Universidade Federal do Pará
Faculdade de Engenharia Civil
Núcleo de Modelagem Estrutural Aplicada

NUMEA

Estruturas Pré-moldadas de Concreto

Introdução

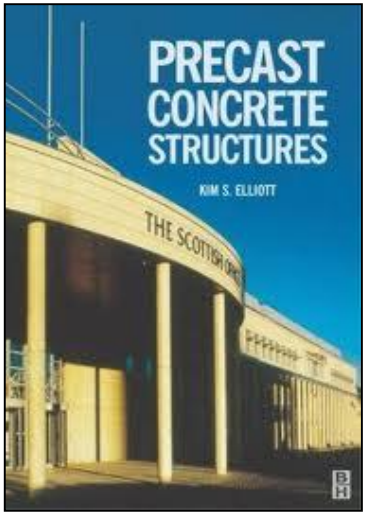
Maurício de Pina Ferreira

Doutor em Estruturas e Construção Civil
Pesquisador Produtividade CNPq
http://lattes.cnpq.br/4242041552985485

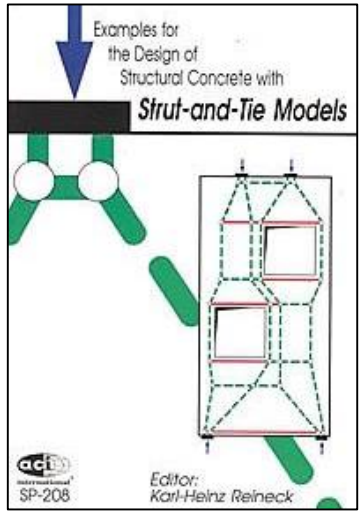
Conteúdo da Disciplina

1. Introdução;
2. Produção das Estruturas Pré-moldadas de Concreto;
3. Projeto de Estruturas Pré-moldadas de Concreto;
4. Ligações entre Elementos Pré-moldados;
5. Modelos de Bielas e Tirantes;
6. Mecanismos para Transferência de Forças (Compressão, Tração, Cisalhamento, Flexão e Torsão).

Livros de Referência



- ELLIOT, K. S., **Precast Concrete Structures**, Oxford, Butterworth-Heinemann, 2002.
- **PCI Design Handbook,** 7th Edition, 2010.
- *fib* Bulletin No. 43, **Structural connections for precast concrete buildings ,** 2008.
- ACI-ASCE Committee 445, **SP-208: Examples for the Design of Structural Concrete with Strut-and-Tie Models**, 2002.



1. Introdução – Fontes de Informação

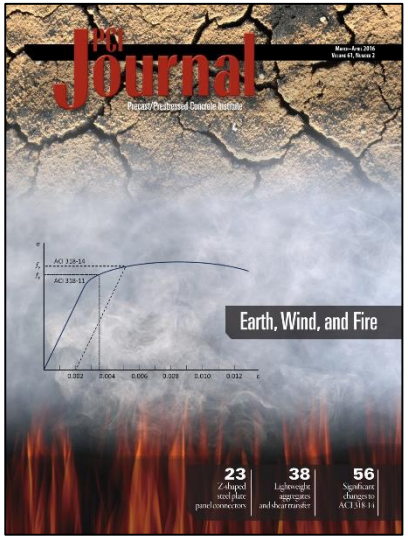
- **PCI (Precast / Prestressed Concrete Institute) -** www.pci.org

Fundado em 1954, é uma organização dedicada a promover uma maior compreensão e incentivar o uso do concreto pré-moldado e protendido. Ele desenvolve, mantém e divulga conhecimentos sobre a concepção, fabricação e construção de estruturas e sistemas de concreto pré-moldado, servindo de base para o desenvolvimento de normas e programas de certificação.

- **FIB (Fédération internationale du béton) -** www.fib-international.org

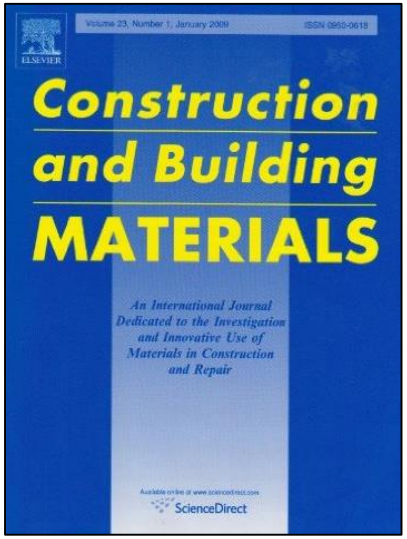
Criada em 1998, resultou da fusão entre o Comité euro-international du béton (CEB) e a Fédération internationale de la précontrainte (FIP), que existiam de forma independente desde 1952. Tem como objetivo desenvolver internacionalmente o conhecimento prático e científico a fim de melhorar o desempenho técnico, económico, estético e ambiental das construções em concreto.

1. Introdução – Fontes de Informação



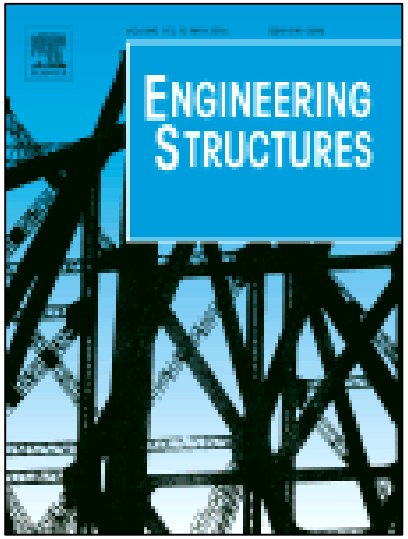
- **PCI Journal**
- **Precast Concrete Institute**

Impact Factor: 0.473



- **Construction and Building Materials**
- **Elsevier**

Impact Factor: 2.265



- **Engineering Structures**
- **Elsevier**

Impact Factor: 1.767

- **Automation in Construction**
- **Elsevier**

Impact Factor: 1.822

Pré-requisitos da Disciplina

- O Projeto de Estruturas Pré-moldadas de Concreto **se difere em poucos aspectos do** Projeto de Estruturas moldadas in situ;
- **Os carregamentos são determinados segundo as mesmas normas** (NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas; NBR 6123: Forças provocadas pelo Vento; NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas);
- O **dimensionamento** é feito segundo **a mesma teoria**;
- O diferencial está:

1. **Ações** excepcionais **provocadas** pelo **transporte e montagem;**
2. **Requer** que a **resistência** seja **atingida** em **idades prematuras;**
3. **Ligações** entre os **elementos pré-moldados.**

Objetivos da Disciplina

- Por que Pré-moldar?
- Como Pré-moldar?
- Como Construir com Pré-moldados?
- Como Transferir Esforços entre Elementos Pré-moldados?
- O Futuro dos Pré-moldados?

