendações do fabricante. São frequentes os equívocos observados, tanto na escolha quanto na execução do sistema de pintura. Tais equívocos, em muitas ocasiões, geram desperdício de materiais, por exemplo, quando se opta por aplicar selador sobre a massa corrida, pois, a camada da massa corrida apresenta baixa porosidade superficial dispensando a necessidade de selar os poros.

Em pisos e paredes de áreas molhadas - cozinhas, varandas, banheiros, etc - é recomendado um revestimento que garanta a impermeabilidade necessária. Nesses casos, são comumente utilizados os pisos e revestimentos cerâmicos. Trata-se de placas cerâmicas com variadas classes, tipos e características que definem a indicação de uso do produto. Essas placas de revestimento cerâmico são assentadas sobre um contrapiso regularizado ou sobre o emboço da alvenaria fazendo uso de argamassas industrializadas chamadas de argamassa colante. É frequente a observação de falhas e irregularidade no assentamento de pisos e revestimentos cerâmicos, seja pela baixa qualidade do material utilizado, seja pela má aplicação da técnica de assentamento. Na Figura 18 é possível observar a má aplicação da técnica recomendada, pois, o assentamento das placas cerâmicas foi executado simultaneamente ao contrapiso e emboço.

Figura 18 – Má aplicação da técnica de assentamento de revestimentos cerâmicos.



Fonte: Autoria própria.

As aberturas entre os ambientes da edificação - portas e janelas - são de extrema importância para a utilização da edificação. Tais aberturas permitem a passagem de pessoas, bem como, melhoram o conforto do ambiente por propiciar ventilação e claridade mais adequadas. As esquadrias têm a função de permitir o fechamento dessas aberturas quando necessário e podem ser fabricadas com variados materiais cujos mais comumente utilizados são o vidro, a madeira, o alumínio e o PVC. Em geral, por ser transparente ou translúcido, o vidro é utilizado na quase totalidade das janelas - seja compondo a própria estrutura da esquadria ou como material de fechamento - e, em menor escala, também nas portas. As esquadrias que separam o ambiente interno do ambiente externo em uma edificação, além das funções já citadas, também exercem o importante papel de proteção em relação à incidência de água de chuva. Dessa forma, a estanqueidade de uma esquadria torna-se essencial para o perfeito funcionamento da mesma. Na etapa de visita às obras analisadas foram identificados e relatados problemas relacionados às esquadrias, seja devido à baixa qualidade do material, seja devido a falhas na instalação, como mostrado na Figura 19.

Figura 19 – Esquadrias – porta alinhada indevidamente, o que a impede de ser fechada.



Fonte: Autoria própria.

A NR 6 estabelece que o empregador deve fornecer aos empregados, EPI's adequado aos riscos, sempre que as condições de trabalho não ofereçam completa proteção. A falta de uso dos EPIs é no entanto um problema frequente em obras de pequeno porte. O custo desses equipamentos aliado à precária fiscalização podem ser as prováveis causas para essa prática.

4.2 Sistema construtivo pré-fabricado

O sistema construtivo pré-fabricado surge para atender a uma crescente demanda de agilidade no sistema de construção e maior produtividade, menor margem para erros, pelo grande desperdício de materiais e o baixo controle de qualidade, conforme já citado. Vem sob duas diretrizes: a industrialização e a racionalização da construção. (DEBS, 2000).

Segundo Sirtoli (2015), a denominação que se atribui a essas técnicas é de concreto pré-moldado ou de pré moldagem e as posteriores estruturas que se formam recebem o nome de pré-fabricadas.

As vantagens do modelo se relacionam com a redução no custo de materiais, não havendo utilização de fôrmas e cimbramento, que geram custo no concreto realizado na obra, mas são feitos com concreto e armadura nas indústrias. (SIRTOLI, 2015).

Para Debs (2000), alguns entraves existentes são: o sistema tributário, pois pune o sistema de pré-fabricados; a instabilidade econômica, que dificulta e desestimula os investimentos a longo prazo; o conservadorismo dos sujeitos envolvidos; “o pouco conhecimento de alternativas de concreto pré-moldado; a oferta limitada de equipamentos; e a pouca disponibilidade comercial de dispositivos auxiliares”.

Para tais modelos, é necessária mão de obra qualificada, já que a produção em larga escala também pode levar a um maior impacto caso haja erros. Contudo, o mesmo compensa em redução do uso de materiais, cujo desperdício é considerado muito menor em relação ao outro sistema.

4.2.1 Fast Home

O sistema *Fast Home* apresenta facilidade de logística e na execução, além de diversos benefícios em comparação ao modelo construtivo convencional. O referido método foi pensado para sanar os principais problemas já demonstrados pelos outros modelos. O sistema *Fast Home* possui a seguinte estrutura:

O sistema *Fast Home*, é constituído de estrutura monobloco, ou bloco único, travado entre si composto de sapatas, vigas laje piso, pilares, painéis de fechamentos e vigas laje teto com carga distribuída a cada 1,40 m² (um metro e quarenta centímetros quadrados), ou conforme projeto, todo o bloco em concreto armado, fechamento de painéis de concreto celular deslizante de 2.80 metros de altura por 1.40m de largura dos painéis de fechamento de 0,20 cm de espessura painéis inteiriços, cobertura de laje maciça. (Proposta comercial do Sistema Inovador *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019).

Em seu processo de construção, o custo da mão de obra é reduzido, se comparado ao sistema convencional, e não há o desperdício de materiais, diminuindo o custo final, bem como também o tempo de construção. Acrescido a isso, o encaixe

de módulos, com transição de ferragens eletrosoldadas, torna possível a entrega de construções simples, considerando apenas o pavimento térreo e terrenos nivelados, num prazo de trinta dias.

Além destes, outros benefícios do sistema, são a preservação do meio ambiente, pois é uma construção limpa, permitindo potencializar a eficiência e eficácia.

A principal característica, que o difere dos modelos pré-fabricados é que o sistema se mostra viável tanto para construções em larga escala quanto para construções individuais, projetos exclusivos, ou seja, fora de um padrão. Diferente de outros modelos, o *Fast Home* não estabelece edificações padronizadas e, sim, módulos de elementos estruturais padronizados. Com esses módulos padronizados é possível variar a possibilidade de projetos de edificações.

A confecção de elementos estruturais básicos, nos seus respectivos processos convencionais “*in loco*”, em elementos pré-fabricados, tornando o processo industrializado de fácil execução e que emprega mão de obra especializada, facilitando a execução das edificações, tornando o processo construtivo tecnicamente aplicável, com mão de obra especializada. (Apresentação oral do Sistema Inovador *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019).

Nessa linha de interpretação, o sistema aqui apresentado tem o condão de ser a primeira patente mundial da indústria da construção civil habitacional, com os seus elementos 100% pré-fabricados em concreto, ainda segundo o seu patenteador Antônio Carlos Costa (Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019).

4.2.1.1 Materiais da estrutura principal

Os materiais utilizados na estrutura principal que são as sapatas as vigas-laje, os pilares e os painéis são o concreto celular, o concreto estrutural e o aço.

4.2.1.2 Componentes envolvidos

O sistema construtivo *Fast Home* é composto por quatro elementos estruturais que possuem medidas pré-definidas: A fundação, a base, a elevação e a cobertura de uma residência habitacional. Tais componentes se conjugam e são a base, condição necessária e suficiente, para modelar a estrutura da edificação.

