

Universidade Federal  
do Rio de Janeiro

---

Escola Politécnica

## SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Henry Osório Teixeira Senden

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Profº. Eduardo Linhares Qualharini

Rio de Janeiro / RJ  
Agosto, 2015

# SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Henry Osório Teixeira Senden

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE  
DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU  
DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinada por:

---

Prof. Eduardo Linhares Qualharini (orientador)

---

Prof.<sup>a</sup>. Isabeth da Silva Mello- MS.c.

---

Prof. Willy Weisshuhn - MS.c.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL  
AGOSTO de 2015

Senden, Henry Osório Teixeira

Sistemas Construtivos em Concreto Pré-moldado / Henry Osório Teixeira Senden – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2015.

X, 68p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Eduardo Linhares Qualharini

Projeto de graduação – UFRJ/ Escola Politécnica / Curso de Engenharia Civil, 2015.

Referências bibliográficas: p. 53 e 54

1. Introdução. 2. História do Pré-moldado. 3. Elementos do Sistema Construtivo em Pré-moldado 4. Estudo de Caso. 5. Considerações finais.

I. Eduardo Linhares Qualharini. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. Engenheiro civil.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me dado forças, me capacitado, me ajudado nos momentos difíceis durante os períodos de estudo e colocado as pessoas certas no meu caminho.

Agradeço a meus pais Carlos Henrique e Martha da Costa que não mediram esforços para dar a melhor educação, me fizeram ser um homem com princípios, valores e caráter e sempre me apoiaram ao longo de todo período da faculdade.

Agradeço a minha esposa Michele Senden por ter aturado meu nervosismo com as matérias, as noites em claro estudando e por não reclamar dos fins de semana trancado dentro de um quarto fazendo trabalho ou estudando para uma prova decisiva.

Agradeço a meu orientador professor Eduardo Qualarini por sempre estar disposto a me receber, me auxiliando durante a monografia com sua visão clara e centrada sobre o assunto.

Agradeço aos professores da graduação que abriram meus horizontes com seus conhecimentos e experiências.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

## **Sistemas Construtivos em Concreto Pré-Moldado**

Henry Osório Teixeira Senden

Agosto/2015

Orientador: Eduardo Linhares Qualharini

Curso: Engenharia Civil

O mercado da construção civil vem cada vez mais buscando processos que racionalizem materiais e tornem o processo construtivo mais produtivo. Os sistemas construtivos em concreto pré-moldado tem mostrado alta capacidade de racionalização com ganho de velocidade de execução da obra, menos perdas de matérias, utilização de mão de obra mais qualificada e um melhor acabamento final da construção. Este trabalho vem indicar as vantagens e desvantagens de utilizar sistemas pré-moldados na obra, mostrando como são executadas as ligações nas estruturas pré-moldadas, os tipos de elementos mais comumente utilizados, os benefícios da utilização deste tipo de estrutura, as etapas de recebimento e montagem da estrutura na obra.

*Palavras-chave:* SISTEMA CONSTRUTIVO, PRÉ-MOLDADO, PRÉ-FABRICADO.

Abstract of Monograph present to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for degree of Specialist.

## **Building Systems in Pre-cast Concrete**

Henry Osório Teixeira Senden

August/2015

Advisor: Eduardo Linhares Qualharini

Course: Civil Engineering

The construction market is increasingly seeking to rationalize processes and materials become the most productive construction process. Construction systems for precast concrete has shown high capacity for rationalization to gain the work execution speed , less waste of materials , hand use of more skilled workforce and a better finishing of the building. This work is to show the advantages and disadvantages of using precast systems at work, showing how the connections in precast structures are performed, the types most commonly used elements, the benefits of using this type of structure, the receipt of steps and assembly of the structure on site.

*Keywords: CONSTRUCTIVE SYSTEM, PRE- CAST, PRE- MANUFACTURED*

# SUMÁRIO

## CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 INTRODUÇÃO.....	1
1.2 OBJETIVO.....	1
1.3 METODOLOGIA.....	1
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	1

## CAPÍTULO 2 - HISTÓRIA DO PRÉ-MOLDADO

2.1 UM BREVE HISTÓRICO DO PRÉ-MOLDADO.....	3
2.2 PRIMEIRAS OBRAS NO BRASIL.....	4
2.3 DIFERENÇA ENTRE PRÉ-MOLDADO E PRÉ-FABRICADO.....	5
2.4 SISTEMAS ESTRUTURAIS BÁSICOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO.....	5
2.5 TIPOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO.....	12

## CAPÍTULO 3 - ELEMENTOS DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO

3.1 FUNDAÇÃO.....	13
3.2 PILAR.....	16
3.2.1 ENGASTE PILAR BLOCO DE FUNDAÇÃO.....	18
3.2.2 CONSOLE.....	19
3.2.3 PILAR COM SISTEMA DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	21
3.2.4 EMENDA PILAR X PILAR.....	22
3.3 VIGA.....	23
3.3.1 VIGA RETANGULAR.....	25
3.3.2 VIGA-SUPORTE PROTENDIDAS.....	25
3.3.3 VIGA CALHA.....	27
3.3.4 VIGA DE COBERTURA.....	27

3.4 LAJE.....	27
3.5 ESCADAS.....	30
3.5 PAINÉIS <i>TILT-UP</i> .....	30
3.6 TIPOS DE LIGAÇÕES.....	33
3.7 FUROS NOS ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS.....	33
3.7.1 LIGAÇÃO ISOSTÁTICA.....	33
3.7.2 LIGAÇÃO ROTULADA.....	34
3.7.3 LIGAÇÃO SEMI-RÍGIDA.....	34
3.7.4 LIGAÇÃO ENGASTADA.....	34
3.7.5 LIGAÇÃO VIGA X PILAR.....	34
3.8 FUROS NOS ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS.....	35
3.9 MONTAGEM DE UMA ESTRUTURA EM PRÉ-MOLDADO.....	37
3.9.1 RECEBENDO OS ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS NA OBRA.....	37
3.9.2 MONTAGEM DAS PEÇAS.....	38
3.10 VANTAGENS E DESVANTAGENS EM CONSTRUÇÕES COM A UTILIZAÇÃO DE PRÉ-MOLDADO.....	40
3.10.1 VANTAGENS DO USO DE PRÉ-MOLDADO.....	40
3.10.2 DESVANTAGEM DO USO DE PRÉ-MOLDADO.....	42

## CAPÍTULO 4 - ESTUDO DE CASO

3.7 MONTAGEM DOS PILARES.....	45
4.2 MONTAGEM DAS VIGAS E LAJES ALVEOLARES.....	46
4.3 CAPEAMENTO E CONCRETAGEM DAS LAJES.....	48
4.4 PROBLEMAS ENFRENTADOS NA OBRA.....	49

## CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 VIGA RETANGULAR.....	51
5.2 VIGA-SUPORTE PROTENDIDAS.....	52

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS.....	55



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de padrões de seções transversais - Fonte: ACKER, 2002.....	6
Figura 2: Estrutura para galpão industrial - Fonte: ACKER, 2002 .....	6
Figura 3: Estrutura em esqueleto Fonte: ACKER, 2002 .....	7
Figura 4: Estrutura em painéis estruturais Fonte: ACKER, 2002 .....	8
Figura 5: Edifício de escritório Fonte: ACKER, 2002 .....	9
Figura 6: Fachada arquitetônica Fonte: ACKER, 2002.....	10
Figura 7: Esquema de estrutura celular Fonte: ACKER, 2002.....	11
Figura 8: Detalhe do cálice com pilar Fonte: ACKER, 2002.....	13
Figura 9: Ligação pilar x fundação por meio de chapa de base Fonte: ACKER, 2002..	14
Figura 10: Ligação pilar x fundação Fonte: ACKER, 2002.....	15
Figura 11: Ligação pilar x fundação emenda da armadura e concretagem posterior Fonte: ACKER, 2002 .....	16
Figura 12: Pilares pré-moldados Fonte: O autor .....	17
Figura 13: Formato de pilares Fonte: Adaptado de Teixeira, 1986.....	18
Figura 14: Exemplo de ranhuras na base do pilar Fonte: Adaptado de Teixeira, 1986 .	19
Figura 15: Detalhe do pilar com dois consoles trapezoidais Fonte: O autor.....	20
Figura 16: Detalhe do pilar com console pra gerber Fonte: PREMONTA .....	20
Figura 17: Console para laje alveolar Fonte: PREMONTA.....	21
Figura 18: Pilar com sistema de águas pluviais Fonte: TATU.....	22
Figura 19: Ligação pilar x pilar Fonte: ACKER, 2002 .....	23
Figura 20: Formato de vigas Fonte: Adaptado de Teixeira, 1986.....	24
Figura 21: Tipos de vigas protendidas Fonte: ACKER, 2002.....	25

Figura 22: Viga suporte Fonte: O autor.....	26
Figura 23: Armadura de continuidade viga x pilar Fonte: Kataoka, 2007 .....	26
Figura 24: Formato de lajes Fonte: Adaptado de Teixeira, 1986 .....	27
Figura 25: Tipo de vigotas Fonte: ACKER, 2002 .....	29
Figura 26: Detalhe da escada pré-moldada Fonte: Site Cassol .....	30
Figura 27: Pista para execução do Tilt-up Fonte: WTORRE, 2005.....	31
Figura 28: Detalhe inserts metálicos para fixação da estrutura Fonte: WTORRE, 2005 .....	32
Figura 29: Detalhe fixação dos cabos para içamento das placas Fonte: WTORRE, 2005 .....	32
Figura 30: Detalhe do escoramento das placas de <i>Tilt-up</i> Fonte: WTORRE, 2005.....	33
Figura 31: Exemplos de consoles metálicos embutidos Fonte: ACKER, 2002.....	35
Figura 32: Indicação de furos em peças pré-moldadas I e T Fonte: PREMO, 2010.....	35
Figura 33: Indicação de furos em peças pré-moldadas U, I e J Fonte: PREMO, 2010..	36
Figura 34: Indicação de furos em laje alveolar. Fonte: PREMO, 2010 .....	36
Figura 35: Detalhe carregamento de laje alveolar Fonte: O autor.....	37
Figura 36: Detalhe laje alveolar apoiada por madeiras Fonte: O autor .....	38
Figura 37: Içamento de viga retangular com gerber Fonte: O autor .....	39
Figura 38: Caminhão guindaste Fonte: GUINDASTES THEODORO, 2024 .....	40
Figura 39: Detalhe da ligação chapa de base ente pilar e fundação Fonte: O autor.....	45
Figura 40: Detalhe ligação viga x pilar com pino conector e neoprene Fonte: CATOIA, 2007 .....	46
Figura 41: Detalhe da montagem dos torniquetes Fonte: TATU .....	47
Figura 42: Execução da montagem dos torniquetes na obra Fonte: O autor.....	47
Figura 43: Detalhe da consolidação dos painéis Fonte: TATU.....	48

Figura 44: Detalhe concretagem do capeamento Fonte: O autor .....	49
Figura 45: Vão de difícil acesso para concretagem in loco a direita: O autor.....	50
Figura 46: Desabamento de laje alveolar Fonte: O autor .....	50

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Breve histórico do pré-moldado no Brasil – Fonte: O autor. ....	4
---	---

# **CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

## **1.1 INTRODUÇÃO**

A escolha do tema apresentado nesta monografia surgiu do conhecimento adquirido durante o estágio do autor em obras que utilizavam pré-moldados.

Os elementos pré-moldados para pilares, vigas e lajes podem oferecer uma significativa velocidade de execução da obra, com menor retrabalho e eliminando improvisos que podem contribuir para atrasos e erros nas previsões orçamentárias.

## **1.2 OBJETIVO**

O objetivo deste estudo de monografia é apresentar os diferentes sistemas construtivos em concreto pré-moldado utilizados no mercado brasileiro mostrando desde as ligações entre os elementos, os tipos de classificação das estruturas e equipamentos envolvidos na sua montagem.

## **1.3 METODOLOGIA**

Para alcançar os objetivos propostos, foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre estruturas de concreto pré-moldado em livros, dissertações de mestrado na área deste trabalho, artigos sobre construção civil, sites manuais de empresas especializadas em pré-moldados, pesquisas na internet sobre o assunto e pesquisa de campo em obras onde se faz a utilização de pré-moldados.

## **1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO**

O trabalho é composto de cinco capítulos desenvolvidos de forma a promover um entendimento sobre o desenvolvimento dos pré-moldados no Brasil e os tipos de ligações presentes entre as peças e como será o funcionamento de um canteiro de obras que utiliza pré-moldados na sua estrutura.

O primeiro capítulo trata da introdução ao tema, apresentando a contextualização do tema, o objetivo do trabalho, a metodologia utilizada no desenvolvimento da monografia e sua estruturação.

O segundo capítulo tem como objetivo apresentar a história do pré-moldado no Brasil, caracterizando as primeiras estruturas construídas e como o mercado está recebendo este método construtivo.

O terceiro capítulo trata dos elementos do sistema construtivo em concreto pré-moldado usuais no Brasil, os tipos de ligações entre as peças, as particularidades de alguns elementos, os tipos de ligações entre os elementos, como são transportados e as máquinas usadas para a montagem da estrutura assim como alguns exemplos de construções com a utilização de pré-moldados e suas vantagens e desvantagens.

O quarto capítulo mostra o estudo de campo de uma construção que utilizou elementos pré-moldados na sua estrutura.

O quinto e último capítulo apresenta as considerações finais do trabalho abordando os benefícios de uma construção em concreto pré-moldado, com críticas e sugestões.

# **CAPÍTULO 2 - HISTÓRIA DO PRÉ-MOLDADO**

## **2.1 UM BREVE HISTÓRICO DO PRÉ-MOLDADO**

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

Com o fim da Segunda Guerra Mundial a necessidade de reconstruir diversos tipos de edificações e a falta de materiais impulsionou a Europa para a construção utilizando pré-fabricado devido à necessidade de rápida reconstrução de hospitais, escolas, edifícios, pontes e outros. A sua velocidade de construção e a racionalização das etapas de construção foram determinantes.