Objetivos da Disciplina

- Apresentar os **conceitos fundamentais** para o **projeto**, **fabricação** e **construção** de **estruturas pré-moldadas de concreto**;
- Discutir **critérios** de **dimensionamento** de **elementos pré-moldados de concreto**;
- Apresentar **detalhes** sobre **Ligações** entre **Elementos Pré-moldados**;
- Apresentar os **conceitos fundamentais** do **Método das Bielas e Tirantes** (SCHLAICH, 1987);
- Discutir **sistemas** de **transferência** de **forças** entre **elementos P.M.**

Avaliação

- **1ª Avaliação:** Trabalho Projeto Básico Estrutura Pré-moldada + Listas de Exercício itens 1, 2 e 3;
- **2ª Avaliação:** Listas de Exercícios itens 4 e 5;
- **3ª Avaliação:** Seminário item 6.

Média Final (MF)

$MF =$ Média das notas. Sem choro!

1. Introdução – Ensino da Disciplina

In 1990, the chairman of the British Precast Concrete Federation (BPCF), Mr Geoff Brigginshaw, asked me what level of teaching was carried out in British universities in precast concrete construction for multi-storey buildings. The answer, of course, was very little, and remains that way today in spite of considerable efforts by the BPCF and sections of the profession to broadcast the merits, and pitfalls of precast concrete structures. Having given lectures at about 25 UK universities in this subject, I estimate that less than 5 per cent of our civil/structural engineering graduates know about precast concrete, and less than this have a decent grounding in the design of precast concrete structures. Why is this?

The precast concrete industry commands about 25 per cent of the multi-storey commercial and domestic building market if frames, floors and cladding (facades) are all included. In higher education (one step away from the market), precast education commands between zero and (about) 5 per cent of the structural engineering curriculum. This in turn represents only about 1/8 of a civil engineering course. The 5 per cent figure claimed above could indeed be an over estimate.

The reasons are two-fold:

1 British lecturers are holistic towards structural engineering.

2 British lecturers have no information in this subject.

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

- A **indústria da Construção Civil** é considerada **atrasada** quando **comparada** a outras **indústrias**;

- **É reconhecida por apresentar:**

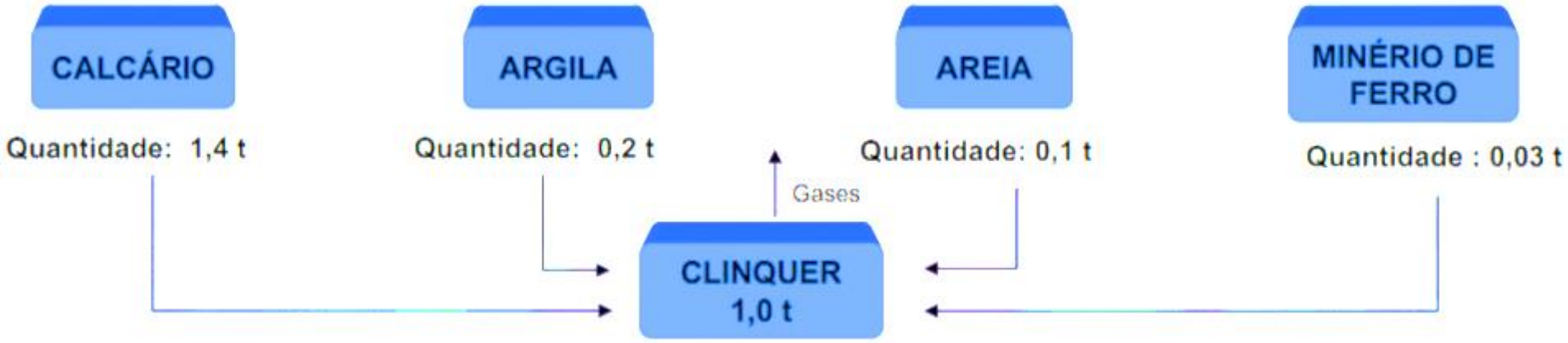
1. Elevado consumo de recursos naturais não renováveis;
2. Mão-de-obra pouco qualificada e com baixa produtividade;
3. Grande desperdício de materiais no processo construtivo;
4. Pouca qualidade do produto final (problemas de durabilidade).

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Elevado consumo de recursos naturais não renováveis:

Produção de Cimento

- **O Concreto** é o **2º material mais consumido** pelo homem;
- **O cimento** é o produto **base** para o **concreto**;
- A **produção** de **1 tonelada** de **cimento** consome:



1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Elevado consumo de recursos naturais não renováveis:

Produção de Cimento

Fábrica padrão – Capacidade de produção de 1 milhão de toneladas por ano

- Intensiva em:
  - Calcário: aproximadamente 1,4 milhão de toneladas por ano
  - Capital: custo de implantação de US$280 milhões
  - Energia elétrica: 100 GWh de energia elétrica por ano
    (consumo anual de uma cidade de 200 mil habitantes)
  - Combustível: 65 mil toneladas equivalentes de petróleo por ano
    (equivalente em e. elétrica, a 10% do consumo residencial anual de MG)
  - Logística: em média, o equivalente a 300 caminhões por dia (apenas para o escoamento da produção)

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Fábrica Votorantim Cimentos em Primavera, Pará

- Localizada no Nordeste do Pará e distante cerca de 200 km de Belém, em 2013 teve população estimada em pouco mais de 10 mil habitantes;
- Em 2011, foram iniciados os estudos para construção de uma nova fábrica da Votorantim Cimentos na cidade;
- Prevista para entrar em operação em 2015, a fábrica terá capacidade de produção anual de 1,2 milhão de toneladas de cimento.

