

## Uma revisão sobre os aspectos de projeto de peças pré-fabricadas

### A review of the design aspects of prefabricated parts

DOI:10.34117/bjdv8n4-083

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

#### **Matheus Henrique Morato de Moraes**

Engenheiro Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Endereço: Rod. Washington Luiz, s/n - Monjolinho, CEP: 13565-905 - São Carlos - SP

E-mail: matheus.h.h@hotmail.com

#### **Wanderlei Malaquias Pereira Junior**

Doutor em Ciências Exatas e Tecnológicas, Departamento de Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal de Catalão - UFCAT

Endereço: St. Universitário, CEP: 75705-220 - Catalão - GO

E-mail: wanderlei\_junior@ufcat.edu.br

#### **Geraldo Magela Gonçalves Filho**

Engenheiro Civil, Departamento de Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal de Catalão - UFCAT

Endereço: St. Universitário, CEP: 75705-220 - Catalão - GO

E-mail: geraldo.magela1905@hotmail.com

#### **Rafael Diman**

Engenheiro Civil, Departamento de Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal de Catalão - UFCAT

Endereço: St. Universitário, CEP: , 75705-220 - Catalão - GO

E-mail: rafaeldiman@gmail.com

#### **Gustavo Gonçalves da Costa**

Engenheiro Civil, Departamento de Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal de Catalão - UFCAT

Endereço: St. Universitário, CEP: 75705-220 - Catalão - GO

E-mail: gg\_costa\_26@hotmail.com

#### **Sylvia Regina Mesquita de Almeida**

Doutora em Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil e Ambiental

Instituição: Universidade Federal de Goiás - UFG

Endereço: Av. Universitária, Quadra 86, Lote Área 1488 - Setor Leste Universitário

CEP: 74605-220 - Goiânia - GO

E-mail: sylvia@ufg.br

#### **RESUMO**

Dada a ampla aplicabilidade do concreto pré-moldado nos diversos ramos da engenharia civil, e em consonância com o ideal de eficiência da sociedade moderna - produzir melhores resultados empregando menos material - o presente trabalho visa rever as fases do projeto de peças pré-

fabricadas e suas peculiaridades a partir do processo produtivo, no transporte, armazenamento e montagem, focando nas fases transitórias na qual será submetido, situações essas que não ocorrem no concreto moldado in loco. Para tanto, será apresentado de forma geral as situações transitórias aliadas as verificações de estado limite último e de serviço, mostrando e detalhando as condições de içamento para cada tipo de peça. A partir do exposto, é possível concluir que o concreto pré-moldado é a solução para diversos problemas atuais e possui espaço no mercado, principalmente brasileiro, requerendo assim um estudo aprofundado por parte dos novos engenheiros.

**Palavras-chave:** pré-moldado, projeto, fase transitória, peças pré-fabricada.

## ABSTRACT

Given the wide applicability of precast concrete in various branches of civil engineering, and in line with the ideal of efficiency of modern society - to produce better results using less material - this paper aims to review the stages of the design of precast parts and their peculiarities from the production process, transportation, storage and assembly, focusing on the transient phases in which it will be subjected, situations that do not occur in cast-in-place concrete. For this, it will be presented in general the transient situations together with the ultimate limit state and service checks, showing and detailing the lifting conditions for each type of part. A partir do exposto, é possível concluir que o concreto pré-moldado é a solução para diversos problemas atuais e possui espaço no mercado, mainly brasileiro, requerendo assim um estudo aprofundado por parte dos novos engenheiros.

**Keywords:** precast, project, transitional phase, precast parts.

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem tornado a sociedade cada vez mais preocupada com o tempo e espaço, otimizando o tamanho dos objetos, tornando-os mais eficientes e funcionais. Seguindo essa visão, a construção civil tem evoluído para a execução de construções mais ágeis e com ampla mecanização. Uma das soluções encontradas no âmbito da construção é utilização de peças em concreto pré-moldado.

Não é possível precisar a data em que se começou a utilização precisa de quando começou a ser utilizada a pré-moldagem, mas é possível correlacionar seu surgimento a descoberta do concreto armado. Devido ao fato de que o próprio concreto armado faz uso do processo de pré-moldagem em um local fora do seu uso (VASCONCELOS, 2002a).

