

ANÁLISE DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADOS E MOLDADOS *IN LOCO*.

Letícia Pereira de Queiroz¹, Marília Pereira de Oliveira²

¹ Graduanda do Curso Bacharelado em Ciências e Tecnologia, UFRSA, Mossoró - Rio Grande do Norte, Fone (084) 99600-4521. E-mail: queiroz_leticia@hotmail.com

² Doutora em Engenharia Mecânica. Professora Adjunta IV, UFRSA, Mossoró – Rio Grande do Norte, Fone (084) 99991-5798. E-mail: marilia@ufersa.edu.br

Resumo: Este artigo propõe-se a fazer uma análise dos sistemas construtivos pré-fabricados e moldados *in loco*, apresentando seus diferentes processos construtivos, bem como vantagens e desvantagens do seu uso, através de revisão bibliográfica. Foi possível identificar seus evidentes benefícios em detrimento da alvenaria cerâmica tradicional, e compreender os fatores limitantes para não ter se tornado uma opção de sistema construtivo muito difundida.

Palavras-chave: Concreto; pré-fabricados; concreto moldado *in loco*; sistemas construtivos.

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico mundial vem crescendo de forma avassaladora num período de décadas, e traz consigo inúmeras modificações responsáveis por um maior desenvolvimento de setores econômicos e industriais, proporcionando diminuição de custos, otimização de tempo e racionalização de recursos nos processos produtivos. O Brasil é impactado pelas novas tecnologias, porém em um grau menor se comparado aos países desenvolvidos, principalmente em se tratando do setor de construção civil, cujo desenvolvimento e propagação de novas técnicas construtivas como os modelos pré-fabricados, tem sido lento e pouco incentivados pelo governo.

Dentre os sistemas construtivos que surgiram para atender as diferentes necessidades de mercado, destaca-se a utilização de painéis de concreto que podem possuir função estrutural e de vedação, como elemento dos sistemas pré-fabricados e moldados *in loco*. A indústria de construção civil é apontada como termômetro do desenvolvimento econômico do país, pois envolve as indústrias que fabricam os materiais, a geração de empregos no setor de empreitada e o comércio dos materiais usados na construção, portanto evidencia-se que a construção civil tem sofrido impactos da crise econômica que assola o Brasil, e aumenta-se a preocupação em entregar moradias mais econômicas para atender as condições dos consumidores que também são prejudicados pela crise, para isso o uso de novas técnicas de construção trazem resultados nessa perspectiva de economia, de tempo e recursos.

Uma pesquisa divulgada em novembro de 2017 pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) revela que 50% dos brasileiros recebem por mês 15% menos que o salário mínimo, que atualmente está de R\$ 954,00. Fica claro que essas pessoas não tem condições de adquirir uma casa própria, e muitas delas residem em habitações precárias, sendo assim o uso dessas técnicas não só trariam benefícios e inovações no setor imobiliário mas possibilitariam um aumento de produtividade e se for de interesse do governo aumentaria a quantidade de construções de residências em programas de governo como o minha casa minha vida, permitindo que famílias de baixa renda adquiram suas casas.

O uso de sistemas construtivos de concreto pré-fabricados e moldados *in loco* são uma dessas técnicas que se diferenciam das convencionais principalmente em redução de tempo para conclusão do projeto e diminuição de mão de obra, consequentemente reduzindo os custos. Portanto, através de uma revisão bibliográfica, visando diferenciar as características desses dois sistemas poderá definir suas vantagens nas construções habitacionais, e quais necessidades esses modelos construtivos atendem, e estes foram os objetivos desse trabalho, bem como a busca pelo entendimento das vantagens anunciadas e o porquê desses sistemas não serem amplamente difundidos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 ANÁLISE HISTÓRICA DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS: PRÉ- MOLDADOS PRÉ-FABRICADOS E MOLDADOS *IN LOCO*

Primeiramente é preciso diferenciar essas técnicas, que se utilizam de elementos pré-moldados, pré-fabricados e moldados *in loco*, esses termos são comumente e erroneamente usadas como sinônimos. Segundo a NBR 9062 (ABNT, 2017) os elementos pré-moldados são aqueles que foram moldados previamente fora do local de utilização definitiva da estrutura, apresentam um controle de qualidade menos rigoroso se comparado aos elementos pré-fabricados, estes por sua vez são os pré-moldados executados de forma industrial em instalações permanente de empresas destinadas para este fim, utilizando-se de mão de obra treinada e especializada, produzidos com o auxílio de máquinas e materiais que racionalizam e qualificam o processo [1]. Diferentemente da definição anterior, os elementos moldados *in loco*, são moldados no local de utilização definitiva da estrutura.