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

- **Fábrica Votorantim Cimentos em Primavera, Pará**

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Elevado consumo de recursos naturais não renováveis:

(MEHTA, Concrete International - 2001)

- A Indústria do Concreto é uma das mais agressivas ao meio ambiente;
- É responsável anualmente por:

1. 7% do total de dióxido de carbono emitido na atmosfera;
2. Pelo consumo de 11 bilhões de toneladas de agregados;
3. Pelo consumo de 1 trilhão de litros (1 bilhão de m^3) de água potável água de amassamento;

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

Lagoa Rodrigo de Freitas (RJ)

Volume = 6,2 milhões de m³

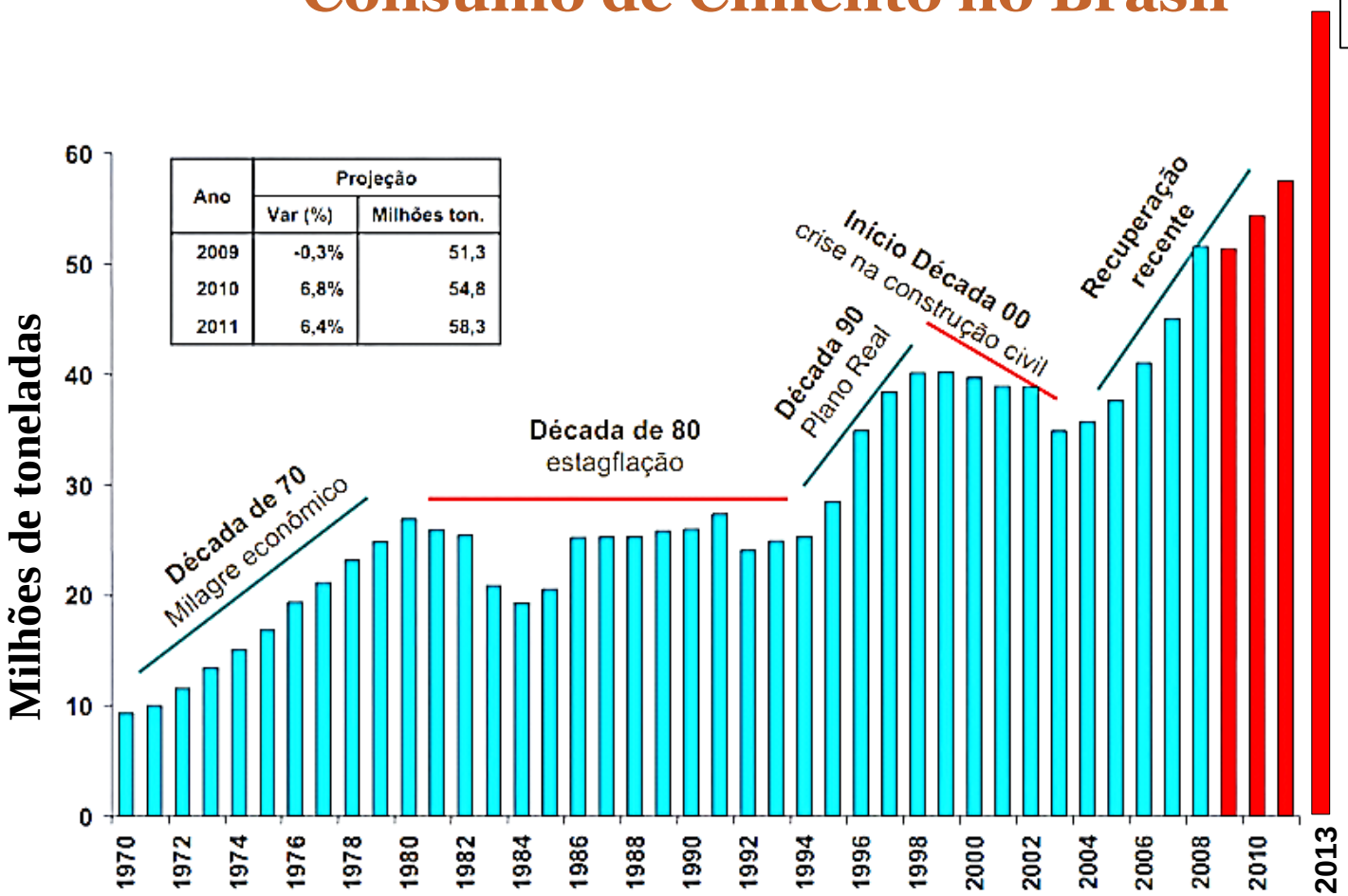
Produção de Concreto consome anualmente um volume de água equivalente a **160 Lagoas Rodrigo de Freitas**

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Elevado consumo de recursos naturais não renováveis:

Consumo de Cimento no Brasil

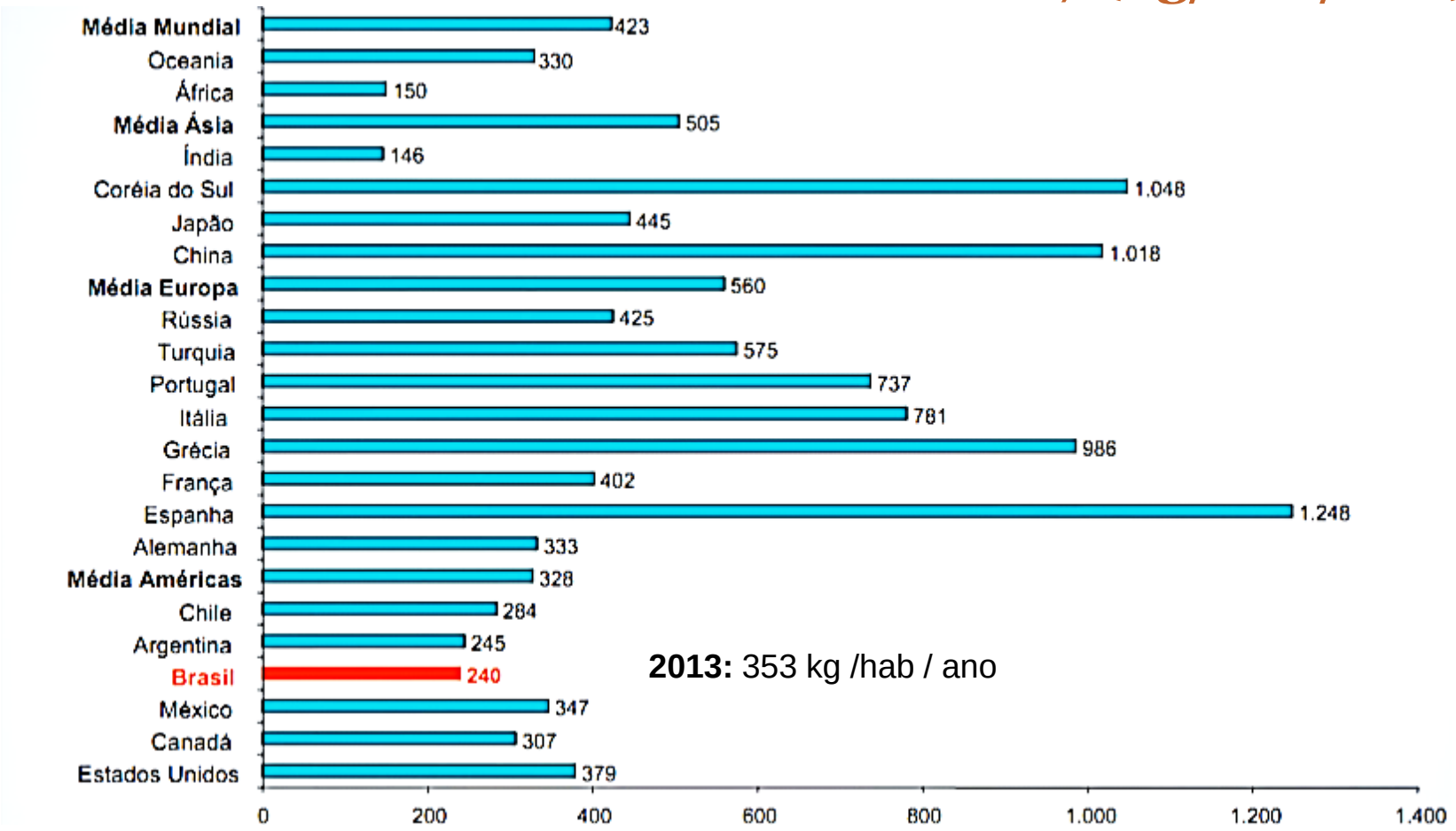
70 Milhões ton



1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ **Elevado consumo de recursos naturais não renováveis:**

Consumo Mundial de Cimento – 2007 (kg/hab/ano)



2013: 353 kg /hab / ano

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Elevado consumo de recursos naturais não renováveis: Madeira como Fôrmas para Estruturas de Concreto

- Em 2004 foram extraídos na Amazônia 24,5 milhões de m³ de madeira em tora (equivalente a 6,2 milhões de árvores);

- 63% desta madeira foi usada como forma na construção civil para estruturas de concreto.

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Baixa Produtividade e Alto Índice de Perdas

$$Produtividade = \frac{Produto\ Final}{Recursos\ Utilizados}$$

- A mão-de-obra na construção civil possui baixa escolaridade (é pouco qualificada);
- As atividades são executadas de forma quase artesanal (baixa mecanização);
- Falhas de planejamento e gerenciamento atrasam o andamento das atividades;
- Anualmente, mais de 1 bilhão de toneladas de entulho são produzidas;

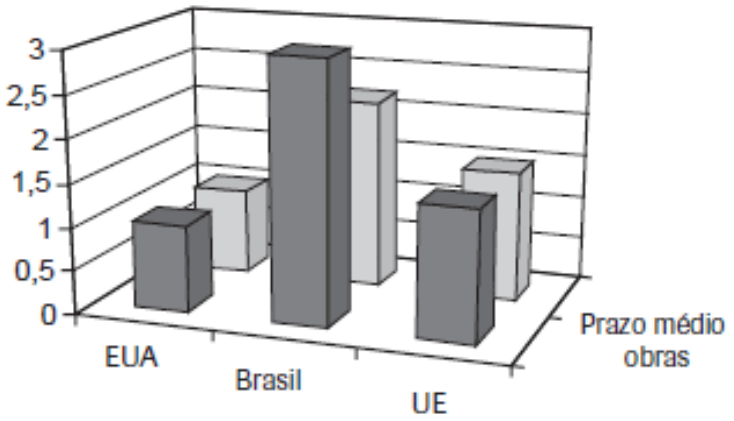


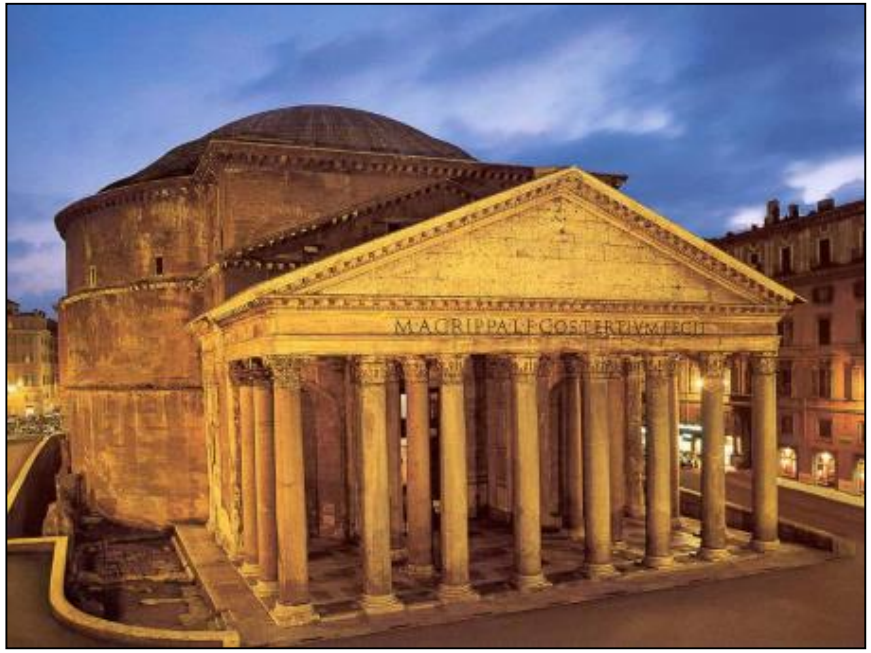
Gráfico 2: Comparações entre prazos de licenciamento e construção no Brasil, EUA e UE.