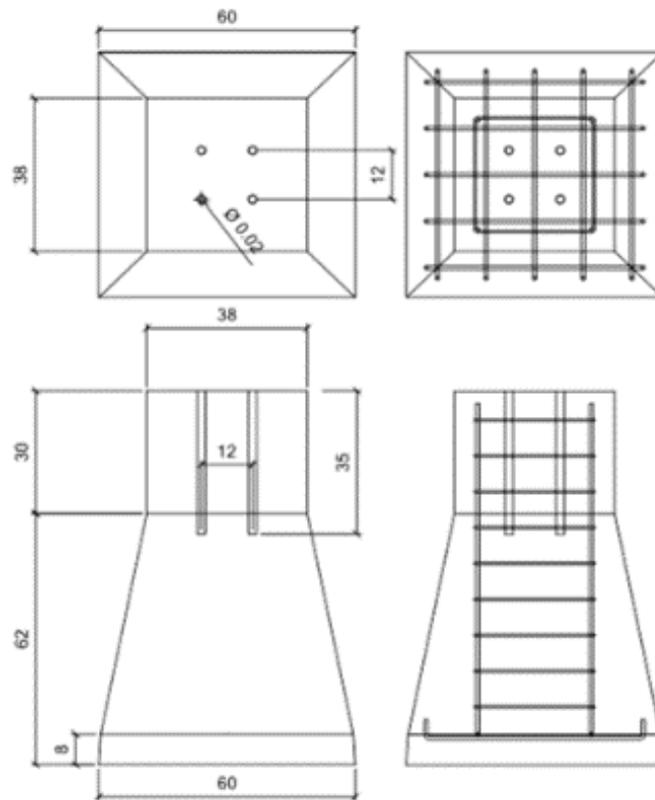
Como elemento da fundação tem-se a sapata, representada nas Figuras 20 e 21. É recomendado um estudo do solo para verificação prévia da viabilidade e da utilização do principal elemento de fundação do sistema. A depender da necessidade podem ser feitos radier ou baldrame, pois a sapata por ser um sistema de fundação rasa, inviabiliza sua utilização em solos que necessitem de uma estruturação profunda. Desse modo, pode ser indicada a utilização de outro sistema que comporte as especificidades daquele solo.

Figura 20 - Formato da sapata



Fonte: Memorial descritivo do Sistema Inovador *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2.

Figura 21 - Detalhamento da sapata



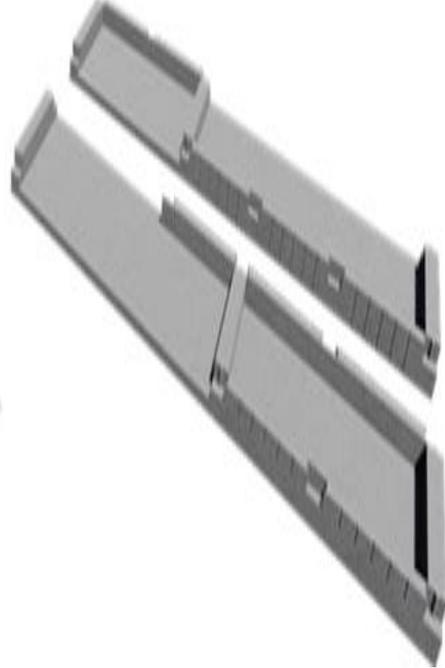
Fonte: Memorial descritivo do Sistema Inovador *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2.

Como elemento da base e da cobertura tem-se a viga-laje, representadas nas Figuras 22, 23, 24 e 25.

Figura 22 - Viga-laje

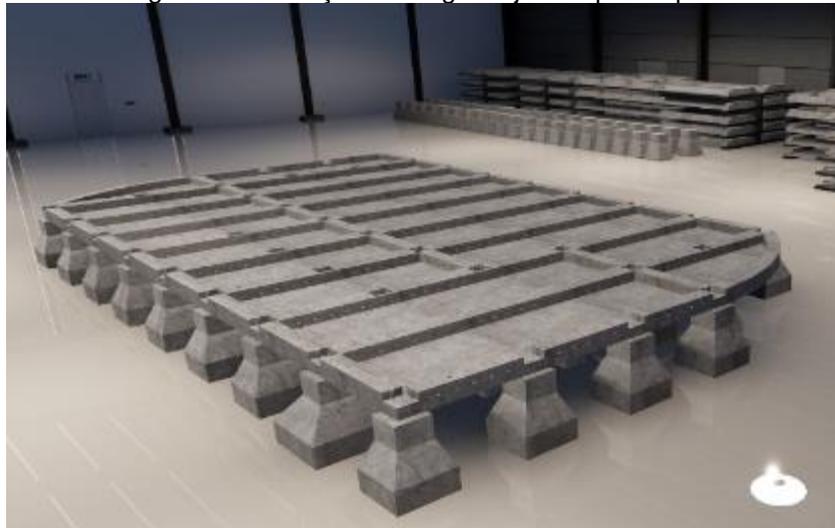


Figura 23 - Viga-laje



Fonte: Memorial descritivo do Sistema Inovador *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2.

Figura 24 - Locação das vigas-lajes enquanto piso



Fonte: Vídeo *Fast Home* Manual IV, Patente Nº BR 20 2016 029160 2.

Figura 25 - Locação das vigas-lajes enquanto teto



Fonte: Vídeo *Fast Home* Manual IV, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Todos são elementos estruturais padronizados, podendo-se variar o formato e modelo da edificação. Como vantagem, tem-se a execução desses elementos de forma industrializada racionando tempo, materiais, mão de obra e desperdícios, bem como, maior liberdade para projetar a edificação.

Como elementos da elevação tem-se os pilares, representados nas Figuras 26 e 27 e os painéis de fechamento, representados nas Figuras 28 e 29. As sapatas, as vigas-lajes e os pilares são fabricados com concreto armado. Já os painéis de fechamento não possuem armadura e são feitos com concreto celular. Os painéis de fechamento por mais que tenha uma modulação podem ser projetados para diferentes dimensões dos ambientes da edificação (contanto que seja múltiplo da dimensão do painel), a depender do projeto estrutural e desejo dos clientes.

Figura 26 - Pilares



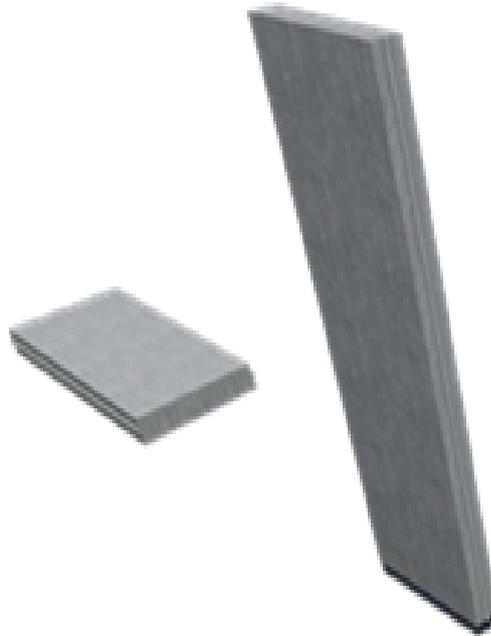
Fonte: Memorial descritivo, Sistema Inovador *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Figura 27 - Locação dos pilares



Fonte: Vídeo *Fast Home* Manual IV, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Figura 28 - Painéis de fechamento



Fonte: Memorial descritivo, Sistema Inovador *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Figura 29 - Locação dos painéis de fechamento



Fonte: Vídeo *Fast Home* Manual IV, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019

4.2.1.3 Sistemática construtiva utilizada

Por mais que o sistema *Fast Home* já possua projetos calculados e validados, pela sua flexibilidade, modelos arquitetônicos pré-definidos podem ser adaptados a ele. Apesar dos painéis de fechamento serem modulares, a possibilidade de obter ambientes com dimensões variadas não é comprometida. A única condição é que os ambientes tenham medidas múltiplas dos painéis de fechamento. Ambientes externos também podem ser atendidos, como piscinas e áreas de lazer, de acordo com o memorial descritivo, do sistema *Fast Home* Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

As dimensões dos ambientes, necessariamente, precisam ser compatibilizadas com as dimensões dos módulos (elementos estruturais e painéis de fechamento) do sistema *Fast Home*. Outros projetos também são necessários para viabilizar a implantação do sistema, por exemplo, projetos complementares (projeto de instalações elétricas, projeto de instalações hidrossanitárias, projeto de rede lógica e telefonia, etc). Conforme consta no memorial descritivo, projetos específicos ainda podem ser inclusos, por exemplo, sistemas de combate a incêndios, projeto de paisagismo, projeto de climatização, projeto de captação de energia solar e projeto de captação e reuso de água pluvial.