Não há definido um momento histórico único que possa atribuir a criação e desenvolvimento dos sistemas pré-fabricados, de forma mais notadamente verificou-se o uso dele no período pós Segunda Guerra Mundial principalmente na Europa, devido a devastação causada pela guerra onde necessitava-se de uma rápida reconstrução, e para executar construções em larga escala num curto prazo foi transferido operações que ocorriam no canteiro de obra, para a indústria a fim de racionalizar não só o tempo mas os materiais e a mão de obra qualificada que estava escassa. Nesse período então houve uma disseminação da técnica construtiva se utilizando do concreto pré-fabricado [2]. Verificou-se benefícios desse sistema não somente em virtude da situação do pós guerra, mas principalmente devido ao ambiente industrial permitir uma situação mais estável e controlada de fabricação, tendo em vista que o canteiro de obras está sujeito a intempéries, períodos longos de chuva dependendo do local e da estação do ano que compromete o andamento da obra. Já utilizando os elementos pré-fabricados de concreto as operações *in situ* seriam mais rápidas para execução apenas da montagem.

Os pré-fabricados vivenciaram dois ciclos de produção, o primeiro sendo de 1950 a 1980 no pós Guerra como foi retratado acima, chamado de ciclo fechado em que os elementos pré-fabricados e os seus componentes advinham de um mesmo fornecedor. Este ciclo foi marcado por uma uniformidade arquitetônica, uso de elementos “pesados”, falta de flexibilidade e surgimento de muitas patologias nos elementos utilizados devido a falta de um controle mais rígido no estudo do desempenho desse sistema construtivo, o que é plausível dado o fato que ainda era uma tecnologia recente, mas que devido as suas falhas na época ocasionaram problemas, inclusive acidentes com edifícios, provocando uma rejeição social, o que possibilitou uma renovação desse sistema para sua segunda fase de produção. O segundo seria o ciclo aberto, após 1980, onde ocorreu uma padronização dos elementos utilizados, isso significa que poderiam ter vários fabricantes para atender o mercado produzindo componentes compatíveis, e não mais somente atendendo as necessidades exclusivas de uma única empresa [3]. Existe ainda um terceiro ciclo que é o “flexibilizado”, podendo ser entendido até como uma mistura entre os outros dois, caracterizado por atender as demandas de construção que se atualizaram em busca de projetos multifuncionais, com alto grau de especificação, com acabamentos de alta qualidade nos elementos pré-moldados [3].

As técnicas construtivas em questão apresentam como principal atrativo a economia de tempo, o que logicamente foi um dos maiores precursores para o desenvolvimento delas na Europa no período pós Segunda Guerra Mundial que o intuito era a reconstrução rápida, mas em outros países como o Brasil, que não sofreram as consequências desta Guerra, o enredo dos pré-fabricados foi bem diferente. Até a década de 60 houveram experiências esporádicas do uso desses sistemas construtivos mas nada substancial que indicasse uma evolução gradativa, apenas após 1960 iniciou-se uma preocupação em investir na industrialização no setor de construção devido a um mercado aquecido e em expansão. Entretanto em 1966 devido ao alto déficit habitacional causado pelo aumento demasiado da população urbana, o governo então criou o Banco Nacional de Habitação- BNH, que no início de sua atuação adotou uma política de desestímulo ao pré-fabricado no setor da habitação, na expectativa de incentivar o emprego maciço de mão-de-obra não qualificada no canteiro [4]. Até hoje o fato do Brasil ser um país de proporção continental com uma grande população, impede o avanço tecnológico em todas os setores econômicos e principalmente no setor de construção civil, pois o país não comportaria uma parcela significativa da população de mão de obra não qualificada desempregada por perder seu lugar para uma mão de obra especializada que é recrutada em menor número devido a redução do recurso humano em se tratando dos avanços tecnológicos.

Entretanto, o BNH (Banco Nacional da Habitação) em meados da década de 70 até 80 em busca de atender a camadas de menor poder aquisitivo, optou por estimular, de forma pouco substancial, a introdução de tecnologias como o uso de pré-fabricados de concreto por exemplo. Contudo algumas edificações executadas em detrimento desse apoio passaram pelos mesmos problemas que as edificações na Europa em seu ciclo fechado. Edifícios com muitos problemas patológicos chegaram a ser demolidos por inviabilidade de manutenção, o motivo foi uso de material inadequado na confecção dos painéis, à execução extremamente deficiente das peças estruturais dos edifícios e à corrosão generalizada das armaduras dos elementos estruturais, fatores estes que

culminaram na extinção desse sistema construtivo por cerca de um década, retornando em 1990 devido ao desenvolvimento e crescimento urbano da cidade de São Paulo, desse período em diante a pré-fabricação no Brasil vem evoluindo [3]. A criação de normas pela ABNT que regulamentam o uso adequado dessas técnicas propiciou mais segurança e confiabilidade para esses sistemas construtivos, são exemplos: NBR 9062 - projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, criada em 1985; NBR 16055- Parede de concreto moldado no local para a construção de edificações, aprovada em 2012. Mas há muito que se inovar e pesquisar nessa área ainda.

