

AS BENFEITORIAS DO USO DE COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO NO PROCESSO PRODUTIVO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

THE BENEFITS OF THE USE OF PRECAST CONCRETE COMPONENTS IN THE CIVIL CONSTRUCTION PRODUCTIVE PROCESS

Douglas Cardoso Ferreira¹
Wemerson Carvalhos dos Santos²

RESUMO

Este trabalho versa apresentar as benfeitorias do processo construtivo em edificações habitacionais, comerciais, hoteleiras e industriais, utilizando as técnicas de pré-fabricação de componentes pré-moldados de concreto. Será mencionada a origem do sistema de construções com componentes pré-moldados, os processos de fabricação e aplicação destes, bem como seus benefícios nos quesitos de mão-de-obra e materiais.

Palavras-chave: Pré-fabricação; componentes; concreto; processo construtivo.

ABSTRACT

This work aims to present the improvements of the construction process in residential, commercial, hotel and industrial buildings, using the prefabrication techniques of precast concrete components. The origin of the construction system with precast components, the manufacturing and application processes of these, as well as their benefits in terms of labor and materials will be mentioned.

Keywords: Prefabrication; components; concrete; constructive process.

1- Introdução

A indústria da construção civil de forma globalizada vivencia um momento constante de busca por melhorias e técnicas inovadoras focando na minimização de tempo e custo, assim como a racionalização de recursos e diminuição de desperdícios durante todo o processo construtivo. Tal busca se consolida devido a indústria da construção civil ser considerada atrasada se comparada a outros ramos industriais, atraso este ligado diretamente ao fato de que o sistema tradicional não inovador

¹ Rede de Ensino Doctum – Unidade Serra – email: cardosoferreiradouglas@gmail.com – Graduando em Engenharia de Produção.

² Professor da Rede de Ensino Doctum – Unidade Serra – email: prof.wemerson.santos@doctum.edu.br.

se torna lento, apresentando baixa produtividade, controles de qualidade ineficientes, desperdícios de matéria prima e mão de obra.

Alcançar tais melhorias traz o benefício de alavancar as etapas de construção de forma ágil e com qualidade.

Segundo El Debs (2000), uma das maneiras e técnicas encontradas para reduzir o tempo de construção é utilizando, durante as três etapas, de fundação, infraestrutura, e até mesmo de acabamento, o uso de componentes pré-fabricados de concreto. O emprego recebe a indicação de concreto pré-moldado e as estruturas formadas por elementos pré-fabricados recebem a denominação de estrutura de concreto pré-fabricado.

No Brasil, até meados do ano de 2014, a indústria da construção civil vislumbrava um forte crescimento no setor habitacional, fato devido aos incentivos do Governo Federal, através de políticas públicas como o programa Minha Casa Minha Vida e financiamentos habitacionais de bancos públicos e privados, com taxas de juros relativamente baixas. Tal fato levou as construtoras a buscarem por alternativas construtivas mais eficientes, que reduzissem o desperdício e que tivessem uma execução mais veloz. Uma dessas alternativas seria o emprego de componentes pré-moldados de concreto: fachadas, colunas, vigas, lajes, até mesmo revestimentos de acabamentos que podem ser utilizados em toda a edificação ou apenas em partes dela, de acordo com as etapas de construção.

2- REFERENCIAL TEÓRICO

2.1- A origem dos componentes de concreto pré-moldado

Não se sabe exatamente a localidade e o período em que o concreto pré-moldado foi criado, contudo estima-se que na Europa seu desenvolvimento se deu após o final da Segunda Guerra Mundial, período em que muitos países haviam sido devastados e precisaram ser reconstruídos rapidamente.

Segundo Vasconcelos (2002), não se pode precisar a data em que começou a pré-moldagem de concreto. O próprio nascimento do concreto armado ocorreu com a pré-moldagem de elementos, fora do local de seu uso. Sendo assim, pode-se afirmar que a pré-moldagem começou com a invenção do concreto armado.

Para Ordóñez (1974), foi no período pós Segunda Guerra Mundial, principalmente na Europa, que começou, verdadeiramente, a história da pré-fabricação co-

mo “manifestação mais significativa da industrialização na construção”, e que a utilização intensiva do pré-fabricado em concreto deu-se em função da necessidade de se construir em grande escala.

Para Salas (1988) a utilização dos componentes pré-moldados de concreto é dividida em três etapas:

De 1950 a 1970 – período em que a falta de edificações ocasionadas pela devastação da guerra, trouxe a necessidade de se construir diversos edifícios, tanto habitacionais quanto escolares, hospitalares e industriais. Os edifícios construídos nessa época eram compostos de elementos pré-moldados, cujos componentes eram procedentes do mesmo fornecedor, constituindo o que se convencionou de chamar de ciclo fechado de produção.

De 1970 a 1980 – Período em que ocorreram acidentes com alguns edifícios construídos com grandes painéis pré-moldados. Esses acidentes provocaram além de uma rejeição social a esse tipo de edifício, uma profunda revisão no conceito de utilização nos processos construtivos em grandes elementos pré-fabricados.

Pós 1980 – Esta etapa caracterizou-se, em primeiro lugar, pela demolição de grandes conjuntos habitacionais, justificada dentro de um quadro crítico, especialmente de rejeição social e deterioração funcional. Em segundo lugar, pela consolidação de uma pré-fabricação de ciclo aberto, à base de componentes compatíveis, de origens diversas.

Segundo Debs (2000), Ao final da Segunda Guerra Mundial, houve um grande impulso das aplicações em concreto pré-moldado na Europa, principalmente em habitações, galpões e pontes. As principais razões desse impulso foram: necessidade de construção em grande escala, escassez de mão de obra e o desenvolvimento da tecnologia do concreto protendido. Tal desenvolvimento concentrou-se inicialmente na Europa Ocidental e posteriormente se estendeu para a Europa Oriental

2.2- Pré-moldado ou pré-fabricado

Segundo a NBR 9062/2006 (ABNT, 2006), elemento pré-moldado de concreto é aquele executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade menos rigorosa, devendo ser inspecionado individualmente ou por lotes, através de inspeções do próprio construtor, da fiscalização do proprietário ou de organizações especializadas, dispensando-se a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias.

