

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MARCELO BRANDÃO FERREIRA  
OSCAR LOPES DE FARIA NETO**

**ESTUDO DE PATOLOGIAS RELACIONADAS A VÍCIOS DE  
PRODUÇÃO EM ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS DE  
CONCRETO ARMADO**

**ANÁPOLIS / GO**

**2015**

**MARCELO BRANDÃO FERREIRA  
OSCAR LOPES DE FARIA NETO**

**ESTUDO DE PATOLOGIAS RELACIONADAS A VÍCIOS DE  
PRODUÇÃO EM ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS DE  
CONCRETO ARMADO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADORA: ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO**

**ANÁPOLIS / GO: 2015**

## FICHA CATALOGRÁFICA

FERREIRA, M.B. ; FARIA NETO, O.L.

Estudo de Patologias Relacionadas a Vícios de Produção em Elementos Pré-Moldados de Concreto Armado [Goiás] 2015

60P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2015).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Pré-moldados	2. Racionalização
3. Construção civil	4. Patologias
I. ENC/UNI	II. Título (Série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FERREIRA, M.B.; FARIA NETO, O.L. Estudo de Patologias Relacionadas a Vícios de Produção em Elementos Pré-Moldados de Concreto Armado. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 60p. 2015.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marcelo Brandão Ferreira; Oscar Lopes de Faria Neto.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo de Patologias Relacionadas a Vícios de Produção em Elementos Pré-Moldados de Concreto Armado.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2015

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

---

Marcelo Brandão Ferreira  
E-mail: mbf\_10@hotmail.com

---

Oscar Lopes de Faria Neto  
E-mail: oscarneto\_@hotmail.com

**MARCELO BRANDÃO FERREIRA**  
**OSCAR LOPES DE FARIA NETO**

**ESTUDO DE PATOLOGIAS RELACIONADAS A VÍCIOS DE  
PRODUÇÃO EM ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS DE  
CONCRETO ARMADO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

**APROVADO POR:**

---

**ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, Doutora (UniEvangélica)**

---

**NOME DO MEMBRO DA BANCA, titulação (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**NOME DO MEMBRO DA BANCA, titulação (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.**

## **AGRADECIMENTOS**

Somos gratos a Deus pela força e sabedoria dadas para a conclusão deste trabalho. Aos nossos pais que sempre deram suporte necessário para que chegássemos até aqui. Aos amigos da TURMA V de Engenharia Civil da UniEvangélica, que passaram por muitos momentos bons e ruins durante esses 5 anos em que estudamos juntos. Agradecemos a nossa professora Ana Lúcia Carrijo pela orientação e compreensão durante todo o desenvolvimento do trabalho e a todos os outros professores pelos conhecimentos repassados ao longo do curso. A UniEvangélica que proporcionou toda a estrutura primordial para que concluíssemos o nosso objetivo.

## RESUMO

A utilização de elementos pré-moldados em concreto armado tomou proporções consideráveis nos últimos anos, devido às várias vantagens desse método de construção como: rapidez de execução da obra, versatilidade geométrica de estruturas e liberação do espaço físico do canteiro. Por esses motivos, a utilização dos pré-moldados é ideal para galpões industriais que geralmente necessitam de agilidade na entrega da obra. Entretanto, como qualquer produto industrializado, os pré-moldados exigem um controle de qualidade dos produtos comercializados, ou seja, os erros ou vícios na produção das peças podem resultar num produto defeituoso, com aspectos técnicos e estéticos não ideais para a estrutura que irão compor.

Em razão disso, foram realizados estudos apresentados neste trabalho para possibilitar o entendimento entre relação do processo de fabricação desses produtos bem como os materiais utilizados na produção com o aparecimento de defeitos ou patologias nas peças. Realizaram-se visitas a fim de relatar a realidade vista nas empresas que fabricam elementos pré-moldados de concreto armado, visando encontrar os possíveis erros cometidos por elas que justifiquem o aparecimento das patologias.

Pudemos identificar com as visitas realizadas, algumas ações inadequadas nas empresas, que estão relacionadas de acordo com os estudos, às manifestações patológicas nas peças recém-produzidas. Entre elas estão: a má limpeza das fôrmas, a pouca importância dada ao tipo de desmoldante utilizado, estocagem dos agregados em desacordo com as normas da ABNT, cura do concreto mal executada, desmoldagem prematura das peças etc. E ainda, observamos a falta de importância dada às manifestações patológicas tanto pelas empresas fabricantes, como pelos clientes. Fato que é explicado devido à falta de conhecimento de ambos os lados, já que as patologias oriundas do processo executivo dão a impressão de serem apenas problemas estéticos, entretanto podem servir para o aparecimento de problemas estruturais, colocando em risco a durabilidade e a segurança da estrutura.

**Palavras chave:** patologias, pré moldados, vícios de produção.

## ABSTRACT

The precast reinforced concrete use took considerable proportions in recent years, due to the various advantages of this method of construction as: speed of work execution, geometric versatility structures and release for physical construction space. For these reasons, the use of precast is ideal for industrial warehouses that usually require fast delivery of the work. However, as any manufactured product, precast require quality control of marketed products, that is, errors or defects in the production of parts can result in a defective product, with technical and aesthetic aspects not ideal for the structure that will make.

As a result, we conducted studies and present them at work to enable understanding between respect of the manufacturing process of these products and the materials used in production with the appearance of defects or diseases in parts. And yet we carry out visits to report the reality seen in companies that manufacture precast elements of reinforced concrete in order to find possible mistakes made by them to justify the appearance of pathologies.

We identify with the visits, some inappropriate actions in companies, which are listed according to the studies, the pathological manifestations in newly produced parts. These include: poor cleaning of molds, a little given the type of release agent used importance, storage of aggregates at odds with the ABNT cure, poorly executed concrete, premature demoulding parts etc. And yet, we see the lack of importance given to the pathological manifestations both by manufacturers, as by customers. This fact is explained by the lack of knowledge on both sides, since the pathologies arising from enforcement proceedings give the impression of being just aesthetic problems, but can serve for the appearance of structural problems, endangering the durability and safety of structure.

**Keywords:** pathology, pre moulded, production addictions.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 1 – Construção Cassino de Biarritz.....	13
Figura 2 – Vigas Treliçadas “Visintini” .....	14
Figura 3 – Aplicações do processo Tilt-up.....	14
Figura 4 – Construção Hipódromo da Gávea .....	15
Figura 5 – Edifício de Apartamentos dos Professores da UnB .....	15
Figura 6 – Estrutura aporticada .....	19
Figura 7 – Estrutura em esqueleto .....	20
Figura 8 – Painéis estruturais.....	20
Figura 9 – Estrutura para piso .....	21
Figura 10 – Sistemas para fachada .....	22
Figura 11 – Construção com sistema celular.....	22
Figura 12 – Fôrma metálica de pilar pré-moldado .....	23
Figura 13 – Vigas pré-moldadas .....	24
Figura 14 – Elementos de laje com vigotas pré-fabricadas.....	25
Figura 15 – Elementos de laje com painéis pré-fabricados.....	26
Figura 16 – Manchas no concreto .....	37
Figura 17 – Fissuras no concreto.....	40
Figura 18 – Bolhas superficiais .....	41
Figura 19 – Vazios de concretagem .....	42
Figura 20 – Baia agregados, empresa 1.....	46
Figura 21 – Armazenamento agregados, empresa 2 .....	46
Figura 22 – Armazenamento agregados, empresa 3.....	47
Figura 23 – Estocagem cimento, empresa 2.....	48
Figura 24 – Estocagem cimento, empresa 3.....	48
Figura 25 – Usina de concreto, empresa 1.....	49
Figura 26 – Fabricação do concreto, empresa 2 .....	50
Figura 27 – Fabricação do concreto, empresa 3 .....	50
Figura 28 – Fôrma utilizada em console, empresa 1 .....	51
Figura 29 – Estado da fôrma utilizada, empresa 2 .....	52
Figura 30 – Estado da fôrma utilizada, empresa 3 .....	52
Figura 31 – Peça recém concretada exposta ao sol, empresa 3 .....	53



Figura 32 – Presença de manchas nas peças, empresa 3 .....	54
Figura 33 – Presença de fissuras, empresa 1 .....	55
Figura 34 – Presença de bolhas, empresa 3 .....	56
Figura 35 – Brocas no concreto, empresa 2.....	56

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA</b>	<b>PÁGINA</b>
Tabela 1 – Causas de Problemas patológicos em estrutura de concreto .....	36

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO</b>	<b>PÁGINA</b>
Quadro 1 – Consistências recomendadas para execução de elementos pré-moldados .....	32

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ARI – Alta Resistência Inicial

BC – Baixo Calor de Hidratação

CM – Centímetros

CP – Cimento Portland

Fck – Resistência Característica do Concreto à Compressão

M – Metros

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

RS – Resistente a Sulfatos

UnB – Universidade de Brasília

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO</b>		<b>PÁGINA</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1	CONTEXTO HISTÓRICO .....	12
1.2	JUSTIFICATIVA .....	16
1.3	OBJETIVOS .....	16
1.4	METODOLOGIA .....	16
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2</b>	<b>ESTRUTURAS PRÉ – FABRICADAS</b> .....	18
2.1	DEFINIÇÕES.....	18
<b>2.1.1</b>	<b>Pré-fabricação</b> .....	18
<b>2.1.2</b>	<b>Pré-moldagem</b> .....	18
2.2	CARACTERÍSTICAS DAS ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS .....	18
<b>2.2.1</b>	<b>Sistemas Estruturais</b> .....	19
<b>2.2.2</b>	<b>Pilares</b> .....	23
<b>2.2.3</b>	<b>Vigas</b> .....	24
<b>2.2.4</b>	<b>Lajes</b> .....	24
2.3	INSUMOS .....	26
<b>2.3.1</b>	<b>Cimento</b> .....	26
<b>2.3.2</b>	<b>Agregados</b> .....	27
<b>2.3.3</b>	<b>Aditivos</b> .....	27
<b>2.3.4</b>	<b>Água</b> .....	28
<b>3</b>	<b>PRODUÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO ARMADO</b> .....	29
3.1	EXECUÇÃO .....	29
<b>3.1.1</b>	<b>Atividades Preliminares</b> .....	29
<b>3.1.2</b>	<b>Execução Propriamente Dita</b> .....	29
<b>3.1.3</b>	<b>Atividades Posteriores</b> .....	30
3.2	FÔRMAS.....	30
3.3	TRABALHO DE ARMAÇÃO E DE PROTENSÃO .....	31
3.4	ADENSAMENTO.....	31
3.5	ACELERAMENTO DA PEGA E CURA.....	32
3.6	DESMOLDAGEM.....	33

3.7	ARNAZENAMENTO.....	34
<b>4</b>	<b>PATOLOGIAS EM PRÉ-FABRICADOS .....</b>	<b>35</b>
4.1	MANCHAS .....	36
4.2	FISSURAS .....	38
4.3	BOLHAS SUPERFICIAIS E ADENSAMENTO INADEQUADO .....	41
4.4	PATOLOGIAS FUTURAS .....	43
<b>5</b>	<b>VISITAS .....</b>	<b>45</b>
5.1	ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO ..	45
<b>5.1.1</b>	<b>Agregados .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Cimento .....</b>	<b>47</b>
5.2	DOSAGEM DO CONCRETO .....	49
5.3	PREPARAÇÃO DAS FÔRMAS .....	51
5.4	CONCRETAGEM .....	53
5.5	PRODUTO FINAL .....	53
<b>5.5.1</b>	<b>Manchas .....</b>	<b>54</b>
<b>5.5.2</b>	<b>Fissuras .....</b>	<b>55</b>
<b>5.5.3</b>	<b>Bolhas superficiais e ninhos de concretagem .....</b>	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil brasileira é uma importante indústria da economia nacional e apesar desta importância é considerada como um setor atrasado em relação a outros setores industriais. Este atraso se explica por algumas características peculiares de organização e divisão do trabalho, processos de produção e características dos produtos que gera. Uma das consequências deste atraso na construção é o alto índice de desperdício, que resulta em custos adicionais não desejados, considerados como perdas, advindos de falhas do processo de projeto em decorrência de problemas na qualidade do mesmo (LEITÃO NETO, 2008).