2.2 USO DO CONCRETO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Nos primórdios as rochas eram utilizadas pelo homem para diversos fins, entre eles como material para construir habitações, entretanto apesar de ser vantajoso por sua solidez e durabilidade, impunha certas limitações nas construções por suas formas já estarem prontas naturalmente, permitindo uma trabalhabilidade com restrições, e exigindo um esforço para transportá-los da jazida para o local de utilização. Devido as propriedades e usos semelhantes o concreto é tido como uma rocha artificial, a maior diferença e vantagem em detrimento da rocha natural é sua capacidade de ser moldado da maneira e no local que se queira. O concreto surgiu com a evolução do conhecimento humano no quesito ao descobrimento de diferentes materiais construtivos e seus usos, estes podem ter origens naturais, artificiais e combinados. O concreto apresenta em sua composição a mistura de aglomerante (cimento Portland), agregado miúdo (areia), agregado graúdo (pedra ou brita) e água, podendo ainda conter aditivos e adições minerais.

Sua existência possibilitou uma infinidade de opções em suas mais variadas formas e tamanhos para edificações, consolidou-se no mercado da construção civil como um elemento quase indispensável, sua característica de alta resistência a água é um diferencial ao ser comparado a madeira e o aço por exemplo, cumprindo satisfatoriamente funções estruturais e de vedação. Alguns dos tipos de concreto são: o concreto simples, formado somente pela mistura dos seus componentes; o concreto armado, em que uma armadura de aço fica envolta pelo concreto; o concreto protendido, também possui armadura de aço em seu interior, mas a estrutura metálica é submetida a um esforço de tração, um pré alongamento, assim o concreto é dito protendido; e o concreto auto-adensável, obtido pela ação de aditivos superplastificantes, que proporcionam maior facilidade de bombeamento.

A colocação de uma estrutura de aço no concreto tem o objetivo de associar propriedades de ambos os materiais a fim de adquirir uma melhor resistência aos esforços que vão ser submetidos nas edificações. O concreto tem alta resistência a compressão, mas apenas cerca de 10% de resistência a tração, e a armadura de aço tem alta resistência a tração, outro fator benéfico é que o concreto protege o aço da oxidação, garantindo a durabilidade da estrutura, essa junção só é possível pela aderência existente entre os dois materiais e os coeficientes de dilatação térmica do aço e do concreto serem praticamente iguais [5]. O concreto auto-adensável apresenta em sua composição um aditivo superplastificante e, às vezes, um modificador de viscosidade, combinado com elevado teor de finos, podendo ser reativos, que garantem alta fluidez e estabilidade durante a concretagem [6], devido a essas características ele vem sendo cada vez mais empregado nos setores de pré-moldados, pré-fabricados e moldados *in loco*, pois preenchem bem os espaços nas fôrmas, e vale salientar que pode ser associado ao uso das estruturas metálicas também.

As características que os diferenciam são os fatores de escolha para determinar quais tipos de concreto vão ser usados na obra, e qual a proporção dos componentes da sua mistura, chamado de traço, podendo variar dependendo da sua função no projeto. Isso vale para o setores de pré-fabricados, pré-moldados e moldados *in loco*, e para esses casos o concreto tem especificações em seus elementos, a começar pelo cimento utilizado, estes tem suas variações de acordo com os tipos e as proporções dos aditivos misturados a ele (escória granulada de alto forno, material pozzolânico e material carbonático) e sua classe de resistência a compressão,

Geralmente nas fábricas de pré-fabricados se utiliza o cimento de alta resistência inicial, CP V ARI ultra rápido ou CP V ARI RS (resistente a sulfatos). Esta necessidade é devido ao requisito de projeto em função da elevada resistência às primeiras idades para transferência e aplicação da protensão, saque das peças para acabamento e estocagem.

Porém deve ser seguido um rigoroso procedimento de cura para evitar a retração e fissuração das peças. O cimento recebido na fábrica para produção das peças é rastreado, de maneira a garantir a correlação entre o lote de cimento recebido e o concreto produzido [7].

Existem algumas normas para os agregados: NBR 7211:2009 – Agregados para concreto – especificação; NBR 7218:2010 – Agregados - determinação do teor de argilas em torrões e materiais friáveis; NBR 6467:2006 – Agregados - determinação do inchamento de agregado miúdo - método de ensaio; NBR NM 248:2003 – Agregados - determinação da composição granulométrica; NBR 7389:2009 – Agregados – análise petrográfica de agregado para concreto; NBR NM 30:2001 – Agregado miúdo - determinação de absorção de água. São especificações importantes para analisar sua composição, quanto a curva granulométrica, determinação dos teores de materiais friáveis e de matéria orgânica presente no agregado, com o propósito de garantir que esse material estará dentro dos critérios aceitáveis de utilização no concreto, tendo sempre a preocupação em

identificar se houver por exemplo um aumento de umidade na areia num período de chuva, para que as devidas correções do traço sejam feitas. De forma não diferente a água necessária para misturar os agregados e o aglomerante tem que passar por uma análise, também especificado em norma NM 137:1997 - Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland, com o objetivo de identificar caso haja substâncias com teores prejudiciais a mistura do cimento.

2.3 SISTEMA CONSTRUTIVO PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

Esse sistema construtivo faz uso de elementos pré-fabricados de concreto, que atualmente podem ser diversos: pilares, vigas, lajes, painéis portantes verticais possuindo função estrutural ou de vedação, células encaixantes de concreto pré-moldado, entre outros. O projeto vai determinar se será usado apenas algum elemento para atender uma necessidade específica da obra, ou ainda combinar as opções de pré-moldado, sendo possível atualmente fazer edificações inteiras apenas utilizando esse sistema construtivo. Essa tomada de decisão para o projeto deve ser baseada nas possibilidades, vantagens, restrições, produção, transporte e montagem dos elementos, em um trabalho conjunto entre engenheiro, arquiteto, projetista, técnico e cliente.