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Baixa Durabilidade das Estruturas de Concreto

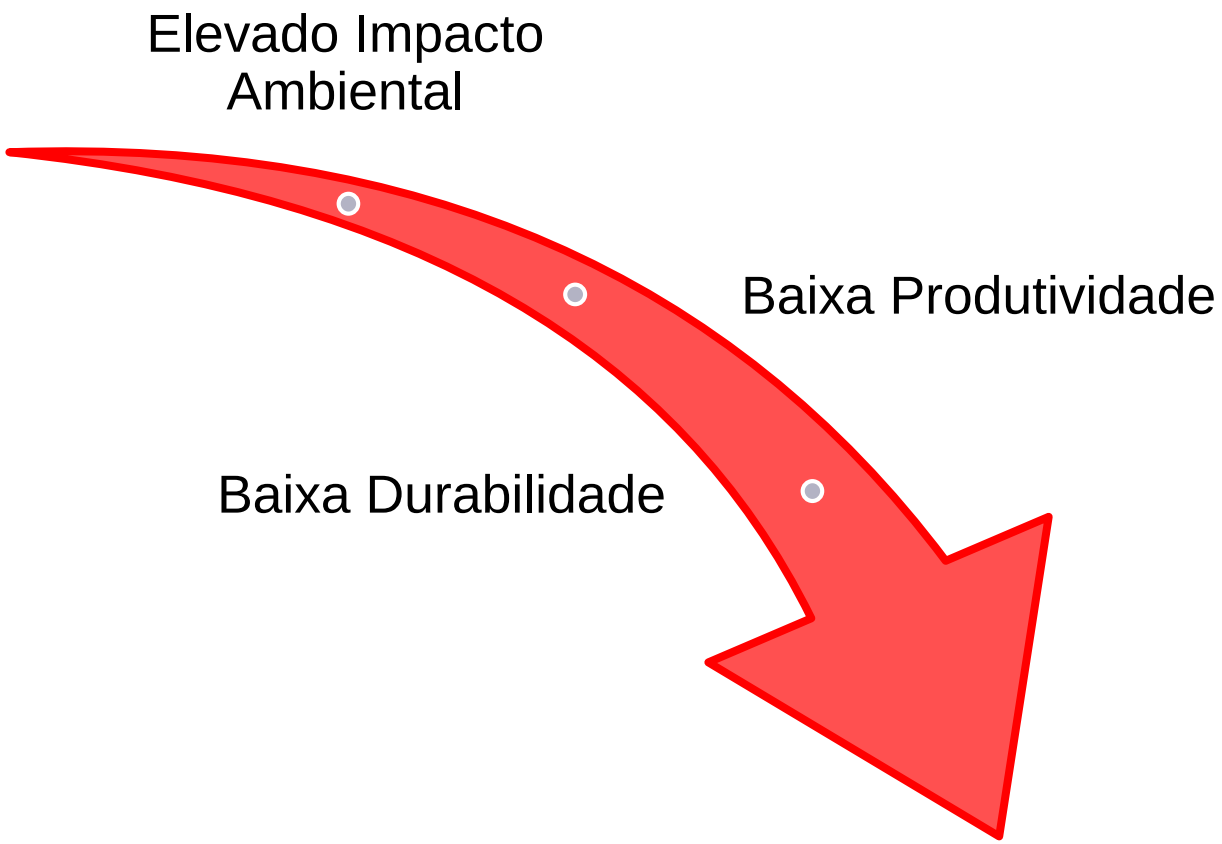
- O Domo do Panteão Romano foi construído há mais de 1800 anos;

- As estruturas modernas de concreto armado e protendido apresentam problemas de deterioração com 20 anos ou menos;



1. Introdução – Conceitos Fundamentais

Conclusões Sobre Sistemas Convencionais em Concreto



1. Introdução – Conceitos Fundamentais

Alternativas para melhorar a Eficiência e a Qualidade da Construção Civil???

Modernização da indústria

- Novas técnicas
- Novos materiais
- Modificações do processo construtivo

Processo de industrialização

- Maior velocidade de construção
- Menores custos
- Menos desperdício

O uso de Pré-moldados é uma das melhores opções!

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Conceitos Fundamentais

- **Industrialização da Construção Civil**: *"A industrialização está associada à organização do trabalho e à produção em série, com a mecanização dos meios de produção, ou seja, através da substituição do esforço humano pela precisão inanimada e pelo trabalho ininterrupto da Máquina"*.

A **Industrialização da Construção** busca, através da **racionalização e mecanização da produção**:

- Aumentar a produtividade;
- Minimizar o desperdício de materiais;
- Agilizar o processo construtivo.

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Conceitos Fundamentais

- **Sistema Construtivo:** conjunto de subsistemas, componentes e materiais que combinados formam um produto final (edifício, etc.);

- **Pré-moldagem:** processo construtivo em que a obra, ou parte dela, é moldada fora do local de utilização definitivo;

- **Pré-fabricação:** método industrial de produção e construção em massa em que a estrutura é montada utilizando-se equipamentos específicos (controle rigoroso).

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

Comparativo CPM x CML - Aspectos Gerais	
Vantagens	**Desvantagens**
• Reduz as Perdas com Concreto e Aço; • Reduz o Consumo de Fôrmas e Escoramentos; • Melhor Qualidade e Durabilidade das Estruturas; • Maior Velocidade de Execução.	• Necessidade de Mão-de-Obra Especializada; • Elevado Custo com Transporte e Montagem da Estrutura; • Ligações Menos Rígida entre os Elementos;

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Visão Geral

Qualidade e Precisão

- **Os Elementos são moldados em uma FÁBRICA:**

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Visão Geral

Qualidade e Precisão

- **A Pré-fabricação permite:**

1. Escolher diferentes tipos de acabamento;
2. Inspecionar e Aceitar ou não os Elementos antes de montar;
3. Elevada Precisão das Dimensões e das Armaduras;
4. Garantia de cobrimento adequado às Armaduras;
5. Maior controle da resistência do concreto

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Visão Geral

Velocidade de Execução

- Para estruturas com CML a fabricação e montagem das formas e armaduras requer tempo;
- As peças só são liberadas para carregamento após 28 dias;
- Os elementos com CPM são fabricados de modo a atingirem sua resistência em pequenas idades;
- Permite que partes da estrutura sejam liberadas para carga enquanto a montagem prossegue;
- Os pilares são fabricados com seu comprimento total e os vão são montados um a um.