Já o elemento pré-fabricado é executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade. Estes também são produzidos em usinas ou instalações analogamente

adequadas aos recursos para produção e dispõem de pessoal, organização de laboratório e demais instalações permanentes para o controle de qualidade, devidamente inspecionada pela fiscalização do proprietário.

Segundo Revel (1973), o termo pré-fabricação no campo da construção civil possui o seguinte significado: "Fabricação de certo elemento antes do seu posicionamento final na obra".

Sabatini (1989) classificou os processos de vedação em componentes pré-moldados de concreto em tradicionais, racionalizados e industrializados. Os tradicionais são baseados na produção artesanal, com uso intensivo de mão de obra, baixa mecanização e com elevado desperdício. Racionalizados são aqueles que incorporam princípio de planejamento e controle, tendo como objetivo eliminar o desperdício e aumentar a produtividade, planejar o fluxo de produção e programar os custos.

Os industrializados são baseados no uso intensivo de componentes e elementos produzidos em instalações fixas e posteriormente adaptados ao canteiro, vinculados a todos os princípios de organização, planejamento e controle, visando eliminar desperdício, aumentar a produtividade e reduzir custos.

2.3- Pré-moldado no Brasil

O uso de componentes pré-moldados no Brasil incorporou-se como sinônimo de agilidade na execução dos empreendimentos, fato que levou algumas empresas do ramo da construção civil a adotarem esse método construtivo em projetos onde o fator tempo era o mais relevante. Como exemplo pode-se citar a construção de hotéis, prédios habitacionais, galpões industriais e grandes obras de artes especiais.

Para Vasconcelos (2002), a primeira grande obra onde se utilizou elementos pré-fabricados no Brasil, foi o Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro. Esta foi construída pela empresa construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen, com filial no Brasil. A obra foi concluída em 1926, com diversas aplicações de elementos pré-moldados, dentre eles, as estacas nas fundações e as cercas no perímetro da área reservada ao hipódromo se destacaram pela grandiosidade. Nesta obra o canteiro de pré-fabricação dos pré-moldados teve de ser minuciosamente planejado para não alongar demasiadamente o tempo de construção.

A Construtora Mauá, na cidade de São Paulo, também utilizou-se de técnicas semelhantes, em construções industriais de diversas categorias, como galpões pré-moldados nos próprios locais da obra, como é afirmado por VASCONCELOS:

Na cidade de São Paulo, a Construtora Mauá, especializada em construções industriais, executou vários galpões pré-moldados no próprio canteiro de obras. Em alguns foi utilizado o processo de executar as peças deitadas umas sobre as outras numa seqüência vertical, separando-as por meio de papel parafinado [...]. Não era necessário esperar que o concreto endurecesse, para então executar a camada sucessiva. Esse procedimento economizava tempo e espaço no canteiro, podendo ser empilhadas até 10 peças. As fôrmas laterais iam subindo à medida que o concreto endurecia, reduzindo assim a extensão do escoramento. Tal procedimento dava uma grande produtividade à execução das peças. Terminava a primeira pilha de 10 peças, cada peça tornava-se, ao ser removida, a “semente” de uma nova pilha de 10 a ser “plantada” em outro lugar. Assim, multiplicava-se a produção de peças iguais [...] (SERRA et al., 2005, apud VASCONCELOS, 2002).

As peças pré-fabricadas separadas por papel parafinado podem ser vistas na figura 1. Ainda, segundo Vasconcelos (2002), a construtora Mauá iniciou a pré-fabricação das peças no canteiro da fábrica do Curtume Franco-Brasileiro, que possuía uma estrutura leve, com tesouras em forma de viga Vierendeel, conforme figura 2.

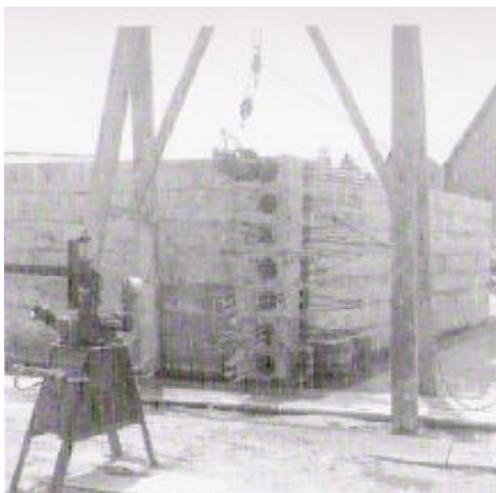


Figura 1 - Peças pré-fabricadas separadas por papel parafinado.

Fonte: SERRA et al., 2005, apud VASCONCELOS, 2002.

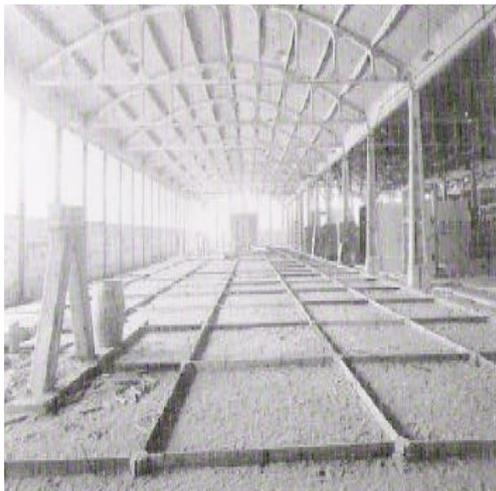


Figura 2 - Galpão industrial com vigas Vierendeel de concreto armado.