A forma mais efetiva de industrializar o setor da construção civil é transferir o trabalho realizado nos canteiros para fábricas permanentes e modernas. A produção numa fábrica possibilita processos de produção mais eficientes e racionais, trabalhadores especializados, repetição de tarefas, controle de qualidade, etc. A competitividade e a sociedade estão forçando a indústria da construção a se atualizar constantemente, melhorando a sua eficiência e as condições de trabalho através do desenvolvimento e inovação tecnológica, de novos sistemas e processos construtivos. Desta forma, a automação vem sendo gradativamente implementada. Existem exemplos bem sucedidos de automação no preparo de armadura, execução e montagem de formas, preparo e lançamento do concreto, acabamentos do concreto arquitetônico, entre outros. Outras operações na pré-fabricação também são passíveis da implementação da automação. [8]

Serão abordados alguns dos tipos desse sistema construtivo de forma generalizada, pois devido a existência de diferentes elementos pré-fabricados, há indicações do tipo de edificação que melhor se beneficiaria com suas propriedades, e será feita uma abordagem mais aprofundada para dois deles, cujo enfoque é na utilização das construções residenciais, de forma a detalhar um pouco mais sobre o processo de produção.

2.3.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS EM ESQUELETO E SISTEMAS APORTICADOS

Estes sistemas fazem uso de elementos lineares como vigas e pilares, que se combinam para formar o esqueleto da estrutura, Figura 1, e propiciam uma grande flexibilidade para a edificação, variando em tamanho e formatos de montagem, dando o suporte estrutural necessário em casos que se dispensa o uso de paredes em seu interior como estacionamentos, ou para o oposto em que a arquitetura pode trazer novas possibilidades para a vedação dos espaços interiores já que a função estrutural atua independente. São aplicados ainda em construções de grande porte que tenham grandes vãos, Figura 2, como shopping centers e centros esportivos.



Figura 1. Estrutura pré-moldada em esqueleto.
(Autoria própria)

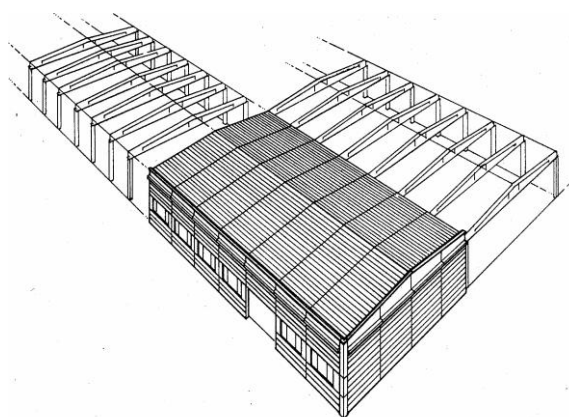


Figura 2. Sistema de estrutura aporticada pré-moldada.
(VAN ACKER, 2002)

2.3.2 FACHADAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADOS

Geralmente são usadas em conjunto com a estrutura em esqueleto apresentada anteriormente, sendo de concreto simples, apenas com a finalidade de vedação e decorativa, ou ainda pode ser feita com o concreto armado ou protendido, adquirindo finalidade estrutural, e dispensando outros elementos estruturais como pilares nas bordas. Na Figura 3 é possível ver a construção de uma edificação que utiliza placas de fachadas de concreto.



Figura 3. Colocação de fachada pré-fabricada de concreto na edificação. (Redação AECweb / e-Constumarket, acessado dia 26 de Agosto 2018. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/fachadas-prefabricadas-agilizam-a-obra_7040_10>)

2.3.3 SISTEMAS CELULARES

Esse sistema é composto por unidades celulares de concreto pré-fabricado e montados na indústria. É possível fazer uma edificação utilizando-se a combinação dessas células, encaixando-se os cômodos, entretanto isso limita a arquitetura do projeto, e lida também com a dificuldade no transporte dessas células em grande quantidade cujo tamanho é considerável, portanto geralmente são usadas células individuais para algumas partes das construções, cômodos como banheiros, Figura 4, cozinhas e garagens, tornando-se uma opção válida devido a rapidez do sistema [8].



Figura 4. Célula de banheiro pré-fabricada sendo içada pra posicionamento na obra.
(Serra, S.M.B.; Ferreira, M.de A.; Pigozzo, B. N, 2005)

2.3.4. SISTEMA DE PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

Os painéis pré-fabricados de concreto são muito versáteis, podendo ser utilizados em construções de diferentes portes, e principalmente assumindo duas funções diferentes: estrutural, com uso de concreto armado que nesse caso dispensa o uso de pilares e vigas, e de vedação, com uso de concreto simples. É um sistema que atende com muita eficiência construções do tipo residencial, unifamiliares térreas, sobrados e edifícios multifamiliares de até quatro pavimentos [8], com portes pequenos e médios, cujo painel estrutural de concreto não apresenta dificuldades em suportar os carregamentos requisitados nesse tipo de obra, e quando associado a painéis de vedação tem-se uma construção apenas de montagem, tendo em vista que os painéis já vem prontos das fábricas. Eles apresentam uma superfície lisa que já está pronta para receber a pintura ou papel de parede, e

para um melhor acabamento das peças moldadas faz-se o uso de aditivo antiespumante no concreto, evitando bolhas na superfície do elemento.