Nas figuras 30 a 33 são mostradas as fôrmas padronizadas para os elementos estruturais e painéis de fechamento. Vale ressaltar novamente que a padronização se refere aos elementos estruturais e de fechamento que compõem o sistema e não a modelos de edificações. Como dito anteriormente, é esse o diferencial do sistema *Fast Home*, visto que, possibilita maior liberdade de projeto, bem como, torna-se viável não somente para conjuntos de edificações padronizadas, mas também, para edificações individuais.

Figura 30 - Fôrmas das sapatas



Fonte: Apresentação oral do Sistema Inovador *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Figura 31 - Fôrma de um painel de fechamento.



Fonte: Acervo pessoal Antônio, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Figura 32 - Fôrma das vigas-lajes



Fonte: Apresentação oral do Sistema Inovador *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Figura 33 - Fôrma dos pilares



Fonte: Apresentação oral, Sistema Inovador *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

A Figura 34 mostra a execução da armação de um painel de viga-laje com emendas por soldagem. É importante ressaltar que a concretagem dos elementos estruturais e painéis de fechamento é totalmente realizada em ambiente industrializado onde é possível controlar, garantir e atender os critérios de qualidade da armação, das propriedades do concreto estrutural e da própria concretagem das peças. Essa é uma vantagem imprescindível quando se trata da busca pela racionalização do sistema construtivo. Como dito, a industrialização permite uma série de benefícios, por exemplo: controle por etapas, equipes bem treinadas, otimização de tempo e materiais, redução do desperdício, melhor qualidade e produto final com melhor custo-benefício.

Figura 34 - Soldagem da ferragem da viga-laje



Fonte: Acervo pessoal Antônio, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

As sapatas e as vigas-lajes que possuem função de piso são feitas com aditivo cristalizante para impermeabilização. Após a cura os elementos são desformados conforme mostrado na Figura 35.

Figura 35 - Sapatas concretadas

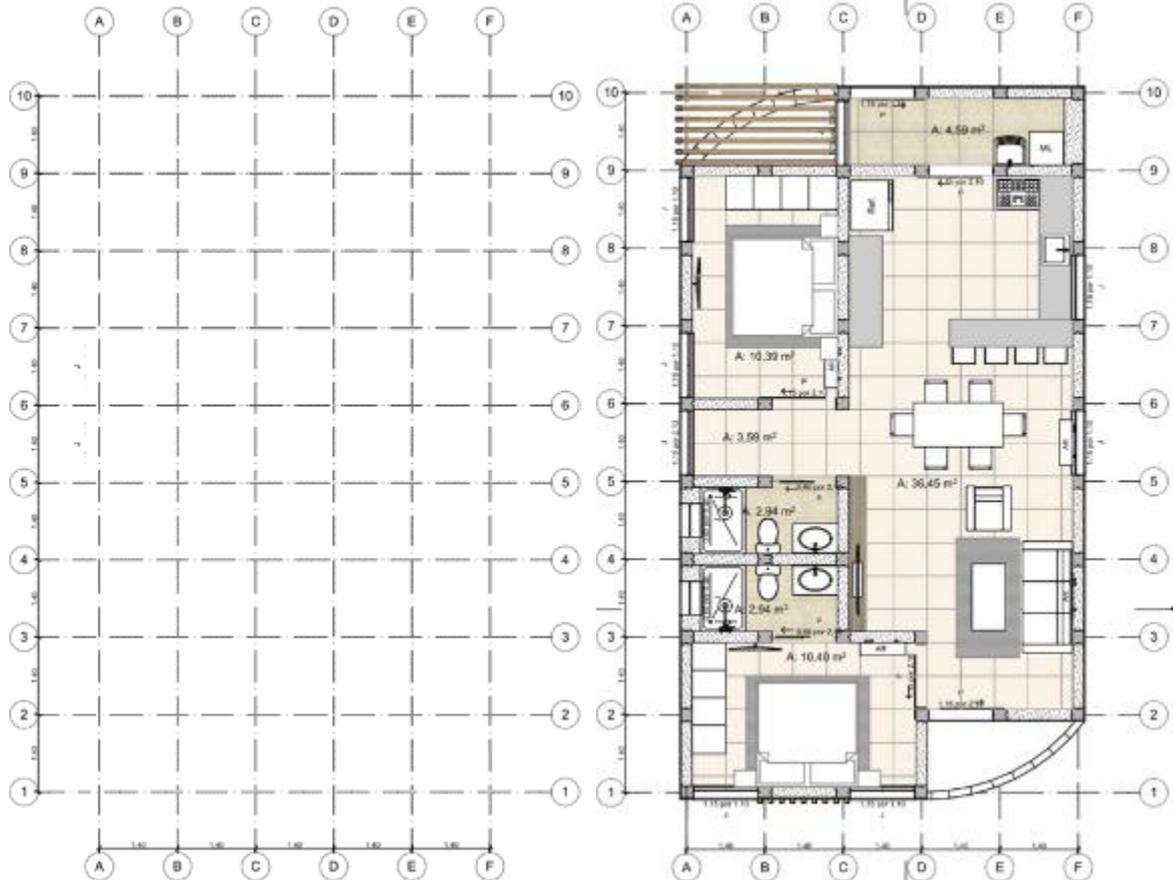


Fonte: Apresentação oral do Sistema Inovador *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Após a desforma, as peças são levadas com maquinário e veículo específico até o local que serão montadas para formulação do módulo. O terreno em que será erguida a construção, precisa estar desobstruído e limpo para que possam ser realizadas as instalações de apoio e montagem da estrutura para recebimento dos elementos.

Para locação das peças é utilizado um gabarito metálico padronizado onde linhas auxiliares são fixadas. São nomeadas num mesmo sentido com letras latinas (A, B, C etc) e no sentido perpendicular com algarismos arábicos (1, 2, 3, etc), como mostrado nas Figuras 36, 37 e 38. A interseção das linhas coincide com o centro de gravidade dos elementos da fundação, e, portanto, é imprescindível um cuidado especial com essa etapa para que não sejam alocados incorretamente.

Figura 36 - Gabarito e linhas auxiliares Figura 37 - Linhas auxiliares passando pelo projeto



Fonte: Memorial descritivo, Sistema Inovador *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Figura 38 - Furos das sapatas



Fonte: Visita técnica.

Posterior a locação, um maquinário específico realiza a escavação dos pontos que as sapatas serão inseridas, como mostrado na Figura 39. As sapatas são içadas, posicionadas e instaladas na sua destinação final, como visto na Figura 40.

Figura 39 - Furos das sapatas



Fonte: Visita técnica.

Figura 40 - Locação das sapatas.

