



IBRACON

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO

FUNDADO EM 23/06/1972

Capítulo 43

Concreto Pré-fabricado

Íria Lícia Oliva Doniak – ABCIC
Daniela Gutstein – T&G Engenharia

Livro Concreto: Ciência e Tecnologia

Editor: Geraldo C. Isaia



43.1 Introdução

Princípios Elementares

- Construção Industrializada
- Processos
- Pré-moldados
- Pré-fabricados
- Concreto Armado
- Concreto Protendido (aderente e não aderente)

Construção Industrializada

Industrialização da construção consiste no “emprego de forma racional e mecanizada, de materiais, meios de transporte e técnicas construtivas, para se conseguir uma maior produtividade.” (*Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento*)



Figura 1: Produção industrial de laje alveolar durante a moldagem do concreto protendido



43.1 Introdução

Princípios Elementares

- Construção Industrializada
- Processos
- Pré-moldados
- Pré-fabricados
- Concreto Armado
- Concreto Protendido (aderente e não aderente)



Processos

Os processos de industrialização são compostos por:

- Método (Padronizar)
- Mão de Obra (Capacitar)
- Medição (Avaliar)
- Máquinas (Adequar e Manter)
- Matérias Primas (Qualificar e Avaliar Desempenho).



43.1 Introdução

Princípios Elementares

- Construção Industrializada
- Processo
- Pré-moldados
- Pré-fabricados
- Concreto Armado
- Concreto Protendido (aderente e não aderente)

Pré-moldados

- Produzidos por meio de processo de pré-moldagem de construção em que a obra, ou parte dela, é moldada fora de seu local de uso definitivo.
- A pré-moldagem é relacionada aos conceitos de industrialização e pré-fabricação.



Figura 2: Armazenagem de pilares pré-moldados em instalações industriais



43.1 Introdução

Princípios Elementares

- Construção Industrializada
- Processo
- Pré-moldados
- Pré-fabricados
- Concreto Armado
- Concreto Protendido (aderente e não aderente)

Pré-fabricados

Pré-fabricação: “...pré-fabricação é um método industrial de construção em que os elementos fabricados, em grandes séries, por métodos de produção em massa (instalação industrial), são montados na obra, mediante equipamentos e dispositivos de elevação”.

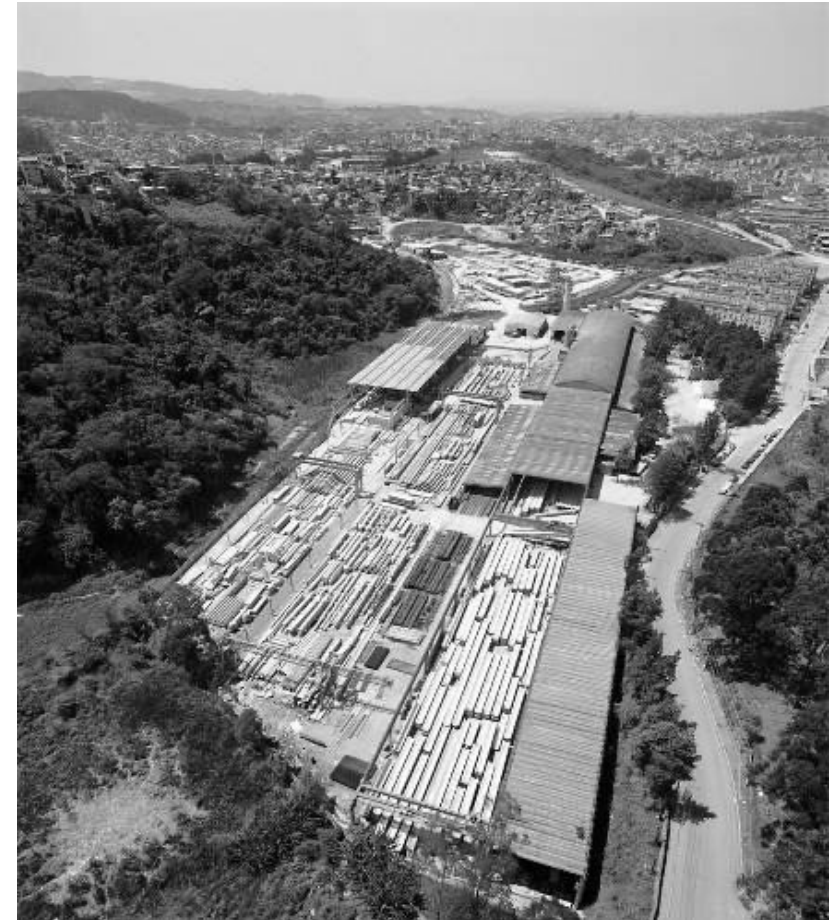


Figura 3: Vista aérea de uma fábrica de pré-fabricados



43.1 Introdução

Princípios Elementares

- Construção Industrializada
- Processo
- Pré-moldados
- Pré-fabricados
- Concreto Armado
- Concreto Protendido (aderente e não aderente)

Concreto Armado

Elementos pré-fabricados com:

- Peso mais elevado
- Execução mais simples
- Vãos menores
- Cuidados com deformações e fissuração