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Visão Geral

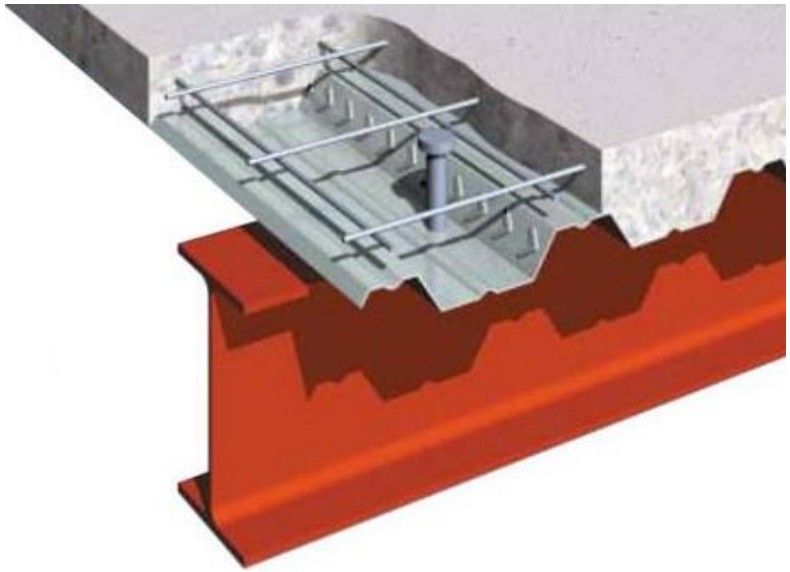
Ganhos Econômicos

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

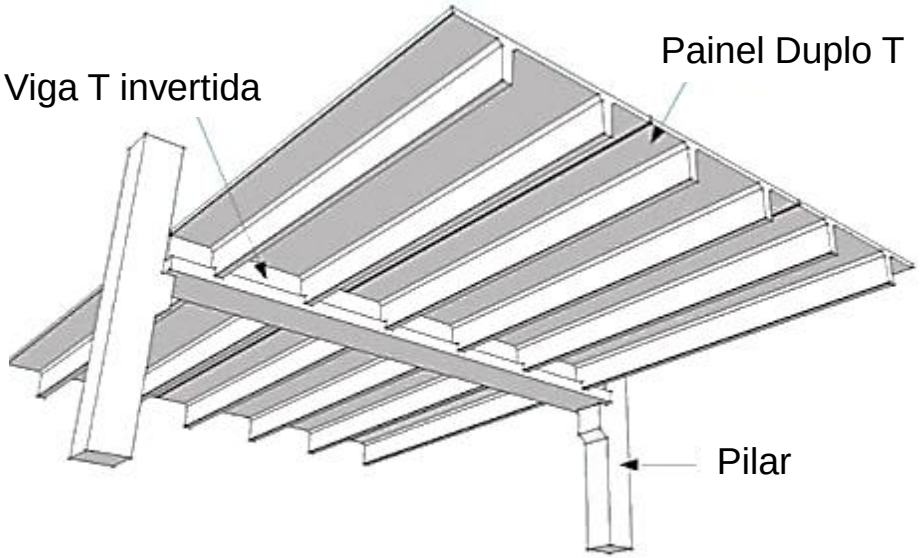
❖ Visão Geral

Ganhos Econômicos

- Custo do Sistema é importante;
- Comparando-se sistemas similares de pórticos tem-se:



Pórtico de Aço + Steel Deck



Pré-moldado de Concreto (≈ 20% + econômico)

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Visão Geral

Redução de Custos com Materiais Estruturais

- Elementos são confeccionados em um local mais favorável que o canteiro de obras, reduzindo desperdício de concreto durante a concretagem;

- Armaduras dos elementos podem ser montadas segundo um plano de corte a fim de otimizar o consumo de aço.