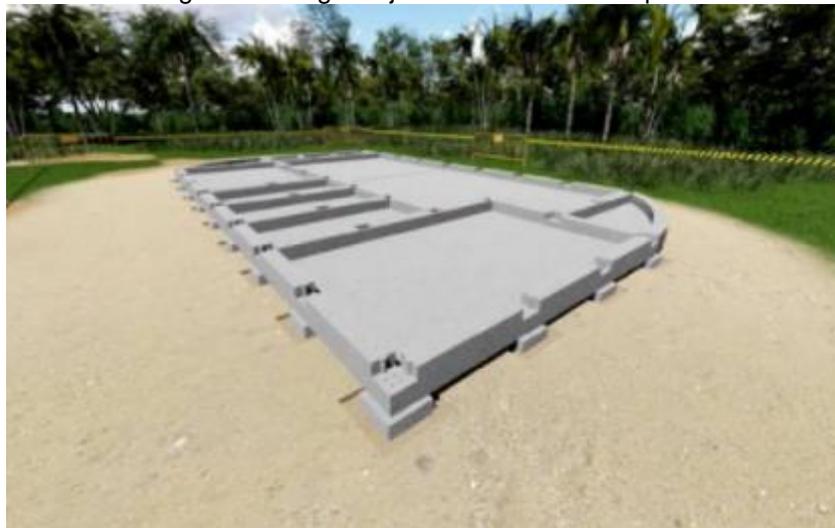


Fonte: Vídeo Sistema *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Após o posicionamento das papatas, os vazios são preenchidos e são posicionadas acima delas os módulos das vigas-lajes, que, nessa etapa funciona como piso da edificação, como mostra a Figura 41. Esses mesmos painéis viga-laje

também são utilizados como laje de cobertura. É fabricado mais de um tipo de painel, a depender de onde serão inseridos, o painel utilizado no banheiro é diferente, daqueles utilizados em outros ambientes, pois tem uma maior espessura para passagem das instalações hidráulicas. Além de funcionar como laje-piso ou de cobertura, as vigas-laje funcionam também como elemento de travamento das estruturas.

Figura 41 - Vigas-laje funcionando como piso



Fonte: Vídeo Sistema *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Após as vigas-lajes serem posicionadas, os pilares são encaixados, como mostra as Figuras 42 e 43. Sua fixação se dá por aplicação de Graute, onde o aço transpassa a viga-laje e encaixa no furo de espera da sapata. O graute é aplicado por injeção nos furos de espera de um elemento, bem como, na armação de espera do outro. Segundo o memorial descritivo isso possibilita ao sistema *Fast Home* ter um mecanismo de transição semi-rígido em seu sistema de transição de cargas, permitindo a rearticulação das peças, mesmo estando fixas.

Figura 42 - Encaixe dos pilares



Figura 43 - Encaixe dos pilares



Fonte: Vídeo Sistema *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Em seguida os painéis de fechamento são instalados, como mostrado na Figura 44. É importante a identificação e numeração de cada painel para facilitar a montagem. Estes são encaixados de modo que os mesmos promovam uma superfície livre de saliências, quinas, arestas e ressaltos, promovendo maior facilidade na aplicação do sistema de pintura. Sua função é proteger das intempéries e separar os ambientes internos.

Figura 44 - Painéis de fechamento



Fonte: Vídeo Sistema *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Depois que são inseridos os painéis, a estrutura é coberta pelas vigas-lajes que nessa etapa funcionam como laje de teto, como mostra a Figura 45. Seus painéis possuem o mesmo formato e dimensões das que são utilizadas como laje de piso.

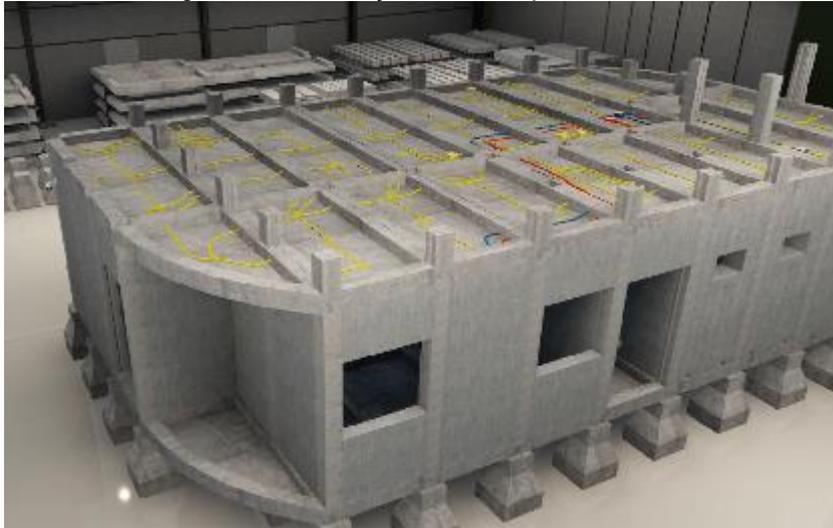
Figura 45 - Vigas-laje funcionando como cobertura



Fonte: Vídeo Sistema *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Com a estrutura pronta e devidamente posicionada, os demais serviços podem ser executados. Os módulos, tanto de vigas-lajes quanto de painéis de fechamento, são pensados e fabricados para possibilitar, sem a necessidade de quebra de qualquer painel que tenham ou não função estrutural, a passagem das instalações, conforme visto nas Figuras 46, 47, 48 e 49.

Figura 46 - Instalações elétrica posicionadas



Fonte: Vídeo *Fast Home* Manual IV, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Figura 47 - Instalações elétricas e hidráulicas



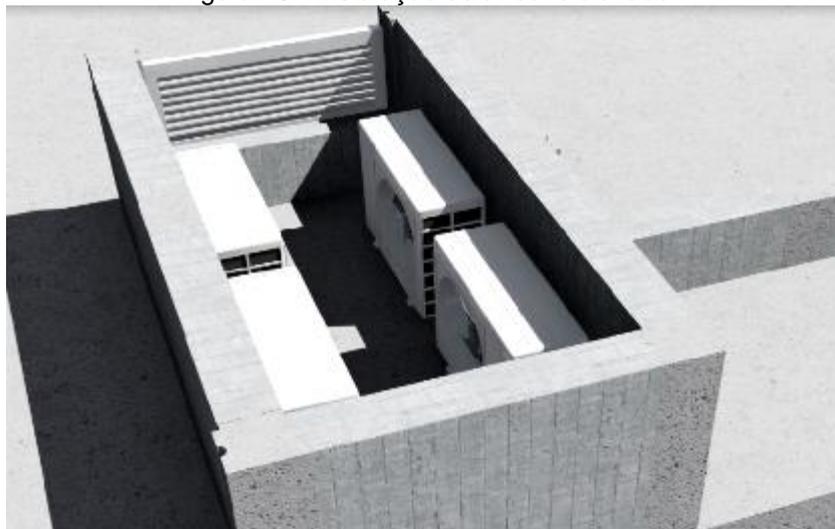
Fonte: Vídeo *Fast Home* Manual IV, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Figura 48 - Instalações elétricas e hidráulicas



Fonte: Vídeo *Fast Home* Manual IV, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