O uso desses painéis como parede está limitado as classes de agressividade I, II e III, onde, nas classes de agressividade ambiental I e II, emprega-se o concreto C25, ou seja, resistência de 25 MPa. Na classe de agressividade III, utiliza-se concreto C30, com resistência de 30 MPa [2].

O processo produtivo inicia-se pela moldagem, os painéis seguem especificações do projeto arquitetônico, como existem variedades de obra para obra, ocorre que algumas fábricas já possuem setores que constroem seus próprios moldes para se adequar a necessidade de mercado, existem também moldes padrões para pequenas habitações, mas independente do tipo de fôrma segue-se um procedimento comum demonstrado na Figura 5:



Figura 5. Fluxograma com processo de fabricação de painéis pré-fabricados de concreto. (Autoria própria)

Na preparação das fôrmas metálicas, faz-se a limpeza e aplicação do desmoldante, as fôrmas são desmontáveis, fechadas lateralmente através de ganchos de travamento, formando o espaço em que será colocado os eletrodutos, caixas de elétrica, tubulações de água fria e estrutura metálica do concreto armado, com o auxílio de espaçadores a fim de não permitir que ela encoste na fôrma, em seguida faz-se o preenchimento com concreto, atualmente ele é usado com aditivos plastificantes, dito o concreto auto adensável, que preenche a fôrma de maneira mais satisfatória, e também antiespumante, para melhorar o acabamento da peça quando pronta, entretanto isso não é uma obrigatoriedade normativa, sendo opcional da empresa

Dependendo do tipo de molde, ele é todo montado na vertical, como mostrado na Figura 6, para posteriormente fazer a colocação do material citado acima. Na Figura 7 mostra-se outro tipo de molde, observa-se uma estrutura metálica deitada, com os ganchos de travamento na lateral pra receber as placas que determinarão a largura do painel, formando o molde aberto, é depositado o material, e em seguida faz-se o fechamento da parte superior com outra chapa metálica. Para facilitar o transporte elas possuem um gancho de ferragem que fica exposto nas extremidades da parede moldada na Figura 9 indicado por seta, usados para serem içados, na Figura 8 apresenta um equipamento que efetua o içamento da peça.



Figura 6. Fôrma metálica. (MARTINS; MACHADO, 2017).



Figura 7. placa metálica inferior da fôrma, com ganchos laterais de travamento para posterior montagem dos outros componentes da fôrma. (Autoria própria).



Figura 8. Ponte rolante que fará a elevação da peça pré-moldada pronta. (Autoria própria).



Figura 9. Paredes pré-moldadas em processo de cura com ganchos para facilitar o içamento. (Autoria própria)

Quanto a desenforma,

Os painéis estruturais possuem basicamente dois tipos de armadura: simples e centralizada ou dupla, conforme projeto estrutural elaborado para cada empreendimento [...]. No caso de painéis com duas telas, o espaçamento entre as telas é garantido com o uso de separador tipo “caranguejo” em aço. A resistência mínima do concreto, na desenforma, é de 8 MPa. Após desenforma os painéis são transportados e armazenados para serem curados (aspersão de água) por um período mínimo de 48 horas. Após esse prazo os painéis estão liberados para serem montados em seus locais definitivos [9].

Van Acker (2002) fornece uma tabela contendo as dimensões mais comuns para os painéis. Estes valores são apresentados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Dimensões de painéis pré-fabricados de concreto para parede. (VAN ACKER, 2002).

Aplicação	Espessura (mm)	Comprimento máximo (m)	Altura (m)
Painéis estruturais:			
▪ com lajes armadas em duas direções	180 – 240	6.00 – 14.00	3.00 – 4.50
▪ com lajes armadas em uma direção	150 – 200		
Painéis não-estruturais:	80 – 150 (180)	6.00 – 14.00	3.00 – 3.30
Poços de elevador e de escada:	180 – 200	6.00 – 14.00	3.00 – 4.00

Quando prontos, são transportados para o local da obra e serão posicionados com auxílio de guindastes nos seus locais definitivos, fixados a fundação com argamassa de assentamento, e a ligação entre os painéis são feitas através de parafusos ou solda de perfis metálicos em suas extremidades, detalhe na Figura 10. Com a finalização da junção das paredes é possível preencher as juntas das paredes, com a colocação de fôrmas metálicas na região das juntas entre os painéis, possibilitando o preenchimento das mesmas com graute, um tipo específico de concreto, indicado para preenchimento de espaços vazios, com o objetivo de solidificação da armadura e aumentar a capacidade portante. A Figura 11 é um exemplo da montagem concluída.