As peças pré-moldadas apresentam inúmeras vantagens em relação as peças moldadas *in loco*. O concreto pré-moldado possui maior controle tecnológico por ser produzido em um ambiente similar ao ambiente industrial, sendo que esse permite o maior controle tecnológico. Outra vantagem se diz respeito a eliminação do conjunto de cimbramento visto que as peças ao fim da produção já estão com a resistência necessária para seu posicionamento no sistema estrutural.

Portanto a utilização das peças pré-moldadas mostra-se viável para esse ambiente de industrialização da construção e otimização do processo produtivo (DUARTE *et al.*,2017).

Logo esse artigo de revisão tem como objetivo apresentar os conceitos relativos ao projeto e fabricação de peças pré-moldadas.

## 1.1 DEFINIÇÕES GERAIS SOBRE O PROJETO DE PEÇAS PRÉ-FABRICADAS

É considerado como um elemento pré-moldado aquele que é previamente executado fora do local de utilização definida na estrutura NBR 9062 (ABNT, 2017). Esse conceito, apesar de parecido, não deve ser confundido com o de peça pré-fabricada, que é executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiro de obras, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

### 1.1.1 Histórico

A técnica de pré-moldar foi base para o desenvolvimento do concreto armado, tanto que as primeiras peças feitas dessa forma, como o barco de Lambot em 1848 e os vasos de Monier em 1849, foram elementos pré-moldados. A primeira narrativa da utilização desse processo construtivo foi em 1891 durante a execução do cassino Biarritz, na França, onde as vigas foram os elementos pré-moldados (DEBS, 2017). Entretanto a aplicação do pré-moldado ganharia força apenas 6 décadas depois no continente Europeu, devastado pela Segunda Guerra Mundial e com ampla necessidade de construção em larga escala para se recompor (ORDOÑEZ, 1974)

O emprego de elementos pré-moldados no Brasil em uma obra de grande vulto aconteceria apenas em 1926, na construção do hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro. O projeto foi executado pela construtora dinamarquesa Christiani – Nielsen, cuja execução das estacas nas fundações e cercas no perímetro reservada ao hipódromo, além de outros elementos, foram pré-fabricados em um canteiro minuciosamente projetado para atender as necessidades construtivas relacionadas a essa técnica.(VASCONCELOS, 2002b)

É possível dividir o emprego dos pré-fabricados ao decorrer do tempo em três fases (SALAS, 1988):

Entre 1950 a 1970: período com necessidade de construir diversos edifícios, dada a devastação causada pela Segunda Guerra Mundial. Nesse período as construções foram constituídas por componentes provenientes de um mesmo fornecedor, gerando o que ficou conhecido por ciclo fechado de produção;

Entre 1970 a 1980: essa fase foi marcada pela rejeição social a esse tipo de edificação, oriunda de alguns acidentes com edifícios construídos em painéis pré-fabricados. Dado a esse fato, houve também a revisão no conceito da construção pré-fabricada;

Pós 1980: dada a rejeição social e a deterioração funcional, ocorreu a demolição de conjuntos habitacionais executadas com sistemas pré-fabricados. Além disso, nesta fase houve também o estabelecimento do sistema de produção aberto, em que os componentes se tornaram compatíveis, mesmo de origens diversas.

Debs (2017) afirma que o pré-moldado continua sendo empregado na Europa e nos Estados Unidos, com constante aprimoramento no processo de execução dos elementos estruturais, favorecendo o sistema de ciclo aberto de produção

### 1.1.2 Aplicações

São amplas as possibilidades de emprego do concreto pré-fabricado na engenharia, suas aplicações vão desde peças isoladas até sistemas mais complexos como edifícios industriais, comerciais, habitacionais, em equipamentos urbanos de multiuso como hospitais e terminais de transporte. Existe a possibilidade de empregar o concreto pré-moldado na construção pesada, como nas pontes, viadutos, revestimento de túneis, galerias, obras portuárias e de usinas destinadas a geração de energia solar (DEBS, 2017). As aplicações do concreto pré-moldado são diversas visto que agilidade de execução é sua principal característica, a Figura 1 apresenta uma construção de um galpão com estruturas pré-moldadas.

Figura 1. Construção de galpão Pré-moldado em Santana de Parnaíba



Fonte: (OFICINA DE TEXTOS, [s.d.])

Outro exemplo de aplicação pode ser visualizado na Figura 2 a execução de uma ponte em Minas Gerais com uma estrutura pré-moldada

Figura 2. Lançamento de vigas pré-moldadas em ponte sobre o Rio Pará na MG-050



Fonte: (G37, 2019)

### 1.1.3 O processo produtivo da peça pré-fabricada

A descrição do processo produtivo das peças de concreto pré-fabricado pode ser divididas em 3 fases (MAIA, [s.d.]): atividades preliminares, execução e atividades posteriores.

As etapas introdutórias são constituídas pela preparação dos materiais, onde os mesmos são armazenados, matérias primas tais como agregados e aglomerantes, sucedida pela dosagem e mistura do concreto e finalizando com o preparo da armadura. Sucendendo para o transporte dos materiais até o local de produção. Chegando a execução da forma e armadura, prosseguindo para a aplicação de concreto e de a cura do mesmo, finalizando com a liberação da força de protensão, caso seja utilizado, e com a retirada do elemento da fôrma (desmoldagem).

Concluindo, com as atividades posteriores, correlacionadas ao transporte interno do elemento – caso seja produzido em fábricas e não *in loco*, isto é, a retirada da peça do local de desmoldagem para a área de armazenamento ou acabamento. Contudo, o período de armazenamento da peça deve ser o mínimo possível para não haver comprometimento do armazenamento de novas peças.

## 2 AS FASES TRANSITÓRIAS E PROJETO DE PEÇAS PRÉ-FABRICADAS

O projeto de peças em concreto pré-fabricado leva uma série de particularidades que não são consideradas nos projetos tradicionais para concreto moldado *in loco*. Tais parâmetros estão normalmente ligado as fases transitórias de projeto.

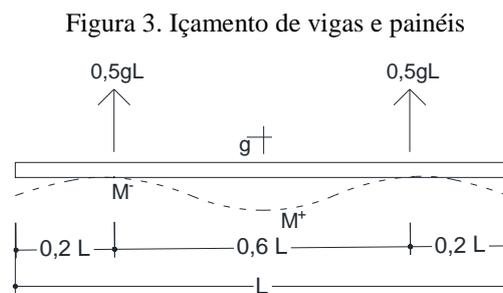
A fase transitória é inerente ao concreto pré-moldado e é dita como uma etapa intermediária ao uso da estrutura e que pode se tornar critica levando a peça a um Estado Limite (BORGHI *et al.* 2018). Segundo Lewick (1968) Krahl *et al.* (2015) e Mota (2005), deve-se levar em conta as diferentes fases como a fabricação nas pistas, armazenamento, transporte e montagem dos elementos.

Uma das preocupações dessas fases transitórias diz respeito a determinação dos esforços atuantes na estrutura que são diferentes dos que ocorrem em situação de serviço. A seguir são expostas algumas considerações a respeito desses critérios.

Para a NBR 9062 (ABNT, 2017), os dispositivos de içamento, também para manuseio e montagem, que estiverem em contato direto com a superfície do elemento ou ancorados no concreto necessitam, para considerações de projeto uma solicitação de cálculo no mínimo igual a quatro vezes a solicitação obtida para o peso próprio do elemento.

Sheppard e Phillips (1989) levantam algumas possibilidades de içamento nos elementos pré-fabricados prismáticos e suas solicitações de flexão oriundas de cada caso.

O primeiro caso em condições e elevação de vigas e painéis de laje e transporte de pré-moldados em geral. Onde tem-se uma distribuição favorável dos esforços de flexão, a condição é apresentada na Figura 3.



Fonte: Adaptado (SHEPPARD; PHILLIPS, 1989)

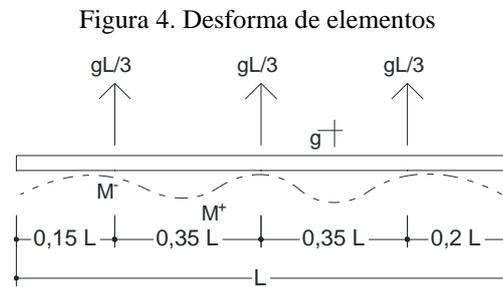
As solicitações de flexão propostas por Sheppard e Phillips (1989), na distribuição favorável dos esforços de flexão são mostrados na Equação (1(1):

$$\begin{aligned} M^+ &= 0,025 \cdot g \cdot L^2 \\ M^- &= -0,025 \cdot g \cdot L^2 \end{aligned} \quad (1)$$

Para o transporte geral de peças pré-moldadas a NBR 9062 (ABNT, 2017) recomenda a utilização de um coeficiente de amplificação dinâmica, para caso os quais a análise dinâmica não possa ser efetuada.

O coeficiente denominado  $\beta_a$ , faz uma consideração de forma aproximada a executar uma análise estática equivalente, o coeficiente  $\beta_a$  pode variar de 0,8 à 3 dependendo das condições da solicitar ações dinâmicas no manuseio, transportes e montagem dos elementos assim como descrito no item 5132 está norma NBR 9062 (ABNT, 2017).

Posteriormente o caso de desforma de elementos e transporte de peças pré-moldadas. Onde tem-se uma distribuição uniforme das reações, a condição é apresentada na Figura 4.

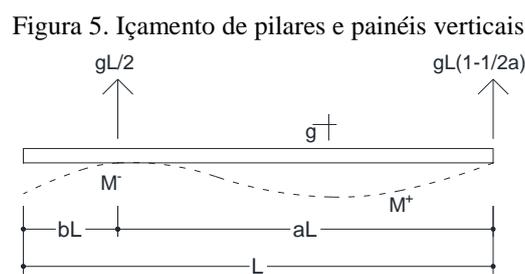


Fonte: Adaptado (SHEPPARD; PHILLIPS, 1989)

As solicitações de flexão propostas por Sheppard e Phillips (1989), na distribuição favorável dos esforços de flexão distribuição uniforme das reações são mostrados na Equação (2):

$$\begin{aligned} M^+ &= 0,006. g. L^2 \\ M^- &= -0,012. g. L^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Em seguida o caso de elevação de pilares e painéis verticais. Onde tem-se uma possibilidade de prumar os elementos com mais facilidade, a condição é apresentada na Figura 5.



Fonte: Adaptado (SHEPPARD; PHILLIPS, 1989)

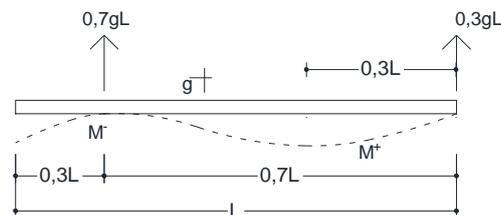
As solicitações de flexão propostas por Sheppard e Phillips (1989), no içamento de pilares são mostrados na Equação (3):

$$\begin{aligned} M^+ &= \left(1 - \frac{1}{2a}\right). g. \frac{L^2}{2} \\ M^- &= -0,56. b^2. g. L^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Para fases transitórias de vigas e pilares podem ser realizadas análises paramétricas, determinando assim valores limites de esbeltez entre outras características das peças. Além na verificação de limites para propriedades geométricas é necessária avaliação de vigas e pilares em suas diferentes situações transitórias avaliando suas considerações de falha de execução conforme Ribeiro (2017) e Krahl *et al.* (2015).

Concluindo com o caso de elevação de pilares e painéis verticais. Onde tem-se uma distribuição favorável dos esforços de flexão, a condição é apresentada na Figura 6.

Figura 6. Içamento de pilares e painéis verticais com esforços favoráveis a flexão



Fonte: Adaptado (SHEPPARD; PHILLIPS, 1989)

As solicitações de flexão propostas por Sheppard e Phillips (1989), no içamento de pilares são mostrados na Equação (4):

$$\begin{aligned} M^+ &= 0,043 \cdot g \cdot L^2 \\ M^- &= -0,56 \cdot b^2 \cdot g \cdot L^2 \end{aligned} \quad (4)$$

De qualquer forma em qualquer projeto de estruturas de concreto deve-se verificar o Estado Limite Último (ELU) e o Estado Limite de Serviço (ELS) das peças sejam estejam elas em situação de uso ou situação transitória, garantindo assim resistência, estabilidade e segurança conforme previsão da NBR 6118 (ABNT, 2014) e NBR 9062 (ABNT, 2017).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É perceptível a utilização de elementos pré-moldados na construção civil visando a economia de recursos naturais, além de proporcionar maior velocidade construtiva. Portanto os elementos pré-fabricados surgiram como uma nova possibilidade construtiva.

Os materiais pré-moldados possuem um vasto campo de aplicações, sendo utilizados de formas distintas, desde elementos de vigas até o uso em elementos de fundações como as estacas pré-fabricadas. Outra grande versatilidade está ligada a possibilidade de utilização aliada ao processo de protensão, visando ampliar a capacidade de desempenho em serviço dos elementos.

Portanto a conjuntura que embasa o estudo de peças pré-moldados torna-se pertinente de forma a ampliar o conhecimento acerca desse método construtivo, além de demonstrar a necessidade da ampla discussão sobre os aspectos projetuais das peças pré-fabricadas.

### **AGRADECIMENTOS**

Ao grupo de Pesquisa GPPE - Grupo de Pesquisa em Engenharia de Estrutura pelo apoio e disponibilidade.

### **RESPONSABILIDADE AUTORAL**

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto — Procedimento: NBR 6118**. Rio de Janeiro – RJ: ABNT, 2014.

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

BORGHI, Graziela Borges; LISBOA, Guilherme De Paula; ARAÚJO, Daniel De Lima.

ANÁLISE DA ESTABILIDADE LATERAL DE UMA VIGA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO PARA PONTE EM FASES TRANSITÓRIAS [ Analysis of lateral stability of precast concrete beams for bridges in transitory phases ]. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s. l.], v. 15, n. 1, 2018. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/49640>>. Acesso em: 8 set. 2019.

DEBS, Mounir Khalil El. **Concreto Pré-Moldado. Fundamentos e Aplicações**. Edição: 2ª edição-2ª edição revista e ampliada ed. [s.l.] : Oficina de Textos, 2017.

DUARTE, Elieber Lucas; ELMIR, José C. Júnior; PITOL, Aline Paula. AS PRINCIPAIS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO E SEUS PROCESSOS DE FABRICAÇÃO. [s. l.], v. 8, n. 1, p. 7, 2017.

G37. **Nascentes das Gerais dá sequência ao lançamento de vigas da nova ponte sobre o rio Pará na MG-050. - Portal G37 - Portal Jornal Blog Notícias de Divinópolis e do Centro-Oeste de Minas Gerais**. 2019. Disponível em: <<https://www.g37.com.br/c/nascentes-das-gerais-da-sequencia-ao-lancamento-de-vigas-da-nova-ponte-sobre-o-rio-para-na-mg-050/nascentes-das-gerais-da-sequencia-ao-lancamento-de-vigas-da-nova-ponte-sobre-o-rio-para-na-mg-050>>. Acesso em: 8 set. 2019.

KRAHL, P. A.; LIMA, M. C. V.; EL DEBS, M. K. Recommendations for verifying lateral stability of precast beams in transitory phases. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 763–774, 2015.

LEWICKI, Bohdan. **Edificios de viviendas prefabricadas con elementos de grandes dimensiones**. [s.l.] : Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento ., 1968.

MAIA, Camila Silva. **PRODUÇÃO EM FÁBRICA DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO E A MANUFATURA ENXUTA: ESTUDO DE CASO**. [s. l.], p. 22, [s.d.].

MOTA, Joaquim Eduardo. Projeto da Estrutura Pré-Moldada de Edifício do Instituto do Câncer do do Estado do Ceará. In: 1º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-

PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MODLDADO 2005, São Carlos. **Anais...** São Carlos

OFICINA DE TEXTOS. **As características do concreto pré-moldado | Comunitexto**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/as-caracteristicas-do-concreto-pre-moldado/>>. Acesso em: 8 set. 2019.

ORDOÑEZ, José A. Fernández. **Prefabricacion: teoría y práctica**. 1. ed. Bilbao: Urmo, 1974.  
RIBEIRO, Luísa Santos. **Análise da fissuração e das condições de vinculação de vigas pré-moldadas de concreto: estudo de caso**. 2017. Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Civil, Uberlândia - MG, 2017.

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

SHEPPARD, David A.; PHILLIPS, William R. **Plant-cast precast and prestressed concrete**. [s.l.] : McGraw-Hill, 1989.

VASCONCELOS, Augusto. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações. Volume III**. 2002a.

VASCONCELOS, Augusto Carlos De. **O concreto no Brasil**. São Paulo, SP: Studio Nobel, 2002. b.