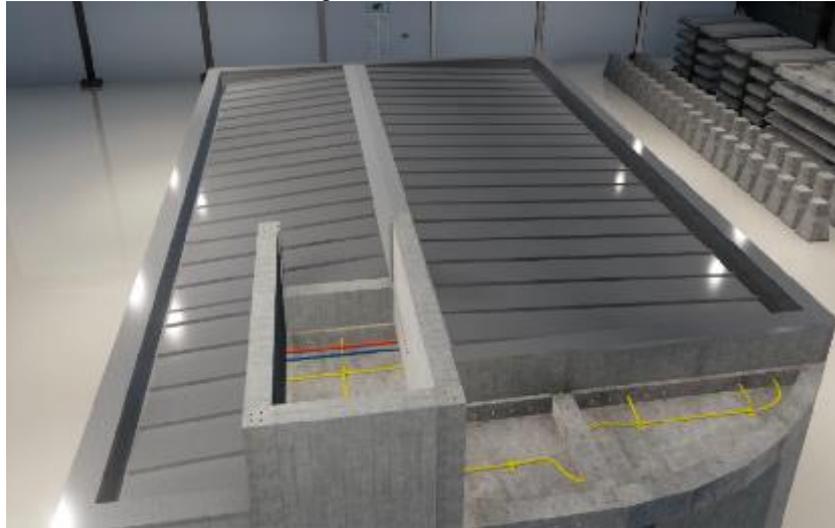
Figura 49 - Instalação de ar condicionado



Fonte: Vídeo *Fast Home* Manual IV, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

A estrutura também é montada pensando na cobertura, onde platibandas permitem ao telhado ser do tipo embutido, como mostra a Figura 50. As telhas são devidamente fixadas para que não haja possibilidade de que se soltem e a cobertura é envelopada, como recomendação do sistema, o que impede que vazamentos ocorram.

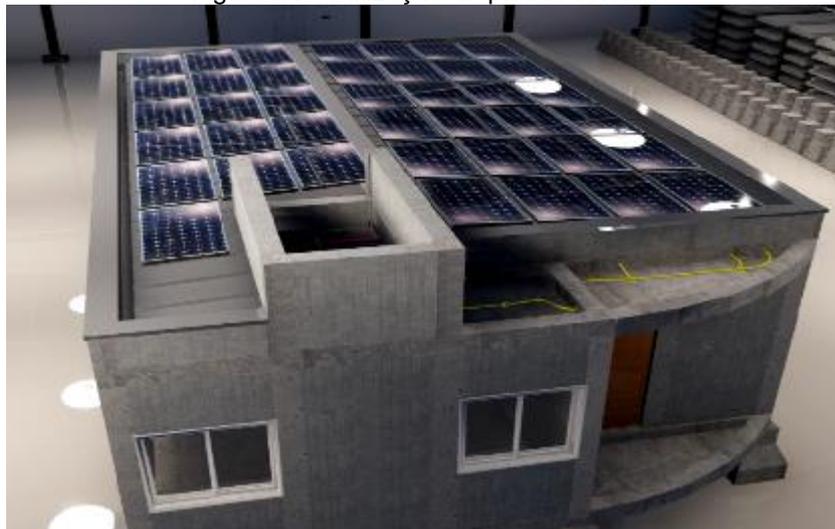
Figura 50 - Cobertura



Fonte: Vídeo *Fast Home* Manual IV, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

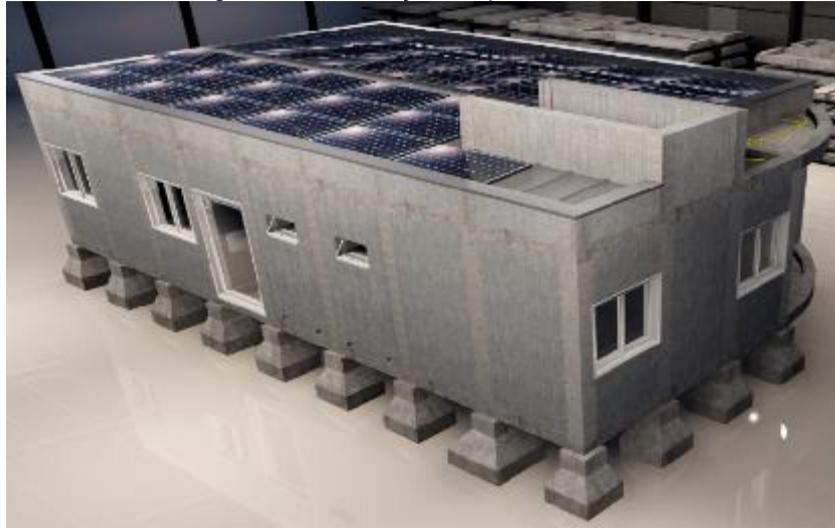
Além das instalações comuns, o sistema construtivo *Fast Home* pode conter sistemas voltados para sustentabilidade, como instalações específicas para aproveitamento da água da chuva e utilização de placas solares, como visto nas Figuras 51 e 52.

Figura 51 - Utilização de placas solares



Fonte: Vídeo *Fast Home* Manual IV, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Figura 52 - Utilização de placas solares



Fonte: Vídeo *Fast Home Manual IV*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

O revestimento dos ambientes se dá por sistema de pintura aplicado diretamente na superfície dos painéis dispensando o chapisco, emboço e reboco. Quando necessário, a aplicação de revestimento cerâmico também é realizada diretamente na superfície dos painéis de fechamento com o uso de argamassa colante. A pintura dos ambientes internos, paredes e teto ocorre com a utilização de tinta PVA. Já nos ambientes externos é utilizado tinta acrílica. Em ambos os casos é feito um tratamento das juntas com tinta adesiva e massa acrílica.

Anterior ao assentamento das peças de porcelanato no piso, é feito o preenchimento da base com concreto celular e realizado o contrapiso. Após sua cura, o porcelanato é assentado, utilizando-se a técnica de dupla colagem, onde além da argamassa colante ser aplicada no piso, é também aplicado no verso do porcelanato.

As portas e janelas serão de vidros com 10 mm de espessura, e fabricadas conforme modelo definido no registro de PATENTE BR 20 2016 029160 2, seguindo a geometria da estrutura pré-fabricada. Após o término da unidade habitacional, esta é verificada, avaliada e limpa. As instalações de apoio são retiradas e a entrega pode ser realizada. A Figura 53 mostra um modelo de fachada de uma edificação finalizada.

Figura 53 - Modelo de fachada



Fonte: Vídeo Sistema *Fast Home*, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

5. COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS

Ambos os sistemas apresentam vantagens e desvantagens, alternando entre maior flexibilidade e maior eficiência. Contudo, a maior utilização do sistema convencional em face dos sistemas de pré-fabricados não implica em sua melhor ficha técnica, mas no desconhecimento e descrédito quanto aos outros sistemas e às possibilidades de aplicação.

Por conta disso, será realizada uma análise comparativa entre as principais características de ambos os modelos.

5.1 Comparativo de valor

A variável preço, costuma ser um fator importante na escolha do método construtivo, quando este é avaliado, como trazido por autores com Sirtoli (2015) e Scopel (2018). No entanto, a popularidade do sistema convencional faz com que esta variável não entre em questionamento na maioria das vezes.

Por conta disso, foi realizado um comparativo mostrando quatro possibilidades de orçamento para a mesma casa de 89,53m², na região Sul da Bahia, considerando que os materiais escolhidos para os orçamentos seguem um mesmo padrão de qualidade, com materiais e funções similares. O primeiro realizado para alvenaria convencional; os outros três, realizado com base no sistema *Fast Home*, diferenciando-se apenas marcas e modelos de itens de acabamento, louças e pintura.

Na Tabela 2 tem-se o orçamento feito em 2019 considerando o sistema convencional, o valor da mão de obra foi embutido nos serviços. O valor final foi de R\$ 168.406,10.