Figura 10. Junção de paredes pré-moldadas por soldas, antes do preenchimento de junção. (Autoria própria).



Figura 11. Modelo de casa unifamiliar utilizando paredes de painéis de concreto pré-moldado. (Autoria própria).

Tanto as fôrmas, como os procedimentos, materiais usados para junção, e outros detalhes, variam de acordo

com a empresa que está fabricando os painéis, não deixando de serem semelhantes, pois a premissa maior é que se tenha que cumprir com a normas técnicas existentes para tal,

Para o dimensionamento dos painéis é necessário atender aos requisitos solicitados pela NBR 16475 (ABNT, 2017) Painéis de parede de concreto pré-moldado – Requisitos e procedimentos; NBR 6118 (ABNT, 2014) Projetos de estruturas de concreto – Procedimento; e NBR 9062 (ABNT, 2017) Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Esta última passou por revisão e foi atualizada em março deste ano, porém apenas alterações nas etapas de cálculos foram realizadas afim de atender as alterações feitas na NBR 6118 (ABNT, 2014), o restante permaneceu sem maiores alterações. Todas as especificações para dimensionamento, ligações entre elementos e tolerâncias adotadas deverão constar no projeto [9].

2.4 SISTEMA CONSTRUTIVO DE CONCRETO MOLDADO *IN LOCO*

Nesse sistema construtivo as vedações de concreto armado, que possuem também uma função estrutural, são moldadas *in loco*, que caracteriza sua principal diferença entre o sistema pré-fabricado pois o concreto será moldado no local definitivo de utilização, através do auxílio de fôrmas colocadas de maneira temporária para o preenchimento com concreto.

Essas fôrmas tem uma limitada disponibilidade a depender da localidade, a versatilidade arquitetônica para essas construções também apresentam restrições de mercado, de tipos e tamanhos, vale salientar que estas fôrmas são reutilizadas, então para construções de habitações sociais, que possuem um projeto simples e bem definido para ser usado em repetição, esse sistema construtivo atende muito satisfatoriamente, ele pode ainda ser usado para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos [11].

Outra peculiaridade desse sistema, está no concreto que pode ser utilizado: o concreto celular é um material composto por agregados convencionais (areia/pedrisco), cimento portland, água e minúsculas bolhas de ar distribuídas uniformemente em sua massa. Graças a essas bolhas de ar, adquire a propriedade de concreto leve, com massa específica menor que os concretos convencionais, isso contribui para um bom desempenho térmico e acústico (1.300 a 1.800 kg/m³)[12].

O uso desse concreto, que é mais leve contribui para um reduzido peso das paredes, sendo assim a fundação para este sistema pode ser do tipo radier devido a esse peso reduzido e também por oferecer uma base de trabalho apropriada para as ações das equipes de montagem das fôrmas e instalações, além de já deixar perfeitamente posicionadas as instalações de entrada/saída pelo piso, tais como as redes de esgoto. [12], entretanto a fundação pode variar com o local de implantação da obra.

Após a escolha e implementação da fundação, inicia-se o processo produtivo desse sistema construtivo (Figura 12):

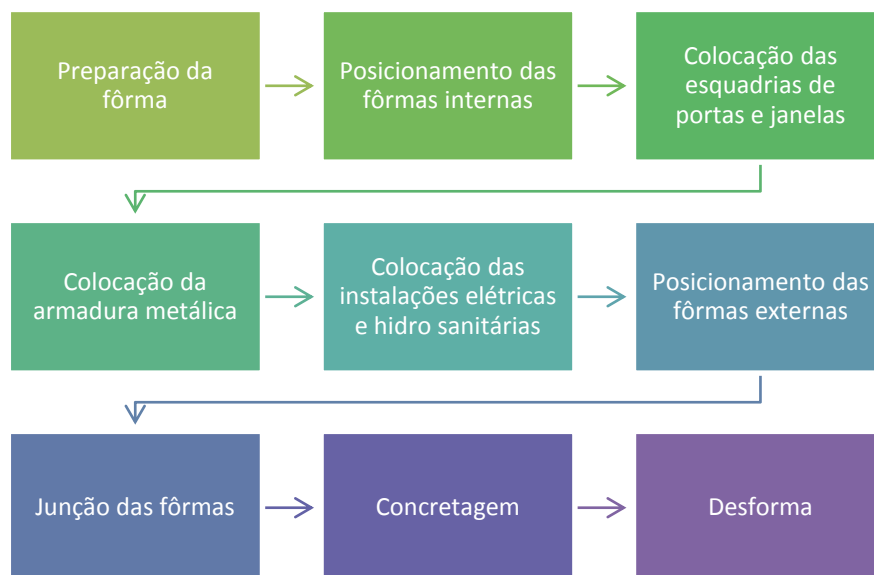


Figura 12. Fluxograma do processo de fabricação de paredes de concreto moldadas *in loco*. (Autoria própria)

A fôrma pode variar quanto ao seu material, podendo ser metálica, de madeira e de plástico, a junção de uma fôrma na outra é feita através de uma trava metálica, mas atualmente já existem fôrmas de plástico que são modulares podendo unir-se variando seus tamanhos e dispensam esse tipo de trava pois se autotrava como mostrado na Figura 13.