No Brasil, o desperdício na construção civil é muito alto. Dentre os vários fatores que contribuem para esse problema, a maioria se refere à falta ou má interpretação de projetos construtivos, ocasionando erros e falhas, serviços desmanchados e refeitos, que geram entulho, desperdícios de mão-de-obra, materiais, tempo e dinheiro (PERALTA 2002). Com isso surge a necessidade da criação de elementos para racionalizar os processos construtivos, reduzir desperdícios e aumentar a produtividade da mão-de-obra.

Os elementos pré-moldados são inseridos no processo construtivo sem que haja mudanças bruscas na base produtiva que caracteriza o setor. Eles melhoraram o processo de construção, com relação à rapidez de execução, ao controle de qualidade, à coordenação modular e à diminuição das improvisações e dos desperdícios (MAMEDE, 2001). Sua utilização reduz a ociosidade, os riscos de desvios de compras e as horas dos trabalhadores expostos a riscos, proporcionando uma obra limpa com menor dano possível ao meio ambiente, rotatividade menor da mão-de-obra e maior organização do canteiro de obras. (BRUMATTI, 2008).

Entretanto, como todo tipo de produção, as peças pré-fabricadas também devem ser produzidas com qualidade, isentas de qualquer manifestação patológica que possa influenciar na durabilidade e estética da peça de concreto, como bolhas, manchas claras e escuras, fissuras, quebras etc.

Ainda pode se considerar que um elemento de concreto armado, que seja inadequadamente preparado, poderá no futuro apresentar manifestações patológicas estruturais, podendo comprometer a sua durabilidade e a segurança de quem utiliza essa estrutura (MOREIRA, 2009).

Este trabalho tem por finalidade identificar e estudar as principais patologias encontradas nas estruturas de concreto armado pré-fabricadas, devido aos erros ou vícios na sua produção.

## 1.1 CONTEXTO HISTÓRICO

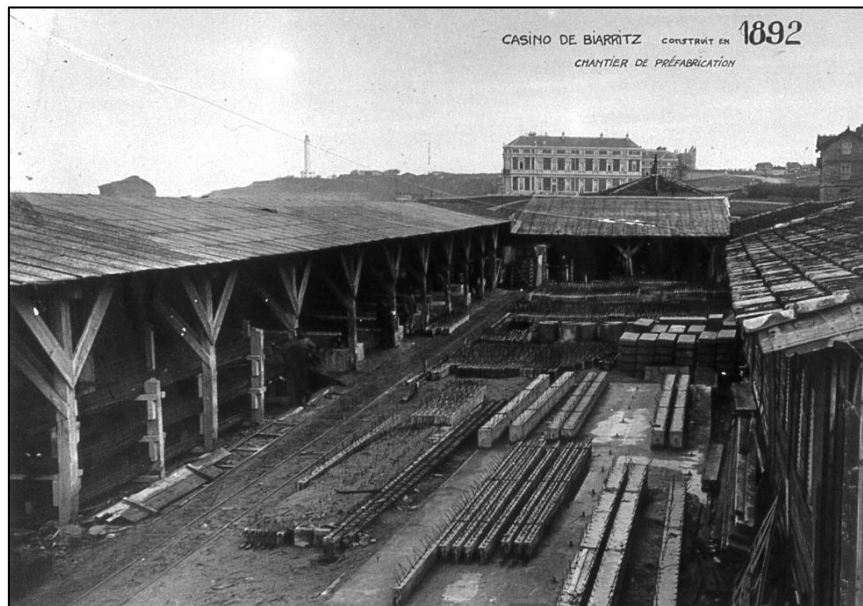
A pré-fabricação, em seu sentido mais geral, se aplica a toda fabricação de elementos de construção civil em indústrias, a partir de matérias primas e semi-produtos cuidadosamente escolhidos e utilizados, sendo em seguida transportados à obra, onde ocorre a montagem da edificação. Assim, este enunciado induz a pensar que a pré-fabricação é de uso muito antigo, remontando a mais alta antiguidade, pois nos tempos mais remotos os homens já sabiam fazer paralelepípedos de argila para obter tijolos, utilizados em seguida na construção de muros. Desta forma, nota-se que não se trata de um termo novo, porém seu uso corriqueiro é relativamente recente, pois passa a ser muito empregado nos anos que seguem a segunda guerra mundial (PIGOZZO, 2005 *apud* REVEL, 1973).

Após a segunda guerra mundial, a necessidade de habitação forçou o desenvolvimento de uma tecnologia que permitisse rapidez de montagem e redução de mão de obras nos canteiros, pois a necessidade de reconstrução da Europa era prioridade naquele momento vivido do pós-guerra. Mesmo sem mão de obra especializada para tal construção, observou-se que esta técnica construtiva apresentou crescimento significativo, atendendo a necessidade premente do déficit habitacional.

Antes da Segunda Guerra Mundial, a utilização de elementos pré-fabricados de concreto na construção civil era inexpressiva e tinha caráter experimental. A primeira construção com o emprego de elementos pré-moldados foi, provavelmente, o cassino de Biarritz (Figura 1), na França, em 1891, na qual as vigas foram pré-moldadas (EL DEBS, 2000).



**Figura 1** – Construção Casino de Biarritz



Fonte: <http://www.explorations-architecturales.com/data/upload/images/hst36.jpg>

No intervalo de tempo, final do século XIX e início do século XX, é lembrado pelo grande incremento do emprego do concreto armado na Construção Civil, com isso o surgimento de aplicações da pré-moldagem. Alguns marcos importantes dessa época estão relacionados (EL DEBS, 2000):

- a) 1895 - Construção de Weavne's Mill – Primeira construção de estrutura aporticada com concreto pré-moldado na Inglaterra.
- b) 1900 – Surgem os primeiros elementos de grandes dimensões para coberturas nos Estados Unidos (estes elementos tinham 1,20 m de altura, 5,15 m de largura e 0,05 m de espessura e foram colocados sobre estruturas metálicas).
- c) 1905 – Executados elementos de piso para um edifício de quatro andares nos Estados Unidos
- d) 1906 – Começam a fabricar na Europa os que podem ser considerados os primeiros elementos pré-fabricados, vigas treliçadas “Visintini” (Figura 2) e estacas de concreto armado;
- e) 1907 – Todas as peças para as construções de um edifício industrial foram pré-moldadas no canteiro, nos Estados Unidos, pela Edson Portland Co., pertencente ao célebre inventor Thomas Alva Edson;
- f) 1907 – Surgem as primeiras aplicações do processo “Tilt-up” (Figura 3), nos Estados Unidos, no qual as paredes são moldadas sobre o solo e depois levantadas para a posição vertical.

**Figura 2** – Vigas treliçadas “Visintini”



Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Visintini\\_pedestrian\\_bridge,\\_Oberwaltersdorf\\_3.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Visintini_pedestrian_bridge,_Oberwaltersdorf_3.jpg)

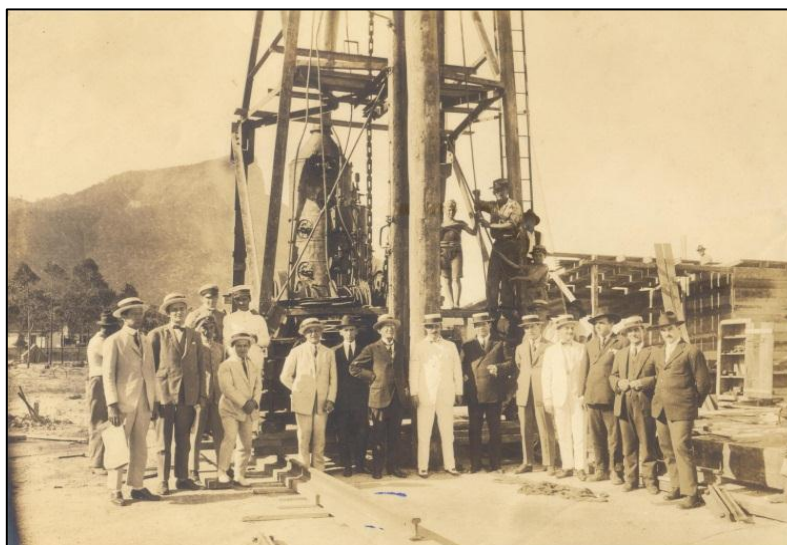
**Figura 3** – Aplicações do processo Tilt-up



Fonte: [http://www.quadlock.com/images/icf\\_tiltup/tilt\\_up.jpg](http://www.quadlock.com/images/icf_tiltup/tilt_up.jpg)

Como o Brasil não sofreu devastações devido à Segunda Guerra Mundial, não sofreu as necessidades de construções em grande escala, como ocorrido na Europa. Desta forma, a primeira grande obra, onde se utilizou elementos pré-fabricados no Brasil, refere-se ao hipódromo da Gávea (Figura 4), no Rio de Janeiro. A empresa construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen, com filial no Brasil, executou, em 1926, a obra completa do hipódromo, com diversas aplicações de elementos pré-fabricados, dentre eles pode-se citar as estacas nas fundações e as cercas no perímetro da área reservada ao hipódromo. Nesta obra o canteiro de pré-fabricação teve de ser minuciosamente planejado, para não alongar demasiadamente o tempo de construção (SERRA, 2005 *apud* VASCONCELOS, 2002).

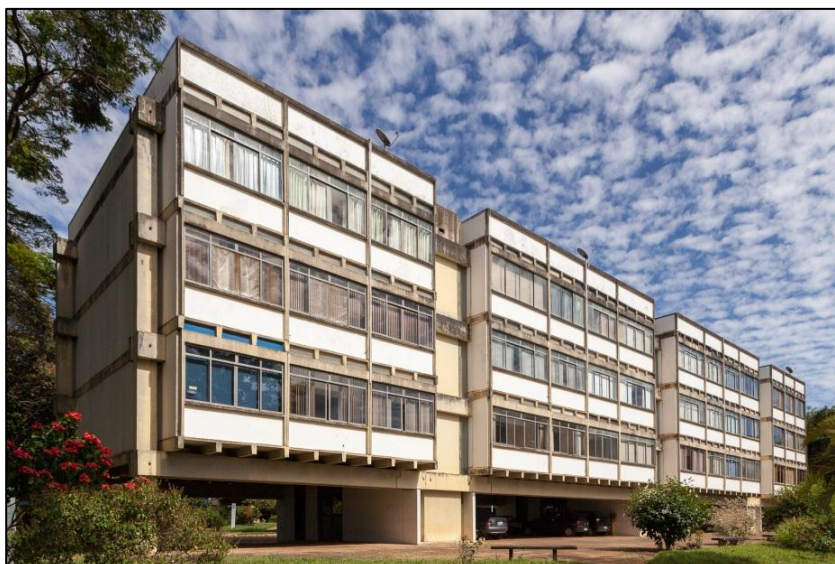
**Figura 4** – Construção Hipódromo da Gávea, 1926



Fonte: <http://jockeyrio.com.br/blog/2014/07/a-construcao-do-hipodromo-da-gavea>

No Brasil, o arquiteto carioca João Filgueiras Lima foi um dos precursores na utilização do concreto pré-moldado na arquitetura. Construído, em 1962, os apartamentos para os Professores da Universidade de Brasília UnB, Figura 5, com sistema construtivo baseado em lajes, vigas e painéis pré-moldados de concreto, se tornou referência tecnológica para construções futuras (FIGUEROLA, 2008).

**Figura 5** - Edifício de Apartamentos dos Professores da UnB



Fonte: <http://www.archdaily.com.br/br/603479/obras-do-lele-por-joana-franca/537f9197c07a802121000339>

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Há uma progressiva busca de racionalização dos processos construtivos, visando o aumento da produtividade e a redução dos custos de construção. Resultando em uma demanda crescente por projetos de edifícios em estruturas pré-fabricadas. Identificar os vícios produtivos que geram as manifestações patológicas nas peças pré-fabricadas é a forma de apresentar ao mercado consumidor produtos com maior qualidade.

Segundo Brumatti (2008) *apud* Sabbatini (1989), “evoluir no sentido de aperfeiçoar-se como indústria é o caminho natural da construção civil”, com isso, industrializar os processos construtivos é a tendência para a construção civil evoluir.

## 1.3 OBJETIVOS

Identificar e estudar a execução e os métodos de fabricação de peças pré-moldadas de concreto armado, a fim de detectar os principais erros ou vícios de produção que resultam em manifestações patológicas nas peças pré-fabricadas, identificando as manifestações patológicas oriundas do processo produtivo.

## 1.4 METODOLOGIA

O trabalho consiste no estudo bibliográfico sobre o tema e a realização de visitas às empresas que produzem as peças pré-moldadas, tendo como objetivo detectar as falhas de procedimento e controle, durante o processo de fabricação, de modo a elaborar um diagnóstico das manifestações patológicas consequentes da produção das peças pré-fabricadas (pilares, vigas e lajes).

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1 apresentamos a introdução do trabalho, que relata o uso de pré-moldados de concreto armado na construção civil e aborda o problema que deu origem ao tema, seguido do seu contexto histórico, a justificativa pela escolha do assunto, os objetivos a serem alcançados e metodologia adotada.

O capítulo 2 possui um referencial teórico necessário para um melhor entendimento acerca de estruturas pré-fabricadas, distingue pré-fabricação de pré-moldagem, explica sobre os sistemas estruturais e os seus componentes e ainda sobre os insumos utilizados na fabricação do concreto.

Apresentamos, no capítulo 3, as atividades na produção dos elementos pré-fabricados, englobando as atividades preliminares, execução propriamente dita e as atividades posteriores.

O capítulo 4, expõe e detalha as patologias relacionadas aos vícios de produção em peças pré-moldadas de concreto associando ao aparecimento de problemas futuros que possam prejudicar a durabilidade e segurança das estruturas.

No capítulo 5, relatamos as características observadas nas visitas realizadas, como estocagem dos materiais, métodos de produção e equipamentos utilizados. E expomos as patologias encontradas nas empresas relacionando-as aos vícios na produção.

O capítulo 6 é composto pelas conclusões obtidas a partir das visitas e estudos de revisões bibliográficas realizados na elaboração do trabalho.

## **2 ESTRUTURAS PRÉ – FABRICADAS**

Uma estrutura feita em concreto pré-moldado é aquela fabricada por empresas especializadas, em que os elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes e outros, são moldados e adquirem certo grau de resistência, antes do seu posicionamento definitivo na estrutura. Estes elementos estruturais adquiridos permitem uma maior qualidade estrutural e por este motivo, este conjunto de peças é também conhecido pelo nome de estrutura pré-fabricada (PORTAL DO CONCRETO, 2015).

### **2.1 DEFINIÇÕES**

#### **2.1.1 Pré-fabricação**

Segundo a NBR 9062 (ABNT, 2006) – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado, os elementos produzidos em usina ou instalações analogamente adequadas aos recursos para produção e que disponham de pessoal, organização de laboratório e demais instalações permanentes para o controle de qualidade, devidamente inspecionada pela fiscalização do proprietário, recebem a classificação de pré-fabricados.

#### **2.1.2 Pré-moldagem**

Na Pré-moldagem, segundo a NBR 9062 (ABNT, 2006), os elementos são produzidos em condições menos rigorosas de controle de qualidade e devem ser inspecionados individualmente ou por lotes, por meio de inspetores do próprio construtor, da fiscalização do proprietário ou de organizações especializadas, dispensando-se a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias.

### **2.2 CARACTERÍSTICAS DAS ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS**

As principais características dessas estruturas são: gerar economia, agilidade e versatilidade, reduzindo, assim, a quantidade de etapas construtivas e conseqüentemente o prazo e a mão-de-obra. Os componentes pré-fabricados integram um sistema construtivo utilizado em partes ou em toda edificação (MOREIRA NETO, 2013). São subdivididos e estudados em: pilares, vigas e pré-lajes treliçadas.

### 2.2.1 Sistemas Estruturais

Na indústria de pré-fabricados existem inúmeros sistemas e técnicas construtivas. Todos esses sistemas e soluções técnicas compõem parte de um número limitado de sistemas estruturais básicos, onde os princípios do projeto são semelhantes. São eles:

- a) estruturas aporticadas (Figura 6): são constituídas de pilares e vigas que unidos compõem uma trave plana. As ações verticais são transmitidas dos elementos de cobertura para as vigas, que as transmitem aos pilares que, finalmente, carrega a fundação. Os carregamentos horizontais são transmitidos diretamente aos pilares, que os transmitem à fundação (SANTIS, 2009). São utilizadas para construções industriais, armazéns, construções comerciais etc (VAN AKER, 2002);

**Figura 6** – Estrutura aporticada



Fonte: <http://concretosmuller.com.br/imagens/fotos/pre10g.jpg>

- b) estruturas em esqueletos (Figura 7), consistindo de pilares, vigas e lajes, para edificações de alturas médias e baixas, e com o número pequeno de paredes de contraventamento para estruturas altas. As estruturas em esqueletos são utilizadas principalmente para construções de escritórios, escolas, hospitais, estacionamentos etc (VAN AKER, 2002);

**Figura 7 – Estrutura em esqueleto**



Fonte: [http://www.modulareengenharia.com.br/adm/uploads/site\\_obras15/22b6ac07b8935cab4784497eb73272d5.jpg](http://www.modulareengenharia.com.br/adm/uploads/site_obras15/22b6ac07b8935cab4784497eb73272d5.jpg)

- c) estruturas em painéis estruturais (Figura 8): o sistema de painéis estruturais com paredes pré-fabricadas é utilizado normalmente em edifícios de múltiplos pavimentos, porém, algumas residências também utilizam esse sistema. Esses painéis podem ser utilizados como fechamento interno e/ou externo.

**Figura 8 – Painéis Estruturais**



Fonte: <https://petcivilufjf.files.wordpress.com/2012/04/tilt-up3.jpg>



Pelo fato de comporem a estrutura do edifício, as paredes estruturais não podem ser mudadas de local ou quebradas e, por esse motivo, esse tipo de sistema é mais utilizado para edifícios residenciais, residências comuns, hotéis e hospitais, edifícios estes que não necessitam de grandes vãos livres, nem muita variação da posição final das paredes (SANTIS, 2009);

- d) estrutura para pisos (Figura 9): consiste de vários tipos de elementos de laje montados para formar uma estrutura de piso capaz de distribuir a carga concentrada e transferir as forças horizontais para o sistema de contraventamento. Os pisos pré-moldados são muito usados em conjunto com todos os tipos de sistemas construtivos e materiais (VAN AKER, 2002);

**Figura 9** – Estrutura para piso



Fonte: [http://www.cilel.com.br/\\_IMG/produtos/produto\\_15.jpg](http://www.cilel.com.br/_IMG/produtos/produto_15.jpg)

- e) sistemas para fachadas (Figura 10): consiste de painéis maciços ou painéis sanduíche, com ou sem função estrutural. Apresentam-se em todos os tipos de formato e execuções, desde o simples fechamento até os mais requintados painéis para escritórios e fachadas importantes (VAN AKER, 2002);

**Figura 10** – Sistemas para fachadas



Fonte: [http://www.aecweb.com.br/tematico/img\\_figuras/biblioteca-paines-stamp\\$\\$6970.jpg](http://www.aecweb.com.br/tematico/img_figuras/biblioteca-paines-stamp$$6970.jpg)

f) sistemas celulares (Figura 11): os sistemas celulares são utilizados em partes específicas das edificações, como cozinhas e banheiros. Este sistema é muito rápido de ser executado, já que se trata de um sistema totalmente industrializado. As células são montadas totalmente na fábrica e são alocadas no seu local final de utilização. Em contrapartida da rapidez do sistema, já que este é totalmente industrializado, está o transporte das células que, em muitos casos, é trabalhoso e difícil. Outra desvantagem do sistema é a pequena flexibilidade arquitetônica, já que as células são montadas como um todo, não permitindo mudanças em seu *layout* (SANTIS, 2009);

**Figura 11** – Construção com sistema celular



Fonte: [www.piniweb.com.br](http://www.piniweb.com.br), 2013

### 2.2.2 Pilares

Os pilares são as peças mais complexas e com maior dificuldade de execução, tanto nas definições de projetos, quanto na fábrica. Os detalhes, de modo geral, são incorporados ao projeto individual dos pilares e, por isso mesmo, são as peças menos padronizadas do sistema pré-fabricado (MUNTE, 2007).

O pilar é o elemento com mais detalhes geométricos, como os consoles e apoios de laje, estando estes em lugares diferentes em cada peça. Conseqüentemente, cada fôrma poderá precisar de recortes e adaptações (Figura 12), de acordo com seu detalhamento.

As dimensões dos pilares obedecem às dos chamados fundos de forma, que funcionam como pistas, pois neles estão previstos os encaixes das laterais que fecham a forma, possibilitando a concretagem. Geralmente essas dimensões devem obedecer à variação múltipla de 10 cm, podendo as seções serem quadradas ou retangulares. Como exemplo: 40x50, 50x60, 40x70 40x40, 50x50 cm. O comprimento máximo do pilar é determinado basicamente pelo transporte, e está limitado a 24 m (MUNTE, 2007).

**Figura 12** – Forma metálica de pilar pré-moldado.



Fonte: [http://aterplan.com.br/admin/files/imagens\\_6\\_imagem.jpg](http://aterplan.com.br/admin/files/imagens_6_imagem.jpg)

### 2.2.3 Vigas

No mundo dos pré-fabricados, as vigas podem ser armadas ou protendidas. Quanto ao formato, variam em retangulares ou em “I”. As vigas protendidas são produzidas em pistas, com uma largura fixa de 40 cm, já as vigas armadas podem apresentar qualquer medida, mas as medidas modulares múltiplas de 10 cm têm melhor aproveitamento de fôrma. A largura mínima possível nas vigas armadas é de 15 cm, embora o ideal seja a medida mínima de 20 cm.

Dentro de uma estrutura de pré-fabricados, as vigas devem ter a maior repetitividade possível (Figura 13), ou seja, devem ser projetadas com a máxima racionalidade de execução. O projeto deve direcionar os detalhes fora de padrão para os pilares, onde serão feitos os ajustes. Este conceito é fundamental, por exemplo, nas obras que apresentam angulações diferentes de 90° (MUNTE, 2007).