Tabela 2 - Preço de uma casa de alvenaria convencional

ITEM	Descrição dos serviços	VALOR (R\$)	%
1	Serviços preliminares	R\$ 7.827,77	4,65%
2	Sapatas	R\$ 3.231,47	1,92%
3	Vigas baldrames	R\$ 8.391,07	4,98%
4	Pilares	R\$ 6.576,41	3,91%
5	Vigas superiores	R\$ 13.028,62	7,74%
6	Laje	R\$ 7.407,17	4,40%
7	Sistema de vedação vertical (paredes)	R\$ 15.236,45	9,05%
8	Sistema de cobertura	R\$ 9.294,58	5,52%
9	Sistemas de pisos internos e externos (pavimentação)	R\$ 12.228,52	7,26%
10	Esquadrias	R\$ 11.703,39	6,95%
11	Revestimentos	R\$ 19.316,54	11,47%
12	Pintura	R\$ 19.294,75	11,46%
13	Granitos, louças e metais	R\$ 3.425,32	2,03%
14	Instalações elétricas em 220v	R\$ 12.714,18	7,55%
15	Rede lógica / câmeras e complementares	R\$ 934,58	0,55%
16	Instalações sanitárias	R\$ 5.922,97	3,52%
17	Serviços complementares	R\$ 7.062,96	4,19%
18	Impermeabilização	R\$ 3.177,78	1,89%
19	Sistema de climatização	R\$ 1.631,56	0,97%
	Total	R\$ 168.406,10	100%

Fonte: Acervo Antônio Carlos, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Em relação ao sistema *Fast Home*, os modelos A, B e C apresentaram custos orçados em R\$116.743,03, R\$114.367,15 e R\$113.500,97 respectivamente. Esses valores estão apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3 - Orçamento do Modelo A

ITEM	DESCRIÇÃO SERVIÇOS	DOS	VALOR (R\$)	%
1	Acabamento		R\$ 9.213,74	7,89%
2	Aço		R\$ 17.670,24	15,14%
3	Alimentação		R\$ 1.764,00	1,51%
4	Combustível		R\$ 420,00	0,36%
5	Comunicação		R\$ 150,00	0,13%
6	Concreto		R\$ 20.097,27	17,21%
7	Elétrica		R\$ 10.003,71	8,57%
8	EPI		R\$ 1.890,40	1,62%
9	Esquadria		R\$ 9.072,08	7,77%
10	Ferramenta		R\$ 400,00	0,34%
11	Hidráulica		R\$ 1.073,61	0,92%
12	Hora máquina		R\$ 4.880,00	4,18%
13	Hospedagem		R\$ 2.520,00	2,16%
14	Insumos		R\$ 325,00	0,28%
15	Louças		R\$ 3.552,09	3,04%
16	Mão de obra		R\$ 14.000,00	11,99%
17	Pintura		R\$ 1.535,74	1,32%
18	Sanitário		R\$ 2.056,10	1,76%
19	Telhado		R\$ 10.919,05	9,35%
20	Transporte		R\$ 300,00	0,26%
21	Vigilância		R\$ 4.900,00	4,20%
TOTAL			R\$ 116.743,03	100%

Fonte: Acervo Antônio Carlos, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Tabela 4 - Orçamento do Modelo B

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	VALOR (R\$)	%
1	Acabamento	R\$ 7.349,16	6,30%
2	Aço	R\$ 17.670,24	15,14%
3	Alimentação	R\$ 1.764,00	1,51%
4	Combustível	R\$ 420,00	0,36%
5	Comunicação	R\$ 150,00	0,13%
6	Concreto	R\$ 20.097,27	17,21%
7	Elétrica	R\$ 10.003,71	8,57%
8	EPI	R\$ 1.890,40	1,62%
9	Esquadria	R\$ 9.072,08	7,77%
10	Ferramenta	R\$ 400,00	0,34%
11	Hidráulica	R\$ 1.045,51	0,90%
12	Hora máquina	R\$ 4.880,00	4,18%
13	Hospedagem	R\$ 2.520,00	2,16%
14	Insumos	R\$ 325,00	0,28%
15	Louças	R\$ 3.208,88	2,75%
16	Mão de obra	R\$ 14.000,00	11,99%
17	Pintura	R\$ 1.395,74	1,20%
18	Sanitário	R\$ 2.056,10	1,76%
19	Telhado	R\$ 10.919,05	9,35%
20	Transporte	R\$ 300,00	0,26%
21	Vigilância	R\$ 4.900,00	4,20%
	TOTAL	R\$ 114.367,15	100%

Fonte: Acervo Antônio Carlos, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Tabela 5 – Orçamento do Modelo C

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS		VALOR (R\$)	%
1	Acabamento	R\$	6.985,45	5,98%
2	Aço	R\$	17.670,24	15,14%
3	Alimentação	R\$	1.764,00	1,51%
4	Combustível	R\$	420,00	0,36%
5	Comunicação	R\$	150,00	0,13%
6	Concreto	R\$	20.097,27	17,21%
7	Elétrica	R\$	10.003,71	8,57%
8	EPI	R\$	1.890,40	1,62%
9	Esquadria	R\$	9.072,08	7,77%
10	Ferramenta	R\$	400,00	0,34%
11	Hidráulica	R\$	984,69	0,84%
12	Hora máquina	R\$	4.880,00	4,18%
13	Hospedagem	R\$	2.520,00	2,16%
14	Insumos	R\$	325,00	0,28%
15	Louças	R\$	2.910,83	2,49%
16	Mão de obra	R\$	14.000,00	11,99%
17	Pintura	R\$	1.252,14	1,07%
18	Sanitário	R\$	2.056,10	1,76%
19	Telhado	R\$	10.919,05	9,35%
20	Transporte	R\$	300,00	0,26%
21	Vigilância	R\$	4.900,00	4,20%
	TOTAL	R\$	113.500,97	100%

Fonte: Acervo Antônio Carlos, Patente Nº BR 20 2016 029160 2, 2019.

Nota-se que para o contexto pesquisado, e os valores praticados, o modelo *Fast Home* apresentou custos inferiores ao exigido pelo modelo convencional, pelo que é considerado a opção mais viável.

O Site do IBGE traz uma tabela com valores por metro quadrado por região geográfica com base nas tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, indicado na Tabela 6.

Tabela 6 - Séries de números-índices e variações percentuais de mão-de-obra e material, novembro 2018 - abril 2019

Variável	Período	novembro	dezembro	janeiro	fevereiro	março	abril
	Unidade	2018	2018	2019	2019	2019	2019
Custo médio m² - componente material - moeda corrente	Reais	542,62	546,73	546,08	546,18	548,55	548,69
Custo médio m² - componente mão-de-obra - moeda corrente	Reais	488,06	488,06	488,94	489,08	504,62	504,62
Custo médio m² - componente material - número-índice	Número-índice	438,43	441,76	441,23	441,32	443,22	443,35
Custo médio m² - componente mão-de-obra - número-índice	Número-índice	797,73	797,73	799,16	799,4	824,82	824,82

Fonte: IBGE

A partir dessa tabela tem-se um custo total de materiais e mão de obra na Bahia de R\$ 1.053,31 por metro quadrado construído. Ao multiplicar esse valor do metro quadrado construído pela área construída de 89,53 m² e acrescido o BDI de 22,12% - obtido na Tabela 7 - tem-se o valor orçado de R\$115.162,63.

Esse valor é compatível com os valores orçados para o sistema *Fast Home* sugerindo a viabilidade econômica desse sistema pré-fabricado. O que, quando ponderados custo-benefício, como controle de qualidade do produto final, desperdício de material que é quase zero no sistema industrial, comprometimento com a sustentabilidade e organização da obra e, principalmente, tempo de execução, o sistema *Fast Home* mostrou-se mais viável.