Figura 13. Fôrma plástica para moldagem das paredes de concreto moldadas *in loco*. (SILVA, F. B. d. , Revista Técnica, Edição 165 - Dezembro/2012, disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/165/sistema-de-formas-plasticas-para-paredes-de-concreto-287803-1.aspx> >).

Antes de se iniciar a montagem, é necessário marcar no piso de apoio (radier) as linhas das faces internas e externas das paredes e dos painéis de modo a orientar seu posicionamento [13]. O espaçamento entre a fôrma externa e interna vai ser o tamanho da parede, que pode variar de 8cm a 15cm, ao posicionar a fôrma interna, coloca-se os eletrodutos, das caixas elétricas, das tubulações hidro sanitárias, as esquadrias de portas e janelas, e a tela metálica com espaçadores, para compor o concreto armado, de acordo com a Figura 14 a seguir:



Figura 14. Fôrma interna com tela metálica, eletrodutos e esquadrias posicionados. (Elaine Cunha, acessado dia 26 de Agosto de 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=1J2FQ3jH8J8>)

Em seguida posiciona-se a fôrma externa e faz-se o travamento (Figura 15), para posteriormente dar início da concretagem, um aspecto fundamental para a aceitação do concreto é o seu controle de plasticidade, e após adição da espuma, o teste de densidade [14]. A colocação do concreto nas fôrmas é facilitada pela consistência fluida e espumosa do concreto celular, ele é lançado nas fôrmas por caçambas içadas por guindaste, ou por bombeamento (Figura 16). A desenforma é realizada no mínimo após 15 horas da concretagem, depois de ser verificado o resultado da resistência à compressão do concreto (Figura 17) [11].

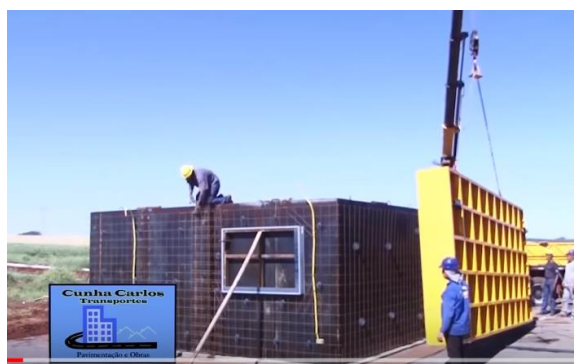


Figura 15. Posicionamento da fôrma externa. (Elaine Cunha, acessado dia 26 de Agosto de 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=1J2FQ3jH8J8>)



Figura 16. Colocação do concreto na fôrma por bombeamento. (Elaine Cunha, acessado dia 26 de Agosto de 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=1J2FQ3jH8J8>)



Figura 17. Retirada das fôrmas. (Elaine Cunha, acessado dia 26 de Agosto de 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=1J2FQ3jH8J8>)

2.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Os sistemas construtivos apresentam vantagens e desvantagens semelhantes citados no Quadro 1, por apresentarem mesma composição de concreto e pouca variação no processo produtivo, suas diferenças ficam por conta do modo de execução, que serão escolhidos pelo engenheiro a depender das condições da obra, possibilidade de transporte das peças, presença ou não de empresas que forneçam os produtos e serviços para o processo produtivo dos painéis de concreto, fatores que serão analisados na escolha entre os painéis pré-fabricados ou moldados *in loco*.

Quadro 1. Vantagens e desvantagens dos sistemas construtivos de concreto pré-fabricados e moldados *in loco*. (Autoria própria)

Vantagens	Desvantagens
Maior organização e limpeza no canteiro	Dependência de profissionais habilitados em todos os níveis, que cobram valores superiores a profissionais sem especialização
Redução do número de atividades realizadas no canteiro	Instalações elétricas e hidráulicas são definidas e colocadas no processo de fabricação da estrutura, impossibilitando correções e mudanças futuras
Facilidade no controle e menor desperdício de materiais	Alto consumo de concreto e necessidade de um concreto com alto desempenho (textura no acabamento final, autoadensável, trabalhabilidade)
Eliminação ou diminuição de algumas atividades existentes no processo tradicional, tais como revestimento e acabamentos.	Custo com transporte pode inviabilizar a escolha pelos sistemas construtivos
Redução de prazo e de custo	Poucas indústrias nesse setor que atendam em todo território

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria de construção civil em todo o mundo, assim como os demais setores buscam modernizar-se, implementar novas tecnologias, inovar-se em técnicas e materiais, por meio desse trabalho foi possível entender

sobre os sistemas construtivos pré-fabricados e moldados *in loco*, uma tendência de industrialização da construção, compreender acerca do concreto como material de construção utilizado nesses sistemas, sobre o processo de produção de ambos, as vantagens e desvantagens na escolha deles para execução de uma obra.