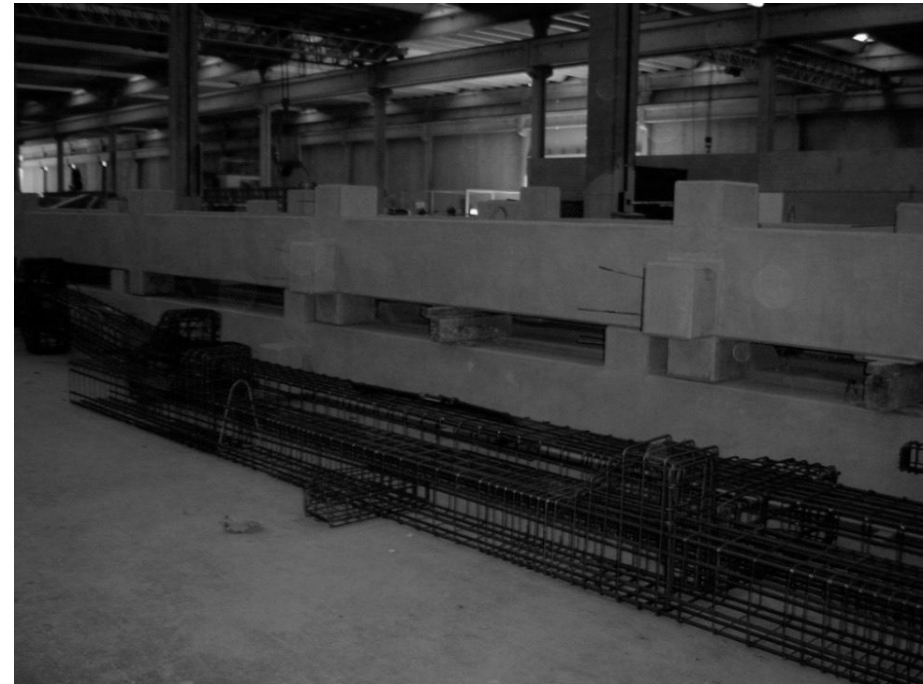


Figura 4: Pilares pré-fabricados em concreto armado

Aço armadura passiva = Armadura frouxa



43.1 Introdução

Princípios Elementares

- Construção Industrializada
- Processo
- Pré-moldados
- Pré-fabricados
- Concreto Armado
- Concreto Protendido (aderente e não aderente)



Concreto pré-fabricado protendido

O que é uma peça pré-fabricada de concreto protendido?

É toda aquela que é submetida a um sistema de forças especialmente e permanentemente aplicada (forças de protensão), com o objetivo de impedir ou limitar a fissuração do concreto, submetendo o elemento a um esforço de compressão total ou parcial, permitindo maior capacidade portante à flexão e controle das deformações em relação às ações de projeto (atuantes durante as situações transitórias e vida útil)

Pode ser protendida por pré-tração e pós-tração

Concreto pré-fabricado protendido por pré-tração

- Exige pista de protensão (pré-fabricados)
- Cabos retos
- Sistema aderente



Figura 5 - Cabeceira de protensão em pista de pré-tração – produção de lajes alveolares



Figura 6 – Pré-tração de vigas – dimensões da pista de protensão e elemento de viga concretado antes do corte das armaduras de protensão



Concreto pré-fabricado protendido por pós-tração

- Aderente e não-aderente
- Protensão após a concretagem e no local da obra
- Cabos curvos/parabólicos
- Situações especiais – quando a força de protensão total especificada excede a capacidade da pista de protensão, ou quando não é possível aplicar-se em fábrica a força de protensão total necessária em projeto (elevado peso próprio)
- Elementos de grandes dimensões como vigas de ponte e demais obras de arte



Concreto pré-fabricado protendido

- Possibilita o melhor rendimento mecânico das seções
- Maior esbeltez e menor peso para as peças
- Otimização de formas ou das pistas de protensão de uma planta de produção, empregando concretos de elevada resistência
- Vencer grandes vãos
- Controle de fissuras (de projeto e eventuais)
- Requer a liberação da protensão por pré-tração somente após o $f_{cj} \geq 21$ MPa (ABNT NBR 9062)
- Rigoroso controle tecnológico e maiores cuidados na execução da protensão



43.2 Histórico da pré-fabricação de concreto

- Alguns casos isolados de pré-fabricados: início nos anos 1960/1970
- “Milagre brasileiro” - Brasil país do futuro - investimento em novas tecnologias
- Início dos anos 80
 - obras industriais e comerciais difundiram a pré-fabricação
 - galpões industriais
 - visibilidade no mercado da estrutura pré-fabricada
 - consolidação do uso da Telha W
 - importação de equipamentos para a produção de lajes pré-fabricadas alveolares
 - sistema construtivo passou naquele momento a ser associado a obras com pouca liberdade arquitetônica

43.2 Histórico da pré-fabricação de concreto

Conceito de emprego de estrutura pré-fabricada em galpões industriais:

- padronização em detrimento da criatividade
- conceito de fachadas com paredes PI



Figura 7 – Exemplos de galpões industriais no conceito “padrão” com fachada composta por paredes PI



43.2 Histórico da pré-fabricação de concreto

- Final da década de 80 – início da utilização das lajes pré-fabricadas na área habitacional
- Início dos anos 90 – lajes alveolares em edifícios acima de 3 andares buscando vencer maiores vãos
- Velocidade, organização, praticidade, economia e identidade arquitetônica padronizada: grande utilização no setor de supermercados
- Final da década de 1990 - introdução de novas concepções arquitetônicas e de inovações tecnológicas:
 - Projeto arquitetônico para estrutura pré-fabricada
 - Atender às demandas de estruturas sustentáveis e adaptáveis



43.2 Histórico da pré-fabricação de concreto Dias atuais

- Consonância com a liberdade arquitetônica
- Versatilidade de painéis alveolares e arquitetônicos
- Obras Verticais
- Estruturas mistas



Figura 8 – Versatilidade das fachadas pré-fabricadas



Figura 9 – Consonância do pré-fabricado com a liberdade

Livro Concreto: Ciência e Tecnologia arquitetura

Editor: Geraldo C. Isaia



43.2 Histórico da pré-fabricação de concreto Dias atuais



Figura 10– Shopping Barigui Curitiba/PR – Exemplo de estrutura híbrida e versatilidade arquitetônica



43.2 Histórico da pré-fabricação de concreto Dias atuais – Exemplos



Figura 11 – Empreendimento Pátio Dom Luís em Fortaleza, CE, composta de vigas e lajes pré-fabricadas protendidas e pilares moldados no local e torres de 24 e 20 pavimentos



Figura 12 – Obra do Edifício Comercial Terra Firme em São José, SC, com 14 pavimentos em sistema híbrido



43.2 Histórico da pré-fabricação de concreto Dias atuais

- Últimos 8 - 10 anos:
Fachadas pré-fabricadas = sofisticação arquitetônica
- Mercado nacional capacitado a executar sistema estrutural e arquitetônico completo

(a)



(b)

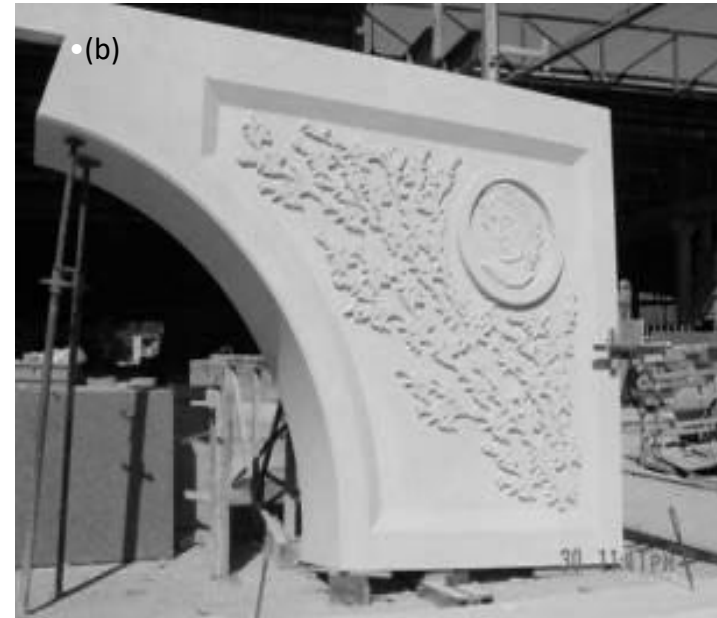


Figura 13 – Edifício Plaza Iguatemi, em São Paulo, SP: (a) Fachada com elementos e painéis pré-fabricados arquitetônicos; (b) Elemento arquitetônico pré-fabricado que compõe o arco na entrada

43.2 Aspectos conceituais, vantagens e limitações

- Aspectos conceituais
- Vantagens:
 - Construções com menores prazos para entrega, unindo maior velocidade à redução dos custos fixos, proporcionando a garantia de retorno financeiro rápido



Figura 14– Rapidez de execução da estrutura pré-fabricada: pré-moldagem, planejamento e mecanização



43.2 Aspectos conceituais, vantagens e limitações

- Busca de maior qualidade, produtividade e redução de desperdícios
- Necessidade de um modelo de desenvolvimento para a indústria da construção civil com:
 - Sustentabilidade
 - Qualificação de mão de obra
 - Mudanças culturais
- Resistência ao fogo
- Compatibilização de disciplinas

43.2 Aspectos conceituais, vantagens e limitações



Figura 15 – Compatibilização de instalações
com a estrutura pré-fabricada



4.3 Aspectos Conceituais, Vantagens e Limitações

Relacionam-se com as limitações:

- As barreiras que a pré-fabricação ainda precisa vencer, que dizem respeito a aspectos tributários, pois é tributada como indústria (diferentemente do que ocorre em países desenvolvidos) e também à falta de mecanização dos canteiros de obras, que com a escassez de mão de obra, deverá ser revertida.
- Necessidade de difundir a cultura de pré-fabricação em vários níveis, tanto no meio acadêmico quanto no meio técnico, nos órgãos governamentais ligados aos processos de licitação, entre outros.



43.4 A pré-fabricação em concreto e a sustentabilidade

Aspectos de sustentabilidade das estruturas de concreto são acentuados em estruturas pré-fabricadas →

Maior racionalização da construção:

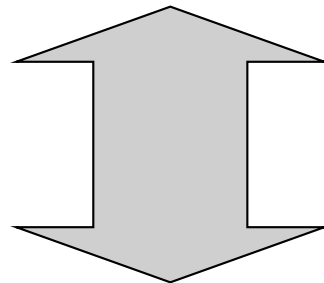
- economia das jazidas naturais
- minimização da produção de resíduos
- utilização de materiais locais e aproveitamento da reciclagem de materiais
- racionalização da obra
- preservação do patrimônio devido à flexibilidade e adaptabilidade das edificações pré-fabricadas e à redução de custos em manutenção e maior longevidade



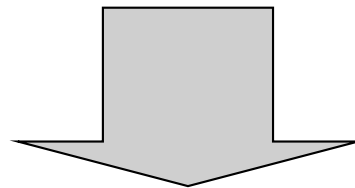
43.4 A pré-fabricação em concreto e a sustentabilidade

Sistemas construtivos sustentáveis:

- maximizam a eficiência e a eficácia
- empregam a mais alta tecnologia
- são economicamente viáveis



RACIONALIZAÇÃO , RECICLAGEM , AUTOMAÇÃO



PRÉ - FABRICAÇÃO



43.5 Normalização

Importância da normalização está relacionada à:

- Economia
- Comunicação
- Segurança
- Proteção do consumidor
- Eliminação de barreiras técnicas e comerciais
- Potencialização da competitividade das organizações no mercado
- Viabilidade técnica



43.5 Normalização

Destaques para estruturas pré-fabricadas

- ❑ ABNT NBR 9062:2006– Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado
- ❑ Projeto ABNT NBR 14861:2011 – Lajes Alveolares Protendidas de Estruturas de Concreto Pré-fabricadas
- ❑ Aplicam-se também normas de estruturas de concreto:
 - ABNT NBR 6118:2003 – Projeto de estruturas de concreto
 - ABNT NBR 14931:2003 – Execução de estruturas de concreto
 - ABNT NBR 12655:2006 – Concreto – Preparo, controle e recebimento
 - NBR-7187:2003 – Projeto de Pontes de Concreto Armado e de Concreto Protendido



43.5 Normalização

Revisão da ABNT NBR9062:2007

Principais aspectos revisados:

- Classificação dos elementos (maior detalhamento)
 pré-moldados x pré-fabricados
- Durabilidade: cobrimento das armaduras
- Tolerâncias de execução
- Dimensionamento e detalhamento de elementos
- Aspectos de segurança das estruturas
- Limites de deslocabilidade das estruturas pré-moldadas em condições de serviço
- Estabilidade global de estruturas pré-moldadas



43.5 Normalização

Revisão da ABNT NBR9062:2007

- Atualização perante a NBR6118
- Necessidade de normalizar algumas diretrizes já discutidas e estabelecidas no Selo de Excelência ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto)

43.5 Normalização

Projeto de norma de Lajes Alveolares - 2011

Tem como base:

- EN1168:2005 – referenciada pelo Eurocode
- Manuais do *fib* CEB/FIP, PCI, ensaios e publicações recentes
- Ensaios realizados em parceria entre fabricantes de lajes alveolares e o NETPRE/UFSCAR: validação de ensaios (metodologia) aos produtos e materiais brasileiros junto à empresas



Figura 16 – Ensaio de cisalhamento de lajes alveolares protendidas pré-fabricadas em instalações de fábrica e parceria com o NETPRE/UFSCar



43.6 Sistemas Estruturais

Escolha: aspectos de logística, gerenciamento e planejamento da obra

- Sistemas aporticados
- Sistemas esqueleto
- Painéis Portantes
- Sistemas estruturais para pisos
- Fachadas de concreto pré-moldado
- Fundações com elementos pré-fabricados
- Sistemas celulares

Sistemas aporticados

Formados por pórticos planos, compostos por pilares e vigas de fechamento

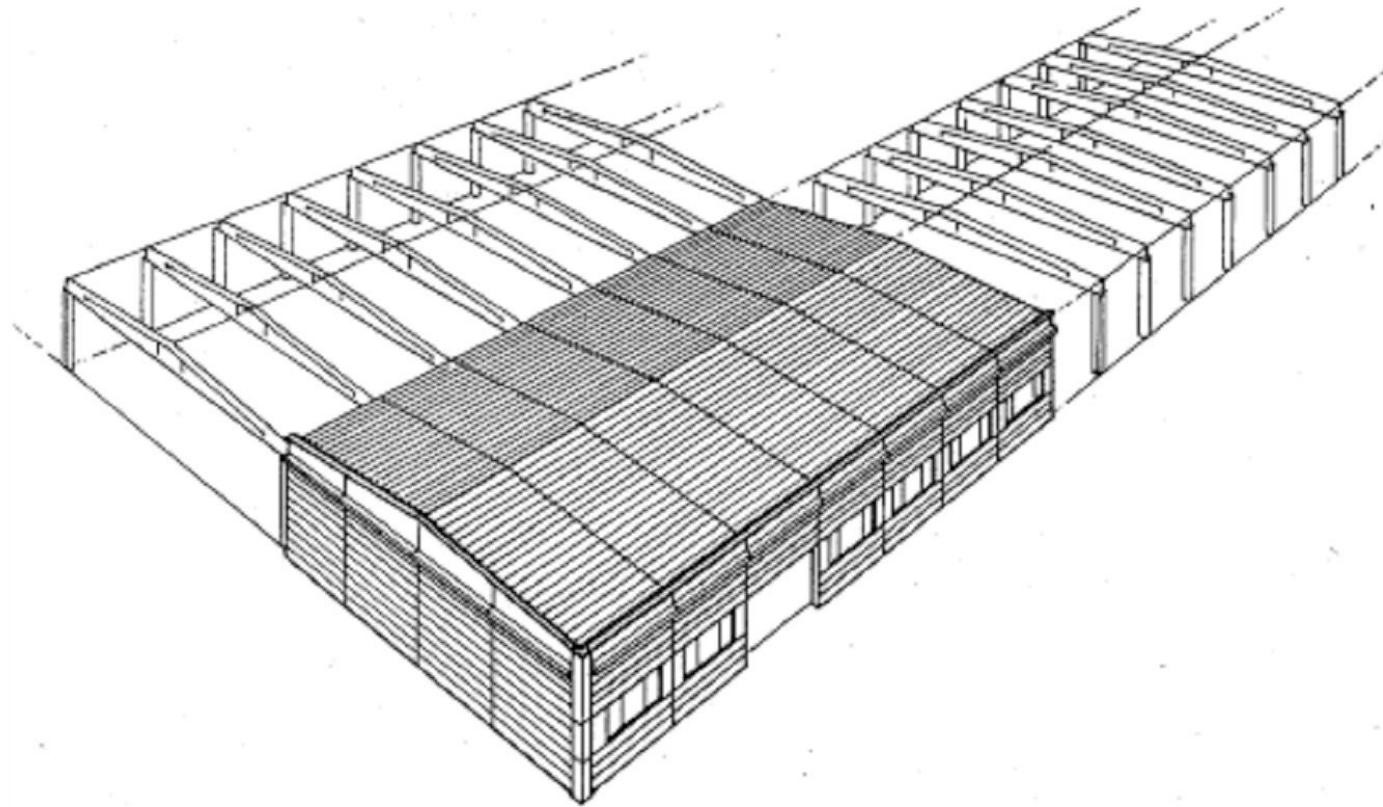


Figura 17 – Exemplo de estrutura pré-moldada aporticada (extraído de Van Acker, 2007)

Sistemas esqueleto

Formados por pilares, vigas e lajes



Figura 18 – Sistema estrutural em esqueleto com núcleo rígido (central)
(extraído de Van Acker, 2007)

43.6 Sistemas Estruturais

Sistemas esqueleto



Figura 19 – Obra do edifício da Universidade Universo em Recife, PE – 12 pavimentos em estrutura pré-fabricada.

43.6 Sistemas Estruturais

Sistemas aporticados e esqueleto

Classificação:

- Quanto ao local
Em fábrica ou canteiro
- Quanto a categoria do peso dos elementos
Leve ou Pesado
- Quanto a aparência
Normal ou Arquitetônico



Figura 20 – Estrutura pesada em aparência arquitetônica



Figura 21 – Estrutura pesada – produção em fábrica

43.6 Sistemas Estruturais

Categoria leve



Figura 22 – Exemplo de galpão leve com mezanino

- **Vão: 8 a 25m**
- **Pé direito: 3 a 20m**
- **Modulação: 4 a 12m**
- **Telhas: fibro, cerâmica, metálicas**

- **Soluções econômicas**
- **Com ou sem tirantes**

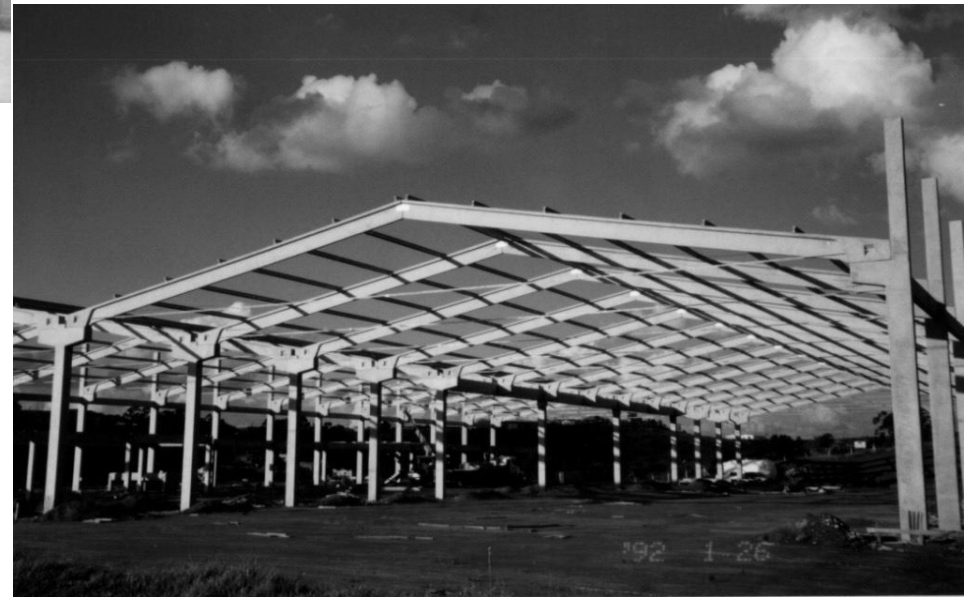


Figura 23 – Exemplo de galpão leve aporticado atirantado

43.6 Sistemas Estruturais

Categoria pesado



Figura 24: Galpão pesado – acabamento interno

- **Maiores vãos**
- **Maior peso**
- **Equipamentos específicos (mobilização de guindastes com maior capacidade de carga)**



Figura 25: Galpão pesado - montagem

43.6 Sistemas Estruturais Aporticados



Figura 26: Galpão pré-fabricado- aplicação em obra industrial

Painéis Portantes

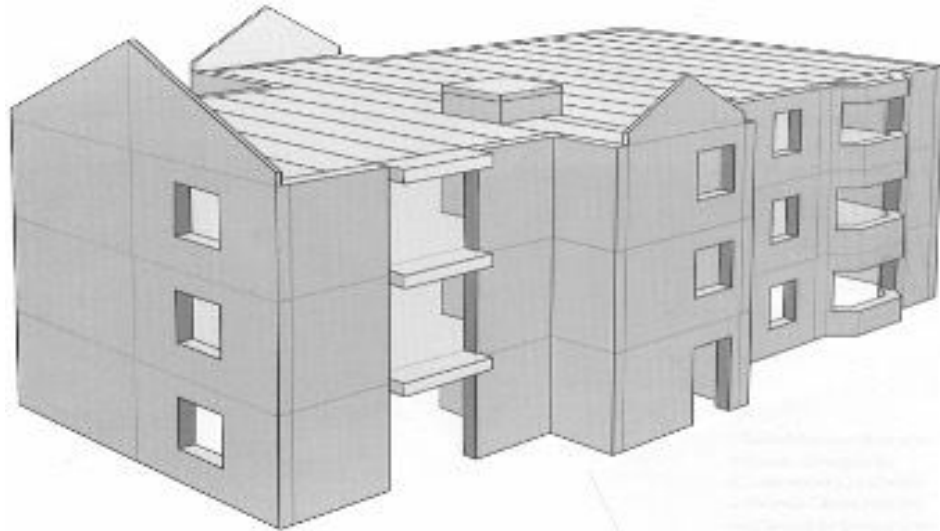


Figura 27 – Sistema estrutural composto por painéis portantes (extraído de Van Acker, 2007)

Estrutura é formada por painéis verticais portantes localizados nas fachadas, que servem de apoio para os sistemas de pisos

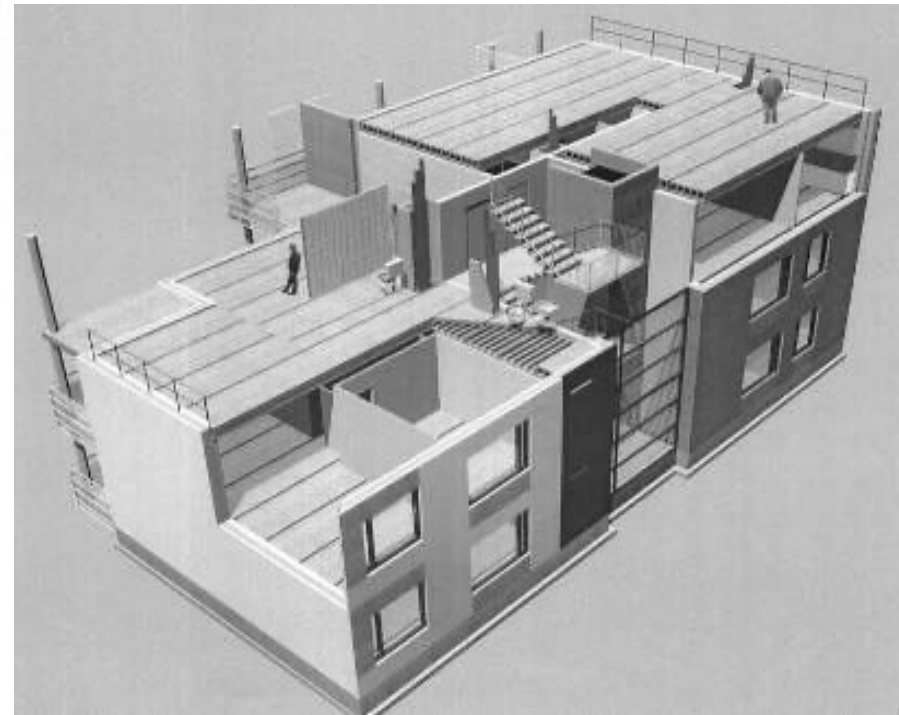


Figura 28 – Sistema estrutural com painéis portantes e lajes alveolares protendidas (extraído de Van Acker, 2007)

Painéis Portantes



Figura 29 – Montagem de painéis em edifício residencial – Condomínio Piemonte, em 2008 – Belo Horizonte, MG



Sistemas estruturais para pisos

- Mais antigos e difundidos
- Utilizados em estruturas mistas também
- Racionalização e rapidez de construção
- Destacam-se:
 - sistemas de lajes alveolares protendidas
pré-fabricadas
 - sistemas de painéis com nervuras protendidas
(seções T ou duplo T)
 - sistemas de painéis maciços de concreto
 - sistemas de lajes mistas
 - sistemas de laje com vigotas pré-moldadas

Lajes alveolares protendidas pré-fabricadas



Figura 30 – Exemplo de obra com estrutura mista e sistema estrutural formado por pisos de lajes alveolares protendidas pré-fabricadas

Aplicável
principalmente em
galpões contínuos
(CDs e Industriais)

Influência significativa
no custo dos
elementos



Figura 31: Exemplo de galpão contínuo com modulação dos vãos entre pilares

Modulação em sistemas estruturais

Pode ser utilizada em trechos da obra
Não necessariamente em toda estrutura



Figura 32: Exemplo de estrutura com trechos modulados

Fachadas de concreto Pré-moldado



Figura 33 – Painéis e elementos arquitetônicos pré-moldados (em fábrica nos Estados Unidos), sendo: (a) estocagem e (b) exemplo de acabamentos, texturas e colorações

Fundações com elementos pré-fabricados

- Estacas pré-moldadas de concreto armado ou protendido
- Vibradas ou centrifugadas
- Capacidade de carga de 100 kN até 5000 kN
- Dimensões da seção de 15 cm a 80 cm



Figura 34 – Estacas pré-fabricadas: (a) cravação e aplicação em meio altamente agressivos e (b) armazenamento

Sistemas celulares

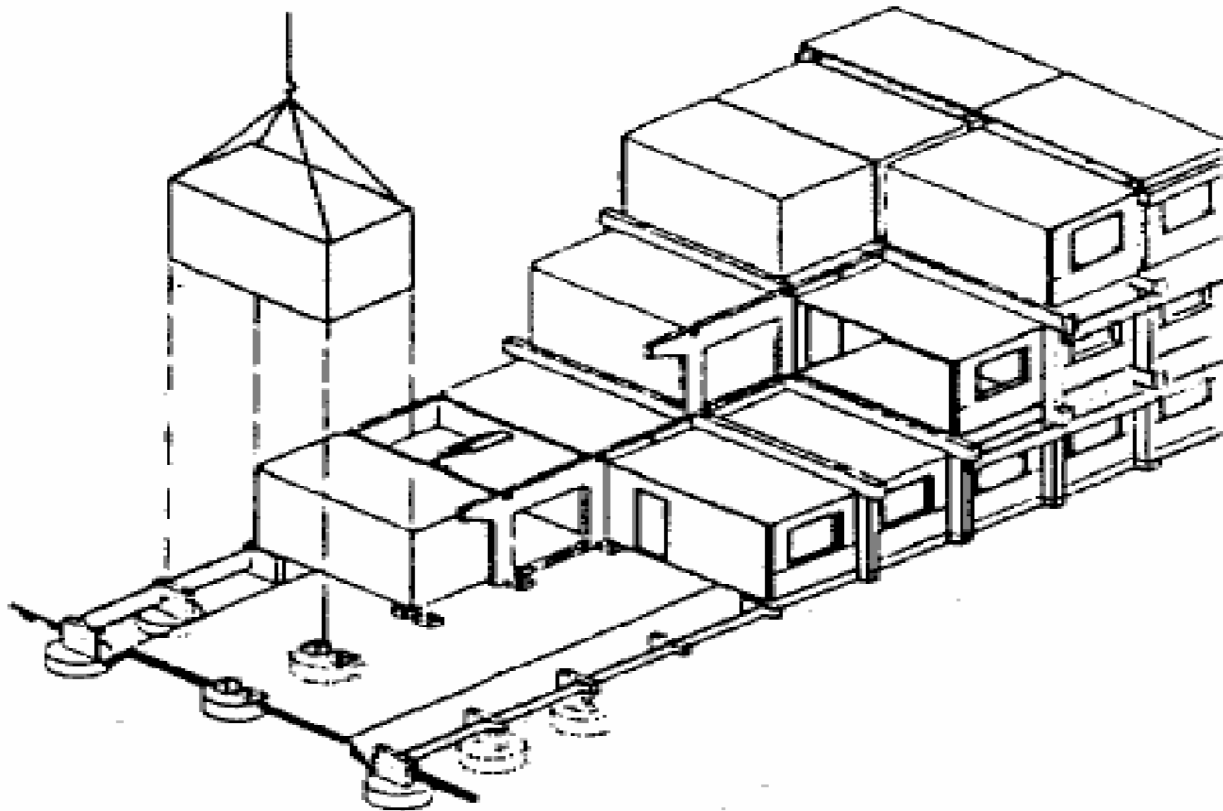


Figura 35 – Esquema de construção com sistema celular (extraído de Van Acker, 2007)

43.7 Ligações

- Isostáticas
- Rotuladas
- Semi-rígidas
- Rígidas ou engastadas

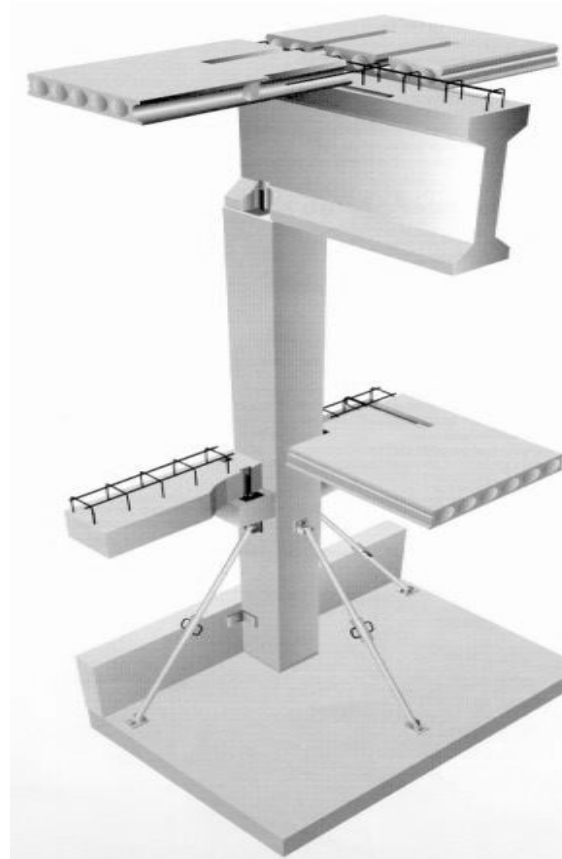


Figura 36 – Esquema de ligações típicas de estruturas pré-fabricadas (extraído de Van Acker, 2007)



43.8 O Processo de Pré-Fabricação

- Projeto
- Produção
- Controle de qualidade
- Processos de certificação

43.8 O Processo de Pré-Fabricação Projeto

Solicitações transitórias:

- Desforma
- **Movimentação**
- Armazenamento
- Transporte
- Montagem



Figura 37 – Movimentação de viga pré-fabricada durante a produção

43.8 O Processo de Pré-Fabricação Projeto – Situações transitórias

- Desforma
- Movimentação
- **Armazenamento**
- Transporte
- Montagem



Figura 38 – Armazenamento de telha W na obra



Figura 39 – Armazenamento de laje alveolar em fábrica

43.8 O Processo de Pré-Fabricação Projeto – Situações transitórias

- Desforma
- Movimentação
- Armazenamento
- Transporte
- Montagem



Figura 40 – (a) Montagem e (b) Transporte de vigas pré-moldadas de grande comprimento para área de armazenamento da Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados, em Laranjeiras, SE

43.8 O Processo de Pré-Fabricação Projeto – Situações transitórias

- Montagem – projeto e planejamento de montagem



Figura 41 – Exemplos de montagem de estruturas pré-fabricadas

43.8 O Processo de Pré-Fabricação Projeto – Situações transitórias



Figura 42: Montagem de vigas – Situação transitória de projeto

43.8 O Processo de Pré-Fabricação Tolerâncias



Figura 43: Montagem de viga x tolerâncias de montagem

É necessário estabelecer folgas e tolerâncias e dimensionar os elementos e as ligações levando-se em conta os desvios de produção, de locação, verticalidade da obra e de montagem dos elementos

Previsão para a montagem adequada!

43.8 O Processo de Pré-Fabricação

Tolerâncias: Para evitar/minimizar problemas



Figura 44: Problemas de montagem

43.8 O Processo de Pré-Fabricação Produção

- Etapas de produção
 - Formas
 - Armadura e dosagem do concreto



Figura 45 – Produção de pré-fabricados: (a) forma metálica de viga seção I e (b) armação

43.8 O Processo de Pré-Fabricação

Etapas de produção

- Protensão, concretagem, cura, acabamento
- Armazenamento e montagem



Figura 46 – Armação de concreto armado e protendido em pista de protensão de viga pré-fabricada



Figura 47 – Central dosadora de concreto em instalações de indústria de pré-fabricados



43.8 O Processo de Pré-Fabricação Controle de Qualidade

- O controle de qualidade vai além da verificação de projeto e de um controle tecnológico e dimensional efetivo, estende-se à qualificação e comprometimento dos envolvidos no processo e especialmente à gestão das interfaces de projeto, produção e montagem
- As atividades de controle de qualidade devem assegurar que, após a estrutura montada e durante a sua vida útil, os requisitos de projeto e das normas técnicas aplicáveis tenham sido atendidos.



43.8 O Processo de Pré-Fabricação

Processos de certificação

Selo de Excelência ABCIC

- Fixar a imagem do setor com padrões de tecnologia, qualidade e desempenho adequados às necessidades de mercado
- Programa evolutivo
 - Nível I (Controle de Qualidade)
 - Nível II (Garantia da qualidade)
 - Nível III (Gestão pela Qualidade)
- Credenciamento por planta de produção com escopos diferenciados
- Atestado

Regimentos - www.abcic.org.br





43.8 O Processo de Pré-Fabricação Controle de Qualidade

Quadro 1: Níveis do programa evolutivo do Selo de Excelência ABCIC

Processos	Nível I	Nível II	Nível III
Receb e preservação de materiais	1	2	3
Produção de elementos pré-fabricados	1	2	3
Montagem de elementos pré-fabricados	1	2	3
Gestão e Apoio	1	2	3
Elaboração e controle de projetos	1	2	3
Segurança e saúde	1	2	3
Atendimento ao cliente		1	3
Gestão ambiental			3



43.9 Considerações Finais

- A pré-fabricação em concreto é uma possibilidade de industrialização da construção, ou de parte dela, que passa cada vez mais a ser considerada para aplicações em obras de diferentes portes e complexidades e se viabiliza a partir da necessidade de atender cronogramas cada vez mais ousados, sem que haja perda de qualidade, pelo contrário, de forma que venha ao encontro da sustentabilidade;
- O tema é amplo e, portanto as autoras deixam uma vasta bibliografia a ser pesquisada, para os que desejarem um maior aprofundamento no tema;

43.9 Considerações Finais

- No Brasil, vivencia-se um momento em que a escassez de mão-de-obra, indubitavelmente, levará ao aperfeiçoamento e à intensificação da busca pela industrialização, paralelamente ao avanço no desenvolvimento tecnológico dos materiais;
- Isso trará cada vez mais possibilidades de aplicação e desenvolvimento da engenharia estrutural;
- Para que se possa usufruir das novas soluções, é necessária a atualização constante das novas tecnologias, para o preparo e avanço sobre fundamentos sólidos, em termos do que já se conhece até aqui, mas, acima de tudo, atendendo aos critérios de desempenho já requeridos.



Agradecimentos

As autoras agradecem ao Prof. Mounir Khalil El Debs (USP/São Carlos), ao Prof. Marcelo de Araujo Ferreira (NETPRE/UFSCar), a Federation Internationale du Betón – fib (CEB-FIP) - Commission 6 on prefabrication por meio do Prof. Marco Menegotto e em especial aos integrantes Prof. Kim Elliot, Prof. Arnold Van Acker, Prof. David Fernandez Ordoñez; ao Prof. Hugo Corres Peiretti (Politécnica de Madrid, fib e FHECOR Ingenieros Consultores); aos associados da ABCIC pelas informações, bibliografias e ilustrações cedidas e ao PCI na pessoa do seu presidente James Toscas.