Tabela 7 – BDI - Benefícios e Despesas Indiretas

VALORES DO BDI POR TIPO DE OBRA			
TIPOS DE OBRA	1º QUARTIL	MÉDIO	3º QUARTIL
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS	20,34%	22,12 %	25,00%
CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS E FERROVIAS	19,60%	20,97 %	24,23%
CONSTRUÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, COLETA DE ESGOTO E CONSTRUÇÕES CORRELATAS	20,76%	24,18 %	26,44%
CONSTRUÇÃO E MAANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES E REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	24,00%	25,84 %	27,86%
OBRAS PORTUÁRIAS, MARÍTIMAS E FLUVIAIS	22,80%	27,48 %	30,95%

Fonte: TCU - Tribunal de Contas da União.

No último estudo de Prospecção de negócios realizado pela empresa foi apresentado o custo de construção de casa de alto padrão, Tabela 8. É possível verificar a viabilidade do sistema quando os valores são comparados em relação a área construída.

Tabela 8 – Custo da construção casa alto padrão

CUSTO DA CONSTRUÇÃO CASA ALTO PADRÃO DE 147,06 M ²					Período 01/2021	
FONTE	MATERIAL	MÃO DE OBRA	DESPESAS AD	EQUIPAMENTOS	m ²	
					ROYALTIES	SOMA
*SINDUSCON-BA	R\$ 1.049,78	R\$ 1.134,78	R\$ 101,08	R\$ 0,43	-	R\$ 2.285,40
**FAST HOME	R\$ 1.533,67	R\$ 178,18	R\$ 71,96	R\$ 98,27	R\$ 283,22	R\$ 2.171,37
***FAST HOME	R\$ 1.231,85	R\$ 178,11	R\$ 71,96	R\$ 98,27	R\$ 237,02	R\$ 1.817,21

Fonte: Acervo Antônio Carlos, Relatório de Prospecção de Negócio.

* Casa alto padrão base SINDUSCON – Bahia CUB/M² R\$, Memorial Descritivo SINAP Caixa Econômica Federal.

** Casa alto padrão Inovação Sistema Construtivo M²/R\$, Memorial Descritivo SINAP Caixa Econômica Federal. Diferencial da Inovação Sistema Construtivo: I) infraestrutura Vigas invertidas laje piso impermeabilizada com cristalizador e base para rodapé em concreto estrutural acima do nível da viga invertida piso, evitando qualquer tipo de patologia e superestrutura Vigas invertidas laje teto concreto estrutural 40 MPA, II) Pannel de fechamento concreto celular espessura de 20 cm e 5 MPA, Enchimento dos vazios das vigas invertidas laje piso e vigas invertidas laje teto com concreto celular proporcionando conforto térmico e acústico, III) piso porcelanato 100% executado na construção, IV) sistema de reaproveitamento de água de chuva, V) sistema de dados, voz, camaras e ar condicionado com pontos executados na construção, VI) unidade residencial 100% acabada pronta para morar.

*** Casa alto padrão Sistema Construtivo compra direta 20% de média de desconto. (COSTA 2021).

5.2 Utilização da matéria prima

Por não ser estrutural tem-se um menor rigor na escolha dos blocos, no sistema convencional, muitas vezes são quebrados e utilizados no lugar de meio bloco apesar da existência deste último. Tais quebras provocam perda de material podendo ultrapassar os 5% de perda que normalmente é calculado na consideração do levantamento e compra de materiais. Siqueira (2006) apud Pinho (2009) avaliou que tais perdas podem variar entre 9,3 e 17% ao analisar a região metropolitana do Recife-PE. Perdas também ocorrem durante a concretagem de elementos estruturais.

Descuidos durante a etapa do transporte do caminhão betoneira até o lançamento do concreto contribuem para que tais perdas ultrapassem níveis aceitáveis.

Já os elementos do sistema *Fast Home*, por serem moldadas e concretadas na fábrica, as perdas no que tange aos materiais empregados para sua execução tendem a praticamente zero, pois o aço é fornecido em rolos e cortados em seu tamanho exato, e o excedente de concreto utilizado para concretar uma peça pode ser aproveitado em outra.

5.3 Mão de obra

Nos dois sistemas tratados a mão de obra precisa ser especializada para que o serviço seja feito da melhor maneira possível buscando sempre a excelência do produto final. No entanto, na alvenaria convencional muitas vezes as normas não são seguidas à risca, ou por desconhecimento ou por vícios construtivos, visto que, neste sistema a mão de obra não costuma ser habilitada. No sistema pré-fabricado as atividades são rotineiras e possibilitam melhor treinamento das equipes envolvidas na execução de cada etapa ou elemento fabricado. Equipes treinadas resultam em maior qualidade do serviço executado, maior produtividade e menor desperdício de materiais.

5.4 Controle de qualidade

O controle da qualidade do sistema *Fast Home* é mais rigoroso do que o do sistema construtivo convencional, pois esse é também um dos requisitos para que possa ser considerado pré-fabricado.

A utilização de mão de obra não especializada no sistema convencional faz com que não sejam requeridos controles de qualidade, seja do tipo de aço utilizado para armação, controle tecnológico do concreto, ou até mesmo utilização de materiais não indicados por norma. Isto ocorre em sua maioria, por não terem conhecimento

desses controles e de sua importância para a qualidade do produto final. Já no sistema *Fast Home* esse monitoramento é possível e necessário.

5.5 Sustentabilidade

O sistema construtivo convencional pode ou não ser voltado para sustentabilidade. No entanto, essa opção não costuma ser considerada, pois, projetos específicos precisam ser elaborados, e profissionais qualificadas precisam estar envolvidas nesse aspecto da construção, e como visto anteriormente, o que ocorre é a ausência desses profissionais.

O sistema construtivo *Fast Home* é todo pensado com base na sustentabilidade. O desperdício de materiais é praticamente nulo. A construção é mais limpa e os projetos são pensados para que a água da chuva seja reaproveitada para descarga dos vasos sanitários além da utilização de placas solares.

5.6 Tempo de execução

O tempo da execução da construção em alvenaria convencional depende de fatores como: complexidade dos projetos, quantidade de profissionais envolvidos, atrasos devido a fatores externos como clima da região, e da existência ou não de planejamento.

Já o tempo de execução do sistema *Fast Home* é muito menor como demonstra a Tabela 9. Por ser um sistema pré-fabricado em larga escala permite a modulação e concretagem relativamente simultânea das peças, bem como a sua desforma e liberação para montagem do módulo habitacional, além de que as peças já possuem as aberturas necessárias para passagem das instalações e não há necessidade de emboço e reboco o que agiliza ainda mais o processo produtivo.

Tabela 9 – Tempo de execução

ELEMENTOS	CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL	FAST HOME	FAST HOME EM COMPARAÇÃO AO CONVENCIONAL
SAPATAS	18 DIAS	5 DIAS	27,78%
VIGAS BALDRAMES CONTRAPISO	17 DIAS	4 DIAS	23,53%
PILARES	10 DIAS	3 DIAS	30,00%
VIGAS E LAJES	17 DIAS	1 DIA	5,88%
ALVENARIA REBOCADA	14 DIAS	2 DIAS	14,29%

Fonte: Acervo Antônio Carlos, *Folder Fast Home*.