Fonte: SERRA et al., 2005, apud VASCONCELOS, 2002.

3- COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO

3.1- Fachadas pré-moldadas

A cultura brasileira em relação à construção civil ainda é forte em relação a aplicação da alvenaria tradicional em todas as fases de execução de uma obra, inclusive para fechamentos de parede, mesmo sabendo de seus pontos negativos, como a necessidade de retrabalho, desperdício de material e mão de obra. Tal cultura então se torna uma barreira a ser quebrada em relação à implementação de sistemas novos e modernos, como as fachadas pré-moldadas de concreto.

Segundo Barros (1998) e Sabbatini (1998), o tradicional modo de levantamento em alvenaria tem sido a única forma de vedação utilizada de modo fundamentado no Brasil. Na construção de edifícios de qualquer natureza, as fachadas pré-moldadas, além das funções de fechamento, podem ser construídas como elemento estrutural (alvenaria estrutural), ou para travamento de estruturas de concreto armado, conforme figura 3.



Figura 3 – Centro de compras de Porto Alegre com fechamento em pré-moldado de concreto.

Fonte: TUTIKIAN e SANTOS, 2008.

Segundo Acker (2002), os sistemas de fachadas pré-moldadas constituem uma solução rápida e econômica, uma vez que é dispensado o uso de pilares e vigas para apoio, gerando ganho de tempo de produção e eliminação de desperdício de recursos e mão de obra. Outro benefício é o fato da construção ficar protegida internamente num estágio bem inicial da obra.

3.2- Vigas e colunas pré-moldadas

Componentes considerados de alta resistência devido a suportar esforços de estrutura, as vigas e colunas pré-moldadas, consideradas o esqueleto da edificação, são talvez os elementos com maior incidência de utilização da construção de edificações diversas.

Acker (2002), afirma que as estruturas de esqueletos pré-moldados são geralmente compostas por elementos com padrões definidos. Estes podem ser descritos com tamanho e formas distintas, como vigas retangulares, vigas I, vigas T e tantos outros.

Os benefícios destes componentes pré-moldados são de grande valia para a construção, trazendo muita agilidade devido ao único processo de montagem por acoplamento. Além disso, não geram resíduos de concreto e madeira oriundos da necessidade de fabricação de fôrmas e concretagem, etapas estas que exige tempo, espaço físico e mão de obra para realização.

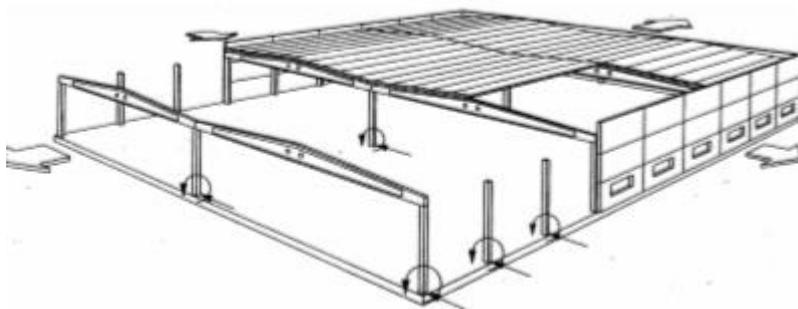


Figura 4 – Estrutura aperticada estabilizada pela ação em balanço dos pilares.

Fonte: Acker (2002),

3.3- Pisos / lajes pré-moldadas

Classificação dos pisos e lajes pré-moldados se caracterizam pela sua produção, sendo total ou parcialmente pré-moldados, o que pode beneficiar nas etapas de construção do projeto. Os parcialmente pré-moldados são compostos por uma parte fabricada na indústria e outra parte no local. Já os pré-moldados, como os pisos e lajes, são totalmente fabricados na indústria. Para tais elementos, pode-se adicionar uma camada de cobertura de concreto no local, aumentando-se ainda mais sua resistência, conforme se observa na figura a seguir:

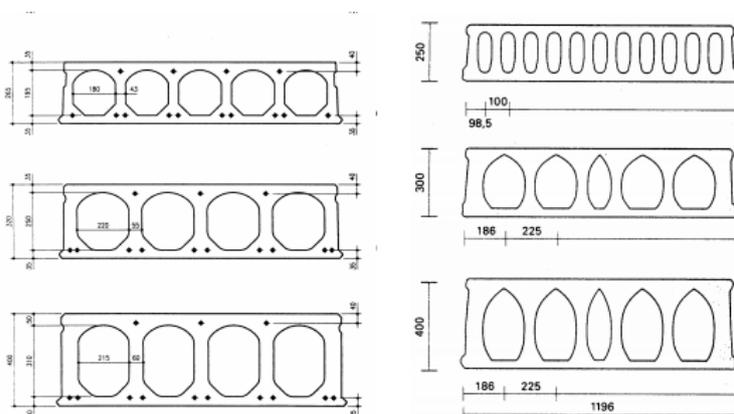


Figura 05 – Seções transversais típicas de lajes protendida pré-moldada.

Fonte: Acker (2002)

3.4- Escadas pré-moldadas

Dentre as várias possibilidades de elementos pré-moldados de concreto, as escadas se destacam devido a qualidade de acabamento e custo baixo em relação as construídas no local, pois eliminam as etapas de fôrma e concretagem, que de-

mandam mão de obra e tempo para serem executados. Como são elementos industrializados com alto grau de acabamento, podendo variar o acabamento do liso ao polido, as escadas pré-moldadas vêm ganhando espaço nas construções de grande porte devido a essas características positivas.