A demanda da engenharia é obter resultados da forma mais eficiente possível, otimizando o tempo, racionalizando os recursos e consequentemente reduzindo os custos para o consumidor. Ao analisar os sistemas construtivos em questão eles se mostram uma excelente opção para atender essa demanda, uma alternativa evoluída para a construção em alvenaria convencional, salientando-se que para habitações sociais, caracterizados por pequenas estruturas em projetos bem estabelecidos tendo em vista que são feitos de forma repetida, e que por serem feitos em grande quantidade o fator tempo de execução torna-se primordial, portanto eles são uma adequada indicação. Apresentam ainda uma versatilidade para seus usos, podendo não somente ser o único método construtivo de uma edificação, mas sim vir para complementar algum outro, visando um melhor custo benefício na individualidade das obras.

No Brasil isso tem sido uma dificuldade a expansão desses sistemas construtivos, pois existe uma cultura das empresas de construção brasileiras em se usar a alvenaria tradicional. Uma das causas para isso pode ser o fato de se ter uma grande demanda de empregos com pouca ou nenhuma especialização, e que encontram nesse setor de construção uma oportunidade de geração de empregos em massa para essas pessoas, entretanto a solução para um país desenvolver-se não é estagnar-se para atender a uma população com baixo grau de educação, e sim investir em educação para especializar essas pessoas.

Além disso verifica-se no processo de produção desses sistemas a necessidade presente de indústrias, empresas de construção que forneçam os serviços e produtos especializados, e como foi dito, esse não é um setor priorizado no cenário construtivo do país, sendo assim algumas localidades sequer tem oportunidade de usufruir desses sistemas, e da industrialização na construção civil de forma geral, dificultando mais ainda a sua propagação.

As análises feitas são de forma qualitativa, cabendo a possibilidade de uma futura continuação do trabalho para se fazer uma comparação quantitativa referente aos custos de se empregar um sistema de concreto pré-fabricado ou moldado *in loco* em detrimento da alvenaria tradicional.

4. REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- NBR 9062 – **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 2001.
- [2] SOUZA, F. M. d.; RUFINO, L. M. **Construção residencial unifamiliar em parede de concreto pré-moldada: comparativo entre métodos tradicional (alvenaria em bloco cerâmicos) e pré-moldados**. 2017. 97 p. trabalho de conclusão de curso (Bacharel em engenharia civil)- universidade do sul de santa catarina, Tubarão, 2017. 1.
- [3] ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 1, 2005, São Carlos. **Evolução dos pré-fabricados de concreto**, São Carlos: Produção Projeto Pesquisa, 2005.
- [4] OLIVEIRA, L.A. (2002). **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. 191p. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [5] SOUZA JÚNIOR, T. F. Estruturas de Concreto Armado. Universidade Federal de Lavras. s.n.t. Disponível em: <<http://www.dea.uem.br/disciplinas/concreto/CAP1-2CA.pdf>>. Acesso em: 9 nov 2012.
- [6] RIBEIRO FERNANDES, L. **Metodologia para a produção de pré-fabricados em concreto armado e protendido com abordagem das manifestações patológicas que surgem na fabricação e montagem**. 2015. 81 p. monografia (Curso de Especialização em Construção Civil)- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. 1.
- [7] SANTOS COUTO, José Antônio et al. **O concreto como material de construção**. Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, Sergipe, v. 1, n. 17, p. 49-58, out. 2013.
- [8] VAN ACKER, A. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. Trad. de Marcelo de Araújo Ferreira. FIP: 2003.
- [9] LOURENSINI, L. **Desenvolvimento de painel pré-fabricado em concreto armado para vedação, com núcleo composto com material para isolamento térmico**. 2017. 93 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em engenharia civil)- Universidade do Vale do Taquari, Lajedo, 2017. 2.
- [10] GOMES DA SILVA, M.; GOSMES DA SILVA, V. **Manual de construção em aço: painéis de vedação**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia, 2003. 59 p. v. 1. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/19878276/05-manual-da-construcao-civil-paineis-de-vedacao>>. Acesso em: 27 maio 2018.
- [11] BENIGNO DA SILVA, F. **Paredes de concreto armado moldadas in loco**. Técnica, [S.l.], fev. 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/167/paredes-de-concreto-armado-moldadas-in-loco-286799-1.aspx>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

-
- [12] MÓDENA, L. **Construção industrializada: Uma contribuição para habitações de interesse social**. 2009. 101 p. Monografia (Especialista em Edificações: excelência construtiva e anomalias)- Universidade Presbiteriana Mackenzie, [S.l.], 2009. 1.
- [13] BENIGNO DA SILVA, F. **Sistemas de formas plásticas para paredes de concreto**. Técnica, [S.l.], dez. 2010. Disponível em: < <http://technet17.pini.com.br/engenharia-civil/165/sistema-de-formas-plasticas-para-paredes-de-concreto-287803-1.aspx>>. Acesso em: 24 ago. 2018.
- [14] SACHT, H. M. **Painéis de vedação de concreto moldados *in loco*: Avaliação de desempenho técnico e desenvolvimento de concretos**. 2008. 286 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)- Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-17102008-114925/en.php>>. Acesso em: 27 maio 2018.
- [15] **Casa de concreto Arapongas**. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1J2FQ3jH8J8>>. Acesso em: 26 ago. 2018.