SALLAS (1988) divide a utilização de concreto pré-fabricado em três períodos:

1º Período de 1950 a 1970 – Com a devastação pós Segunda Guerra Mundial a necessidade de reconstrução urgente de edificações industriais, habitacionais, de moradia e hospitais teve início a construção de pré-fabricados de ciclo fechado onde procurou seguir conceitos adotados em setores da indústria buscando a repetição e produção em série dos elementos pré-fabricados. As construções eram uniformes e possuíam rigidez na sua arquitetura sem flexibilidade.

2º Período de 1970 a 1980 – Esse período foi marcado por diversos acidentes em construções que utilizavam grandes painéis pré-fabricados, os acidentes provocaram uma rejeição social a esse método de ciclo fechado. Ocorreu uma grande revisão nos conceitos de utilização dos métodos construtivos de grandes elementos pré-fabricados tendo início a queda do sistema construtivo de ciclo fechado.

3º Período pós 1980 – Ocorreu a consolidação da construção de pré-fabricados de ciclo aberto. Esse novo sistema tem como finalidade a criação de técnicas, tecnologias e processos de fabricação flexíveis. Varias empresas participam de um projeto de

padronização dos elementos pré-fabricados garantindo que elementos de fabricantes distintos sejam compatíveis.

Segundo ELLIOT (2002) atualmente vivemos em um sistema flexibilizado onde não mais os elementos são padronizados, mas os projetos possuem flexibilidade para adequar as necessidades arquitetônicas de projeto.

## 2.2 PRIMEIRAS OBRAS NO BRASIL

Para VASCONCELOS (2002), “a primeira notícia que se tem de uma obra grande com utilização de elementos pré-moldados no Brasil, refere-se à execução do hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro. Christiani-Nielsen, firma construtora dinamarquesa com sucursal no Brasil, executou em 1926 a obra completa do hipódromo, com diversas aplicações de elementos pré-moldados. Dentre eles, podem-se citar as estacas nas fundações e as cercas no perímetro da área reservada ao hipódromo”.

Quadro 1: Breve histórico do pré-moldado no Brasil

1926 - Pré-moldagem em canteiro de estacas para a Fundação do Jockey Club Rio de Janeiro
1961 - Utilizações de pré-fabricados em obras públicas Construtora Marna (Paraná)
1966 - Criação do BNH - uso de mão de obra para geração de emprego
1970 a 1980 - Houve pouco desenvolvimento
1980 a 1990 - Foram feitas obras públicas e fundações
1990 - Retomada do uso do pré-fabricado

Fonte: O autor

Uma pesquisa realizada por ALBUQUERQUE, A. T.; EL DEBS, M. K. (2005) onde foi realizado um levantamento dos sistemas estruturais pré-moldados utilizados no Brasil com participação de fabricantes e projetistas de estruturas e com utilização dos dados do banco de obras da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC) chegou à conclusão que 70%, em média, das obras pré-moldadas

não são originalmente concebidas para a utilização do sistema, mas sim, adaptadas de uma estrutura concebida para ser executada em concreto moldado in loco.

### **2.3 DIFERENÇA ENTRE PRÉ-MOLDADO E PRÉ-FABRICADO**

A norma brasileira NBR 9062 define a diferença entre pré-moldado e pré-fabricado.

Pré-fabricado são os elementos produzidos em usina ou instalações analogamente adequadas os 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.

Pré-moldado são os elementos produzidos em condições menos rigorosas de controle de qualidade e classificados como pré-moldados devem ser inspecionados individualmente ou por lotes, através de inspetores do próprio construtor, da fiscalização do proprietário ou de organizações especializadas, dispensando-se a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias.

### **2.4 SISTEMAS ESTRUTURAIS BÁSICOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO**

Ao longo do tempo fabricantes vem padronizando sistemas produtivos e adotando seções padrões para vigas, pilares e lajes. Os que ficam sem uma padronização são os tamanhos das seções e os vãos livres. Hoje no mercado nacional existem sistemas produtivos para painéis, galpões, escadas, banheiros prontos e diversos outros. Os tipos mais comuns de sistemas básicos de concreto pré-moldado são citados por ACKER (2002) no Manual de Sistemas Pré-moldados de Concreto.

A Figura 1 apresenta algumas das diferentes formas que os elementos pré-moldados podem ser apresentados no mercado.



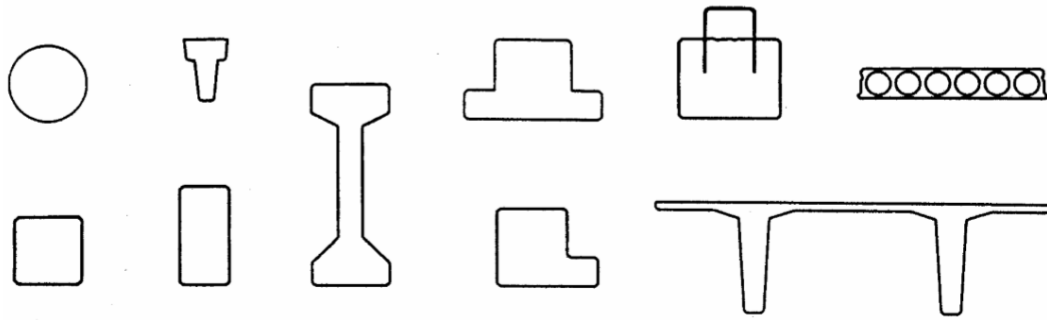


Figura 1: Exemplo de padrões de seções transversais

Fonte: ACKER, 2002

a) Estruturas aporricadas – são estruturas para construções industriais e de armazéns constituídas de pilares e vigas de fechamento. É caracterizado por apresentar grandes vãos e espaços internos livres de paredes.

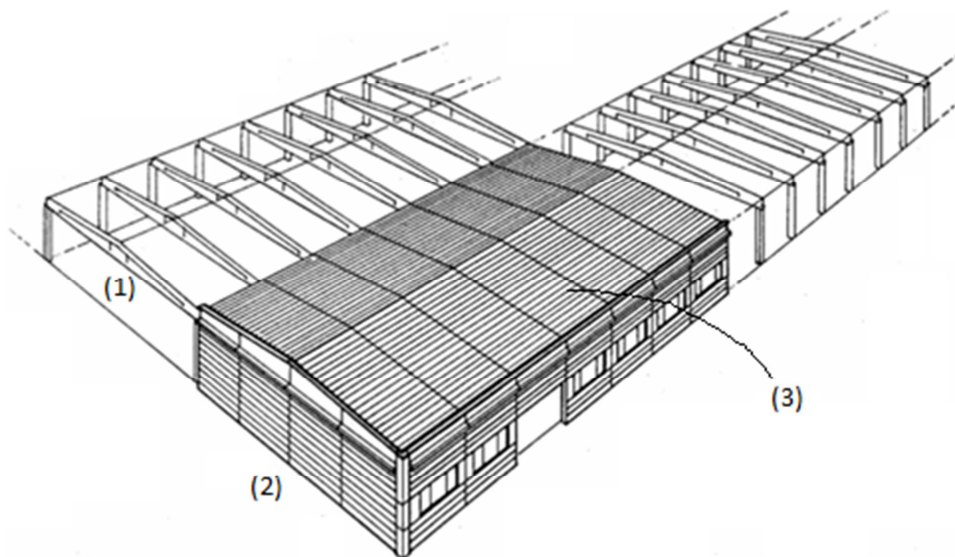


Figura 2: Estrutura para galpão industrial

Fonte: ACKER, 2002

(1) São representadas vigas I com perfil reto para coberturas, esse elemento é muito utilizado em construções que necessitam de grandes vãos livres sem interferência de pilares.

(2) Representação de painéis de fechamento lateral em concreto armado que podem ter ou não função estrutural.

(3) A cobertura pode ser em estrutura metálica que é mais leve.

b) Estrutura em esqueleto – são estruturas medianas para construções de escolas, hospitais, estacionamentos, centros esportivos e comerciais. Tem como característica sua estrutura de esqueleto formada por pilares, vigas e lajes e com um número reduzido de paredes para contraventamento de estruturas altas.

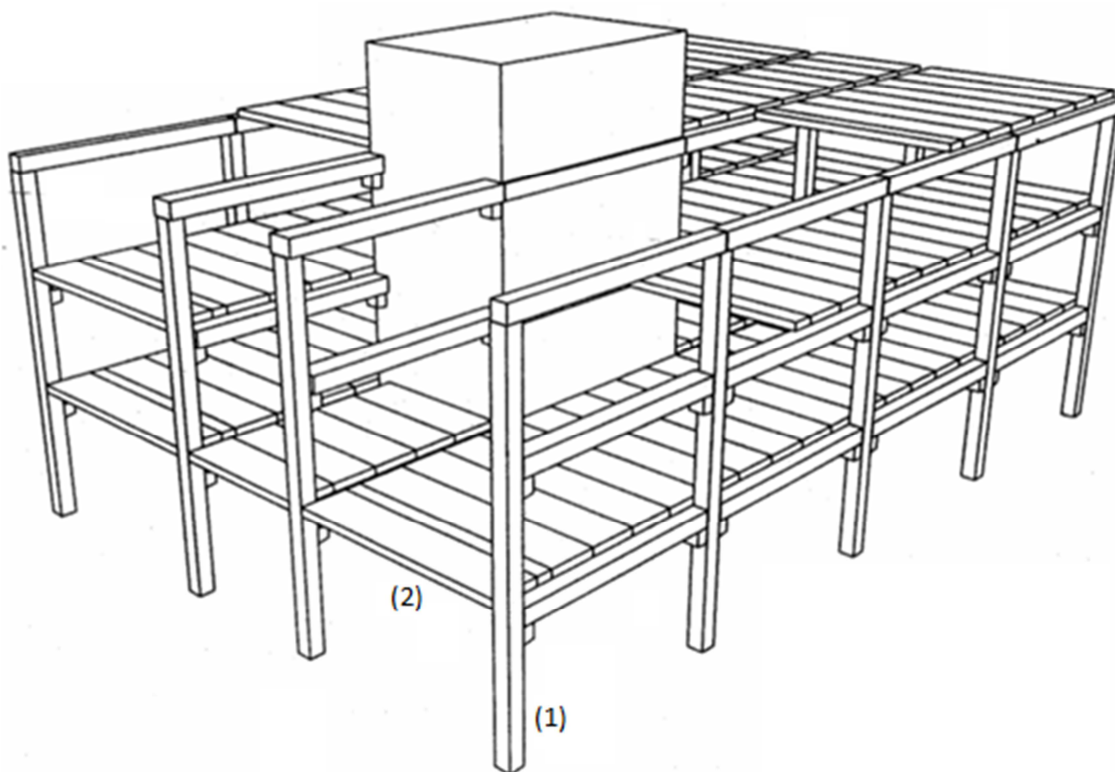


Figura 3: Estrutura em esqueleto

Fonte: ACKER, 2002

(1) Uma característica dos pilares pré-moldados é a capacidade de uma única peça alcançar vários níveis de pavimentos.

(2) Lajes pré-moldadas agregam velocidade de execução dos pisos dos pavimentos, pois como não necessita de escoramentos podem ser montados vários andares no mesmo dia.

c) Estruturas em painéis estruturais – São utilizados para construções de casas, apartamentos e escolas, constituídos de componentes de painéis de fechamento e de piso, pilares e vigas. Os painéis são utilizados para fechamento interno e externo e caixa de elevadores. Seu projeto contempla espaços livres onde existe a possibilidade de mudanças internas de ambientes e utilização de divisórias leves para compor espaços. A mudança de ambientes internos fica livre e facilitada uma reformulação na arquitetura interna.

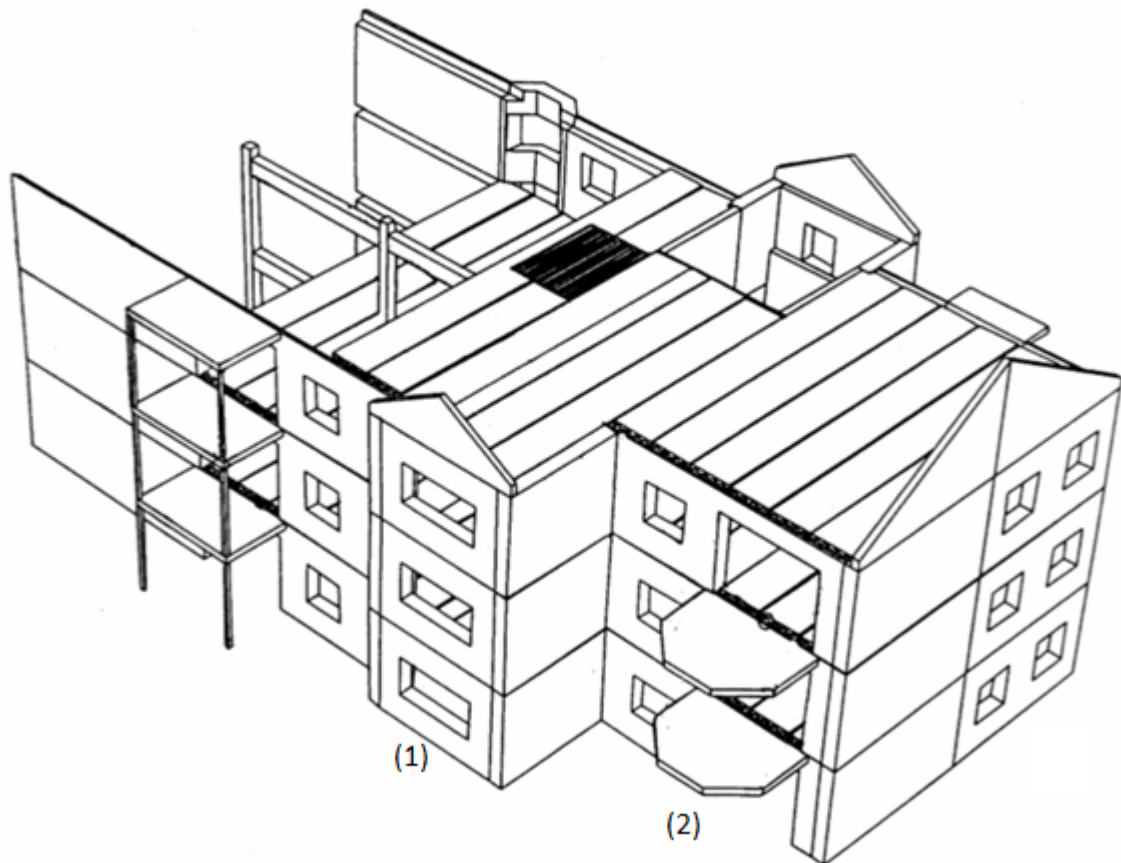


Figura 4: Estrutura em painéis estruturais

Fonte: ACKER, 2002

- (1) Uma das características dos painéis pré-moldados de fechamento é a possibilidade de serem preparados com recorte para o encaixe da esquadria das janelas, vãos de porta e tubulações internas de hidráulica e elétrica.
- (2) Existe a possibilidade de pequenas varandas com a utilização de lajes alveolares com sua parte interna sendo reforçada.

d) Estrutura para pisos – é muito utilizado para escritórios modernos. A estrutura é constituída de vários tipos de elementos de lajes montadas para formar uma estrutura de piso capaz de distribuir as cargas concentradas e transferir as forças horizontais para os sistemas de contraventamento. Podem ser utilizados em combinação com vários tipos de construção inclusive com estruturas metálicas ou de concreto moldado in loco. A característica da construção é a ausência de pilares internos e o uso de painéis alveolares que vencem vãos até 18 m.

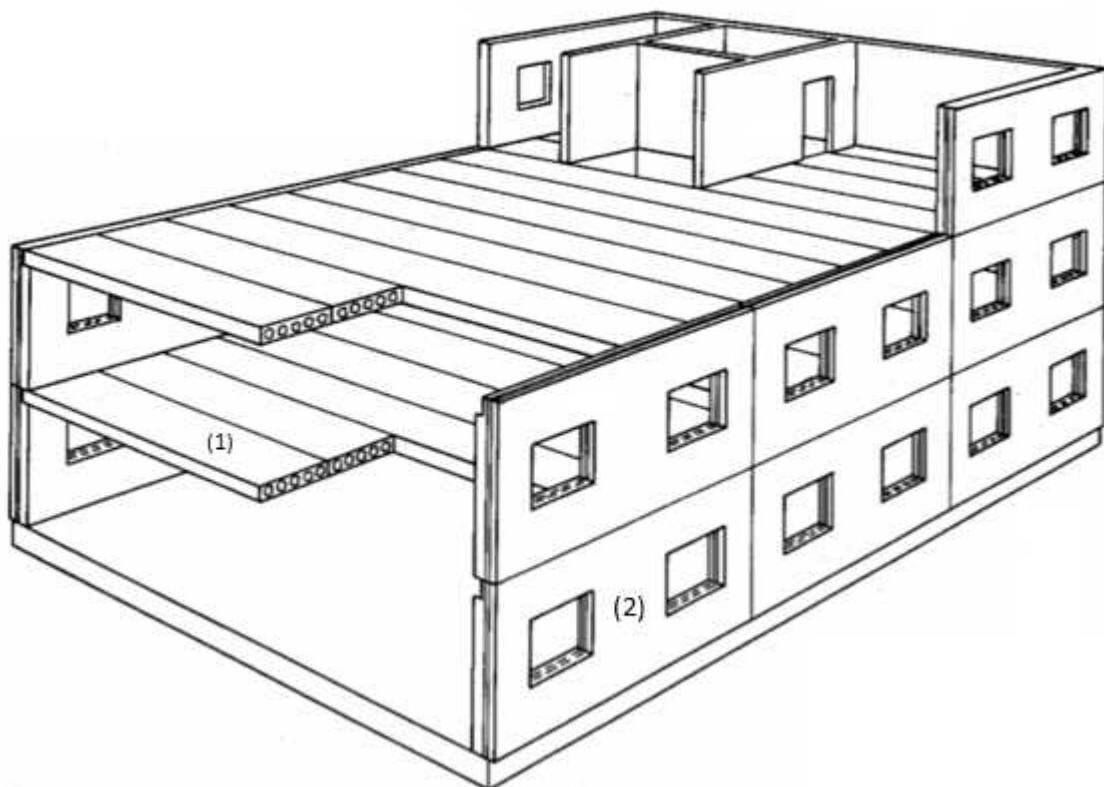


Figura 5: Edifício de escritório

Fonte: ACKER, 2002

(1) Uso das lajes pré-moldadas alveolares que garantindo grandes vãos livres sem a necessidade de uso de pilares.

(2) Os painéis de fechamento em concreto armado podem substituir pilares e vigas em uma construção, pois quando travados uns aos outros adquirem resistência.

e) Estruturas para fachadas – são constituídos de painéis maciços ou painéis sanduíche com ou sem função estrutural, possibilitam muitos tipos de formas e formatos, são muito utilizados para fachadas arquitetônicas onde apresentam grande grau de detalhamento e beleza. Sua estrutura interna é formada por pilares, vigas e lajes no formato duplo T ou alveolares, não necessita de escoramento e tem capacidade de vencer grandes vãos.

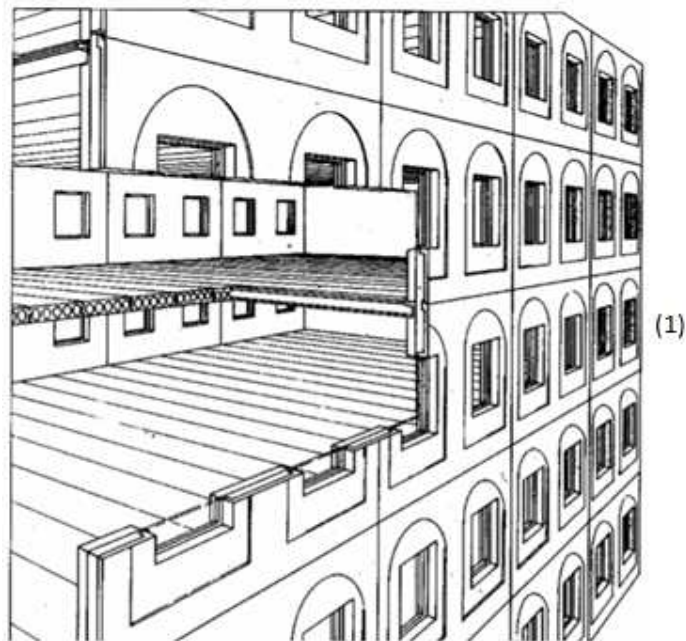


Figura 6: Fachada arquitetônica

Fonte: ACKER, 2002

(1) Painéis de fachada sem função estrutural possibilitam que sejam feitos detalhes arquitetônicos criando belas fachadas de diferentes desenhos.

f) Estruturas celulares – são constituídos de células de concreto pré-moldado muito utilizado para blocos de banheiro, escritórios e cozinhas. Este sistema apresenta a vantagem dos blocos já estarem pronto para uso desde a chegada à obra, sua desvantagem fica em relação à limitação ao transporte das peças.

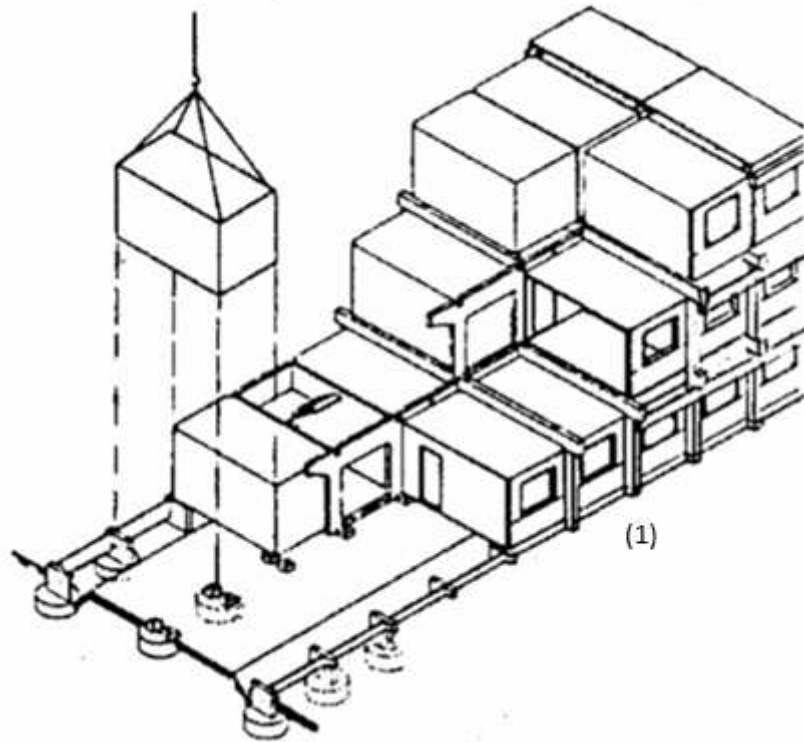


Figura 7: Esquema de estrutura célula

Fonte: ACKER, 2002

(1) As células de concreto são produzidas com o acabamento interno das paredes, piso e teto, as tubulações hidráulicas, elétricas e outras todas prontas, quando posicionadas é necessário fazer as conexões entre os diferentes tipos de ligações.

É possível construir com esse sistema prédios de pequeno porte com uma velocidade bem maior em comparação a construção tradicional não necessitando utilizar formas, escoramentos ou execução de alvenarias.

## 2.5 TIPOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

EL DEBS (2000), classifica o concreto pré-moldado em 8 tipos, sendo eles:

### a) Com relação a fabricação

Pré-moldado de fábrica: Executado em instalações permanentes distantes da obra. Deve ser considerado o transporte do elemento da fábrica ao local de montagem.

Pré-moldado de canteiro: Executado em instalações temporárias nas proximidades da obra. Existe a tendência de possuir baixa capacidade de produção. Não possui tantos problemas com transporte e impostos referentes à produção industrial. Entretanto está sujeito a ter menor qualidade.

### b) Com relação a seção

Pré-moldado de seção completa: Toda a seção resistente é formada fora do local de execução. É o caso de vigas e pilares pré-fabricados.

Pré-moldado de seção parcial: Apenas parte de sua seção resistente é moldada fora do local. O restante da seção resistente é moldado no local. É o caso das lajes alveolares com a capa de concreto moldada no local.

### c) Com relação a carga

Pré-moldado pesado: Exige equipamentos especiais para montagem e transporte.

Pré-moldado leve: Não exige equipamentos especiais para montagem e transporte, podendo esta tarefa ser manual como no caso das lajes treliçadas.

### d) Com relação ao tipo

Pré-moldado normal: Não há preocupação com a aparência do elemento.

Pré-moldado arquitetônico: Elemento com acabamento, cor, forma ou textura definidos por uma arquitetura. Esses elementos podem ou não ter função estrutural.

# CAPÍTULO 3 - ELEMENTOS DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO

## 3.1 FUNDAÇÃO

As fundações para estruturas que recebem elementos pré-moldados são diferentes do modelo construtivo tradicional. No modelo tradicional em que a estrutura é moldada in loco com os pilares engastados no bloco de fundação compondo uma estrutura rígida e travada, com o uso de pré-moldado isto não ocorre. As fundações são executadas de acordo com o projeto e recebem os pilares posteriormente. Segundo JAGUARIBE (2005) basicamente os tipos de ligações entre pilar e fundação são divididos em quatro.

a) Cálice - representa o tipo de ligação pilar-fundação mais utilizada no Brasil em estruturas de concreto pré-moldado. É um tipo de ligação que facilita a montagem do pilar possibilitando seu encaixe na cavidade da fundação, o seu posicionamento centralizado é garantido através de dispositivos de fixação e o prumo através do uso de cunhas de madeira e sua fixação final com o preenchimento da cavidade com concreto ou graute dependendo da especificação no projeto de montagem dos pilares.

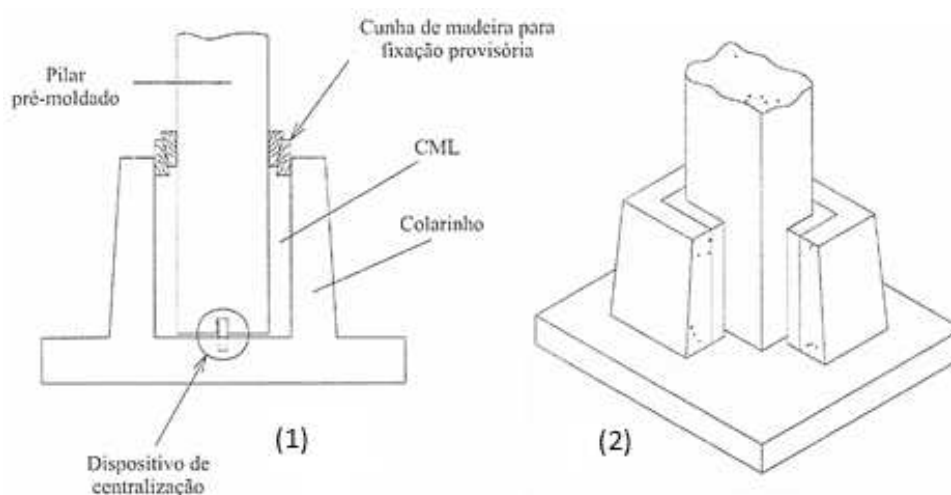


Figura 8: Detalhe do cálice com pilar

Fonte: Adaptado de ACKER, 2002



(1) Pilar posicionado dentro do cálice com os travamentos provisórios de cunhas de madeira de forma que permaneça na posição horizontal até sua consolidação.

(2) Mostra o conjunto pilar x cálice fundido através do preenchimento dos vazios da cavidade do cálice com graute.

b) Chapa de base - essa ligação se faz por meio de chapa unida a armadura principal do pilar através de chumbadores, seu nivelamento e prumo são regulados por meio de porca e contra porca.

Após a montagem do pilar com a fundação o espaço vazio entre eles é preenchido com graute ou argamassa conforme descrição no projeto.

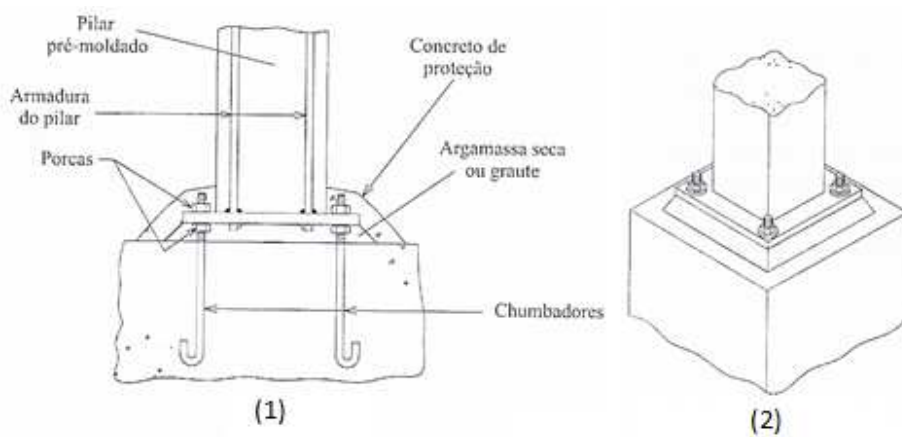


Figura 9: Ligação pilar x fundação por meio de chapa de base

Fonte: Adaptado de ACKER, 2002

(1) Detalhe do nivelamento e prumo do pilar feito através da regulagem das porcas da parte abaixo da chapa.

(2) Ligação pilar x fundação já executada e com os vazios ocupados com graute.

c) Emenda de armadura com bainha e graute - esse tipo de ligação consiste na projeção para fora da barra da armadura do pilar ou da fundação, fazendo o que chamamos de espera. Na fase de montagem essa armadura projetada é introduzida em bainha previamente colocada no elemento adjacente e o espaço entre a bainha e a barra e o pilar e a fundação é preenchido com graute.

Esse tipo de ligação não é de fácil execução é necessário uso de escoramento provisório do pilar e pode ocorrer da barra projetada ser danificada no processo de montagem dos elementos. Pode ocorrer uma variação com armadura em laço como mostra a figura abaixo.

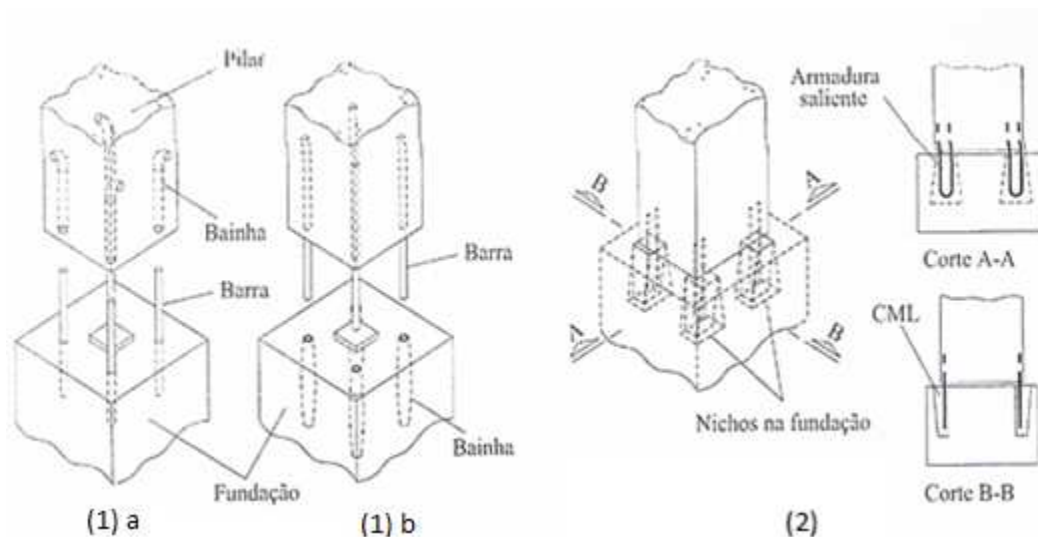


Figura 10: Ligação pilar x fundação

Fonte: Adaptado de ACKER, 2002

Com a bainha posicionada no pilar (1 a) o grauteamento da ligação é feito com um buraco na lateral do pilar que se conecta com a bainha podendo ser um ponto prejudicial na consolidação da ligação. Diferente do (1 b) onde a bainha esta no bloco de ligação.

(2) É importante um ter cuidado com a armadura saliente do pilar na hora do transporte e içamento para não danificar e comprometer a ligação.

d) Emenda de armadura saliente e concretagem posterior - esse tipo de ligação consiste na projeção para fora da barra da armadura do pilar e da fundação, tanto o pilar quanto a fundação ficaram com esperas. Na fase de montagem essas esperas são emendadas através de acopladores ou solda. A sua concretagem da ligação é necessário uso de forma de madeira.

Esse tipo de ligação também não é de fácil execução, pois além do problema de escoramento provisório para o pilar também apresenta dependendo da situação dificuldade na realização da solda.

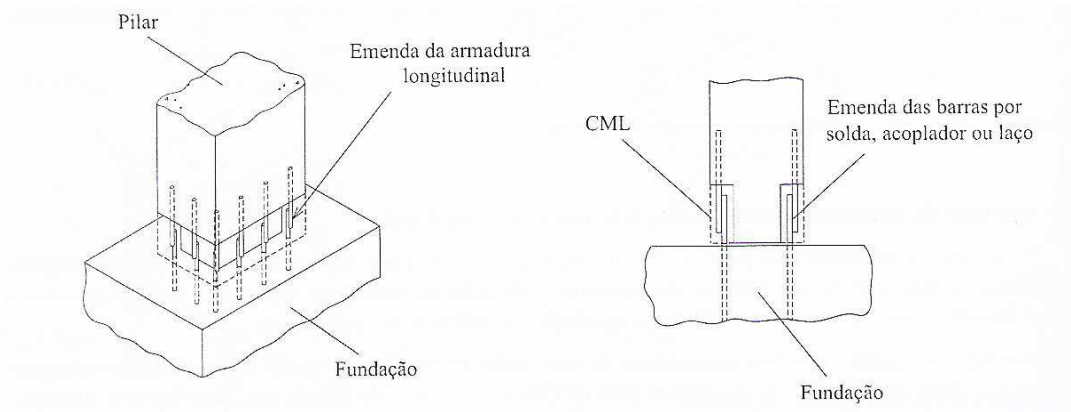


Figura 11: Ligação pilar x fundação emenda da armadura e concretagem posterior

Fonte: ACKER, 2002

### 3.2 PILAR

Os pilares pré-moldados possuem seções de diferentes dimensões e formas de acordo com a necessidade do projeto. As formas mais comuns são quadradas ou retangulares, sua superfície de concreto é lisa e as bordas são chanfradas podendo ser maciços ou possuir um furo central para escoamento de água proveniente de uma estrutura do telhado.

São elementos que apresentam maior dificuldade para serem padronizados devido a sua alta complexidade, pois tem tamanhos variados de acordo com a arquitetura do projeto e recebem os consoles que dão apoio as vigas. Sua dimensão mínima é de 30 cm, para facilitar a fabricação obedecem a variações múltiplas de 10 cm e o seu comprimento máximo é definido pela limitação do transporte que é 24 m. Para elementos maiores em comparação aos custos de transporte é mais econômico a confecção no canteiro de obras.

Na sua produção, são posicionados furos de acordo com o calculo estrutural que servirão de guia para facilitar o içamento dos elementos para transporte e montagem da estrutura. No nível das lajes os pilares recebem consoles que darão apoio às vigas.



Figura 12: Pilares pré-moldados

Fonte: O autor

O detalhe 1 da Figura 12 mostra o pilar com dois tipos de console, um console trapezoidal em concreto para dar suporte as vigas da estrutura e outro em chapa metálica em formato de cantoneira que será utilizado para apoio da laje alveolar.

O detalhe 2 da Figura 12 chama atenção para o console que serve de apoio para viga. É um console posicionado em diagonal em relação ao eixo do pilar, isso ocorre devido à arquitetura da obra. Este detalhe não impede o uso de peças pré-moldadas.



<b>Pilar</b>	<b>Secção da forma</b>	<b>Peça produzida</b>	<b>Pilar</b>	<b>Secção da forma</b>	<b>Peça produzida</b>
<b>Quadrado Cheio</b>	Quadrado		<b>Retangular Cheio</b>	Retângulo	
<b>Quadrado Vazado</b>	Quadrado		<b>Retangular Vazado</b>	Retângulo	
<b>Octogonal</b>	Quadrado chanfrado				

Figura 13: Formato de pilares

Fonte: Adaptado de TEIXEIRA, 1986

A Figura 13 mostra algumas seções de pilar vazadas no seu interior, esses vazados são usualmente utilizados para passagem de águas pluviais captadas pelo telhado, mas podem ser utilizadas para outros fins como passagem de instalações elétricas ou dados.

### 3.2.1 ENGASTE PILAR BLOCO DE FUNDAÇÃO

Além dos tipos de ligações entre pilar e fundação mostradas no item 3.1, existe uma particularidade no pilar quando é utilizada a ligação por cálice.

A base do pilar possui algumas ranhuras que facilitam a ligação do pilar no bloco de fundação. Essas ranhuras contribuem para uma melhor consolidação com a utilização de graute para preencher a cavidade entre o cálice e a base do pilar.

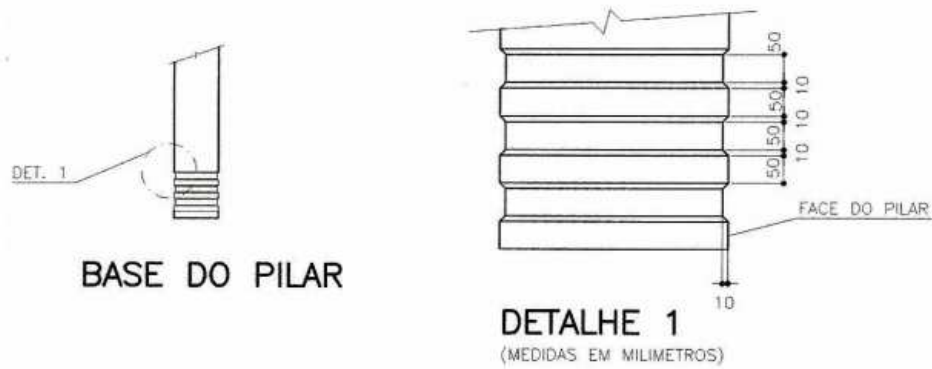


Figura 14: Exemplo de ranhuras na base do pilar

Fonte: Adaptado de TEIXEIRA, 1986

### 3.2.2 CONSOLE

São complementos dos pilares que possuem complexidade alta de detalhamento pois recebem as vigas sendo a região que apresenta maior probabilidade de apresentar problemas. São apresentados assim:

a) Console trapezoidal - é utilizado para apoio das vigas, são normalmente executados na largura do pilar possuindo a base de contato com a viga de 30 cm, 20 cm de altura constante e um trecho inferior com uma inclinação a  $45^\circ$  terminando faciando a lateral do pilar.

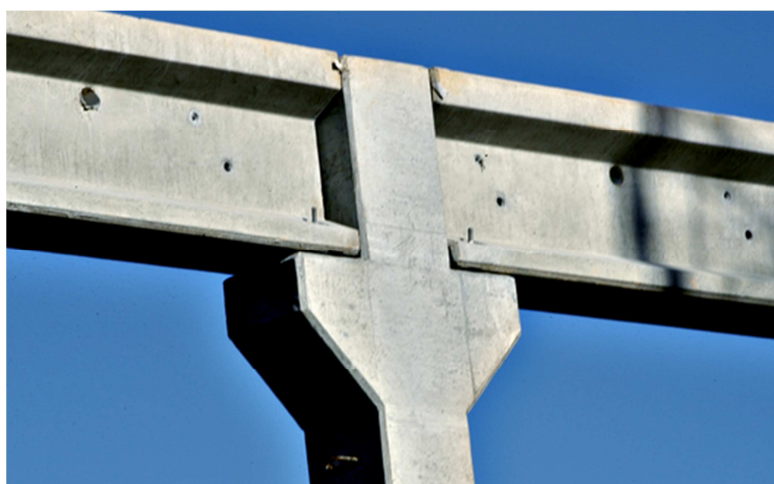


Figura 15: Detalhe do pilar com dois consoles trapezoidais

Fonte: CASSOL, 2013

A Figura 15 mostra a ligação viga x pilar com consoles trapezoidais onde entre a viga o console existe uma almofada de neoprene e barra de ligação ente os elementos para evitar o tombamento da viga.

b) Console retangular para vigas retangulares ou do tipo I com uso de dente de Gerber.

O uso deste tipo de console se faz quando normalmente no projeto arquitetônico se quer esconder o apoio em um pano de alvenaria, seja por motivo arquitetônico ou estrutural.



Figura 16: Detalhe do pilar com console pra gerber

Fonte: PREMONTA

c) Console para apoio de laje alveolar

Os consoles para lajes alveolar dependendo do projeto podem ser retangulares, em formato trapezoidal ou metálico. Geralmente são utilizações quando ocorre a necessidade um complemento de apoio para a laje alveolar onde na sua paginação existe um pilar e para que a laje mantenha sua estrutura necessita desse apoio.



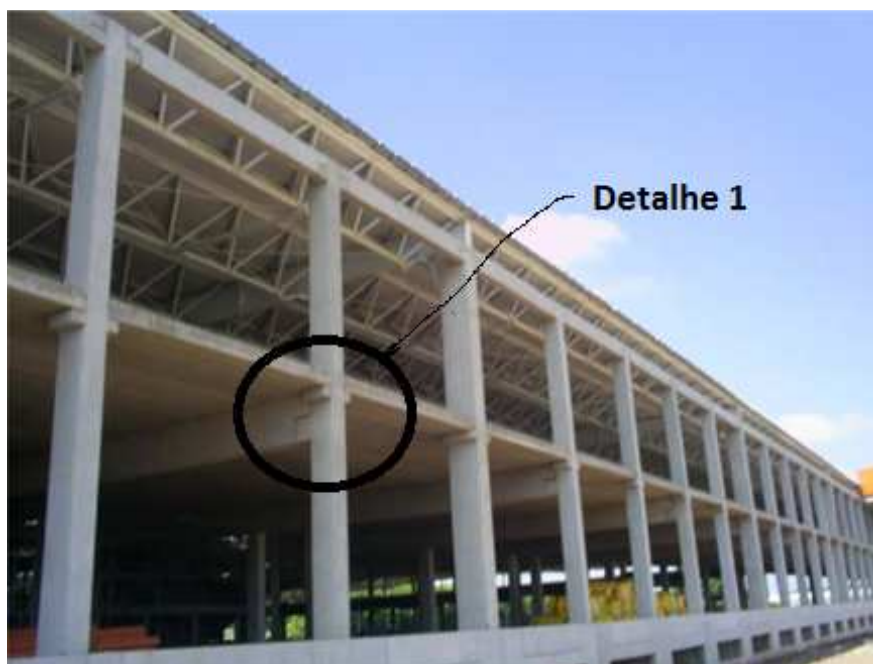


Figura 17: Console para laje alveolar

Fonte: PREMONTA

O detalhe 1 da Figura 17 mostra o apoio para a laje alveolar nas laterais do pilar devido o pano de laje avançar até a face externa do pilar.

d) Consoles complementares.

Esse tipo de console é utilizado quando se quer aumentar uma seção de apoio de uma viga ou caso ocorra à necessidade de apoio em uma região específica de acordo com o projeto estrutural.

### **3.2.3 PILAR COM SISTEMA DE ÁGUAS PLUVIAIS**

São pilares vasados verticalmente para escoamento das águas pluviais coletadas pelas vigas do telhado. As dimensões das tubulações internas podem ser de  $\phi$  100 mm,  $\phi$  150 mm,  $\phi$  200 mm e  $\phi$  300 mm. Este tipo de pilar facilita o escoamento das águas oriundas do telhado evitando a necessidade de criar uma rede externa para este fim.



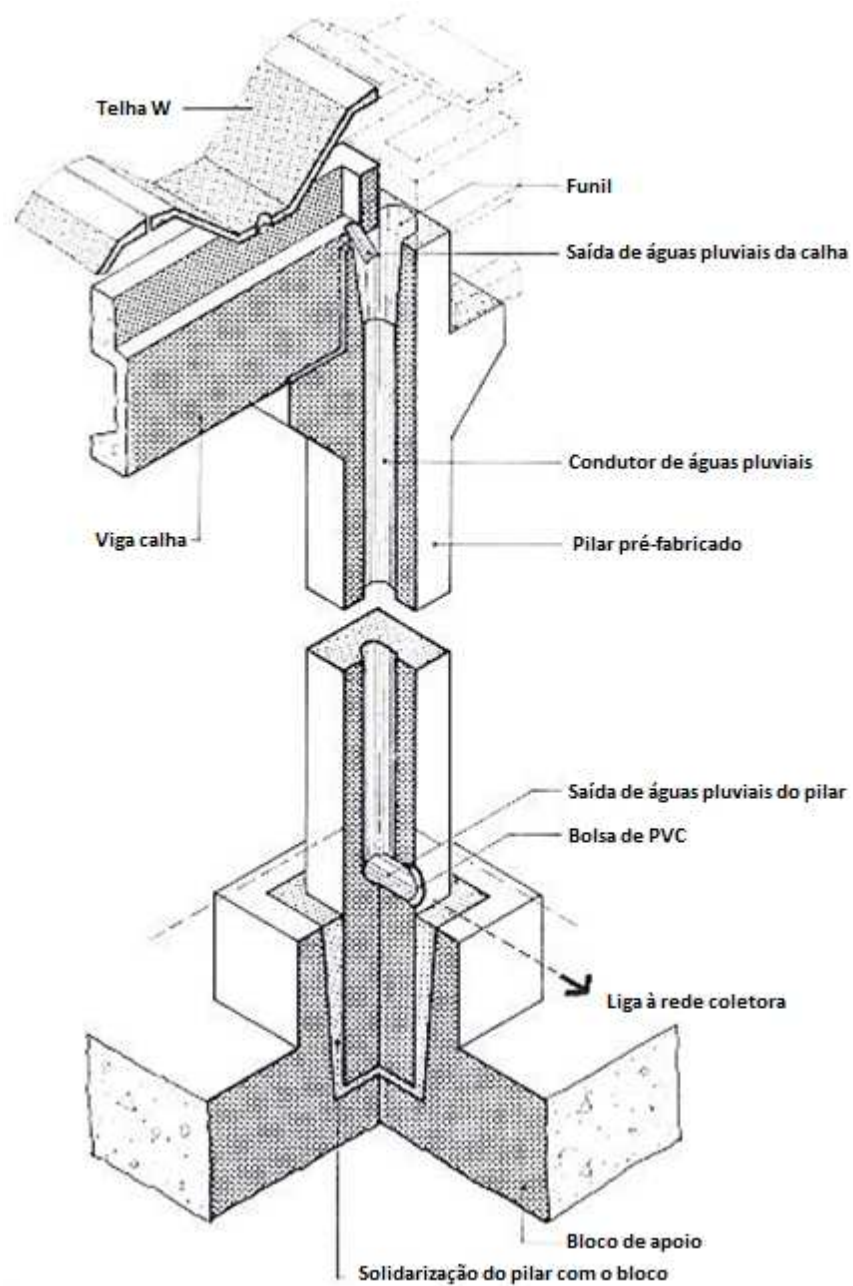


Figura 18: Pilar com sistema de águas pluviais

Fonte: TATU

### 3.2.4 EMENDA PILAR X PILAR

Esse tipo de ligação pode ocorrer por diferentes situações, dificuldade de transporte de peças grandes, dificuldade de espaço para carga e descarga no canteiro, dificuldade de colocar prumo ou de posicionamento ou pelo projeto adotar um tamanho determinado de pilar.

Basicamente as ligações seguem o mesmo princípio das ligações apresentadas no item fundação com o uso de emendas das barras e chapa soldada. Ainda existe uma ligação feita através de tubo de aço chumbado no meio dos pilares onde facilita a montagem como visto na figura 19 e.

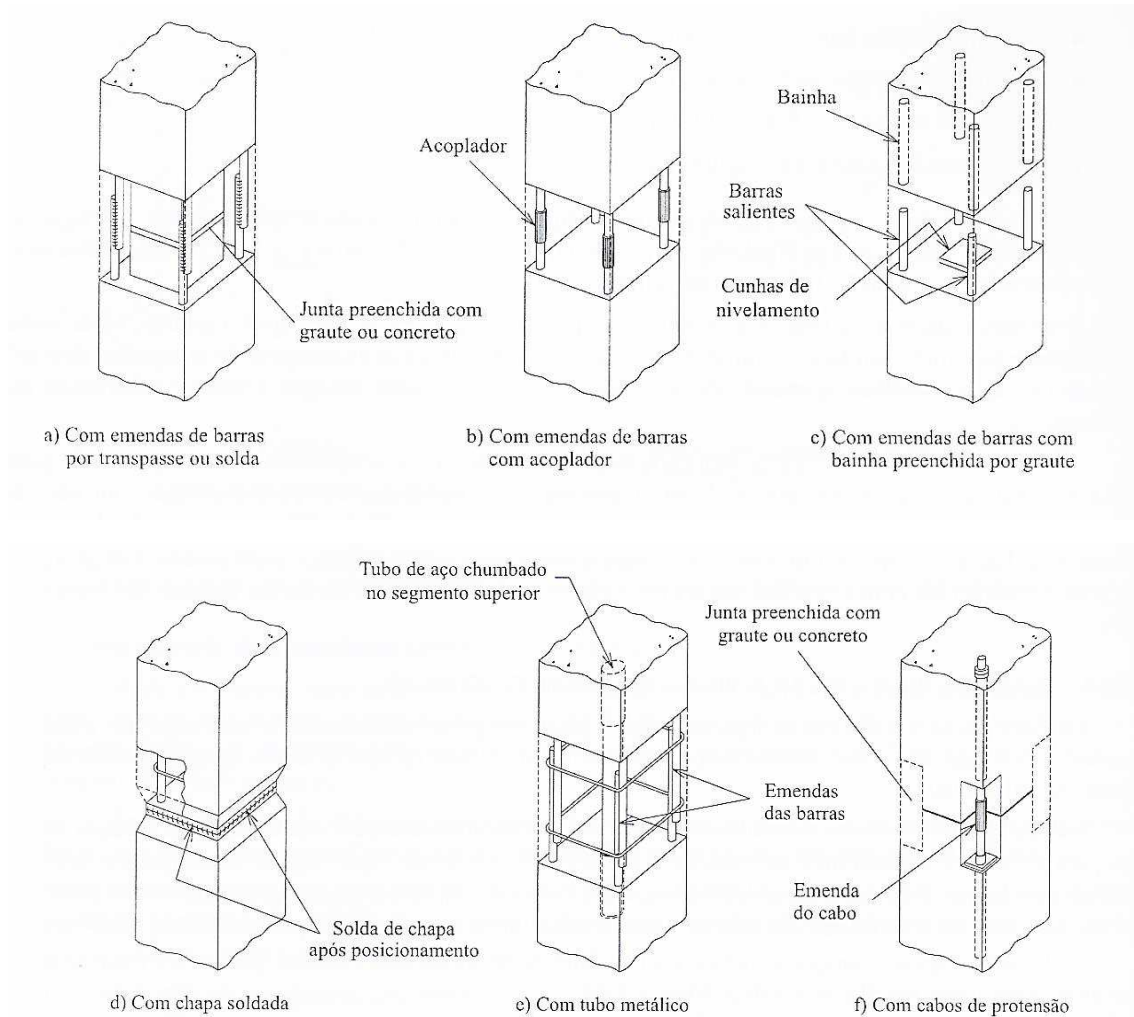


Figura 19: Ligação pilar x pilar

Fonte: ACKER, 2002

### 3.3 VIGA

São elementos que tem um estudo mais detalhado dentro do cálculo estrutural, usualmente tem uma tendência de repetição para facilitar a fabricação. Podem ser de concreto armado ou protendido, sua principal função estrutural é dar suporte a laje de piso, elementos de cobertura, painéis de fechamento e etc. Suas formas variam em formatos “I”, “T” e retangulares.



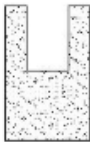




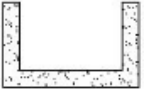


Viga	Secção da forma	Peça produzida	Viga	Secção da forma	Peça produzida
<i>Retangular</i>	Retângulo		<i>T Invertida</i>	Retângulo com L nas duas laterais	
<i>Calha U</i>	Retângulo com U vazado na parte superior		<i>L</i>	L convencional	
<i>I</i>	Retângulo com C vazado nas duas laterais		<i>Calha J</i>	J invertido	
<i>Calha I</i>	Retângulo com C vazado nas duas laterais e no lado superior		<i>Chata U</i>	Retângulo com U chato vazado na parte superior	
<i>T</i>	Retângulo com L invertido nas duas laterais		<i>Octogonal Vazada</i>	Quadrado vazado interiormente com chanfro na extremidade	

Figura 20: Formato de vigas

Fonte: Adaptado de Teixeira, 1986

Com referencia na Figura 20, vigas U podem der usada como vigas calha em telhados de galpões, as vigas J podem ser utilizadas como elemento de base para alvenarias do primeiro pavimento e seu elemento vazado usado como jardineira.

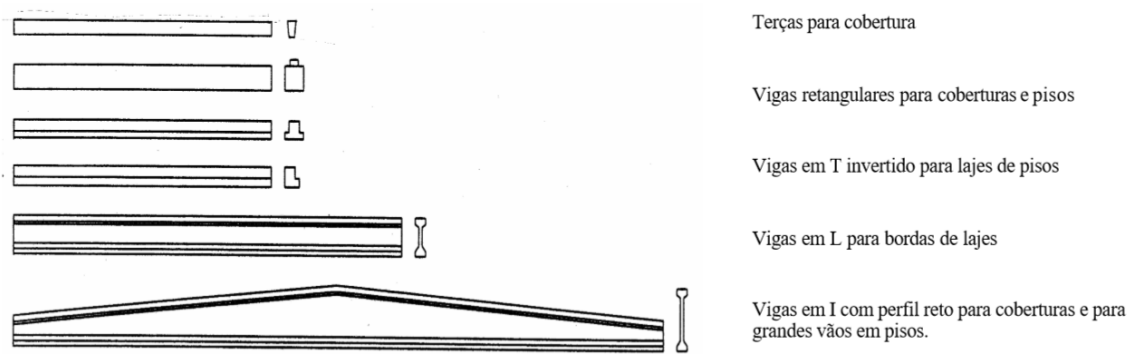


Figura 21: Tipos de vigas protendidas

Fonte: ACKER, 2002

### 3.3.1 VIGA RETANGULAR

As vigas retangulares são as que apresentam a maior variedade de seções, para melhor aproveitamento da produção é sempre melhor procurar adotar seções padrões. Podem ser tanto de concreto armado quanto de concreto protendido.

Para as vigas retangulares protendidas suas dimensões são limitadas pela máquina que posiciona e faz a proteção dos cabos.

Para as vigas de concreto armado suas dimensões mais adaptadas e geralmente esse tipo de viga apresenta dente de Gerber com metade da altura da viga e para o seu apoio da base sobre o console do pilar utiliza-se neoprene.

### 3.3.2 VIGA-SUPORTE PROTENDIDAS

São normalmente fabricadas no formato I ou L, possuem console em toda a sua extensão para acomodação das lajes e tem sua parte superior armada com estribos para receber uma armadura de reforço para a consolidação da viga com o pilar.



Figura 22: Viga suporte

Fonte: O autor

O detalhe 1 da Figura 22 mostra alças que são utilizadas para o içamento e posicionamento da viga na estrutura.



Figura 23: Armadura de continuidade viga x pilar

Fonte: Kataoka (2007)

A Figura 23 (1) mostra a armadura de continuidade que transpassa pelos furos do pilar e é amarrada nos estribos da viga reforçando a ligação viga x pilar, E (2) ferros de reforço são posicionados paralelamente ao pilar e a viga aumentando a rigidez do conjunto.

### 3.3.3 VIGA CALHA

Além da sua função estrutural na estrutura essas vigas fazem parte do sistema que coleta as águas provenientes das chuvas. Possuem formatos em L, J e U. São geralmente protendidas para minimizar a flecha melhorando o escoamento das águas e evitando a sua retenção.

### 3.3.4 VIGA DE COBERTURA

Vigas com altura variável são normalmente utilizadas em edificações industriais onde se requer vãos maiores. A seção transversal em forma de I é geralmente empregada para vigas protendidas

## 3.4 LAJE

As lajes em concreto pré-moldado são muito vantajosas, pois apresentam uma rapidez na sua montagem, não necessitam de escoramentos, possuem alto desempenho mecânico, conseguem vencer grandes vãos e as suas faces inferiores possuem acabamento satisfatório para ficarem aparentes.






Laje	Seção da forma	Peça produzida
<i>Piso Duplo T</i>	Retângulo com prolongamento de dois I	
<i>Piso T</i>	Retângulo com prolongamento de um I	
<i>Piso U Invertido</i>	Retângulo com um I em cada extremidade	
<i>Piso Vazado</i>	Processo por máquinas extrusoras	
<i>Piso Múltiplo T</i>	Retângulo com prolongamento de I	

Figura 24: Formato de lajes

Fonte: Adaptado de Teixeira, 1986

Os principais tipos de lajes em concreto pré-moldado encontradas no mercado são:

a) Lajes alveolares em concreto protendido ou concreto armado

Segundo EL DEBS (2000) no Brasil é usualmente utilizado lajes pré-moldadas do tipo alveolar, são elementos protendidos, tem como principal característica os alvéolos, furos longitudinais distribuídos de maneira uniforme com a finalidade de reduzir o peso próprio do elemento e economizar em concreto.

São muito utilizadas em construções com grandes vãos, como escritórios, hospitais, escolas, shopping centers, prédios indústrias, etc. As lajes alveolares protendidas são produzidas por meio de processos de extrusão ou por deslizamento de formas (formas deslizantes).

Segundo ARNOLD VAN ACKER (FIP-2002) – Tradução: MARCELO FERREIRA (ABCIC-2003), as pistas de protensão são construídas em concreto ou em aço, com largura normal de 1200 mm e com comprimento de 80 a 150 m. Após o endurecimento, os elementos são cortados nas dimensões especificadas por meio de uma serra circular especial. A extremidade retangular é padronizada, mas pode-se ter extremidades das lajes inclinadas ou recortadas junto aos apoios, necessárias no plano não retangular do piso.

b) Lajes com painéis nervurados protendidos

Esse tipo de laje é apropriado para grandes vãos industriais, armazéns e centro de distribuições tem uma grande capacidade de suportar cargas cortantes.

c) Lajes maciças

Normalmente são em concreto leve ou celular reduzindo o peso e melhorando as propriedades térmicas. São utilizados para vãos menores com cargas moderadas como apartamentos, hotéis e residências.

d) Sistemas compostos por meio de placas (painéis) pré-moldadas

São painéis de pisos treliçados parcialmente pré-moldados possuem entre 0,6 a 2,4 m de largura e entre 40 e 120 mm de espessura, são produzidos em concreto armado ou concreto protendido e sua face inferior possui acabamento liso.

e) Sistemas compostos por lajes com vigotas

São compostos de vigotas pré-moldadas posicionadas paralelamente entre si, podem ser de concreto armado ou protendido. É utilizado entre as vigotas blocos cerâmicos, de concreto ou isopor. Esse sistema é empregado para residências.

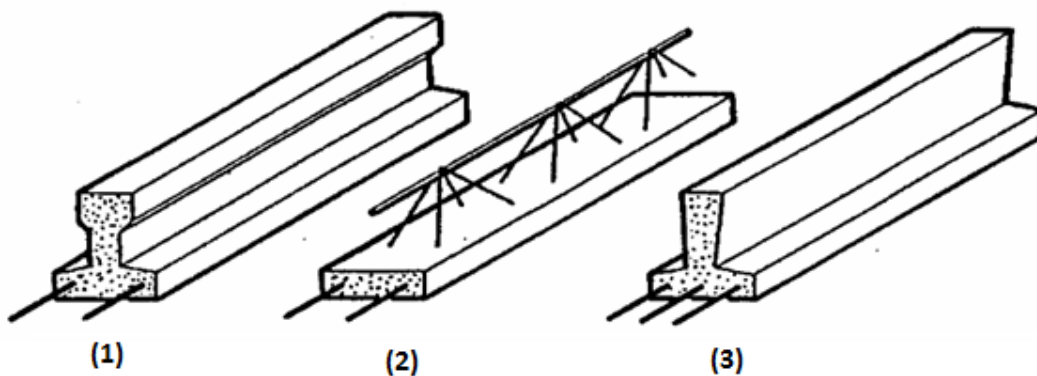


Figura 25: Tipos de vigota

Fonte: ACKER, 2002

- (1) Vigota protendida é indicado para lajes que recebem maiores cargas.
- (2) A vigota com armação treliçada e mesa concretada é a mais popular, muito usada para lajes de residencias pela sua facilidade de ser encontrada no mercado.
- (3) Vigota armada comum funciona bem com lajes pré-prontas pois podem ser apoiadas em sua mesa facilitando a montagem dos panos de laje.



### 3.5 ESCADAS

Os elementos pré-fabricados de escadas possuem acabamento de superfície liso, rugoso e polido. São muito versáteis, pois após a sua instalação não necessitam de acabamentos como ocorre nas escadas moldadas in loco. As escadas pré-moldadas mais comuns são as retas, elas podem ser divididas em patamares. As escadas tipo monobloco são usadas para compor caixas de escada ou andares individualmente.



Figura 26: Detalhe da escada pré-moldada

Fonte: Site Cassol

Escadas pré-moldadas como na Figura 26 dependendo do pé direito do pavimento podem ser de lance único ou com patamares intermediários. Sua arquitetura pode ser em espiral ou em L.

### 3.6 PAINÉIS *TILT-UP*

Segundo RIVERA (2005), pode-se definir o sistema *Tilt-up* como um sistema construtivo estrutural baseado na execução de paredes pré-moldadas em concreto armado, montadas na própria obra utilizando uma laje.

Esse tipo de pré-moldado depende que o piso da obra já tenha sido executado, pois todo o seu processo depende da superfície onde é executado. A montagem dos painéis segue algumas etapas.



Figura 27: Pista para execução do *Tilt-up*

Fonte: WTORRE, 2005

O piso onde será construído o painel *Tilt-up* deve ser livre de irregularidades e completamente liso como na Figura 27, como ele serve de forma deve-se passar desmoldante para evitar que o concreto do painel grude no piso.

Seguindo um projeto do painel, as formas e armações são posicionadas e montadas sobre o piso, são inseridos frisos de arquitetura, aberturas para vãos de porta, janela e passagens. Na concretagem são inseridos em posições determinadas no projeto insertes

metálicos que serviram de ponte de ligação através de solda entre a cobertura e o painel, entre pilares e painéis e até entre suas placas.



Figura 28: Detalhe inserts metálicos para fixação da estrutura

Fonte: WTORRE, 2005

A Figura 28 mostra um tipo de insert metálico que é utilizado junto a armação do painel e serve de ligação através de solda entre painéis e a cobertura.



Figura 29: Detalhe forma de painel com janela

Fonte: WTORRE, 2005

A Figura 29 mostra a preparação de um painel com vão de janela e chapa que serve para conexão das escoras na fase de montagem.

O após o período estipulado de cura do concreto os painéis são içados com a utilização de guindastes e posicionados na fundação. Com todas as conexões feitas entre painéis e as fundações a estrutura do telhado pode ser posicionada essa estrutura pode ser tanto de lajes alveolares quanto de stell deck, e sua consolidação finalizada.



Figura 30: Detalhe do escoramento das placas de *Tilt-up*

Fonte: WTORRE, 2005

Na Figura 30 é mostrado o painel sendo escorado na sua fase de montagem, a cabeça da escora é fixada no painel através de uma peça metálica que foi colocada na fase de montagem da armadura do painel. Após a montagem e travamento dos painéis as escoras poderão ser retiradas.

### **3.7 TIPOS DE LIGAÇÕES**

#### **3.7.1 LIGAÇÃO ISOSTÁTICA**

Uma estrutura de concreto pré-moldado que funciona de forma isostática é aquela em que não são transmitidos esforços horizontais entre as ligações. A estrutura funciona de forma isolada. Sendo assim nas ligações entre pilares e vigas usam-se almofadas de

neoprene de 1 cm de espessura entre o apoio das peças e barras de aço para evitar o tombamento das vigas.

### **3.7.2 LIGAÇÃO ROTULADA**

Esse tipo de ligação transmite esforços horizontais e cargas verticais. Para conter esses esforços além da almofada de neoprene e da barra de aço é necessário o grauteamento dos furos das vigas para melhor ancorando as barras aumentando a resistência da ligação.

### **3.7.3 LIGAÇÃO SEMI-RÍGIDA**

É uma derivação da ligação rotulada, nessa ligação são utilizados duas barras de aço de forma a criar um binário de força para conter o momento imposto na ligação.

### **3.7.4 LIGAÇÃO ENGASTADA**

Na ligação engastada os apoios de almofada de neoprene são substituídos por chapas metálicas soldadas à armadura principal na parte inferior das vigas e na parte superior dos consoles, elas devem ser soldadas garantido resistência aos esforços de tração.

### **3.7.5 LIGAÇÃO VIGA X PILAR**

Esse tipo de ligação normalmente é feita com chumbadores, ligações com pino de encaixe, com parafusos e com perfil metálico de encaixe.

Segundo o Autor ARNOLD VAN ACKER (FIP-2002) – Tradução MARCELO FERREIRA (ABCIC-2003) Existe uma tendência para embutir insertos metálicos nas ligações viga–pilar. A vantagem com esta solução é que a interseção entre pilar e viga é limpa, sem a saliência de um consolo. Por esta razão, essa ligação é atraente no ponto de vista estético, existindo várias soluções no mercado.

A dificuldade encontrada para ligações embutidas é o nivelamento e altura das peças, qualquer irregularidade pode comprometer a qualidade da ligação.

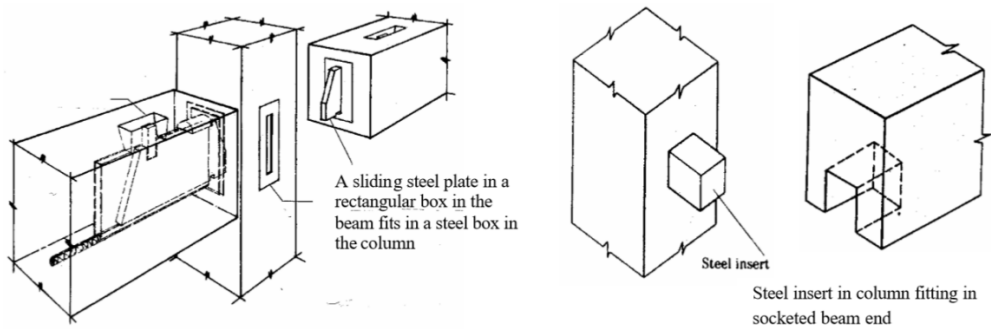


Figura 31: Exemplos de consoles metálicos embutidos

Fonte: ACKER, 2002

### 3.8 FUIROS NOS ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS

Um bom projeto deve contemplar no seu desenvolvimento furos e passagens para tubulações hidráulicas, de incêndio, de águas pluviais, de esgotos entre outros. Esses furos e passagens podem perfeitamente ser executados durante a confecção dos elementos pré-moldados bastando para isso um confronto nos projetos de estrutura e instalações. Ocorrem situações em que furos e passagens passam despercebidos e existem regiões distintas onde é possível executar furos e passagens sem comprometer a armadura e a capacidade de carga dos elementos pré-moldados. O manual da Premo recomenda regiões em que podem executar furos e passagens.

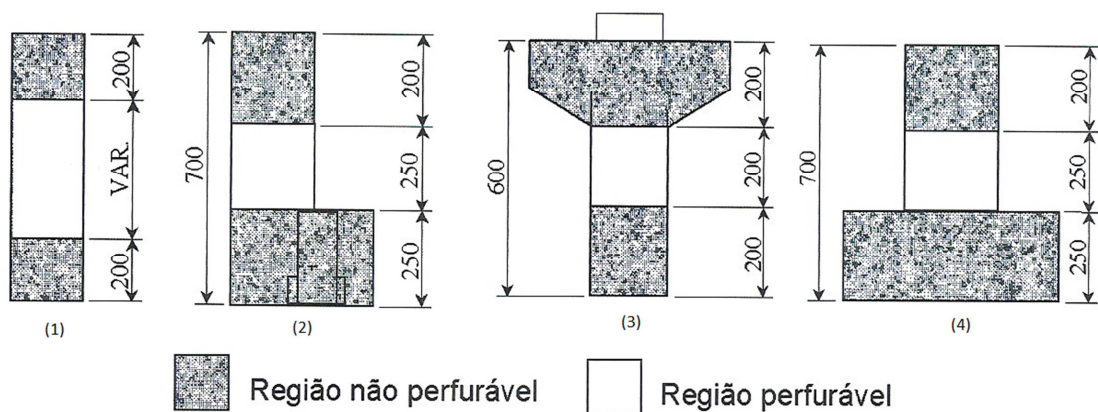


Figura 32: Indicação de furos em vigas pré-moldadas I e T

Fonte: Adaptado da PREMO, 2010



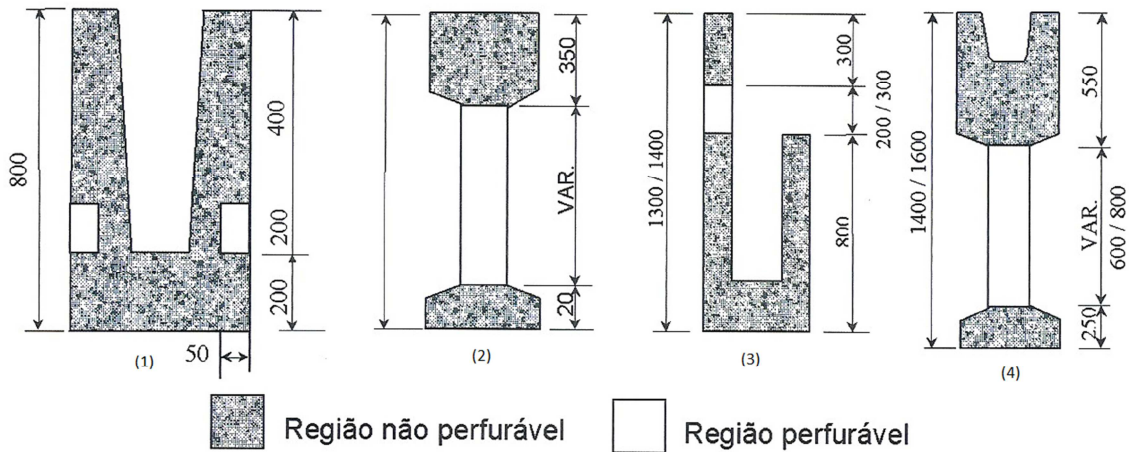


Figura 33: Indicação de furos em vigas pré-moldadas U, I, J e calha

Fonte: Adaptado da PREMO, 2010

As Figuras 32 e 33 mostram as regiões onde existe a possibilidade de furos executados na obra que não comprometerão a capacidade de carga dos elementos pré-moldados. Os furos deverão ser executados com furadeira elétrica rotativa com broca com ponta de metal duro, não devendo ser aplicado golpes de rompedores ou com ponteiros nos elementos pré-moldados. É permitido dois furos de diâmetro máximo de 100 mm, com espaçamento mínimo dos furos de 1000 mm e com distancia mínima do apoio de 1500 mm.

Para lajes alveolares o furo deve ser feiro na direção do alvéolo e não deve ser maior que o diâmetro interno do mesmo como mostra na Figura 34.

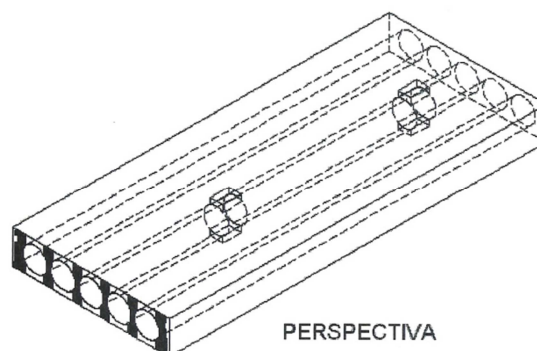


Figura 34: Indicação de furos em laje alveolar

Fonte: Adaptado da PREMO, 2010

### 3.9 MONTAGEM DE UMA ESTRUTURA EM PRÉ-MOLDADO

#### 3.9.1 RECEBENDO OS ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS NA OBRA

Os elementos de concreto pré-moldado chegam à obra transportados por caminhões e carretas. O canteiro de obra deve apresentar uma área destinada à manobra destes caminhões e descarregamento das peças. Caso a obra não tenha este espaço, a chegada dos carregamentos deve ocorrer em um horário onde não cause transtornos nas ruas próximas. Os elementos pré-moldados deverão ser apoiados em terreno firme sobre calços de madeira macia.



Figura 35: Detalhe carregamento de laje alveolar

Fonte: O autor

A disposição dos elementos pré-moldados dentro do caminhão não deve ultrapassar a sua tara e a forma como são apoiados deve ser observada para evitar trincas ou fissuras durante o transporte que poderão comprometer a qualidade da peça. Furos para



colocação de pinos, chapas e alças de içamento devem estar totalmente livres de obstrução para o correto içamento dos elementos.



Figura 36: Detalhe laje alveolar apoiada por madeiras

Fonte: O autor

É indicado para uma situação de canteiro de obras onde existe a necessidade de estocar lajes alveolar que isso seja feito com empilhamento sugerido de seis peças todas apoiadas em calços de madeira maciça.

### **3.9.2 MONTAGEM DAS PEÇAS**

Segundo EL DEBS (2000), para movimentação dos elementos pré-moldados, são necessários equipamentos e dispositivos auxiliares, exceto nos casos de elementos muito pequenos, em que essa operação é realizada de forma manual. Os dispositivos auxiliares para manuseio dos elementos são necessários para o içamento.



Figura 37: Içamento de viga retangular

Fonte: O autor

Na figura 37 acima, mostra o içamento de uma viga retangular e seu posicionamento sobre consoles trapezoidais. É importante o correto posicionamento do equipamento que fará o içamento das peças, a posição onde o equipamento vai ficar define o tipo de equipamento escolhido.

Existem vários fatores que influenciam na escolha correta do equipamento que será utilizado para realizar a montagem dos elementos pré-moldados. Desde as condições do terreno, etapas de montagem de trechos até o período de tempo em que se propõe durar a fase de montagem da estrutura. EL DEBS (2000) lista uma relação de fatores que são importantes na hora da escolha dos equipamentos:

- a) Pesos, dimensões e raios de levantamento das peças mais pesadas e maiores.
- b) Número de levantamentos a serem feitos e frequência das operações.
- c) Mobilidade requerida, condições de campo e espaço disponível.
- d) Necessidade de transporte os elementos levantados.
- e) Necessidades de manter os elementos no ar por longos períodos.
- f) Condições topográficas de acesso.

g) Disponibilidade e custo do equipamento.



Figura 38: Caminhão guindaste

Fonte: GUINDASTE THEODORO, 2014

Na figura 38 acima é mostrado um exemplo de caminhão guindaste usado para içamento de elementos pré-moldados em obras, sua capacidade de içamento é de 100 toneladas e o comprimento máximo da lança chega a 70,4 metros.

### **3.10 VANTAGENS E DESVANTAGENS EM CONSTRUÇÕES COM A UTILIZAÇÃO DE PRÉ-MOLDADO**

#### **3.10.1 VANTAGENS DO USO DE PRÉ-MOLDADO**

A utilização de pré-moldados na obra facilita bastante na organização das etapas da construção gera uma grande velocidade de execução, diminuição na quantidade de pessoal e material estocado e nas perdas geradas pelo desperdício de material no canteiro de obras.

Serão abordadas as vantagens do uso de pré-moldados sobre dois pontos de vistas o ponto de vista técnico e o ponto de vista financeiro.

a) Pelo ponto de vista técnico

1 - Execução de obra por etapas pré-definidas – é possível dividir a obra por setores é fazer a montagem de cada setor de forma independente.

2 - Melhor qualidade do concreto – o concreto utilizado para produção dos elementos passa por processo rigoroso de controle de qualidade.

3 - Melhor dimensionamento da armadura – armadura tem que atender aos esforços de içamento e montagem dos elementos.

4 - Maior precisão dimensional – como os elementos são produzidos com uso de formas metálicas e em local adequado (fábricas) com um controle de qualidade rigoroso a qualidade dimensional da peça aumenta.

5 - Montagem rápida e silenciosa – a montagem é feita por guindastes e como são encaixes não tem barulhos.

6 - Maior controle da obra – maior controle sobre as etapas de construção e prazo de execução da obra.

7 - Redução de entulhos – não gera entulhos, pois as peças já vem prontas e não há necessidade de formas ou escoras.

8 – Redução de estoque de material na obra – não necessita de área de estoque para areia, pedra, brita ou madeira.

b) Pelo ponto de vista financeiro

1 - Redução do risco de roubo de material no canteiro de obras – o almoxarifado da obra fica reduzido minimizando o risco de roubo de material.

2 - Redução de custos e prazos da obra – com um melhor planejamento das etapas da obra é possível ter um maior controle do que vai ser gasto em cada fase evitando desperdícios.

3 - Economia de mão-de-obra - menos funcionários na obra como armadores e carpinteiros reduzindo a folha de pagamento.

4 - Eliminação de desperdícios de materiais – com os elementos prontos para uso a existe menos erros de execução evitando retrabalho.

5 - Eliminação de custo de formas e cimbramento – a maioria dos elementos não necessita de formas ou escoras para a sua montagem.

6 - Redução dos riscos de acidentes – com menos funcionários no canteiro a chance de ocorrer acidentes diminui.

### **3.10.2 DESVANTAGENS DO USO DE PRÉ-MOLDADO**

Por um outro lado à utilização de pré-moldados na obra gera uma necessidade de adaptar o canteiro a realidade do uso de pré-moldados. Necessidade de espaços maiores para acomodação das máquinas que fazem a locação das peças que chegam ao canteiro de obra, mão de obra especializada para montagem da estrutura.

As desvantagens do uso de pré-moldados sobre dois pontos de vistas o ponto de vista técnico e o ponto de vista financeiro.

a) Pelo ponto de vista técnico

1 - Problemas na resolução das juntas - juntas mal executadas geram fissuras e deteriorização do elemento.

2 - Necessidade de superdimensionar certos elementos, considerando situações desfavoráveis durante o transporte ou na montagem – Para garantir um elemento de qualidade são levados em consideração no calculo das armaduras o além dos esforços estruturais cargas de transporte e içamento aumentando a sua armadura.

3 - Detalhamento do projeto e planejamento antecipado do empreendimento – é necessário um estudo mais detalhado da estrutura e um estudo logístico que justifique a escolha do pré-moldado.

4 - Respeitar os gabaritos de transporte – as peças tem limitações de tamanho de acordo com o tipo de transporte que será utilizado.

5 - Carga, descarga e movimentação das peças – é necessário espaço no canteiro ou uma logística bem alinhada para receber as peças. A escolha dos equipamentos para manuseio das peças é fundamental para uma boa montagem da estrutura.

6 - Mão de obra especializada – a montagem, tratamento das juntas e a supervisão da execução da obra tem que ser por pessoal que tem conhecimento técnico da área par não ocorrer erros.

b) Pelo ponto de vista financeiro

1 - Em geral é mais caro que a estrutura tradicional – os custos ainda não se justificam para pequenas obras.

2 - Necessita de um volume adequado para a pré-fabricação – para que a produção das peças não fique cara tem que ter volume para gerar aproveitamento das formas que moldam os elementos.

3 - O transporte dos produtos é mais caro que o das matérias-primas dos componentes para uma obra em estrutura tradicional – dependendo de onde é a obra o deslocamento das peças da fábrica para o canteiro se torna muito caro.

## **CAPÍTULO 4 - ESTUDO DE CASO**

Obra em Botafogo de uma concessionária de automóvel.

Prédio de 5 andares com subsolo garagem construído todo em estrutura pré-moldada.

A empresa contratada para a fabricação e execução da estrutura em concreto pré-moldado foi a PREMO.

O tipo de estrutura espacial utilizado na construção é classificado como estrutura de esqueleto, tem como característica básica a formada por pilares, vigas e lajes alveolares.

O tipo de concreto pré-moldado empregado na obra entra na classificação de pré-moldado de fábrica onde os elementos são fabricados fora do canteiro de obras em um local onde passam por controle rigoroso de qualidade.

A execução da montagem dos elementos pré-moldados foi definida através de plano de ação onde a obra foi dividida em 4 trechos A, B, C e D e tanto a chegada das carretas quanto a montagem dos elementos tinham uma ordem pré-definida. De acordo com o cumprimento das etapas de montagem dos trechos a concretagem de capeamento e consolidação da estrutura era executada.

Como a montagem dos trechos é feita de forma sequencial, enquanto um determinado trecho estava sendo montado ao mesmo tempo outro serviço acontece em um trecho já liberado isso resulta em velocidade de execução da edificação.

O terreno foi escavado com uma profundidade de 6 m em relação ao nível da rua. Em todo o seu perímetro foi executado muro de contenção com 40 cm de largura. Foi definido em projeto que na parte onde ocorreu a escavação do terreno seria utilizado fundação com cálice para acomodação dos pilares, na parte de cima do muro de contenção e do terreno onde não ocorreu escavação as fundações foram do tipo chapa de base onde os pilares foram soldados na base da fundação.



Basicamente os trechos eram executados da seguinte forma:

Fase 1 – execução das fundações em cálice e chapa de base que receberão os pilares pré-moldados.

Fase 2 – montagem dos elementos pré-moldados de vigas e lajes alveolares.

Fase 3 – armação da laje e das ligações viga x pilar para capeamento da estrutura.

Fase 4 – fechamento da estrutura com alvenaria de blocos de concreto.

Fase 5 – execução de acabamentos da edificação.

#### **4.1 MONTAGEM DOS PILARES**

Nas fundações com cálice, com a ajuda do caminhão guindaste os pilares foram levantados um a um e posicionados dentro do cálice da fundação onde os funcionários da Premo executaram o seu nivelamento e travamento com auxílio de cunhas de madeira e prumo. Após a fazer o posicionamento e travamento dos pilares os cálices foram cheios de graute para consolidação dos pilares e a fundação.

Nas fundações em regiões onde não foi necessária a escavação os pilares foram ligados à fundação por chapa de base.



Figura 39: Detalhe da ligação chapa de base ente pilar e fundação

Fonte: O autor



## 4.2 MONTAGEM DAS VIGAS E LAJES ALVEOLARES

Com a finalização da montagem dos pilares em um trecho era liberado para a montagem das vigas e lajes alveolares. A montagem dessas peças foi feita com a utilização do caminhão guindaste, as vigas são ligadas aos pilares através dos consoles com a utilização de almofadas neoprene e pinos conectores que evitam o tombamento das peças.

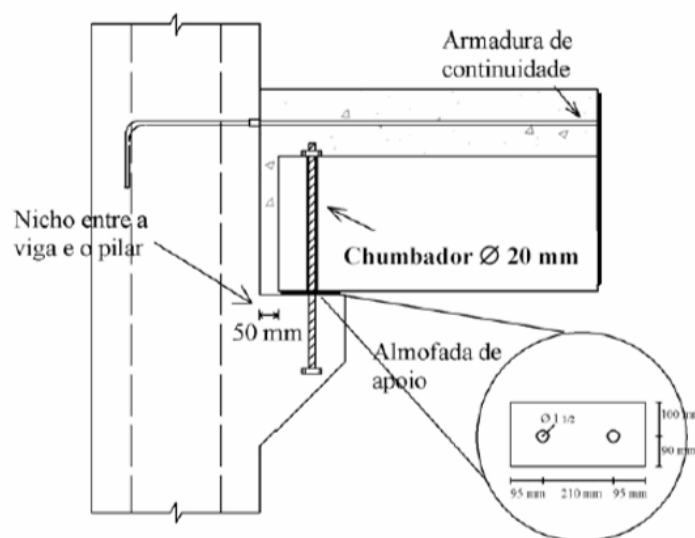


Figura 40: Detalhe ligação viga x pilar com pino conector e neoprene

Fonte: CATOIA, 2007

A Figura 40 mostra em detalhe a ligação entre viga x pilar, uma almofada de neoprene é posicionada entre as peças, a barra conectora liga o console à viga pela furação presente nas peças, isso evita que a viga quando carregada pelas lajes alveolares sofra tombamento.

As lajes alveolares não necessitam de escoramento e são apoiadas nas vigas, para garantir o nivelamento dos painéis é feito a equalização através de torniquetes como visto na Figura 41, isso é necessário, pois como as lajes são protendidas ocorrem pequenas contra flechas e essas não são iguais para todas as placas.

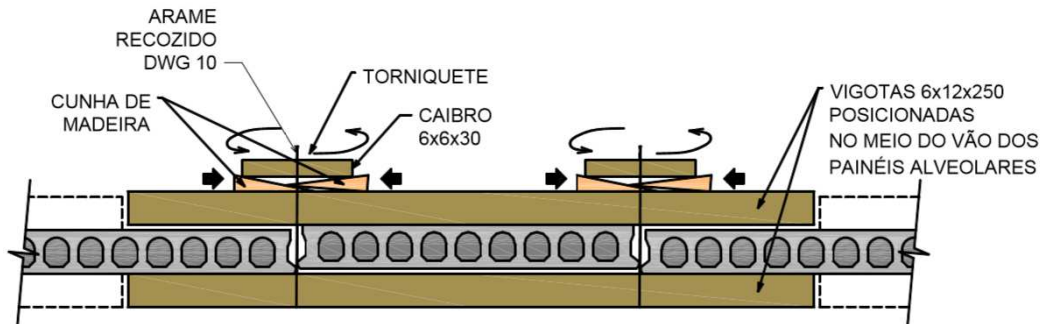


Figura 41: Esquemático da montagem dos torniquetes

Fonte: TATU, 2014



Figura 42: Execução da montagem dos torniquetes na obra

Fonte: O autor

A Figura 42 mostra um funcionário executando o nivelamento dos painéis alveolares com auxílio de torniquetes.

Na sequência de execução é necessário o fechamento das juntas entre painéis com concreto fino ou graute consolidando os painéis.

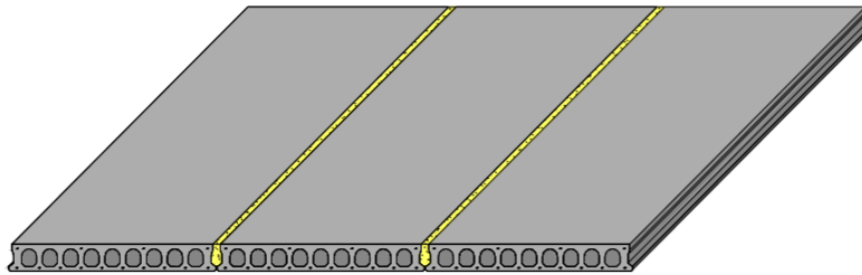


Figura 43: Detalhe da consolidação dos painéis

Fonte: TATU, 2014

A efetiva aderência do concreto de preenchimento das juntas é muito importante para o bom funcionamento da laje como um todo e para que não fuja nata de concreto na face inferior do painel como mostra a Figura 42.

### **4.3 CAPEAMENTO E CONCRETAGEM DAS LAJES**

Com as lajes alveolares posicionadas é iniciada a etapa de capeamento da laje onde entra as armações que reforçam a ligação viga x pilar a consolidação da laje. Essa etapa é de bastante importância para o bom funcionamento da estrutura. As armações de continuidade entre viga e pilar devem estar posicionadas de maneira correta para o bom funcionamento da ligação.

É de sua importância que os alvéolos na hora da concretagem do capeamento estejam devidamente protegidos com isopor para evitar que o concreto entre na cavidade dos alvéolos e cause um sobrepeso na estrutura da laje.



Figura 44: Detalhe da concretagem do capeamento

Fonte: O autor

A Figura 44 mostra uma concretagem de capeamento de um trecho da laje. Sarrafos de madeira delimitando a área de concretagem criando uma linha de junta de concretagem. Como se trata de uma área descoberta da edificação foi aplicado um caimento no concreto no sentido de dentro para fora da estrutura.

Terminado o posicionamento das armações e a concretagem da laje a estrutura esta liberada para o fechamento com alvenaria de blocos.

#### **4.4 PROBLEMAS ENFRENTADOS NA OBRA**

Mesmo que a obra tenha um projeto bem detalhado em pré-moldado ainda assim ocorreu a necessidade de execução de pequenos panos de lajes pelo método tradicional devido à falta de esquadro e a arquitetura da construção. Também no projeto não foram contemplados passagens para instalações hidráulicas, elétricas, de dados e ar condicionado. Essas passagens foram executadas posteriormente após a concretagem final da edificação.



Figura 45: Vão de difícil acesso para concretagem in loco a direita

Fonte: O autor

O detalhe da Figura 45 mostra um vão triangular de difícil acesso na laje onde teve que ser executado forma, escoramento, armação e concretagem da forma convencional.



Figura 46: Desabamento de laje alveolar

Fonte: O autor

Ocorreu um desabamento de um pano de laje alveolar como mostra a figura 46, comprometendo o pano de laje do andar abaixo. O desabamento foi causado por pequenas fissuras nas extremidades do pano de laje que comprometeram sua resistência levando a estrutura à queda. A provável causa foi no transporte ou no descarregamento onde a laje provavelmente sofreu avarias em sua estrutura.

## **CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O sistema construtivo em concreto pré-moldado ao longo dos anos vem sendo atualizado e cada vez mais tem atendido as expectativas da construção. Ainda existe resistência no mercado quanto a sua utilização. As obras mais recorrentes no Brasil são ainda grande parte industriais e esportivas. Deve ocorrer por parte dos arquitetos e calculistas uma integração maior para difundir a utilização dos pré-moldados.

As construções que utilizam os sistemas de concreto pré-moldado se destacam pela velocidade de execução, um produto final melhor acabado, uma obra mais limpa e sem desperdícios de matérias. Claro que existem pontos negativos que ainda atrapalham a sua popularização como o fato de ter um projeto mais detalhado, a necessidade de um volume adequado de elementos para justificar a sua escolha, problemas encontrados nas ligações entre elementos e o custo ainda ser um pouco maior que o sistema de construção tradicional.

Podemos esperar que em um futuro próximo com o avanço do sistema construtivo em concreto pré-moldado em países europeus e nos Estados Unidos, o avanço nos estudos na área de pré-moldados no Brasil, a construção cada vez mais racionalizando processos e materiais, poderemos utilizar cada vez mais os sistemas de concreto pré-moldados.

### **5.1 CRÍTICAS**

A muito que se estudar com relação as ligações entre elementos pré-moldados como viga x pilar, pilar x fundação e os consoles que servem de apoio para vigas e lajes. Essas ligações são pontos críticos das estruturas pré-moldadas. As ligações que ficam aparentes poderiam ser mais elaboradas encaixes mais precisos e ligações mais seguras.

Algumas das dificuldades encontradas são a falta de soluções em pré-moldados para arquiteturas irregulares, vãos que não possuem esquadros geralmente são finalizados com estruturas moldadas in loco e o não ensino na graduação de matérias que contemplem o estudo de estruturas em concreto pré-moldado.

## **5.2 SUGESTÕES**

As construções esportivas e industriais de hoje são executadas em sua grande parte com estruturas de concreto pré-moldado por ser de rápida execução e atender as normas de segurança. Os ambientes internos dessas construções são basicamente feitos em alvenarias de blocos de concreto, revestidos posteriormente e finalizados para a utilização.

Um estudo mais detalhado dessas construções pode viabilizar a utilização de banheiros e cozinhas moduladas em concreto pré-moldado, diminuindo ainda mais o tempo de construção e aumentando a qualidade dos espaços.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

---

- ABNT. NBR 6118; Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

---

- ABNT. NBR 14861; Lajes Alveolares Pré-moldadas de Concreto Protendido. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ACKER, A. V. Manual de Sistemas Pré-fabricados de Concreto. Tradução: Marcelo Ferreira, ABCIC, 2002.

ALBUQUERQUE, A. T.; EL DEBS, M. K. Levantamento dos Sistemas Estruturais em Concreto Pré-moldado para Edifícios no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 1., 2005, São Carlos. Anais... São Carlos: EESC/USP-Depto. de Eng. de Estruturas, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO – ABCIC. A História dos Pré-fabricados e Sua Evolução no Brasil. São Paulo, 1980.

EL DEBS, M. K. Concreto Pré-moldado: Fundamentos e Aplicações. Escola de Engenharia de São Carlos/USP – Projeto REENGE, 2000.

ELLIOT, R. S. Precast Frame Concepts, Economics and Architectural Requirements. In Workshop on Design & Construction of Precast Concrete Structures. Construction Industry Training Institute. Singapore, 2002.



NUNES, Vinicius César Pereira; Estudo de Cálice de Fundação Com Ênfase nos Esforços nas Paredes Transversais do Colarinho. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009.

SALAS, S. J. Construção Industrializada: Pré-fabricação. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo, 1988.

VASCONCELOS, A. C. O Concreto no Brasil: Pré-fabricação, Monumentos, Fundações. Volume III. Studio Nobel. São Paulo, 2002.

PREMO. Manual de Utilização das Soluções Construtivas Premo, 2010.

## REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

Cassol Pré-fabricados, disponível em:

<http://www2.cassol.ind.br/produtos-2/cobertura-com-beiral/>. Acesso em 15/08/15.

Curso de Arquitetura e Urbanismo – UFSC, disponível em:

<http://arq5661.arq.ufsc.br/ConcretoPre-Fabricado/index.html>. Acesso em 12/07/15.

PINI WEB, Construção Mercado, disponível em:

<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/123/artigo298745-1.aspx>. Acesso em 12/07/15.

Premo Construções e Empreendimentos S.A, disponível em:

<http://www.premo.com.br/>. Acesso em 16/07/15.

Premonta Estruturas Pré-moldadas e Estruturas Metálicas, disponível em:

<http://premonta.com.br/site/pilares-pre-moldados-de-concreto/>. Acesso em 15/08/15.

Premonta Estruturas Pré-moldadas e Estruturas Metálicas, disponível em:

<http://premonta.com.br/site/construindo-com-vigas-de-concreto-pre-moldado/>. Acesso em 15/08/15.

Sladepaper, disponível em:

<http://slideplayer.com.br/slide/364080/#>. Acesso em 15/08/15.

Tatu Pré-moldados, disponível em:

<http://www.tatu.com.br/>. Acesso em 15/08/15.

TECRON pré-fabricados, disponível em:

<http://www.tecron.com.br/site/index.php/laje-alveolar>. Acesso em 16/07/15.

Universidade Federal do Ceará – Repositório, disponível em:

<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/5509>. Acesso em 15/08/15.