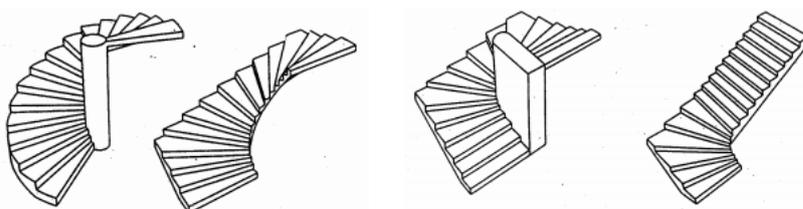


Figura 06 – Seções transversais típicas de lajes protendida pré-moldada.

Fonte: Acker (2002).

3.5- Elementos para coberturas pré-moldadas

Estes elementos são basicamente utilizados em construções comerciais e industriais, complexos esportivos e outros de grande porte. Os elementos de cobertura destacam-se pela diversidade de modelos e características, como, por exemplo, as nervuradas, dobradiças em chapas, com asa simples ou duplos.

Podemos citar, como principais características, a leveza, resistência e durabilidade, provenientes de suas seções esbeltas, com grandes vãos; e superfície inferior lisa e bem acabada.

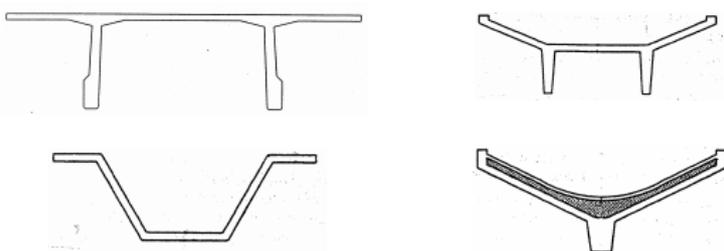


Figura 07 – Elementos maciços de concreto (lajes).

Fonte: Acker (2002)

4- NORMATIZAÇÃO

Desde a publicação da ABNT NBR 9062, primeira Norma brasileira direcionada às estruturas pré-moldadas de concreto, datada em 1985, muitos avanços foram registrados após sua implementação prática. A revisão de 2006 trouxe o estabelecimento de tolerâncias para as dimensões dos elementos estruturais, possibili-

tando sintonia entre as fases de projeto, produção e montagem das estruturas, o que certamente merece destaque pela melhoria gerada nas relações entre as partes envolvidas no processo construtivo.

A norma estabelece requisitos específicos para o controle de liberação da protensão e da desfôrma dos elementos pré-moldados, cujo atendimento possibilita sua movimentação, transporte e colocação na estrutura sem danos ao seu desempenho inicial e ao longo da vida útil. Deve-se também atentar para as seguintes normas brasileiras: NBR 6118/2014, NBR 7211/2009, NBR 7212/2012, NBR 7480/2007, NBR 7481/1990, NBR 12655/2015, NBR14931/2004.

5- FABRICAÇÃO DOS COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO

Os componentes pré-moldados podem ser produzidos no próprio canteiro de obras onde serão instalados definitivamente, assim como podem ser produzidos fora do canteiro de obras numa central de produção. É possível ainda, que sejam fabricados de forma industrial, por empresas especializadas em pré-moldados de concreto, o que é mais comum para componentes de grande porte como vigas, colunas e fachadas. Essa fabricação é feita em fôrmas/moldes dimensionados de acordo com a especificação de cada componente do projeto.

É através de uma dosagem experimental que os agregados do concreto são misturados e cuidadosamente estudados, sendo que as propriedades e qualidades dos materiais são avaliadas em função das características e desempenho do concreto especificado no projeto. Estes agregados possuem dimensões máximas inferiores a 20mm (DAWSON, 1995 e KISS, 2000).

5.1-Fôrmas e moldes

As fôrmas/moldes são adaptadas às formas e dimensões das peças fabricadas. Estas seguem como parâmetro as tolerâncias estabelecidas na tabela 01. Podem ser construídas de aço, alumínio, concreto ou madeira, revestido ou não de chapas metálicas, fibra, plástico ou outros materiais que atendam às características exigidas. Aqui já destaca-se uma característica muito positiva em relação as fôrmas, que é o reuso destas, tanto para novas fabricações como se necessário alguns ajustes para serem novamente utilizadas, não gerando resíduos como no método tradicional de fabricação no local.

Alguns componentes pré-moldados já são fabricados com revestimentos exigidos no projeto, principalmente as fachadas pré-moldadas. Sendo assim, um padrão é definido para moldagem nas formas. Esta etapa é realizada com uma camada de acabamento incorporado ou um molde texturizado posicionado no interior de cada forma.

A geometria e a forma do painel de concreto são antecipadamente determinadas em projeto, considerando os fatores de produção e manuseio. Nesta fase deve-se reduzir a quantidade de tipos de painéis a serem utilizados, para ser possível garantir a padronização na produção, reduzindo então custos e desperdícios de recursos e mão de obra. É através de padronização que se ganha velocidade no processo produtivo de fabricação de componentes pré-moldados, minimizando o detalhamento de projeto, mão de obra e até mesmo a reutilização dos moldes (DAWSON, 1995).

Algumas propriedades e requisitos são obedecidos para atendimento à função designada de fabricação de componentes, são eles: resistência à deformação; estanqueidade; resistência mecânica, em relação a ruptura; segurança e economia; não aderência ao concreto, devido a desforma; vedações e outros.

A tabela 1 abaixo mostra as tolerâncias de fabricação para as formas, com base na NBR 9062/2006.

	Seção ou dimensão		Tolerância
	Painéis, lajes, escadas, e elementos em placa	Comprimento	$L \leq 5 \text{ m}$
$5 \text{ m} < L \leq 10 \text{ m}$			+/- 15 mm
$L > 10 \text{ m}$			+/- 20 mm
Espessura		- 5 mm, + 10 mm	
Planicidade		$L \leq 5 \text{ m}$	+/-3mm
		$L > 5 \text{ m}$	+/- L/1000
Distorção:		Largura ou altura $\leq 1 \text{ m}$	+/-3 mm a cada 30cm
		Largura ou altura $> 1 \text{ m}$	10 mm
Linearidade		+/- L/1000	

Fonte: Autores (adaptação de CARNEIRO, 2013, p.67).

5.2-Armadura

A armadura é o componente estrutural da estrutura de concreto armado que se forma pela junção de peças de aço de acordo com cada formato de componentes de concreto. Para cada tipo de pré-moldado de concreto as armaduras são diferentes, devido à geometria específica de cada componente. Aplica-se o disposto na NBR 6118/14 as exigências relativas à seção transversal, ao espaçamento das barras, ao dobramento e fixação das barras e às suas emendas, à armadura de suspensão e às peças cintadas no caso de armadura não protendida. Na figura 08 é possível verificar a montagem de armadura.



Figura 08 – Execução de armadura de painel.

Fonte: DAWSON, 1995.

5.3-Concreto

Para a fabricação de componentes pré-moldados, diversos tipos de concreto são utilizados, porém o que mais se adapta a essa técnica é o concreto auto-adensável, que tem como característica a propriedade de preenchimento dos vazios apenas pelo seu próprio peso, sem necessidade de formas ou técnicas para adensamento ou vibração.

De acordo Acker (2002), o concreto auto-adensável (CAA) é uma solução nova e promissora muito bem aplicada para o processo de pré-fabricação dos componentes pré-moldados, pois a alta resistência está focada na otimização do desempenho do produto (resistência e durabilidade).

O concreto CAA apresenta muitas vantagens, tais como: menos barulho durante o processo de moldagem dos elementos pré-moldados; menor pressão nas formas; maior rapidez e facilidade no processo de moldagem, principalmente para seções delgadas e complicadas, gerando menos bolhas de ar na superfície da peça, sendo fácil de bombear. Segundo a NBR 9062/06:

Aplica-se o disposto na ABNT NBR 12655 com relação à resistência do concreto, à medida dos materiais, à dosagem e mistura do concreto e ao seu controle e recebimento. Não é permitido amassamento manual do concreto. Aplica-se o disposto na ABNT NBR 7212 com relação a execução de concreto dosado em central.

5.4-Transporte e içamento

Uma particularidade da aplicação de componentes pré-moldados na construção civil é a exigência de equipamentos de transporte e guindar como parte integrante de todo o processo produtivo. O transporte dos componentes somente é realizado no percurso fábrica até a obra, através de veículos de carga. Já dentro do canteiro de obra, os componentes pré-moldados são içadas por um equipamento de guindar.

Durante o içamento exige-se um cuidado especial, pois para cada componente a forma de içamento pode variar de acordo com o peso e a geometria de cada um. As dimensões dos painéis e seu peso são limitados por dificuldades práticas de transporte e manuseio.

Segundo a NBR 9062 (ABNT, 2006), o transporte deve ser efetuado em veículos apropriados às dimensões e peso dos elementos pré-moldados, levando-se em consideração as solicitações. O carregamento dos veículos deve ser efetuado com cuidado, utilizando-se dispositivos de apoio adequado para não danificar os elementos de concreto. Os elementos dispostos em uma ou mais camadas devem ser devidamente escorados para impedir tombamentos, deslizamentos longitudinais e transversais durante as partidas, freadas e trânsito do veículo. A superfície de concreto deve ser protegida, para não ser danificada, nas regiões em contato com cabos, correntes ou outros dispositivos metálicos. A figura 09 mostra o transporte dos painéis.



Figura 09 – Transporte de painéis pré-moldados de concreto.
Fonte: TÉCHNE, 2011.

6- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS COMPONENTES DE CONCRETO PRÉ-MOLDADOS

São várias as características físicas presentes nos componentes de concreto pré-moldado. Inicialmente, podemos citar as texturas, como componentes pré-moldados vantajosos, que permitem uma grande variação de texturas superficiais (externas e internas), possibilitando também a eliminação da etapa de acabamento superficial, reduzindo tempo e mão de obra.

As superfícies dos componentes pré-moldados são incorporadas na fase de fabricação nas fôrmas, através de relevos texturizados ou revestimentos com agregados imitando características finais de vários tipos de revestimentos, como pedras naturais, blocos de concreto e alvenarias de tijolos aparentes, conforme observa-se figura 10.



Figura 10 – Textura simulando revestimento de pedra.
Fonte: TUTIKIAN e SANTOS, 2008.

Uma outra característica é a resistência ao fogo, devido às suas propriedades minerais e térmicas. Os componentes de concreto pré-moldado maciços possuem essa característica devido a geometria e espessura dos mesmos, propiciando assim uma maior resistência a altas temperaturas (SILVA e SILVA, 2004).

Por fim, podemos citar a propriedade acústica como uma característica de muita importância, principalmente em construções residenciais. A capacidade de isolamento de ruídos propagados no ar depende da massa dos componentes pré-moldados. Os painéis de fachadas pré-moldadas, por exemplo, possuem essa particularidade devido às dimensões e espessura do concreto maciço (ACKER, 2002).

A NBR 15575-4/2013, apresenta os requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico entre o meio externo e interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns.

7- PATOLOGIAS COMUNS EM COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS

As manifestações patológicas podem causar danos de durabilidade e resistência mecânica nos componentes pré-moldados, assim como em toda estrutura de concreto, desde a recém-produzida, até algum tempo depois de seu uso. Porém, as maiores incidências e causas de manifestações patológicas são originadas no momento de preparo, aplicação e deslocamento do elemento pré-fabricado, ou seja, durante o início do processo construtivo (FACHINETTO e CAMARGO, 2002). Dentre tais problemáticas, as principais são as manchas, bolhas, fissuras, rompimento e retração.

As medidas terapêuticas de correção dos problemas tanto podem incluir pequenos reparos localizados, quanto uma recuperação generalizada da peça, caso a estrutura já esteja comprometida. Existem inúmeros materiais de recuperação de falhas no concreto, porém o custo desses materiais é extremamente elevado para aplicação (HELENE, 1992).

7.1- Manchas

Segundo Fachinetti e Camargo (2002) é comum utilizar óleos e graxas residuais da indústria mecânica para a desmoldagem do concreto. Esses produtos, por possuírem muitas impurezas, podem provocar manchas escuras na estrutura de concreto pré-fabricado. Existem no mercado nacional desmoldantes específicos que não mancham, de acordo com a tabela 2, que apresenta alguns destes produtos recomendados.

Tabela 2 – Tabela de Desmoldantes.

Base Química	Nome	Tipo de Forma	Rendimento Aproximado	Fabricante
Óleo Mineral	Desmoldante	Madeira	50m ² /L	Anchortec
	Pronto	Metálica		Fosroc
Óleo Mineral	Ortolan 710	Madeira	80m ² /L	MC-
		Metálica		Bauchemie
Óleo Mineral	Desmoldante	Madeira	70m ² /L	Rheotec
	Pronto	Metálica		
Óleo Mineral	Reofinish FR	Madeira	10m ² /L	BASF
	350	Metálica		
Óleo de maio aquoso	Reebol	Madeira	50m ² /L	Anchortec
		Metálica		Fosroc
Óleo de maio aquoso	Botatop DM	Madeira	50m ² /L	Botament
		Metálica		
Óleo de maio aquoso	Desmol	Madeira	80m ² /L	Otto
		Metálica		Baumgart
Óleo de maio aquoso	Separol Top	Madeira	100m ² /L	Sika S.A.
		Metálica		
Hidrocarbonetos parafínicos	Cera Desmoldante Otto	Madeira	15m ² /L	Otto
		Metálica		Baumgart
Hidrocarbonetos parafínicos	Desformit	Madeira	15m ² /L	Wolf Hacker
		Metálica		
Óleo Vegetal	Separol Metal	Madeira	80m ² /L	Sika S.A.
		Metálica		

Fonte: FACHINETTO e CAMARGO, 2002.

7.2- Bolhas

Segundo Fortes (2004), o aparecimento das bolhas em concreto pré-fabricado é consequência do tipo de desmoldante utilizado nas fôrmas. Já Rodrigues (1995), acredita que as bolhas em estruturas de concreto estão relacionadas ao excesso de água na produção de concreto.

A utilização de óleos e graxas residuais para a desmoldagem do concreto leva a retenção de água superficial, dando origem a bolhas e vazios depois do concreto endurecido, ou seja, eles permitem a adesão das bolhas ao desmoldante. O ideal é que a bolha atinja a superfície e possa escapar. Essa oportunidade ocorre quando as misturas não são muito coesas (FACHINETTO, 2002).

O concreto com bolhas fica mais sujeito à penetração de umidade e gases, que podem atingir e comprometer a estrutura com o passar do tempo.

7.3- Fissuras e rompimentos

São dois os motivos básicos para o aparecimento de fissuras, a cura mal executada e ou a utilização de material de forma inconveniente para a preparação do concreto. Fissuras e trincas na superfície do concreto diminuem a durabilidade da peça, pois aumentam a sua permeabilidade e podem diminuir a sua resistência (HELENE, 1992).

Os rompimentos originam-se basicamente na ocasião da desmoldagem, ou antes do concreto atingir a resistência ao manuseio. A má desmoldagem pode acontecer pela utilização de desmoldante incompatível com a forma. Ao extrair as peças antes da idade mínima, mesmo com o traço pré-estudado algumas podem quebrar (FACHINETTO, 2002).

7.4- Retração

A retração é a redução das dimensões do concreto, que segundo Giamusso (1992) é devido à perda de água por retração hidráulica ou por secagem, e redução de volume dos produtos de hidratação (retração autógena). É a diminuição de volume dos vasos capilares do concreto devido à perda d'água. Quanto mais água e quanto mais ar estiver contido no concreto, maior será a retração. Tal redução provocada pela retração causa tensões de tração que podem gerar fissuras no concreto.

[...] nos processos tradicionais de pré-fabricação, o calor gerado pela energia elétrica e o vapor de água são amplamente utilizados para acelerar as reações de hidratação do cimento e obter resistência adequada para a desforma das peças, que ocorre após algumas horas do lançamento do concreto (TERZIAN, 1992).

8- BENEFÍCIOS E LIMITAÇÕES

Diante a evolução do sistema construtivo na indústria da construção civil, que visa aprimoramentos nos processos e agilidade nas etapas de construção (funda-

ção, infraestrutura e acabamento), os componentes pré-moldados de concreto armado vêm ganhando espaço e melhorias, principalmente como revestimento incorporado e parte estrutural. Esse revestimento elimina as etapas de revestimento externo, permitindo até mesmo uma maior variedade de benefícios e soluções arquitetônicas (SILVA, 1999).

Aplicar na construção de edificações componentes pré-moldados de concreto durante cada fase da obra traz muitos benefícios, dentre os quais se destaca o ganho de tempo devido a agilidade na montagem, que pode ser maior em relação ao processo comum de fabricação de formas para concretagem. Isso se dá pelo fato do processo de fabricação dos componentes pré-moldados serem realizados no planejamento de execução de uma edificação, ou seja, sendo somente montados “in loco”.

Ademais, de acordo com HARRIMAN, 1991, outros benefícios também são característicos dos componentes pré-moldados de concreto, a citar: vantagens econômicas devidas à possibilidade de padronização; resistência ao fogo, inércia térmica e acústica, boa relação resistência/peso próprio; variedade de dimensões e acabamentos (revestimentos); durabilidade compatível com a vida útil de projeto, necessitando de poucas intervenções de manutenção; revestimentos que podem ser incorporados na própria fabricação; possibilidade de emprego de componentes com função estrutural (vigas, colunas e fachadas) e Instalação de caixilhos e/ou material de isolamento na fábrica.

Para que o processo de aplicação de componentes pré-moldados realmente seja competitivo com o sistema de alvenaria tradicional, deve-se fazer uso de um bom planejamento, além, é claro, de contar com um bom sistema logístico. Em muitos casos, isso pode ser considerado como uma desvantagem se não bem planejado antecipadamente. Dependendo da localidade de execução do projeto, poderá ocorrer falta de profissionais qualificados, sendo preciso trazer de outras regiões, fato este que onera os custos de projeto e se torna também uma desvantagem.

9- METODOLOGIA

Para desenvolvimento deste estudo, foi utilizado os métodos científicos descritivo e qualitativo, a fim de demonstrar os diversos benefícios possíveis quanto a aplicação dos componentes pré-moldados de concreto na indústria da construção

civil. Segundo Jung (2003), a pesquisa bibliográfica “[...] tem por finalidade conhecer as diferentes formas de contribuição científica que se realizaram sobre determinado assunto ou fenômeno”

Sendo assim, foram realizadas pesquisas por meio de artigos acadêmicos, revistas científicas e catálogos de fabricantes de componentes pré-moldados, de forma enriquecer a demonstração das benfeitorias do processo construtivo com aplicação de componentes pré-moldados de concreto.

10-ANÁLISE E DISCUSSÕES

Com base nos estudos envolvidos nesta pesquisa, considerando as características físicas e as propriedades diferenciadas dos elementos pré-moldados, assim como os ambientes externos em que estes são projetados, fabricados e transportados, fica evidente a clareza positiva dos benefícios trazidos pelo emprego de componentes pré-moldados de concreto nas etapas de construção de edificações.

Resta claro que os benefícios são importantes tanto para o usuário quanto para o cliente final, que busca qualidade no produto que está adquirindo e velocidade no processo de construção, onerando custo para se tornar acessível.

Desde os anos 1860 e 1970, o uso de elementos pré-moldados de concreto vem tendo um impulso na industrialização da construção civil, contribuindo para o avanço da tecnologia, com melhorias constantes no desempenho, flexibilidade, moldagem e montagem dos mesmos.

São as características do concreto pré-moldado que diretamente possibilitam benefícios de extrema importância nas fases mais críticas da construção, como para redução do tempo de execução e mão de obra, bem como na diminuição do desperdício de material e matéria prima.

Segundo Acker (2002), inicialmente, empregar essa inovação está ligado ao nível de desenvolvimento do país ou região, o que favorece a valorização de mão de obra, máquinas e equipamentos. Este fato é de fácil constatação se compararmos os custos de homem hora trabalhada em regiões que sejam mais ou menos desenvolvidas.

Se observarmos o custo de cada hora trabalhada de um operário da construção civil em alguns países da Europa, estes podem ser superiores em até cinco ve-

zes, se compararmos com a hora trabalhada de um operário no Brasil, conforme figura 11 abaixo.

Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, se comparado com o cenário mundial, o uso de todo o concreto destinado a fabricação de componentes pré-moldados e pré-fabricados no Brasil é inferior a 5%, enquanto outros países, principalmente os da Europa esse valor pode se elevar em até 10 vezes mais.

A escassez de mão de obra qualificada no Brasil é um fator negativo que leva ao processo de construção tradicional.

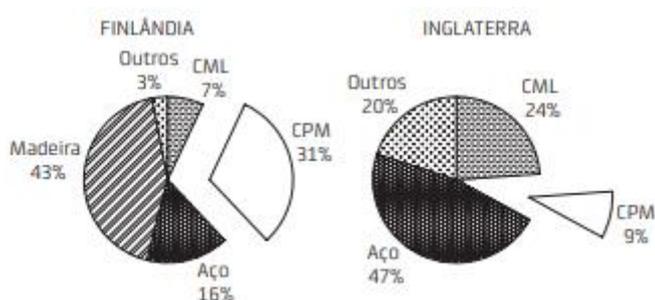


Figura 11 – Utilização do CPM e de outros materiais na construção de edifícios novos na Finlândia e na Inglaterra. Fonte: ACKER, 2002.

11-CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de componentes pré-moldados de concreto na construção civil é uma excelente opção quanto ao atendimento da demanda de construções que precisam ser executadas com maior rapidez, agregando redução de custo com mão de obra e matéria prima, e minimização ou eliminação de desperdício. Porém, a questão cultural da população, que engloba construções de pequeno e grande porte, ainda é bem vinculada ao processo de alvenaria tradicional de bloco cerâmico ou de concreto, o que compromete estes quesitos durante as etapas de construção.

O sistema produtivo com elementos pré-moldados é um modelo de trabalho e projeto inovador para os construtores, todavia deve ser estudado e ajustado de acordo com cada realidade, levando em consideração os benefícios que o sistema apresenta e que pode ser melhorado, trazendo assim, os resultados esperados durante o desenvolvimento do projeto.

Desta forma, o estudo da tecnologia aqui exposta, caracteriza-se como uma opção de agilidade e redução de custo para a construção de edificações habitacio-

nais, comerciais, hoteleiras e industriais, considerando um projeto como inovador que se difere do sistema convencional. Diante das características positivas em todo o estudo aqui mencionado, considera-se que o uso de componentes pré-moldados de concreto no processo produtivo na indústria da construção torna-se economicamente viável, sustentável, eficiente, ágil e de alta qualidade por ser industrializado e pré-fabricado, o que possibilita maior desempenho nas etapas de execução.

Referências

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Relatório de Avaliação dos Esforços para Implantação da Coordenação Modular no Brasil*. Brasília, 2010.
- ACKER, Arnold Van. *Manual de Sistemas Pré-Fabricados de concreto*. Federação Internacional do Concreto. Bélgica, 2002.
- ANDRIOLO, F.R. *Construções de concreto: Manual de prática para controle e execução*. São Paulo: Pini, 1984.
- ARROYO, S. Pérez. *Industrializar: Informes de La Construcción*. Volume: 61/513. Jan/Mar. Madrid, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado*. Rio de Janeiro, 2006.
- _____. *NBR 15575-4: Desempenho de edifícios habitacionais até cinco andares. Sistemas de vedações verticais internas e externas*. Rio de Janeiro, 2008.
- BARROS, M.M.S.B. *O desafio da implantação de inovações tecnológicas no sistema produtivo das empresas construtoras*. In: Tecnologia e gestão na produção de edifícios: seminário vedações verticais. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1998. p.249 – 285.
- CARNEIRO, Laísa do Rosário Souza. *Estudo geral dos principais sistemas estruturais em concreto pré-moldado no Brasil: Análise dos principais aspectos normativos, de custo, e tempo de execução em duas obras na cidade de Belém-PA*. 2013. 167f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade da Amazônia, Belém-PA. 2013.
- DAWSON, Susan. *Cast in Concrete: Reconstructed stone and precast concrete – A guide for architects*. London: Architectural Cladding Association, 1995. 99p.
- DEBS, Mounir Khalil El. *Concreto Pré-moldado: Fundamentos e aplicações*. 441p. São Carlos: EESC-USP, 2000.
- FACHINETTO, F.; CAMARGO, L. de. *Estudo comparativo da permeabilidade em concretos pré-moldados em função do fator água/cimento e consumo de cimento*. Trabalho de conclusão de curso – CEFET-PR. Curitiba, 2002.
- FORTES, A. S; PADARATZ, I. J. *Patologia em estruturas pré-fabricadas de concreto em Florianópolis*. Anais do 46º IBRACON. Florianópolis, 2004.
- GIAMMUSSO, S. E. *Manual do concreto*. São Paulo: Pini, 1992.
- HELENE, P. R. L. *Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto*. 2ª Edição. São Paulo: Pini, 1992.

JUNG, Carlos Fernando. *Metodologia Científica: Ênfase em Pesquisa Tecnológica*. 3ª Edição. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2003. Disponível em: <http://www.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodologia_cientifica....pdf>. Acesso em: 26 nov. 2015.

KISS, Paulo. *Tem que casar: Fechamento com painéis arquitetônicos pré-moldados são vantajosos quando há interação com outros sistemas industrializados*. Revista Técnica, São Paulo, n.º 44, p. 20 – 23, Jan./Fev. 2000.

ORDONÉZ, José Antonio Fernandez. *Pre-fabricacion: teoría y práctica*. V.1. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1974.

ORDONÉZ, José Antonio Fernandez; DONIAK, Íria Lícia Oliveira. *Industrialização em concreto – solução para o desenvolvimento habitacional*. Revista Concreto e Construções, São Paulo, Edição 59. p.21-16. Jul/Ago/Set 2010.

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

RODRIGUES, P. P. F. *Parâmetros de dosagem do concreto*. Associação Brasileira de Cimento Portland, ET. 67. 2ª Edição. São Paulo-SP, 1995.

SABBATINI, F.H. *As fissuras com origem na interação vedação estrutura*. In: Tecnologia e gestão na produção de edifícios: Seminário vedações verticais. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1998. p.169 – 186.

SABBATINI, Fernando Henrique. *Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia*. 1989. Tese (pós Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1989.

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

SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. de A.; PIGOZZO, B. N. *Evolução dos pré-fabricados de concreto*. In: Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em concreto Pré-moldado, 1º. 2005, São Carlos. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/1enppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf>. Acesso em: 22 out. 2015.

SILVA, M.G. *Influência da cura térmica em pastas e argamassas de cimentos de escória de alto-forno*. São Paulo: 1998. 232 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

SILVA, Maristela Gomes da; SILVA, Vanessa Gomes da. *Painéis de Vedação*. 59f. 2ª Edição. IBS/CBCA: Rio de Janeiro, 2004. Série do Manual de Construções em Aço.

SILVA, V.G. *Alternativas racionalizadas para vedação de estruturas metálicas*. Vitória: 1999. Notas de aula de curso homônimo, promovido pelo NEXEM/UFES.

STURM, E.R., et al. *Design and Typical Details of Connections for Precast and Prestressed Concrete*. 2ª Edição. PCI: Chicago, 1988.

TÉCHNE. *Sistemas construtivos: Painéis estruturais pré-moldados maciços de concreto armado para execução de paredes*. Fernando Benigno da Silva. São Paulo: Editora PINI, nº 180. Dezembro/2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/180/artigo286898-1.aspx>> . Acesso em: 25 set. 2015.

TERZIAN, P. *Manual de dosagem e controle de concreto*. PINI Editora. São Paulo, 1992.

TUTIKIAN, B.F; DAL MOLIN, D.C; CREMONINI, R.A.; LAMARCA, R.L.M.; VIECILI, F.A. *A comparison of production costs using concrete and self-compacting concrete in Brazilian precast*. In: Fourth International RILEM Symposium on Self-compacting Concrete. Chicago, EUA, 2005.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; SANTOS, Valdir Manoel Scors dos. *Tecnologia de fachadas pré-moldadas em concreto arquitetônico auto-adensável*. In: Concurso Falcão Bauer de Inovação Tecnológica para Habitação e Construção Sustentável, 15º. Rio Grande do Sul, 2008. **Anais...** Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: <http://www.cbic.org.br/premioinovacoesustentabilidade/banco_inovacoes_15.php> . Acesso em: 10 out. 2015.

UEHARA. Fabio Nori; FERREIRA, Marcelo de Araújo. *Critérios de Projeto para ligações entre painéis de fachada e estrutura*. In: Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em concreto Pré-moldado, 1º. 2005, São Carlos. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/151.pdf>. Acesso em: 22 out. 2015.

VASCONCELOS, Augusto. Carlos de. *O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações*. Volume III. São Paulo: Studio Nobel, 2002.