Convém ressaltar que o percentual informado na Tabela 9 não corresponde à redução de tempo de execução e, sim, ao percentual correspondente à estimativa de tempo de execução no sistema *Fast Home* em relação à estimativa de tempo de execução no sistema convencional. Em outras palavras, tomando como exemplo a execução das sapatas, o tempo de execução do sistema *Fast Home* corresponde a 27,78% do tempo de execução do sistema convencional. Seguindo esse raciocínio, quando calcula-se a redução do tempo de execução o percentual é de 72,22%, ou seja, uma redução de 13 dias na previsão do tempo de execução. Assim, em termos de redução no tempo de execução, os percentuais seriam 72,22; 76,47; 70; 94,12 e 85,71% respectivamente. Considerando somente as informações apresentadas na Tabela 9 e que os serviços sejam executados sequencialmente, pode-se afirmar que em termos de redução de tempo de execução o sistema *Fast Home* permite uma execução em um prazo 80,26% menor, aproximadamente.

5.7 Limpeza e organização do canteiro

Todo canteiro de obra deve permanecer limpo e organizado, no entanto, por suas particularidades, alguns sistemas construtivos promovem maior dificuldade para manter a organização e limpeza. O sistema convencional produz um volume significativamente maior de entulho quando comparado com o sistema *Fast Home*.

No sistema convencional, o frequente descaso com o armazenamento de materiais e a falta de planejamento do canteiro contribuem para um ambiente muitas vezes insalubre e desorganizado como mostrado na Figura 54.

Figura 54 – a, b, c e d – Material em contato com o solo.



Fonte: Autoria própria.

Alguns materiais ficam muito próximos às paredes, como mostra a Figura 55. O descaso com o armazenamento é frequentemente observado em obras no sistema convencional.

Figura 55 a e b – Material em contato com a parede.



Fonte: Autoria própria.

As embalagens ou mesmo os materiais que não serão mais utilizados não costumam ter um lugar específico para descarte, Figuras 56 e 57.

Figura 56 a, b, c e d – Descarte de embalagens.



Fonte: Autoria própria.

Figura 57 a, b, c e d – Descarte de materiais e embalagens.



Fonte: Autoria própria.

O ambiente de fábrica permite uma facilidade maior de manter a limpeza e organização. Por se tratar de atividades rotineiras e locais devidamente definidos para execução dos serviços, o Sistema *Fast Home* propicia melhor organização das tarefas, do espaço físico, do armazenamento de materiais e dos equipamentos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se analisar os sistemas construtivos foi perceptível que o sistema convencional é caracterizado por ser muito conhecido e utilizado, ter disponibilidade de mão de obra, apesar de sua maioria possuir baixa qualificação. Essa pouca qualificação da mão de obra aliada à falta de planejamento das atividades sugerem ser as principais causas da maioria dos problemas observados, bem como, do custo-benefício mais elevado.

O sistema *Fast Home*, como todo sistema pré-fabricado, possibilita uma significativa redução no tempo de execução dos serviços, com a qualificação de seus profissionais, com a sustentabilidade, com a limpeza e organização do canteiro, menor custo, menor perda de material.

Dentre as vantagens observadas no sistema *Fast Home*, a redução no tempo de execução é, possivelmente, a mais impactante para a implantação e disseminação desse sistema construtivo. Apesar dos poucos dados referentes à execução prática disponibilizados, estimativas sugerem uma redução entre 50 e 70% no tempo de execução de acordo com as características do projeto. Outro fator igualmente importante é a viabilidade de custo de execução do sistema. Na comparação em termos de custos o sistema *Fast Home* mostrou-se equiparado ao sistema convencional tanto para uma residência de padrão simples quanto uma residência de padrão alto. Dessa forma, pode-se verificar que o sistema *Fast Home* atende aos principais requisitos para obter boa aceitação no mercado da construção civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1**: Edificações habitacionais — desempenho. parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6118* : Projeto de estruturas de concreto — procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9062** : Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BASTOS, L. de O.; RAMPINELLI, F. G.; TOSTA, J. P. **Vícios construtivos: desconformidades às normas e sua frequência**. Foz do Iguaçu: Cobreap - Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, 2017. 31 p.

BATTAGIN, A. F.; BATTAGIN, I. L. S. **A evolução da normalização e de algumas propriedades dos cimentos Portland brasileiros**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 52, 2010, Fortaleza/CE. Anais [CD Rom]... São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2010.

BRUNA, P. J. V. **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento**. São Paulo: Perspectiva, 1976. 312 p.

COSTA, A. C.; MIRANDA, J. G. V. de. **Sistema modular de concreto armado e concreto celular para Construção Civil**. REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Ministério da Economia Instituto Nacional da Propriedade Industrial. BR 20 2016 029160 2, 05 dez. 2016, 19 mar. 2019.

DAWSON, S. Cast in concrete: A guide to the design of precast concrete and reconstructed stone. The Architectural Cladding Association. Leicester, 2003. 94 p.

EL DEBS, M. K. **Concreto Pré-Moldado. Fundamentos e Aplicações**. 2. ed. São Carlos -SP: Revista e Ampliada, 2000. 452 p.

FERREIRA, A. S. **Estudo comparativo de sistemas construtivos industrializados: paredes de concreto, Steel Frame e Wood frame**. 2014. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM-RS, 2014. Cap. 3.

FERREIRA, T.L., **A inspeção predial periódica de ser obrigatória**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, 10., 1999, Porto Alegre. Anais : Editora, 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

IBBE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI**. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 05 maio 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARTINS, J. G. **Alvenarias: Condições técnicas de execução**.: Materiais de Construção II. Alvenaria: Universidade Fernando Pessoa, 2009.

ORDONÉZ, J. A. F. (1974) **Pre-fabricacion**: teoría y práctica. Barcelona: Editores, Técnicos Asociados. v.1.

OLIVEIRA, D. F. C. **Concreto pré-moldado: processos executivos e análise de mercado**. 2015. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Cap. 5.

PINHO, S. A. C.; LORDSLEEM JÚNIOR, Alberto Casado. **O custo da perda de blocos/tijolos e argamassa da alvenaria de vedação: estudo de caso na construção civil**. Fortaleza - Ceará: XVI Congresso Brasileiro de Custos, 2009.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. 334 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Usp, São Paulo, 1989. Cap. 7.

SALAS, S. J. (1988). **Construção industrializada: pré-fabricação**. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas.

SANTOS, Roberto Eustaáquio dos. **A armação do concreto no brasil: História da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia**. 2008. 338 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Educação, Faculdade

de Educação da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação., Belo Horizonte, 2008. Cap. 4.

SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. de A.; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. In: 1º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 1., 2005, São Carlos - SP. **Evolution of Precast Concrete Systems**. Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados (NET-PRÉ), Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos., 2005. v. 1, p. 1 - 10.

SIRTOLI, A. S. C. **Industrialização da construção civil, sistemas pré-fabricados de concreto e suas aplicações**. 2015. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria - RS, 2015. Cap. 9.

SIQUEIRA, M. S. **Análise da Geração de Resíduos na Execução do Assentamento de Alvenarias em Obras de Construção de Edifícios**. Pernambuco, 2006 – Relatório de Iniciação Científica PIBIC Poli.

SCOPEL, D. M. **Análise de custo: método convencional x método pré-moldado em salão comercial de pequeno porte**. 2018. 16 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas Tecnológicas e Agrárias, Unicesumar - Centro Universitário de Maringá - Pr, 2018. Cap. 4.

SOUZA, L. G. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood frame**. Florianópolis - Sc: Especialize, 26 abr. 2012.

TCU - Tribunal de Contas da União. **ACÓRDÃO Nº 2622/2013 – TCU – Plenário**. 2013. Disponível em: <<http://licitacoes.ufsc.br/files/2014/10/Ac%C3%B3rd%C3%A3o-2622-2013-BDI.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2019.

VAN ACKER, A.; **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. 129 p. FIB – 2002. Tradução: FERREIRA, Marcelo de Araújo (ABCIC/2003).

VASCONCELOS, A. C. (2002). **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo.