



**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”.

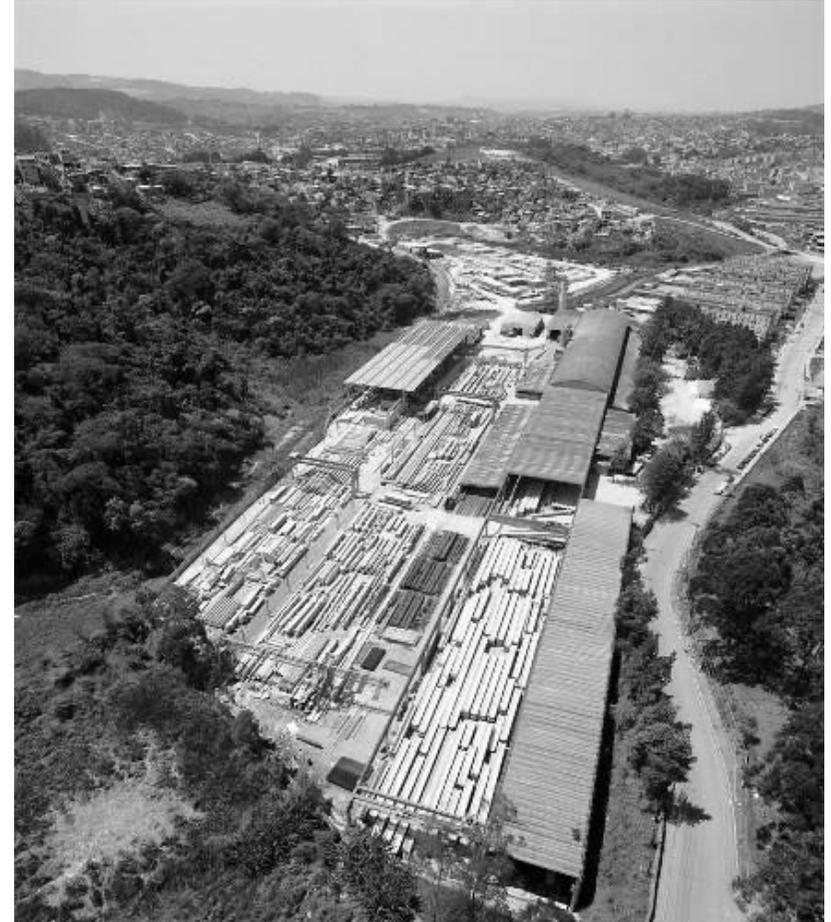


Figura 3: Vista aérea de uma fábrica de pré-fabricados



## 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

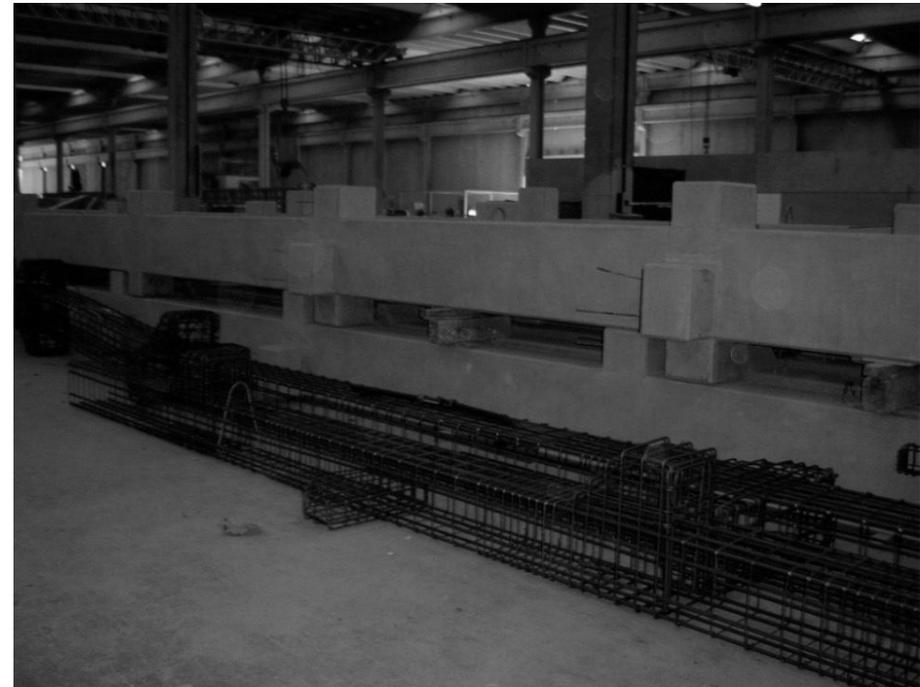


Figura 4: Pilares pré-fabricados em concreto armado

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

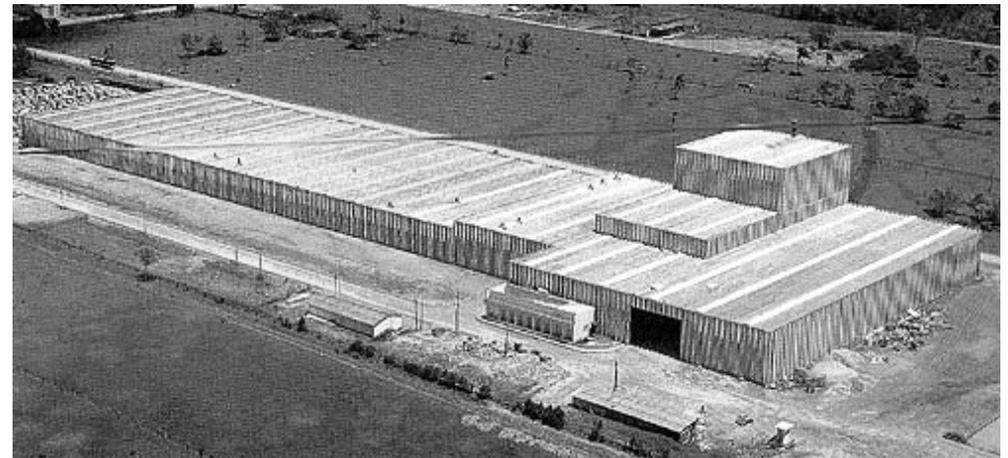


Figura 7 – Exemplos de galpões industriais no conceito “padrão” com fachada composta por paredes PI



## 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)

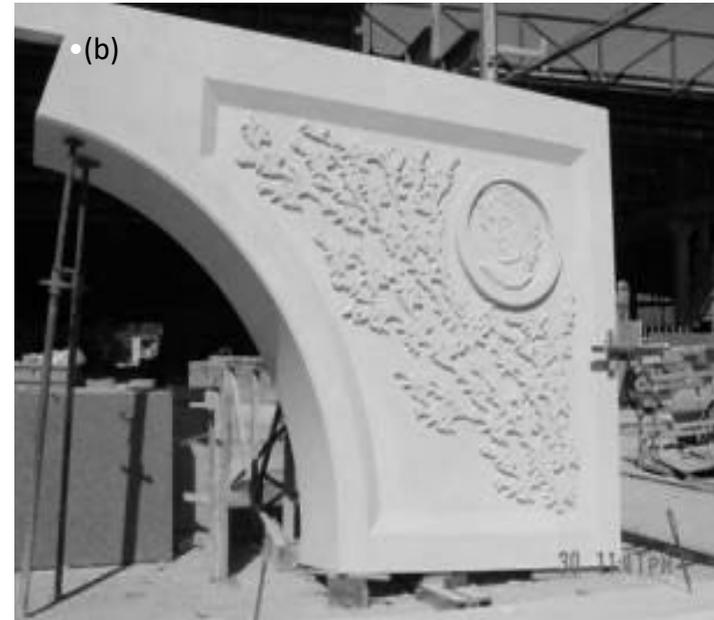


Figura 13 – Edifício Plaza Iguatemi, em São Paulo, SP: (a) Fachada com elementos e painéis pré-fabricados arquitetônicos; (b) Elemento arquitetônico pré-fabricado que compõe o arco na entrada

## 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

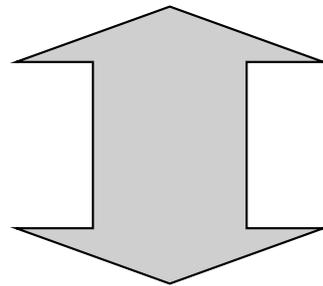


## 43.4 A pré-fabricação em concreto e a sustentabilidade

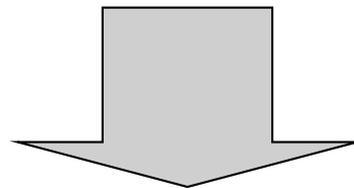
---

### 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

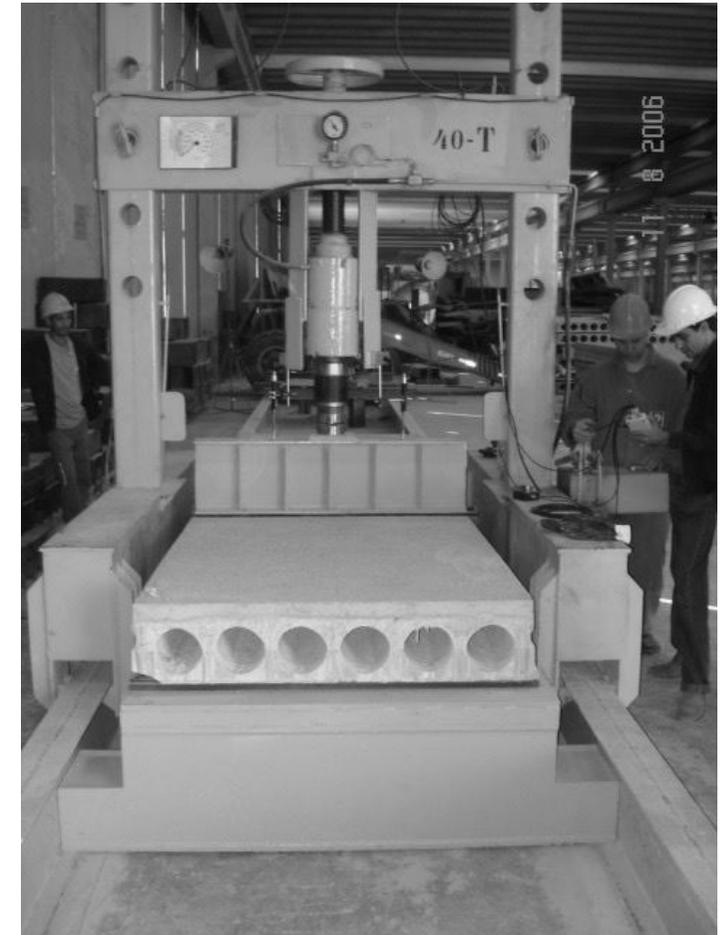


Figura 16 – Ensaio de cisalhamento de lajes alveolares protendidas pré-fabricadas em instalações de fábrica e parceria com o NETPRE/UFSCar



## 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

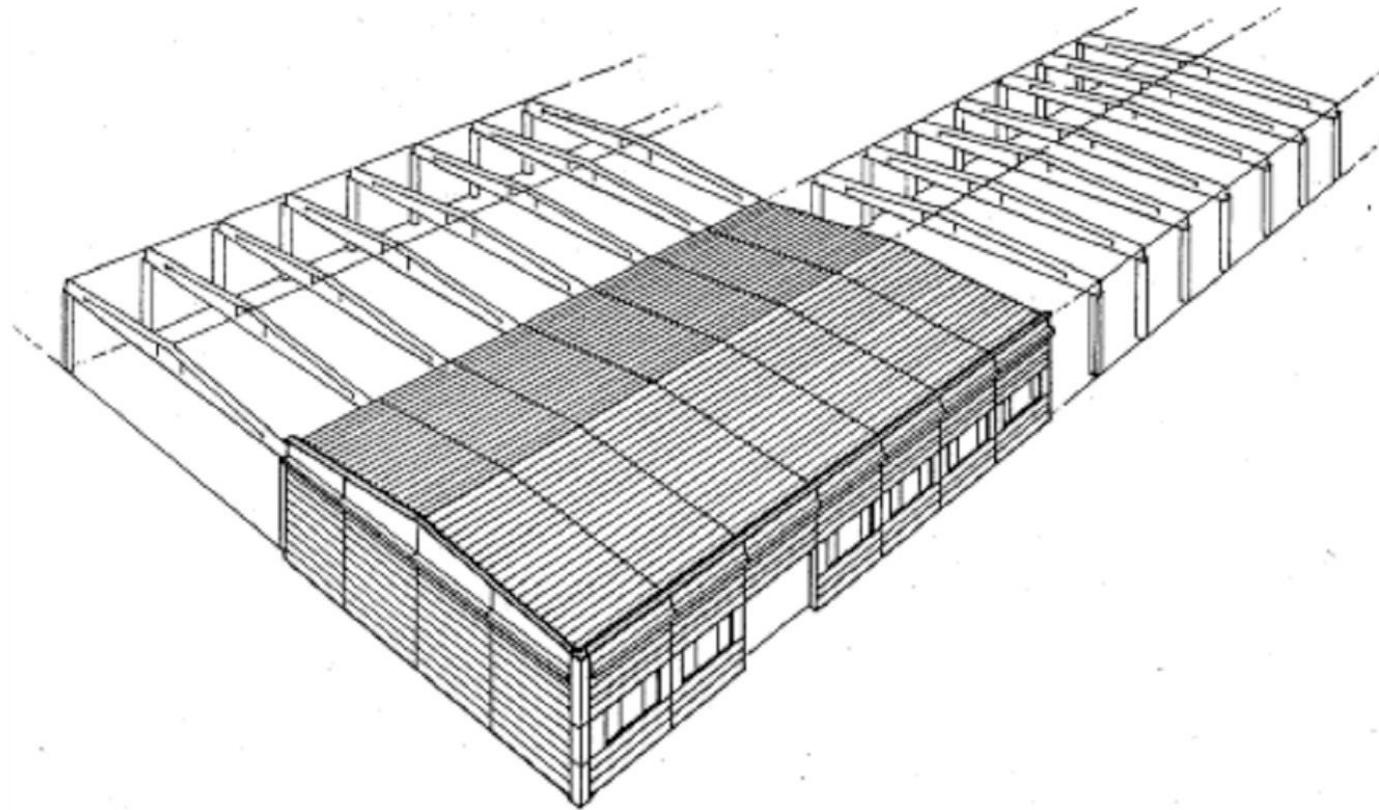


Figura 17 – Exemplo de estrutura pré-moldada aporticada (extraído de Van Acker, 2007)

## Sistemas esqueleto

---

Formados por pilares, vigas e lajes

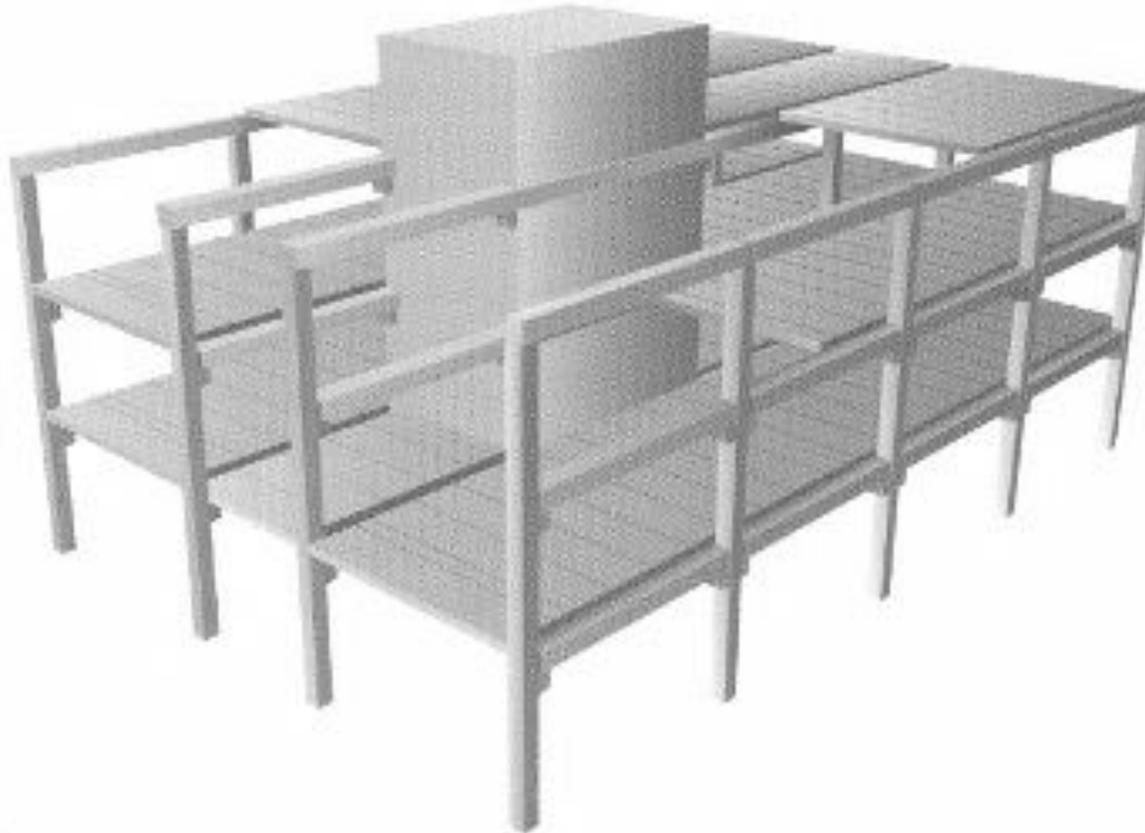


Figura 18 – Sistema estrutural em esqueleto com núcleo rígido (central)  
(extraído de Van Acker, 2007)

## 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)**

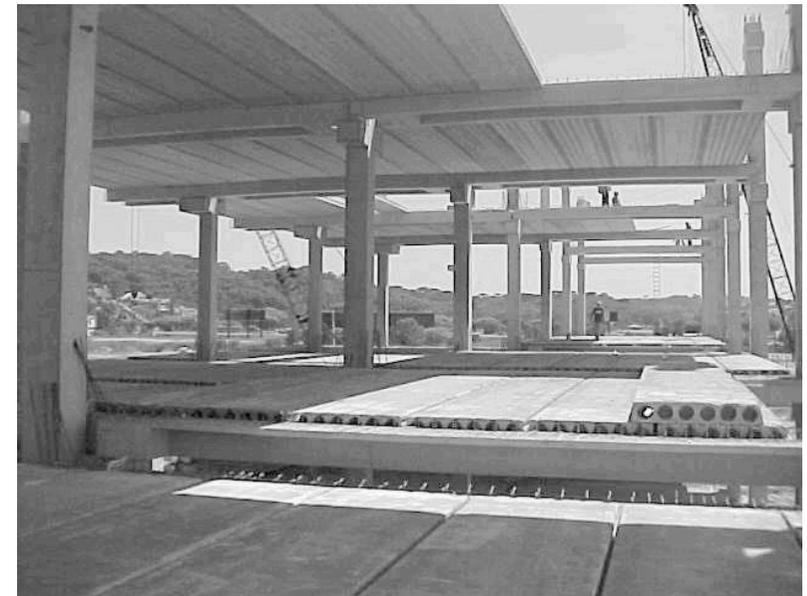


Figura 25: Galpão pesado - montagem

## 43.6 Sistemas Estruturais Aporticados

---



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

# Painéis Portantes

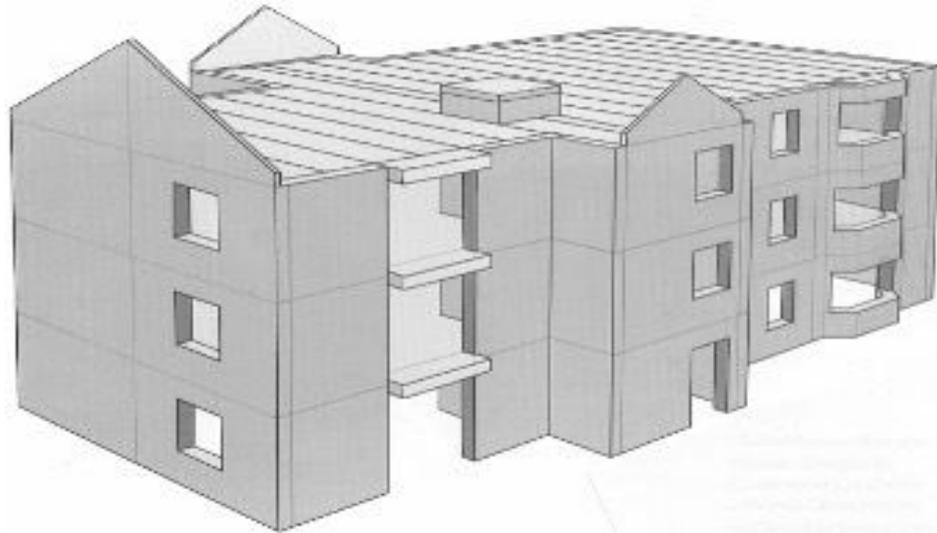


Figura 27 – Sistema estrutural composto por painéis portantes (extraído de Van Acker, 2007)

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

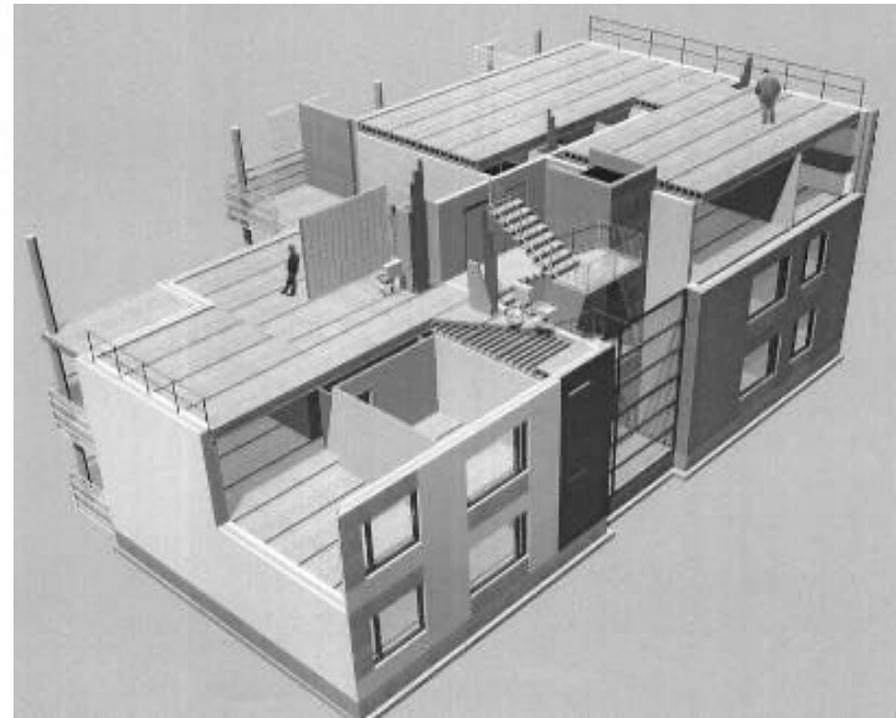


Figura 28 – Sistema estrutural com painéis portantes e lajes alveolares protendidas (extraído de Van Acker, 2007)

# 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

---

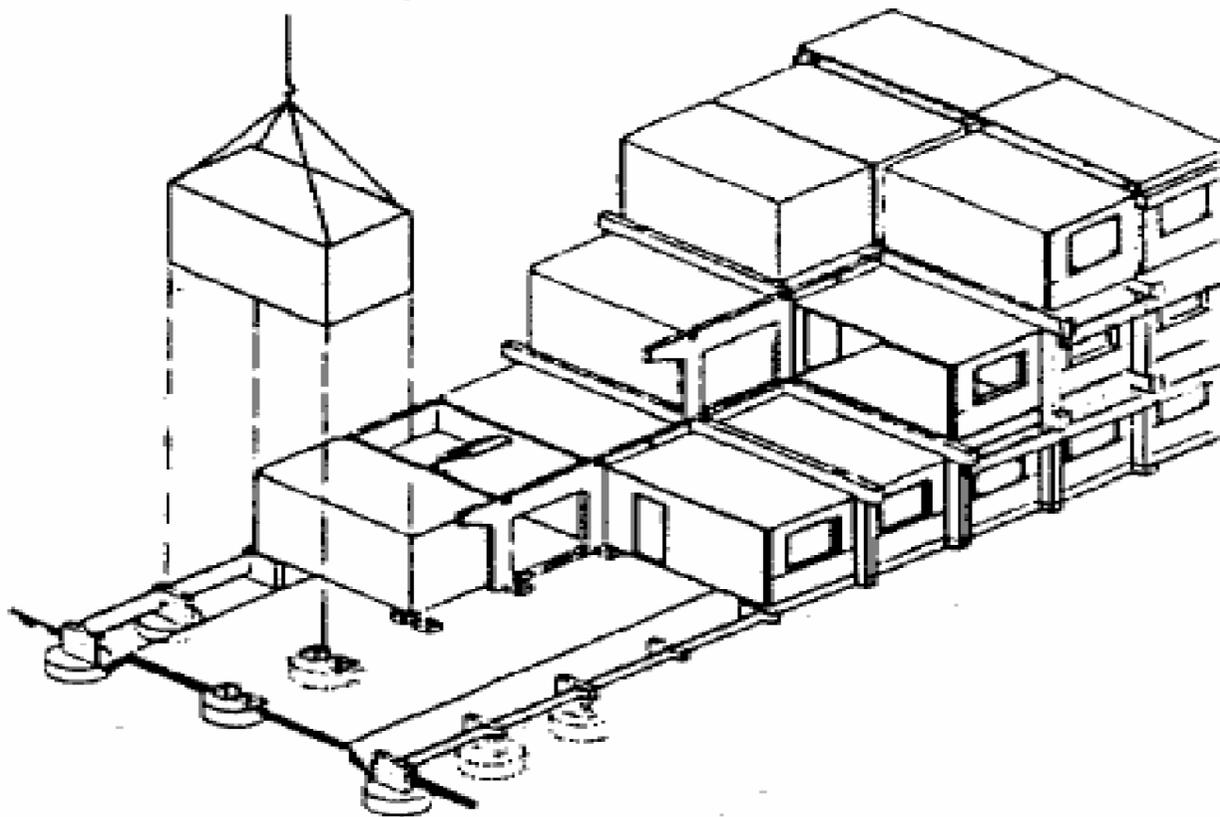


Figura 35 – Esquema de construção com sistema celular (extraído de Van Acker, 2007)

## 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](http://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

<b>Processos</b>	<b>Nível I</b>	<b>Nível II</b>	<b>Nível III</b>
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.*