**Figura 13** – Vigas pré-moldadas



Fonte: <http://www.concrenort.com.br/produtos-75.html>

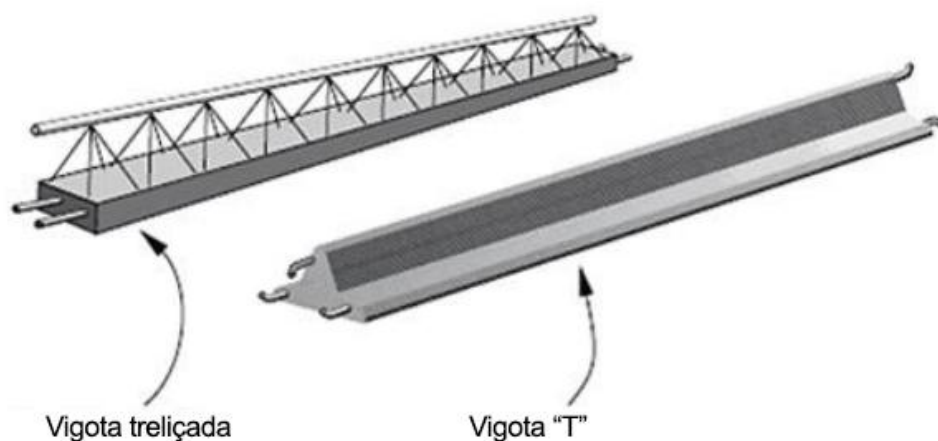
### 2.2.4 Lajes

Os pisos pré-moldados podem ser classificados de acordo com a sua produção, como sendo completamente ou parcialmente pré-moldados. Os pisos completamente pré-moldados são compostos por elementos que são totalmente moldados na fábrica. Após o içamento e posicionamento, os elementos são conectados na estrutura e nas juntas horizontais são grauteadas. Em alguns casos é adicionada uma camada de cobertura em concreto estrutural moldado no local. Os pisos parcialmente pré-moldados são compostos de uma parte pré-moldada e por outra moldada no local. As duas partes trabalham juntas no estágio final, fornecendo uma capacidade estrutural composta (VAN AKER, 2002).

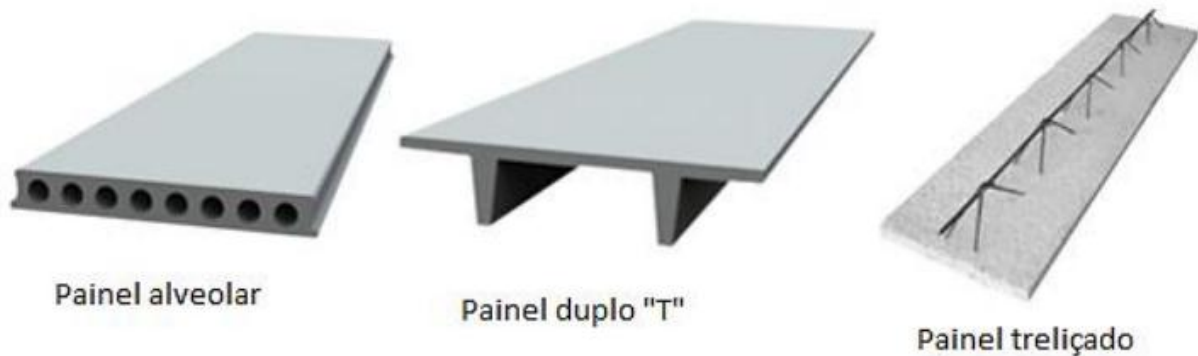
As lajes pré-fabricadas podem ser divididas de acordo com os elementos que as constituem, listados a seguir e mostrados nas figuras 14 e 15.

- a) vigotas do tipo trilho (ou vigota em “T”): vigotas de concreto protendido, com seção transversal com a forma aproximada de um T invertido, com armadura de protensão pré-tracionada e totalmente envolvida pelo concreto (MERLIN, 2002);
- b) vigotas treliçadas: são formadas por uma armadura treliçada de aço e por uma placa de concreto envolvendo as barras inferiores da treliça que irão compor a armadura da face tracionada da laje (MERLIN, 2002);
- c) painel (ou pré-laje treliçada); são placas com espessura de 3 cm a 5 cm e larguras padronizadas, constituídas por concreto estrutural, executadas industrialmente fora do local de utilização definitivo da estrutura, ou mesmo em canteiros de obra. Englobam total ou parcialmente a armadura inferior de tração, integrando a seção de concreto da nervura (FERREIRA, 2015);
- d) painel alveolar: possuem alvéolos (vazios) longitudinais com a intenção principal de reduzir o peso próprio. As lajes alveolares são principalmente utilizadas em construções com grandes vãos, como escritórios, hospitais, escolas, shopping centers, prédios industriais e residenciais favorecendo no custo e na rapidez da execução (VAN AKER, 2002);
- e) painel duplo “T” (lajes Pi): a laje com seção TT consiste em um painel com duas nervuras. Seu funcionamento é idêntico ao de lajes nervuradas unidirecionais. Os painéis são fabricados em pistas de concretagem e transportados até a obra, onde são montados (encaixados) e vedados (COSTA JÚNIOR, 2013).

**Figura 14** – Elementos de laje com vigotas pré-fabricadas



**Figura 15** – Elementos de laje com painéis pré-fabricados



Fonte: FERREIRA, 2015

## 2.3 INSUMOS

O conhecimento dos materiais empregados na formulação de um concreto, utilizados em estruturas pré-fabricadas, é de suma importância para determinar a dosagem, durabilidade e a qualidade.

A durabilidade dos elementos construtivos do concreto simples, armado e protendido estão condicionadas pelo eventual ataque de agentes agressivos a que estejam sujeitos a sua vida em serviço. Portanto, o conhecimento desses materiais quando submetido à ação de processos destrutivos é de grande importância (FALCÃO BAUER, 2012).

### 2.3.1 Cimento

Cimento Portland é o produto obtido pela pulverização de clínquer constituído especialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego (FALCÃO BAUER, 2012).

Na produção de concreto, sua maior contribuição é na resistência à compressão se comparado aos agregados. O cimento de preferência é o CP V ARI ou CP V ARI-RS, sendo este último o mais utilizado quando a peça pré-moldada é destinada a montagem de indústrias e fábricas. Devido à forte reação química e liberação de energia produzida nas reações químicas, o controle de cura do concreto com esse tipo de cimento deve ser eficiente, caso contrário, surgem patologias, como fissuras, trincas e perdas de resistência. É recomendada a utilização de Cimento Portland pozolânico CP-IV em casos nos quais os pré-fabricados sejam expostos a ambiente sujeito ao ataque químico do concreto, pois este tipo de cimento tem

como característica a melhora da resistência ao intemperismo e ao ataque de estruturas de concreto. Existem discussões em relação à utilização do CP-IV em pré-fabricados, pois esse tipo de cimento não facilita a desmoldagem de peças em poucas horas, e, muitas vezes, é necessário aumentar o consumo desses aglomerantes (MOREIRA, 2009).

### **2.3.2 Agregados**

Agregado é o material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. O termo “agregado” é de uso generalizado na tecnologia do concreto: nos outros ramos da construção é conhecido conforme cada caso específico: filer, pedra britada, bica-corrida, rachão, etc. Os agregados classificam-se segundo a origem, as dimensões das partículas e o peso específico aparente (FALCÃO BAUER, 2012).

No caso da utilização de areia natural, deve estar lavada para que as impurezas não venham a reagir ou comprometer o concreto, enquanto, a areia artificial, deve conter pouca quantidade de material pulverulento. Impurezas desses dois tipos de areia podem aumentar o consumo de água, o que favorece a perda de resistência à compressão e aumenta a permeabilidade do concreto (TERZIAN, 2005).

Devem ser excluídos os agregados provenientes de rochas macias, friáveis ou de baixa resistência à compressão, ou que contenham pirita, gesso e componentes ferrosos; devem ser isentos de argila e matéria orgânica, ou de materiais que prejudiquem sua aderência a argamassas ou interfiram na pega e endurecimento (FALCÃO BAUER, 2012).

Segundo Terzian (2005), agregados de formas lamelares, alongados e muito pó aderido à superfície devem ser evitados, pois aumenta o consumo de água no concreto. E ter um controle rigoroso com o recebimento do mesmo, pois a variabilidade na distribuição granulométrica, a forma e o teor do pó interferem na resistência do concreto.

### **2.3.3 Aditivos**

Pode-se definir aditivo todo produto não indispensável à composição e finalidade do concreto, que é colocado na betoneira antes ou durante a mistura do concreto, em quantidades geralmente pequenas, e bem homogeneizado, faz aparecer ou reforçar certas características (FALCÃO BAUER, 2012).

Algumas empresas de pré-fabricação utilizam aceleradores juntamente com os superplastificantes. Entretanto, se a peça não receber uma cura adequada surgirão patologias como fissuras e trincas, devido à reação acelerada dos compostos do cimento, que gera energia acima da quantidade de hidratação esperada do cimento, além do possível aparecimento de manchas na peça (MOREIRA, 2009 apud HELENE, 1992).

Segundo Moreira (2009), as adições com maiores utilização são as pozolanas, pois diminuem a reação do agregado com o aglomerante, além de proporcionar uma maior impermeabilidade do concreto no estado endurecido.

#### **2.3.4 Água**

Segundo Thiers Silva (2015), a água tem fundamental importância no concreto, visto que o cimento, quando hidratado, sofre uma reação química exotérmica (emite calor) que resulta no seu endurecimento. Entretanto, quando existe na massa do concreto mais água do que o cimento necessita para endurecer, este excesso não é absorvido na reação e “sobra” água no concreto. Tem importância na qualidade do produto final, pois uma má dosagem do concreto pode acarretar a formação de bolhas e canaliculos, que são os responsáveis pela redução de resistência e impermeabilidade do concreto.



### **3 PRODUÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO ARMADO**

A produção das estruturas de concreto pré-moldado relaciona todas as atividades entre a execução dos elementos pré-moldados até a realização das ligações definitivas. As etapas relacionadas dependem do tipo de concreto pré-moldado a ser utilizado: pré-moldado de fábrica ou pré-moldado de canteiro. Resumindo sua produção em: execução, montagem e transporte.

#### **3.1 EXECUÇÃO**

A execução dos elementos pré-moldados de fábrica pode ser subdividida em três fases: atividades preliminares, execução propriamente dita e atividades posteriores (EL DEBS, 2000).

##### **3.1.1 Atividades preliminares**

- a) preparação dos materiais: inclui nesta fase o armazenamento das matérias-primas, a dosagem e mistura do concreto, o preparo da armadura e a montagem da mesma, quando for o caso;
- b) transporte dos materiais ao local de trabalho: transporte do concreto misturado até a forma, normalmente feito por meio mecânico, e transporte da armadura, montada ou não.

##### **3.1.2 Execução propriamente dita**

- a) preparação da fôrma e da armadura: limpeza da fôrma, aplicação de desmoldante, colocação da armadura montada, ou montagem da armadura, colocação de peças complementares, como, por exemplo, insertos metálicos, fechamento da fôrma, aplicação da pré-tração na armadura, quando for o caso;
- b) colocação do concreto (moldagem): lançamento e adensamento do concreto, eventuais acabamentos;
- c) cura do concreto: operações correspondentes ao período em que o elemento moldado fica na forma até atingir a resistência adequada;

- d) desmoldagem: liberação da força de protensão, quando for o caso, e retirada do elemento da forma. Em certas situações é necessário retirar inicialmente parte da forma antes da liberação da protensão.

### 3.1.3 Atividades posteriores

- a) transporte interno: transporte dos elementos do local da desmoldagem até a área de armazenamento ou área de acabamentos, em certos casos;
- b) acabamentos finais: inspeção, tratamentos finais, eventuais remendos necessários;
- c) armazenamento: período em que os elementos permanecem em local apropriado até o envio à obra.

## 3.2 FÔRMAS

As fôrmas são de fundamental importância na execução dos pré-moldados, pois são elas que determinam a qualidade do produto e a produtividade do processo.

As qualidades desejáveis para as fôrmas são (EL DEBS, 2000):

- a) estabilidade volumétrica, para que as dimensões dos elementos obedeçam as tolerâncias especificadas;
- b) possibilidades de ser reutilizada diversas vezes, sem gastos excessivos de manutenção;
- c) serem de fácil manejo e que facilitem tanto a colocação e fixação da armadura em seu interior, quanto dos elementos especiais, se for o caso;
- d) apresentar pouca aderência com o concreto e fácil limpeza;
- e) facilidade de desmoldagem, sem apresentar pontos de presa;
- f) estanqueidade, para que não ocorra fuga de nata de cimento, com prejuízo na resistência e no aspecto do produto;
- g) versatilidade, de forma a possibilitar seu uso em várias seções transversais;
- h) transportabilidade, no caso de execução com fôrma móvel.

Os materiais mais empregados para fôrma na construção civil é o aço, madeira, concreto e plástico, levando, como fator de escolha, as suas características: constância volumétrica, aderência, manuseio, possibilidade de transformação e facilidade de transporte; e

menores custos. Sendo os mais utilizados a madeira e o aço, tendo a madeira um menor custo e um menor número de reutilizações, necessitando maior manutenção. Em contrapartida o aço apresenta uma maior reutilização e manutenção mínima, possuindo um melhor custo-benefício.

### 3.3 TRABALHO DE ARMAÇÃO E DE PROTENSÃO

O serviço de armação compreende a basicamente quatro serviços: corte, dobra, pré-montagem e montagem. Sendo praticamente os mesmos serviços nos elementos pré-moldados e de concreto moldado no local. No entanto, a facilidade de executar armação em um local apropriado e com produção em série, possibilita a racionalização dos trabalhos.

Em decorrência da produção em série, há maior chance de viabilizar o emprego de equipamentos que possibilitem aumentar a produtividade dos trabalhos de armação. Os equipamentos utilizados para esse fim destinam-se à execução de corte e de dobra de fios, barras e telas, com maior ou menor grau de automatização. Existem também equipamentos para retificação de fios, para o caso de fornecimento do produto em bobina (EL DEBS, 2000).

### 3.4 ADENSAMENTO

Atividade de grande importância na execução do concreto pré-moldado, interferindo diretamente na produtividade do processo e na qualidade do concreto.

Durante e imediatamente após o lançamento, o concreto deve ser vibrado ou apiloado contínua e energeticamente com equipamento adequado à sua consistência. O adensamento deve ser cuidadoso, para que o concreto preencha todos os recantos das fôrmas (NBR 14931 ABNT, 2004). As formas de adensamento mais utilizadas são as seguintes: centrifugação, prensagem, vácuo e vibração. Pode acontecer a combinação dessas formas, vibração e prensagem, utilizadas em painéis e tubos de concreto, chamada de vibro-laminação. A centrifugação é uma forma de adensamento específica de elementos pré-moldados utilizada em estacas, postes e tubos de concreto (EL DEBS, 2000).

Quadro 1 – Consistências recomendadas para execução de elementos pré-moldados

Consistência	Slump	Adensamento
Fluida	10 a 20	A vácuo ou centrifugação
Plástica	5 a 10	A vácuo, centrifugação, vibração interna ou em mesas
Rígida	2 a 5	Vibração de forma ou em mesas
Seca	0 a 2	Vibração de mesa combinada com pressão

Fonte: Adaptado de EL DEBS, 2000

Em princípio, na execução de elementos pré-moldados, procura-se utilizar concreto de resistência mais alta que o das estruturas de concreto moldadas in loco. Assim, é comum se trabalhar com concretos com menor relação água/cimento e, portanto, com menores índices de consistência, salvo casos especiais. Em face disto, faz-se necessário maiores cuidados para adensar adequadamente, de forma a garantir a qualidade do concreto (EL DEBS, 2000).

### 3.5 ACELERAMENTO DA PEGA E CURA

Em fábricas de elementos pré-fabricados tem se a necessidade de liberarem com rapidez as fôrmas e o elemento moldado, com o objetivo de aumentar a produtividade e reduzir o chamado “tempo morto”. Com o objetivo de alcançar maiores resistências em menores intervalos de tempo, são utilizadas três possibilidades para acelerar o endurecimento do concreto (EL DEBS, 2000):

- a) cimento ARI (alta resistência inicial);
- b) aumento de temperatura;
- c) utilização de aditivos.

O aumento de temperatura atua acelerando a velocidade das reações químicas entre o cimento e a água. Embora seja uma forma bastante interessante de acelerar o endurecimento do concreto, devem ser tomados cuidados em sua realização. Esses cuidados referem-se ao perigo de perda de água necessária para a hidratação do cimento, devido à vaporização e ao perigo de elevados gradientes térmicos provocarem microfissuração e, conseqüentemente, perda de resistência.

A utilização de aditivos para acelerar o endurecimento é pouco comum. Uma das razões está relacionada ao fato de os primeiros aditivos aceleradores de endurecimento terem sido à base de cloreto de cálcio, que provoca a corrosão da armadura. Hoje em dia já existem

aditivos que não apresentam este inconveniente, mas mesmo assim é uma alternativa de uso restrito na execução de concreto pré-moldado (EL DEBS, 2000).

O endurecimento do concreto pode ser acelerado por meio de tratamento térmico ou pelo uso de aditivos que não contenham cloreto de cálcio em sua composição e devidamente controlado, não se dispensando as medidas de proteção contra a secagem (NBR 14931, ABNT, 2004).

Conforme a NBR 14931 (ABNT, 2004), alguns cuidados especiais devem ser tomados até atingir endurecimento satisfatório do concreto. Os agentes deletérios mais comuns ao concreto em seu início de vida são: mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, congelamento, agentes químicos bem como choques e vibrações de intensidade tal que possam produzir fissuras na massa de concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura. O concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais para evitar a perda de água pela superfície exposta, assegurar uma superfície com resistência adequada e a formação de uma capa superficial durável.

### 3.6 DESMOLDAGEM

Basicamente a desmoldagem pode acontecer de três maneiras diferentes e sempre dependendo da fôrma (EL DEBS, 2000):

- a) direta: retirada dos elementos por levantamento, com retirada ou não de partes laterais da fôrma;
- b) por separação dos elementos: fôrmas tipo bateria, utilizadas na execução de painéis;
- c) por tombamento da fôrma: o elemento é moldado com a fôrma na posição horizontal e é colocado na posição vertical, para a desmoldagem mediante o uso de mesa de tombamento.

No concreto protendido, a desmoldagem ocorre de forma natural, com a transferência da força de protensão para o elemento. De modo geral, este processo ocorre mediante meios mecânicos, sendo necessário dispositivos de içamento, macacos hidráulicos e ar comprimido.

Quando a desmoldagem e o manuseio da peça são feitos com resistências baixas podem ocorrer os seguintes problemas (EL DEBS, 2000):

- a) deformações excessivas;
- b) perda de resistências provenientes de fissuração prematura;
- c) quebras de cantos e bordas.

### 3.7 ARMAZENAMENTO

Após a execução dos elementos pré-moldados, são retirados da fábrica e estocados em lugares apropriados, por uma questão de planejamento da produção, liberando área disponível para a execução de novos elementos e para que aumente a resistência do concreto até atingir a resistência solicitada em projeto. Pode ocorrer a necessidade de acabamentos superficiais e retoques, antes de irem para o armazenamento. Sendo encaminhados para um setor específico, onde corrigem as irregularidades de formas, bolhas superficiais e ressaltos de concreto.

No armazenamento dos elementos pré-moldados recomenda-se não utilizar mais que duas linhas de apoio e armazenar os elementos na posição correspondente à de utilização definitiva. Nesta etapa, deve ter a atenção redobrada para os seguintes aspectos (EL DEBS, 2000):

- a) possibilidade de deformações excessivas, devido à pouca idade do concreto;
- b) estufamento devido às variações de temperatura e às retrações diferenciadas nas faces de painéis.

#### 4 PATOLOGIAS EM PRÉ-FABRICADOS

De acordo com o dicionário Michaelis, patologia é a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças. Na engenharia, patologia é o estudo das etapas que compõem o sistema de um problema. Como observado por Thomaz (2013), as irregularidades que se manifestam no produto em função de falhas no projeto, na fabricação, na instalação, na execução, na montagem, no uso ou na manutenção bem como problemas que não decorram do envelhecimento natural, são considerados uma manifestação patológica, enquadrando os vícios de produção como manifestações que são observadas de imediato ou futuras. Exige-se um estudo apurado para determinar a deficiência, o mais cedo possível, para se evitar a sucessão de erros que acarretará no aumento dos problemas.

De acordo com Souza e Ripper (1998), um aspecto curioso tem sido a tentativa de se procurar definir qual a atividade que tem sido responsável, ao longo dos tempos, pela maior quantidade de erros. Pode ser considerada extensa a lista de pesquisadores que têm procurado relacionar (Quadro 2), percentualmente, as várias causas para a ocorrência de problemas patológicos.

A execução de elementos pré-moldados ocorre por meio de formas metálicas, que são preenchidas com concreto. A cada processo de concretagem, são necessários alguns cuidados para garantir a qualidade do produto final, entre eles estão: limpeza das formas, utilização correta do óleo desmoldante, vibração para o total adensamento, cura etc.

É importante conhecer o processo de produção de tais peças, permitindo identificar as falhas que podem ocorrer durante a fabricação. Essas falhas resultam em patologias, que se apresentam sob formas variadas, dentre elas destacam-se: manchas, fissuras, quebras, bolhas superficiais, adensamento inadequado, ocasionando nichos de concretagem e acabamento inadequado.

Aspectos como geometria, quinças, quantidade de bolhas, manchas, fissuras, entre outros, devem ser controlados peça por peça. O setor de qualidade da fábrica deve incluir esses itens em suas atividades de rotina. O controle deve ter metas e ser objetivo, com a identificação dos operários que trabalharam na produção de cada peça. O objetivo da identificação de erros é gerar um processo de aprendizado do operário, analisando cada falha cometida e, junto aos encarregados do setor, definir estratégias para a correção (MOREIRA, 2009).

**Tabela 1** – Causas de Problemas patológicos em estrutura de concreto

<b>Fonte de Pesquisa</b>	<b>Concepção de Projeto (%)</b>	<b>Materiais (%)</b>	<b>Execução (%)</b>	<b>Utilização de outras (%)</b>
<b>Edward Grunau Paulo Holene (1992)</b>	44	18	28	10
<b>D. E. Allen (Canadá) (1979)</b>	55	49		
<b>C.S.T.C. (Bélgica) Verçoza (1991)</b>	46	15	22	17
<b>C.E.B. Boletim 157 (1982)</b>	50	40		10
<b>Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Alvares Pentead Verçoza (1991)</b>	18	6	52	24
<b>B.R.E.A.S. (Reino Unido) (1972)</b>	58	12	35	11
<b>Bureau Securitas (1972)</b>	88			12
<b>E.N.R. (U.S.A.) (1068 -1078)</b>	9	6	75	10
<b>S.I.A. (Suíça) (1979)</b>	46		44	10
<b>Dov Kaminetzky (1991)</b>	51	40		16
<b>Jean Blevot (França) (1974)</b>	35		65	
<b>L.E.M.I.T. (Venezuela) (1965-1975)</b>	19	5	57	19

Fonte: Souza; Ripper (1998)

#### 4.1 MANCHAS

Estas manifestações possuem uma maior preocupação em elementos de concretos aparentes, exigindo um excelente acabamento superficial, sem irregularidades, ou imperfeições. A ocorrência de manchas (Figura 16) pode estar associada à limpeza das fôrmas, a aplicação do desmoldante, pega diferenciada do concreto, má aplicação das mantas de cura e também à mistura do concreto.



**Figura 16** – Manchas no concreto



Fonte: Revista Risco, 2012

Limpeza e aplicação de desmoldantes às formas são atividades correlacionadas, interferindo diretamente na formação de manchas superficiais nos elementos. Após a desmoldagem, o primeiro processo é a limpeza, para retirada de excessos de desmoldantes e sobras de concreto na forma, evitando manchas e possíveis rebarbas.

As empresas de pré-fabricados têm utilizado diversos produtos existentes no mercado, todos denominados desmoldantes. As matérias-primas são as mais diversas, como banha animal, ceras, óleos minerais, diesel, dentre outros. Alguns produtos são solúveis em água e, quando usados em ambientes expostos à chuva, podem ser lavados, não realizando o efeito desejado e, conseqüentemente, a peça termina por apresentar manchas na superfície. Algumas empresas, visando à redução dos custos de produção, aplicam desmoldantes de baixo custo, que quando se apresentam inadequados, geram patologias que exigem a aplicação de pasta de cimento na superfície da peça, como se fosse uma maquiagem, gastando para esse trabalho muitas horas dos operários e com resultados questionáveis (MOREIRA, 2009).

Nas fôrmas, a utilização de desmoldantes correntes à base de óleos minerais é inadequada, recomendando-se as ceras parafínicas, aplicadas em película fina e contínua, com o auxílio de uma pistola. A seleção do tipo e forma dos espaçadores e pastilhas é também essencial na qualidade de acabamento do concreto (TUTIKIAN, 2011).

As manchas mais comuns são originárias dos processos de hidratação do cimento e carbonatação do concreto, responsáveis pela formação de manchas que se destacam da cor padrão do concreto aplicado. Existem três causas básicas para o seu aparecimento. A primeira, mais grave e mais comum, ocorre devido à pega diferenciada do concreto, ocorrida por um atraso no processo de concretagem. O segundo tipo é causado pelo posicionamento dos agregados graúdos muito próximos à superfície. Nesse caso, a causa do problema pode referir-se a falta de argamassa ou vibração insuficiente. Por fim, o terceiro tipo é causado pela má aplicação das mantas de cura. Caso não fiquem perfeitamente em contato com a superfície de concreto, formam bolsões de ar, escurecendo o concreto nestas regiões e possibilitando a identificação de frisos e dobras do tecido mal posicionado (SOTANA, 2012).

Deve-se utilizar o mesmo agregado miúdo em toda a obra, de forma a evitar alterações de coloração. Esse material deve ser submetido à caracterização mineralógica e petrográfica, visando identificar possíveis materiais reativos, como algumas piritas, que ao longo do tempo reagem, formando manchas com aspecto de ferrugem (TUTIKIAN, 2011).

## 4.2 FISSURAS

As fissuras no concreto podem estar relacionadas a diversos fatores, como o tipo de cimento utilizado, procedimento de cura das peças concretadas, excesso de água na mistura, ou exposição do concreto fresco às intempéries, como vento e sol.

O cimento CP V – ARI (Alta resistência inicial), como o próprio nome já diz, é capaz de atingir elevada resistência já nas primeiras 24 horas, fato que o torna recomendado para o uso na pré-fabricação, pois possibilita uma rápida desforma. Porém, este tipo de cimento possui um alto calor de hidratação, que é o calor gerado durante a reação química entre o cimento e a água.

A quantidade de calor liberada poderá vir a causar problemas quando da concretagem de peças de grandes dimensões, já que, no início do processo de hidratação, não há troca positiva de calor com o exterior, o que provoca o aquecimento e a expansão da massa, sendo que, posteriormente, com a continuidade do processo, dá-se o natural esfriamento, implicando na geração de um gradiente térmico, situação que pode ocasionar a fissuração interna do concreto. Esse processo é chamado de retração térmica e ocorre em todos os tipos de cimento, mas com intensidades diferentes (SOUZA; RIPPER, 1998).

Para combater esse efeito, existe o Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC), que é designado por siglas e classes de seu tipo, acrescidas de BC, por exemplo: CP V

ARI (BC). Este tipo de cimento tem a propriedade de retardar o desprendimento de calor em peças de grande massa de concreto, evitando o aparecimento de fissuras de origem térmica, devido ao calor desenvolvido durante a hidratação do cimento. Todos os cimentos podem ser BC, desde que as suas propriedades sejam comprovadas em ensaios de laboratório (ABCP, 2015).

A retração é o processo de redução de volume que ocorre na massa de concreto, ocasionada principalmente pela saída de água por exsudação, que é, a tendência da água de amassamento vir à superfície do concreto recém-lançado, devido a sua densidade ser menor que a dos agregados e a do cimento (Retração plástica e por secagem ou hidráulica). Entretanto, existem outros fenômenos no concreto que também provocam outros tipos de retração, como a retração térmica citada acima, a retração química e a retração autógena (AOKI; MEDEIROS, 2010):

- a) retração plástica: ocorre pela perda de água do concreto por exsudação, em seu estado fresco. Este processo é acelerado pela exposição de sua superfície às intempéries, como vento, baixa umidade relativa do ar e aumento da temperatura ambiente;
- b) retração por secagem ou hidráulica: ocorre da mesma maneira que a retração plástica, porém com o concreto já no estado endurecido;
- c) retração química: ocorre devido à redução de volume, desde o momento que se inicia a hidratação, pois os produtos gerados neste processo têm volumes menores que àqueles materiais que deram origem à reação (cimento e água);
- d) retração autógena: a água utilizada na reação de hidratação sai dos poros capilares do concreto e, assim, reduz seu volume;
- e) retração térmica: é a retração provocada pelo calor liberado na reação de hidratação. Esta reação é exotérmica e o calor liberado expande o concreto em um primeiro momento. Ao se resfriar ocorre uma redução de volume, denominada retração térmica.

Quando se fala em retração no concreto e seu efeito mais comum, o aparecimento de fissuras (Figura 17), a primeira idéia é fazer uma cura eficiente para evitar a perda rápida da água e o aparecimento das tensões causadoras.

**Figura 17** – Fissura no Concreto

Fonte: Os autores (2015)

A cura do concreto é conhecida como o conjunto de medidas que tem por finalidade evitar a evaporação prematura da água necessária para a hidratação do cimento. O objetivo da cura é manter o concreto saturado, ou o mais próximo possível dessa condição, até que os espaços inicialmente ocupados pela água sejam ocupados pelos produtos da hidratação do aglomerante. A cura adequada é fundamental para que o concreto alcance o melhor desempenho, proporcionando uma redução de sua porosidade, contribuindo para aumentar a durabilidade das estruturas (BARDELLA et al., 2005).

Mas, pode-se atuar também preventivamente, ou seja, com uma quantidade reduzida de água no traço do concreto. Neste caso, a exsudação também será pequena e como consequência final, uma pequena retração plástica ou por secagem. Os dois processos – cura e redução de água – atuam sobre o mesmo problema, ou seja, o fenômeno da saída de água do concreto, mas a cura é facilitada quando o volume de água da exsudação é menor.

Outra forma de compensar parte da retração é a utilização de expansores, que têm a função de aumentar o volume da massa e, assim, equilibrar a redução provocada pela retração. Os expansores, geralmente à base de derivados de alumínio, têm atuação reduzida e, neste

caso, compensam apenas uma pequena parte da redução de volume (AOKI; MEDEIROS, 2010).

Um fator muito comum no processo de concretagem é a adição aleatória de água para melhorar a fluidez da mistura e facilitar o lançamento do concreto nas formas, deixando o concreto com água em excesso. Isso faz com que a água extra suba à superfície por exsudação, deixando vazios internos, o que torna o concreto poroso e ainda provoca o aumento da retração, já que com a perda de água há uma diminuição do volume o que, por consequência, causará mais fissuras.

#### 4.3 BOLHAS SUPERFICIAIS E ADENSAMENTO INADEQUADO

O surgimento de bolhas superficiais (Figura 18) está correlacionado a execução do adensamento do concreto, devido a vibração inadequada e a má trabalhabilidade do mesmo.

Bolhas são caminhos para a penetração de umidade, água e gases para o interior do concreto até a armadura, comprometendo a estrutura com o tempo. Outro fator é a questão estética se o concreto ficar aparente, pois são fáceis de serem vistas. A melhor condição de aplicação do vibrador para a retirada do ar é a inclinada. Em cada ponto de vibração, a inclinação deve ser realizada em quatro posições: frente, atrás e laterais. O tempo de vibração em cada posição deve ser o suficiente para permitir a saída das bolhas de ar. Para a mudança da posição, o vibrador deve ser retirado e reintroduzido ao concreto, evitando o deslocamento horizontal no seu interior. (MOREIRA, 2009).

**Figura 18** – Bolhas superficiais.



Fonte: Os autores (2015)

A vibração e o adensamento do concreto são tarefas que, se não forem corretamente realizadas, podem levar à formação de vazios na massa (ninhos e cavidades) e as irregularidades na superfície (as chamadas bolhas), que comprometem o aspecto estético (o que será particularmente grave nas peças de concreto aparente) e facilitam a penetração dos agentes agressores, por aumento da porosidade superficial (SOUZA; RIPPER, 1998).

Deve-se observar alguns cuidados para que não aconteçam vícios de produção, conforme a NBR 14931 (ABNT, 2004): não ultrapassar alturas de 50 cm nas camadas de concreto, a serem adensadas, de modo a facilitar as saídas de bolhas de ar; evitar a alta densidade de armaduras, dificultando que o concreto seja distribuído em todo volume da forma (Figura 19). Quando forem utilizados vibradores de imersão, a espessura da camada deve ser aproximadamente igual a 3/4 do comprimento da agulha. Ao vibrar uma camada de concreto, o vibrador deve penetrar cerca de 10 cm na camada anterior. Vale lembrar que tanto a falta, como o excesso de vibração, são prejudiciais ao concreto, ocasionando segregação e cobertura parcial da ferragem no concreto.

**Figura 19** – Vazios de concretagem



Fonte: Os autores (2015)

Testando a consistência do concreto, por meio do abatimento do tronco de cone, tem um parâmetro relacionado com a mobilidade da massa e coesão entre seus componentes. Concretos com maiores abatimentos possuem melhor trabalhabilidade para peças estreitas,

com alta densidade de armadura e muitos recortes em suas fôrmas. De acordo com Azevedo (2011), problemas com porosidade excessiva do concreto não ocorreriam com o uso do concreto autoadensável.

#### 4.4 PATOLOGIAS FUTURAS

O acabamento das superfícies do concreto pode ser motivo do aparecimento prematuro de problemas que, no primeiro momento, influem negativamente na aparência estética, porém, pode constituir-se em deficiência de compactidade, possibilitando a penetração de agentes atmosféricos para o interior do concreto, favorecendo a corrosão das barras de aço. Para tanto, cuidado com a qualidade das formas e a aplicação do concreto bem como os tratamentos superficiais de revestimento e proteção podem melhorar esses aspectos (AZEVEDO, 2011).

As estruturas de concreto armado estão sujeitas a uma séria de fatores que poderão comprometer sua durabilidade e até sua estabilidade. Dependendo da qualidade e cuidados tomados na fase de projeto, na escolha dos materiais constituintes empregados durante a execução, de sua proteção e manutenção, a probabilidade de que a estrutura venha a apresentar deterioração, será tanto menor quanto maiores forem os cuidados com a qualidade, em cada uma das fases citadas, ou seja, projeto, execução e manutenção (FALCÃO BAUER, 2013).

A deterioração de uma estrutura devido a erros de execução, deve-se à adoção de métodos executivos e equipamentos inadequados, dosagem e qualidade dos insumos do concreto, falta de limpeza de formas, mal adensamento e cura do concreto. Surgindo manifestações patológicas com o passar do tempo, que podem comprometer totalmente a peça, lembrando que começam por simples fissuras ou bolhas superficiais, devido ao mal acabamento das mesmas.

Depois de alguns anos de utilização de uma estrutura de concreto armado ou protendido, constata-se o aparecimento de doenças patológicas na superfície do concreto, que podem comprometer a durabilidade das construções, culpando a carbonatação do concreto como a responsável por tais anomalias. A carbonatação é um fenômeno químico que se produz na superfície do concreto, ocorrendo a uma velocidade lenta e prossegue durante anos (FALCÃO BAUER, 2013).

De maneira sumária, a carbonatação consiste em transformar íons alcalinos, como os cátions de sódio, potássio e sobretudo de cálcio, em sais de carbonatos desses elementos, pela

ação ácida do dióxido de carbono presente no ar. Em especial, a carbonatação do concreto, que está associada à ação do CO<sub>2</sub>, representa um dos fatores iniciadores mais importantes da corrosão das armaduras (CASCUDO; CASARECK, 2011).

Para que uma obra de concreto possa ser durável é necessário que a armadura seja definitivamente protegida contra a oxidação. Caso não seja conseguida esta proteção, o óxido de ferro que se forma inicialmente tem um volume de 6 a 8 vezes maior do que o aço original. Este aumento provoca fissuras no concreto, por onde os agentes agressivos penetram. Havendo maior aumento do óxido, o concreto acaba se rompendo, expondo a superfície do aço oxidado e, conseqüentemente, aumentando a velocidade de oxidação e perda da resistência do concreto armado por diminuição da seção original da armadura da peça estrutural (FALCÃO BAUER, 2013).

Um adequado procedimento de cura impede a rápida evaporação da água de amassamento do concreto nas primeiras idades (entre 30 minutos e 6 horas), evitando ou minimizando o fenômeno da retração plástica no concreto e, com isso, evitando fissuras decorrentes desse fenômeno. Paralelamente, a cura também proporciona um aumento do grau de hidratação da pasta de cimento na superfície do concreto, com a conseqüente diminuição de sua porosidade. A boa cura, portanto, contribui para consolidar a pasta de cimento e qualificar o concreto, especialmente na região de cobrimento da armadura, criando assim uma capa superficial relativamente compacta e bem consolidada. Como a carbonatação é um fenômeno que se dá de fora para dentro, mediante a difusão do CO<sub>2</sub>, a realização de uma cura efetiva passa a ser uma ferramenta realmente importante para que se possa garantir a durabilidade da estrutura quanto à carbonatação (CASCUDO; CASARECK, 2011).

As etapas práticas executivas dos elementos pré-fabricados como: a mistura, transporte, lançamento e adensamento do concreto, que influenciam no acabamento superficial das peças e na qualidade do concreto, interferem na predisposição à carbonatação.



## 5 VISITAS

Foram realizadas visitas nas três principais empresas que produzem peças pré-moldadas de concreto armado em Anápolis (GO) e foram observadas: a estocagem do cimento, agregados, vergalhões, condições das fôrmas, fabricação do concreto, tipo de desmoldante utilizado, o processo executivo de modo geral e os produtos finais.

### 5.1 ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO

Os materiais componentes do concreto devem permanecer armazenados na obra ou na central de dosagem, separados fisicamente desde o instante do recebimento até a mistura. Cada um dos componentes deve estar identificados durante o armazenamento, no que diz respeito à classe ou à graduação de cada procedência (NBR 12655 - ABNT, 2015).

#### 5.1.1 Agregados

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015) os agregados devem ser armazenados separadamente em função da sua graduação granulométrica, de acordo com as classificações. Não pode haver contato físico direto entre as diferentes graduações. Cada fração granulométrica deve ficar sobre uma base que permita escoar a água livre de modo a eliminá-la. O depósito destinado ao armazenamento dos agregados deve ser construído de maneira tal que evite o contato com o solo e impeça a contaminação com outros sólidos ou líquidos prejudiciais ao concreto.

A empresa 1 mantém os agregados separados por baias (Figura 20), onde estão parcialmente protegidos das intempéries, porém continuam com o risco de contaminação pelo solo e sem a possibilidade de escoamento da água livre. Nas empresas 2 e 3, o armazenamento não se encontra em conformidade com a norma, estando exposto ao ar livre e em contato direto com o solo (Figuras 21 e 22).

**Figura 20** – Baia agregados, empresa 1



Fonte: Os autores (2015)

**Figura 21** – Armazenamento agregados, empresa 2



Fonte: Os autores (2015)

**Figura 22** – Armazenamento agregados, empresa 3

Fonte: Os autores (2015)

### 5.1.2 Cimento

Conforme observado na NBR 12655 (ABNT, 2015), cada cimento deve ser armazenado separadamente, de acordo com a marca, tipo e classe. O cimento fornecido em sacos deve ser guardado em pilhas, em local fechado, protegido da ação de chuva, nevoa ou condensação. Cada lote recebido em uma mesma data deve ser armazenado em pilhas separadas e individualizadas. As pilhas devem estar separadas por corredores que permitam o acesso e os sacos devem ficar apoiados sobre estrado ou paletes de madeira, para evitar contato direto com o piso. Os sacos devem ser empilhados em altura de no máximo 15 unidades, quando ficarem retidos por período inferior a 15 dias, no canteiro de obras, ou em altura de no máximo 10 unidades, quando permanecerem por período mais longo. O cimento fornecido a granel deve ser estocado em silo estanque, provido de respiradouro, com filtro para reter poeira, tubulação de carga e descarga e janela de inspeção.

Na empresa 1 o cimento é armazenado em silo e provido de todos requisitos exigidos pela NBR 12655 (ABNT, 2015) e o aglomerante utilizado é o CP V – ARI, como recomenda El Debs (2000), por atingir alta resistência inicial, agilizando o processo de desforma. As empresas 2 e 3 (Figuras 23 e 24) realizam a estocagem nas mesmas condições: armazenados em cômodo fechado e provido de cobertura, com paredes internas impermeabilizadas, respeitando os limites de sacos empilhados, apoiados sobre estrado de madeira. Sendo os

aglomerantes utilizados pelas mesmas: CP II –E e CP IV, respectivamente, não facilitando a desforma rápida.

**Figura 23** – Estocagem cimento, empresa 2



Fonte: Os autores (2015)

**Figura 24** – Estocagem cimento, empresa 3



Fonte: Os autores (2015)

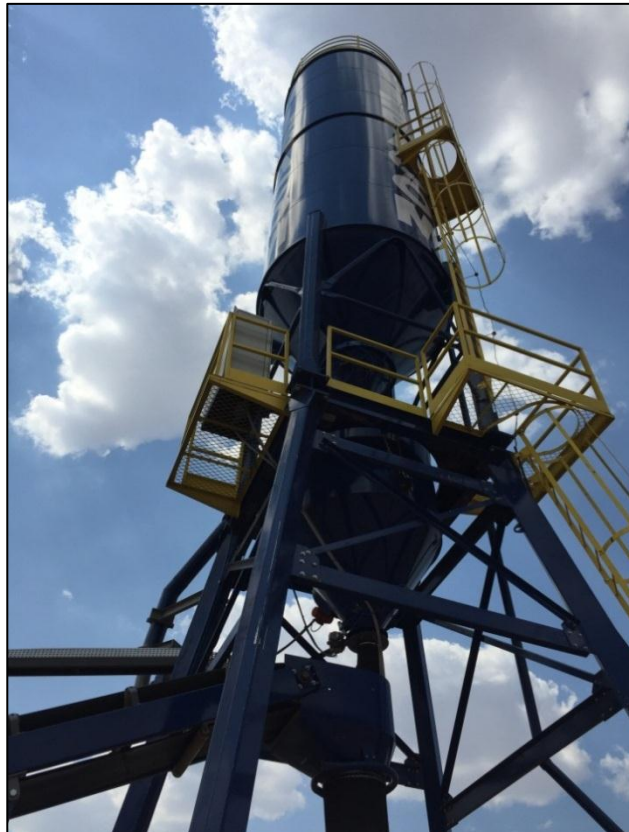
## 5.2 DOSAGEM DO CONCRETO

As condições de preparo do concreto, observadas na NBR 12655 (ABNT, 2015), são as seguintes:

- a) o cimento e os agregados são medidos em massa; a água de amassamento é medida em massa ou volume, com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados;
- b) o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume, mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume;
- c) o cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados da determinação da consistência do concreto.

A empresa 1, de maior porte, conta com a própria usina de concreto na fábrica (Figura 25). O sistema se enquadra no item “a”, onde a correção é feita automaticamente por meio de leitores de umidade, obtendo um concreto com maior qualidade.

**Figura 25** – Usina de concreto, empresa 1



Fonte: Os autores (2015)

As empresas 2 (Figura 26) e 3 (Figura 27) realizam a dosagem de modo manual, se enquadrando no item “b”, utilizando padiolas como medidores, e executando a mistura em betoneiras estacionárias, os traços do concreto são específicos de cada empresa.

**Figura 26** – Fabricação do concreto, empresa 2



Fonte: Os autores (2015)

**Figura 27** – Fabricação do concreto, empresa 3



Fonte: Os autores (2015)

### 5.3 PREPARAÇÃO DAS FÔRMAS

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004) os agentes desmoldantes devem ser aplicados exclusivamente na forma, antes da colocação da armadura, e de maneira a não prejudicar a superfície do concreto. Os produtos utilizados não devem deixar resíduos na superfície da peça ou acarretar algum efeito que cause: alteração na qualidade da superfície ou, no caso de concreto aparente, resulte em alteração de cor e o prejuízo da aderência do revestimento a ser aplicado.

A aplicação pode ser feita com pano, rolo de pintura, escovão ou borrifado, sendo que o último proporciona uma película mais uniforme, permitindo um controle da espessura e do consumo (ABBATE, 2003).

As empresas 1, 2 e 3 afirmaram que a limpeza é feita antes e depois da concretagem, eliminando apenas os restos de concreto das fôrmas, já que devido a grande rotatividade das mesmas, não chegariam a enferrujar. Os tipos de desmoldante utilizados foram à base de ésteres de ácidos, pelas empresas 1 e 3, e óleo mineral, utilizado pela empresa 2, todos aplicados por meio da pulverização. Como já foi visto nos estudos bibliográficos, nas fôrmas, a utilização de desmoldantes corrente à base de óleos minerais é inadequada, recomendando-se as ceras parafínicas.

Nenhuma das empresas mostrou grande preocupação com o fato de que a limpeza ou o tipo de desmoldante utilizado possam estar relacionados às patologias nas peças. As figuras 28, 29 e 30 mostram as condições das fôrmas utilizadas nas empresas 1, 2 e 3, respectivamente.

**Figura 28** – Fôrma utilizada em console, empresa 1



Fonte: Os autores (2015)

**Figura 29** – Estado da fôrma utilizada, empresa 2



Fonte: Os autores (2015)

**Figura 30** – Estado da fôrma utilizada, empresa 3



Fonte: Os autores (2015)



#### 5.4 CONCRETAGEM

O processo de concretagem de maneira geral é bem parecido nas três empresas. Todas utilizam jericas para o transporte do concreto, e pás, para o lançamento nas fôrmas e o adensamento é feito com o vibrador de imersão. Nenhuma delas possuem um processo de cura específico, deixam as peças recém concretadas expostas às intempéries, protegendo somente em caso de chuva (Figura 31).

**Figura 31** – Peça recém concretada exposta ao sol, empresa 3



Fonte: Os autores (2015)

#### 5.5 PRODUTO FINAL

Apesar das diferenças entre as empresas na fabricação das suas peças, não se nota tanta diferença no visual dos produtos finais. Os vazios de concretagem – as chamadas brocas – as bolhas superficiais, as fissuras e as manchas, não são problemas encontrados em grandes quantidades em cada peça, porém comuns a todas as empresas visitadas.

### 5.5.1 Manchas

O surgimento de manchas foi relacionado por todas as empresas, devido principalmente ao uso de areia de má qualidade, com alta quantidade de matéria orgânica, na fabricação do concreto, sendo que, as empresas 1 e 2 teriam mudado recentemente o agregado, utilizando pó de pedra, ao invés da areia de rio, para sanar esses problemas. Já o processo de limpeza das fôrmas ou o tipo de desmoldante utilizado, para nenhuma das empresas foi considerado um fator de muita influência em relação às manchas nas peças.

A empresa 3 relatou também que o uso de água de má qualidade, provavelmente suja, para a fabricação do concreto também já teria causado manchas em suas peças.

Foram encontradas manchas em todas as empresas, como mostra a foto tirada na empresa 3 (Figura 32).

**Figura 32** – Presença de manchas nas peças, empresa 3



Fonte: Os autores (2015)

### 5.5.2 Fissuras

De modo geral, nenhuma das empresas mostrou preocupação com uma cura bem executada do concreto, em todas elas a concretagem é feita a céu aberto e as peças ficam expostas ao sol e vento, sendo protegidas apenas em caso de chuva.

Isso seguramente seria um dos principais fatores para a ocorrência de fissuras (Figura 33) em todas elas, e ainda, na empresa 2, o fato de não utilizarem um cimento de alta resistência inicial na composição do concreto e realizarem a desfôrma em 24 horas, após a concretagem, também caracteriza mais um fator para a ocorrência das fissuras.

A adição de água em excesso na mistura, para facilitar a concretagem, foi um fator que nenhuma das empresas disseram ter o hábito.

**Figura 33** – Presença de fissuras, empresa 1



Fonte: Os autores (2015)

### 5.5.3 Bolhas superficiais e ninhos de concretagem

As bolhas superficiais foram encontradas em todas as empresas (Figura 34), principalmente em peças com maiores recortes em suas formas, onde o vibrador de imersão (método utilizado por todas elas) não consegue efetivamente chegar a algum ponto da forma.

Em peças com a seção retangular sem as angulações presentes em outros formatos, a quantidade de bolhas é visivelmente inferior.

Os ninhos de concretagem, ou brocas, tem uma causa parecida com a das bolhas, entretanto, nas empresas visitadas, esse problema era raro, por não fabricarem produtos com

tamanhos e formatos mais susceptíveis a esse problema, por exemplo, vigas com altura próxima a 1m, onde às vezes a vibração não alcança a parte inferior da forma, e o concreto, por sua vez não adensa, deixando vazios na peça.

Entretanto, na empresa 2, foi possível notar, em consoles, um adensamento inadequado (Figura 35), pelo fato de que a armadura, algumas vezes, dificulta a entrada por completo do mangote do vibrador e então o adensamento do concreto, naquela parte da peça, necessita de um pouco mais de trabalho, o que provavelmente foi feito sem a devida atenção.

**Figura 34** – Presença de bolhas, empresa 3



Fonte: Os autores (2015)

**Figura 35** – Brocas no concreto, empresa 2



Fonte: Os autores (2015)

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização das visitas foi possível perceber que as patologias relacionadas aos vícios de produção são problemas pouco estudados pelas empresas. Os principais fatores causadores dos problemas nas peças, como cura mal executada, falta de controle da hidratação do concreto, tipo de desmoldante utilizado, métodos de vibração etc, não estão nas prioridades das empresas. Além de que, mesmo quando as patologias aparecem, não é algo que, segundo elas, atrapalhe na comercialização das peças ou na relação entre o cliente e o fabricante, pois geralmente as edificações para as quais essas peças são destinadas, são galpões industriais, onde quase nunca é cobrado pelos contratantes a estética das peças, e a principal característica buscada no uso de pré-moldados é a velocidade do processo construtivo.

Estas patologias são tidas, tanto pelos clientes e às vezes até pelos próprios fabricantes, como problemas apenas estéticos, mas as pesquisas puderam confirmar que elas possibilitam o processo de carbonatação e constante a deterioração da estrutura.

O acabamento das superfícies do concreto no primeiro momento influi negativamente na aparência estética das peças e com o passar do tempo, possibilitam a penetração de agentes atmosféricos para o interior do concreto, favorecendo a corrosão das barras de aço. A maioria das peças pré-fabricadas são fornecidas para galpões industriais, que de acordo com Geimba de Lima (2011), o meio ambiente industrial possui particularidades específicas e microclimas bastantes peculiares, dando como exemplo fábricas de papel e celulose que, com seus tanques de branqueamento, contaminam com cloreto todo o entorno. Sendo o ataque superior ao provocado pela pior condição de exposição ao ambiente marinho.

Estando os elementos pré-fabricados em ambiente altamente contaminado, portas de entradas para futuras manifestações patológicas devem ser fechadas por meio das melhorias no acabamento superficial das peças e os erros observados acontecem em não cumprimento das normas brasileiras de execução, devido à falta de acesso ou conhecimento das mesmas. Erros estão predispostos a acontecer, mas quanto maior a mecanização da execução e o controle tecnológico do insumos que compõem o concreto armado, menores serão as manifestações patológicas relatadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC) - (NBR 13116) Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/perguntas-frequentes.php?id=24>>. Acesso em: 10 de setembro 2015.

ABBATE, V. **Desmoldante: um para cada tipo de fôrma.** Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/70/artigo286230-1.aspx>>. Acesso em: 24 de outubro 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto – preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: Execução de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

AOKI, Jorge; MEDEIROS, Giovana. **Retração – Redução de Efeito e Compensação.** 16 de agosto de 2010. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/retracao-reducao-de-efeito-e-compensacao/>>. Acesso em: 5 de outubro 2015.

AZEVEDO, Minos Trocoli de. **Patologia das estruturas de concreto.** In: Geraldo C. Isaia. (Org.). Concreto: Ciência e Tecnologia. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011, 1095-1128 p.

BARDELLA, P.S. et al. **1º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA – PROJETO – PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO:** Sistemas de Cura em Concretos Produzidos com Cimento Portland de Alto-Forno com Utilização de Sílica Ativa. São Carlos 03-04 de novembro, 12 p. 2005.

BRUMATTI, D.O. Uso de pré-moldados – estudo e viabilidade, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, 54p. 2008.

CASCUDO, O.; CASARECK, H. **Ação da carbonatação no concreto.** In: Geraldo C. Isaia. (Org.). Concreto: Ciência e Tecnologia. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011, 849-885 p.

COSTA JÚNIOR, G.N. **Roteiro na utilização de EPS em lajes de edifícios de concreto armado no brasil.** Anápolis. 48p. 2013.

EL DEBS, Mounir. **Concreto pré-moldado:** fundamentos e aplicações. São Carlos: EESC-USP, 2000. 316p.

FALCÃO BAUER, L.A. **Materiais de Construção:** Novos materiais para construção civil. 5. ed. revisada. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 960 p.

FERREIRA, R. M. **Laje nervurada unidirecional com pré-laje treliçada e elemento de enchimento.** Rio de Janeiro. 58p. 2015

FIGUEROLA, Valentina N. **Pré-fabricados de concreto: do padronizado ao exclusivo**. Pini, São Paulo, Dezembro de 2008. Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/177/pini-60-anos-118597-1.aspx>>. Acesso em: 29 maio 2015.

GEIMBA DE LIMA, M. **Ações do meio ambiente sobre as estruturas de concreto**. In: Geraldo C. Isaia. (Org.). **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011, 733-772 p.

JAZRA, G. **nArchitects vence concurso de projeto para edifícios modular de microapartamentos**. Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/arquitetura/narchitecys-vence-concurso-de-projeto-para-edificio-modular-de-microapartamentos-277013-1.aspx>>. Acesso em: 19 de agosto 2015.

LEITÃO NETO, S.P. **A importância da aplicação da engenharia simultânea nos projetos das pequenas empresas de construção civil**. Rio de Janeiro. 87p. 2008.

MAMEDE, F. C. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural**. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 206p. 2001.

MERLIN, A. J. **Momentos fletores negativos nos apoios de lajes formadas por vigotas de concreto protendido**. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 134p. 2002.

MILANI, C.J; et al. **Processo produtivo de elementos pré-moldados de concreto armado: detecção de manifestações patológicas**. Revista RISCO, São Paulo, 14 de janeiro, 2012. p. 82-91.

MODERNO DICIONÁRIO DA LINGUA PORTGUESA – MICHAELIS. Disponível em: <[http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/definicao/patologia%20\\_1017626.html](http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/definicao/patologia%20_1017626.html)> . Acesso em: 20 de maio 2015

MOREIRA, K. A. W; **Estudo das manifestações patológicas na produção de pré-fabricados de concreto**.2009. 127f..Dissertação (Programa de pós graduação em engenharia mecânica e de materiais) – Universidade Tecnológica Federal de Curitiba. Curitiba. 2009.

MOREIRA NETO, E. **Concepção arquitetônica condicionada ao sistema construtivo em pré - fabricados de concreto**. Monografia apresentada ao curso de especialização em construção civil, UFMG, 58p., 2013.

MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto** / coordenação geral: Alex Tort Folch; co-autor: Carlos Eduardo Emrich Melo. 2. Ed. rev. e ampl. São Paulo: Pini, 2007.

NAKAO, Ricardo, et al. **1º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA – PROJETO – PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO: lajes pré-fabricadas treliçadas: uma análise experimental regional segundo a NBR 14859**. São Carlos 03-04 de novembro, 6p. 2005.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E.T. **A indústria da construção civil na era da informação.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v.3, n.1, p.69-81, jan./mar. 2003.

PERALTA, A.C. **Um modelo do processo de projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.** Universidade de Santa Catarina, UFSC, 143p. 2002.

PIGOZZO, B. N. et al. **A industrialização na construção e o estudo de uma rede de empresas em obra de pré-fabricados em concreto armado.** Bauru, 12p. 2005.

PORTAL DO CONCRETO. **CONCRETO PRÉ-MOLDADO.** Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/premoldado.html>>. Acesso em: 15 de junho 2015.

SANTIS, B. C. **Principais Sistemas Estruturais para Edifícios de Múltiplos Pavimentos em Concreto Pré-Fabricado.** São Carlos, 58p. 2009.

SERRA, S.M.B. et al. **1º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA – PROJETO – PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO:** Evolução dos pré-fabricados de concreto. São Carlos 03-04 de novembro, 10 p.2005.

SOTANA, A. F., et al. **Patologia das estruturas e pisos de concreto armado e revestimento.** Chapecó: UNOCHAPECÓ, 2012. 21 p.

SOUZA, V.C.M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** 1. Ed. São Paulo: Pini, 1998. 257 p.

TERZIAN, P. Concreto Pré-Fabricado in: Isaia, Geraldo. **Concreto Ensino, pesquisas e realizações.** Editora IBRACON, volume 2, 2005

THIERS SILVA, L.C. **Dicas de construções – prejudiciais,** Disponível em: <<http://www.sitengenharia.com.br/diversosprejudicial.htm>>. Acesso em: 18 maio 2015.

THOMAZ, Ércio. **Desempenho de edificações habitacionais:** guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. 2. ed. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. 307p.

TUTIKIAN, B.; HELENE, Paulo. **Dosagem dos Concretos de Cimento Portland.** In: Geraldo C. Isaia. (Org.). **Concreto: Ciência e Tecnologia.** 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011, 415-451 p.

VAN AKER, A. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto.** 129p., tradução. Disponível em: <[www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST%20725%20A/mpf.pdf](http://www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST%20725%20A/mpf.pdf)> Acesso em 20 de maio de 2015.