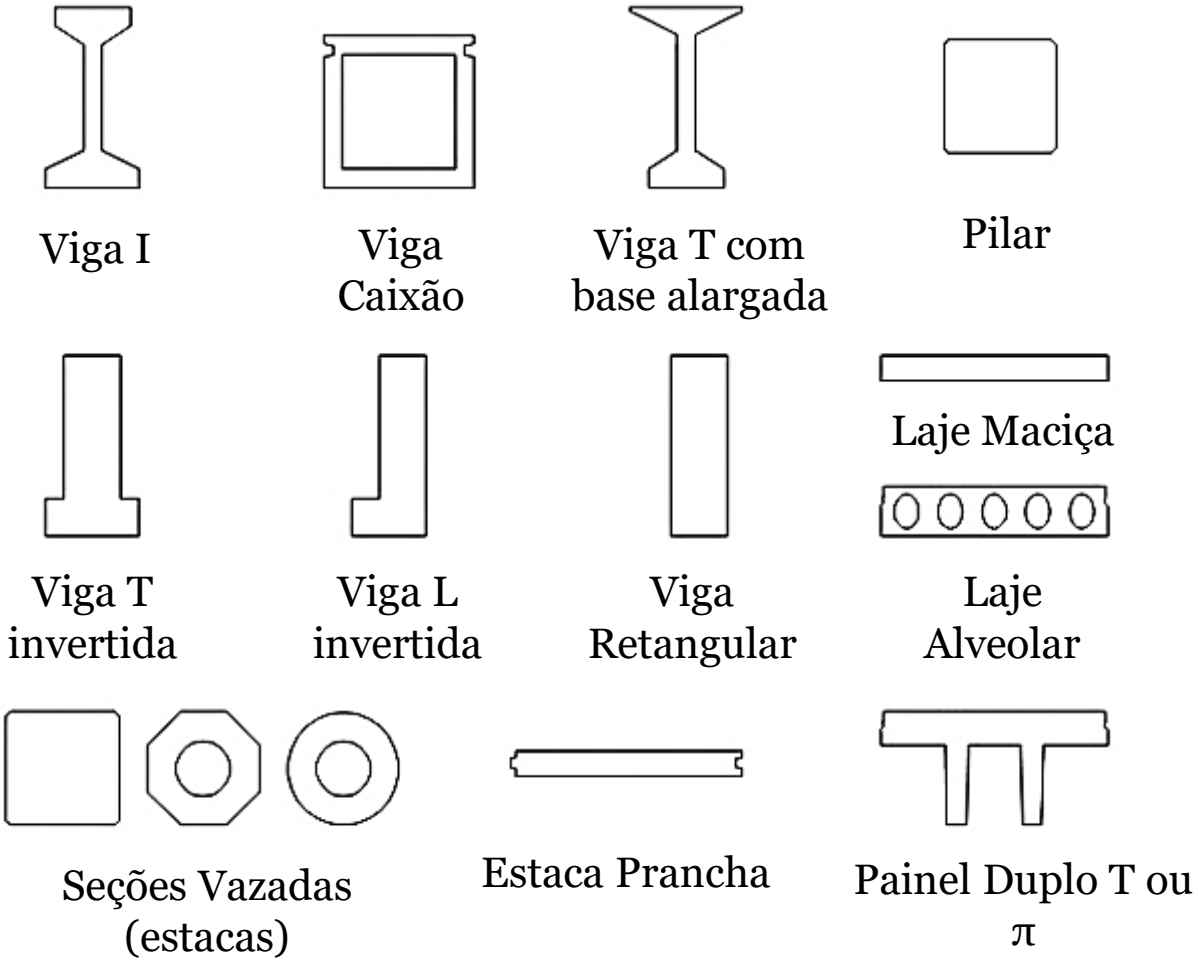
Economia com Fôrmas e Cimbramentos

- Processo de fabricação permite o reaproveitamento das fôrmas;

- Elementos finalizados e montados em seu local definitivo com parte significativa de sua resistência já atingida, permitindo-se reduzir os custos com o cimbramento da estrutura.

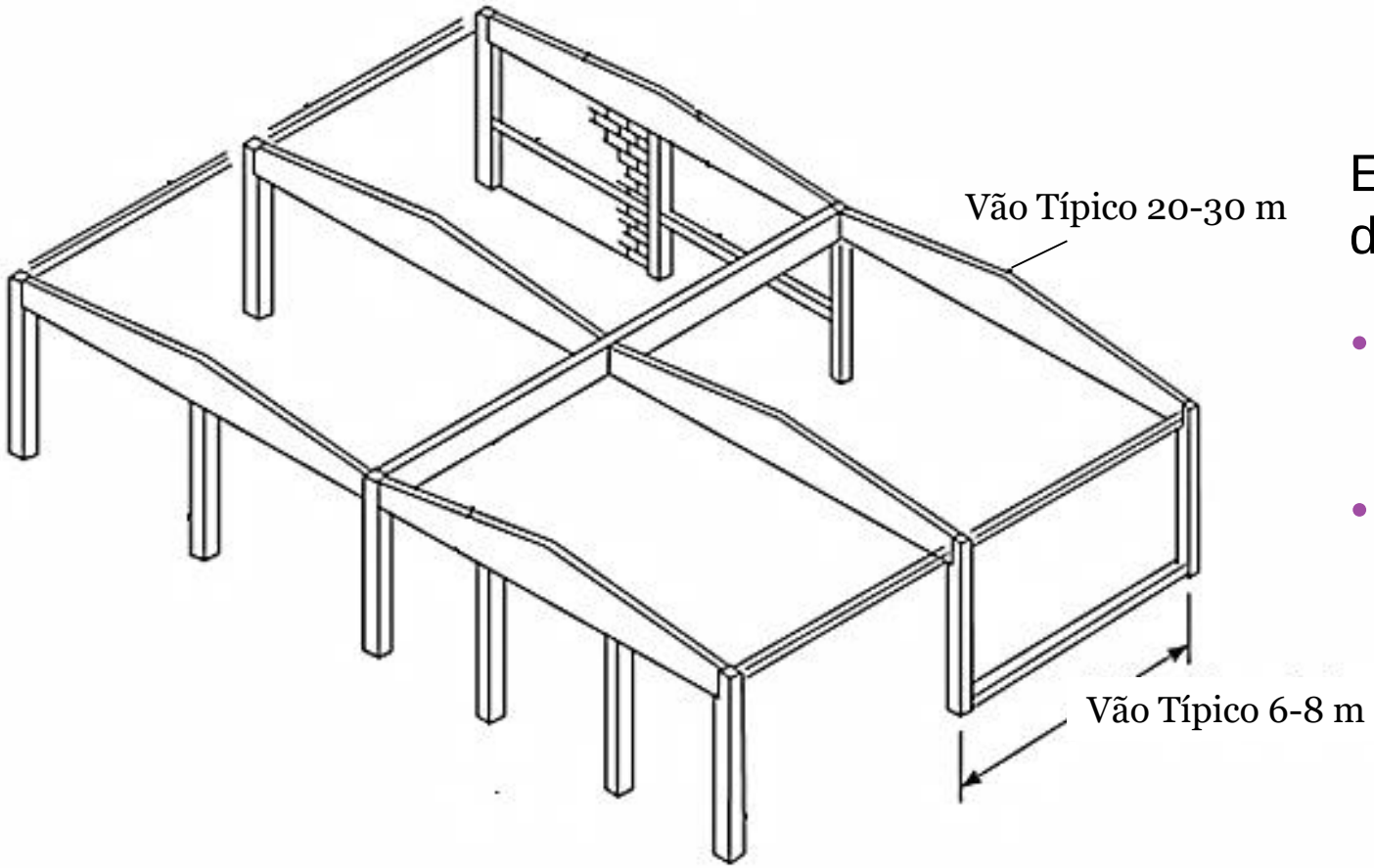
1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Nomenclatura dos Elementos Usuais



1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas



UTILIZAÇÃO

Estruturas baixas e de grande área:

- Construções Comerciais;
- Construções Industriais;

Sistemas Aporticados – (Pilares + Vigas)

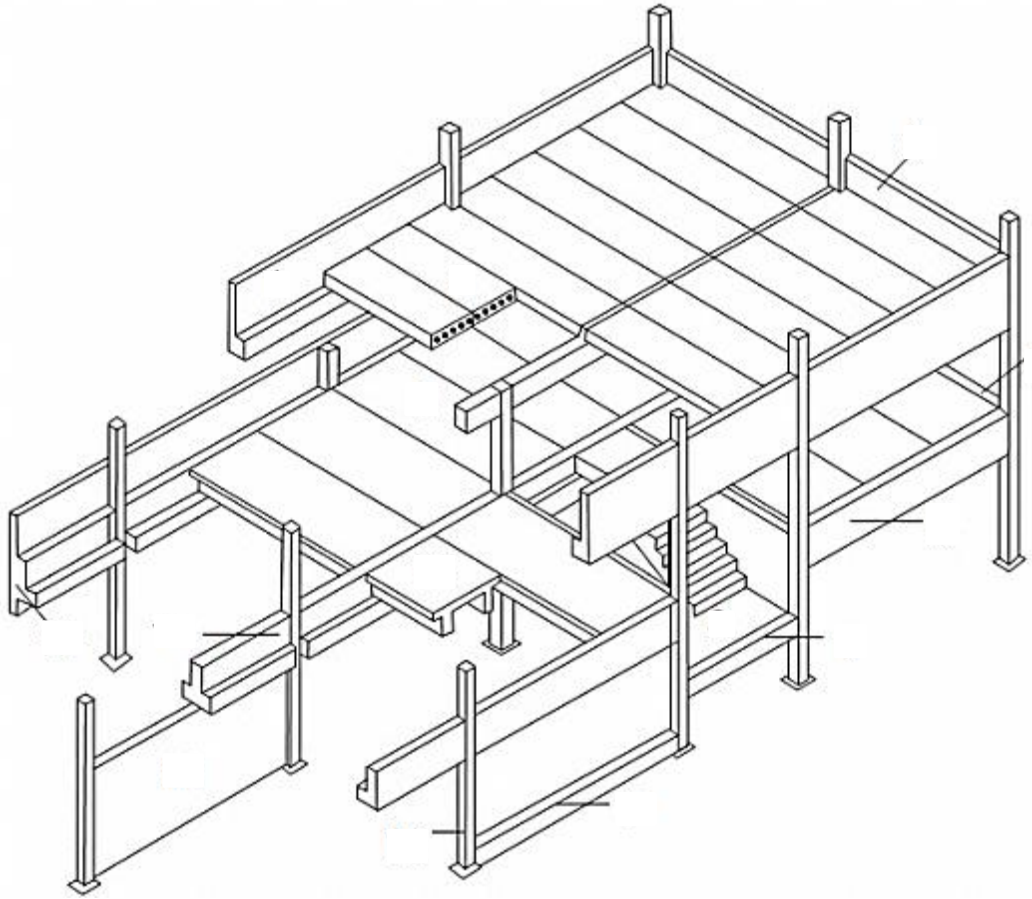
1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas

Sistemas Aporticados – (Pilares + Vigas)

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas



UTILIZAÇÃO

- **Sem Núcleo Rígido:**

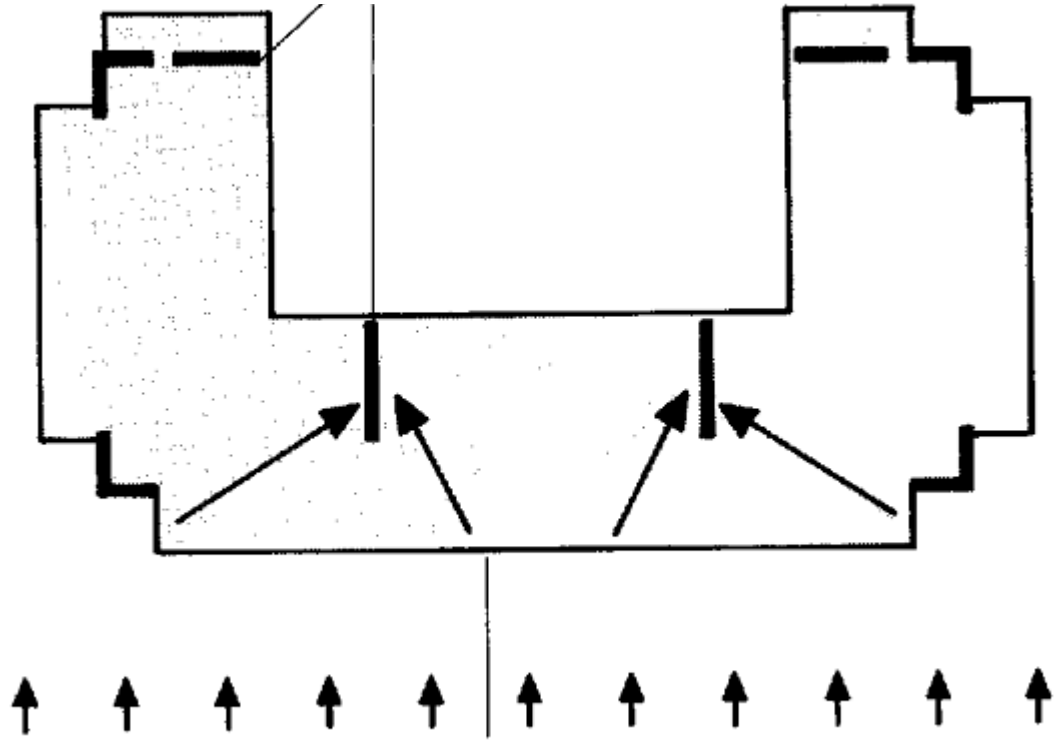
Estruturas de baixa e média altura para Escolas, Hospitais, Escritórios, Estacionamentos, etc.

Sistemas em Esqueleto (Pilares + Vigas + Lajes)

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas

Pilares Parede



Efeito de Diafragma das lajes transmite as cargas horizontais para os Pilares Parede

UTILIZAÇÃO

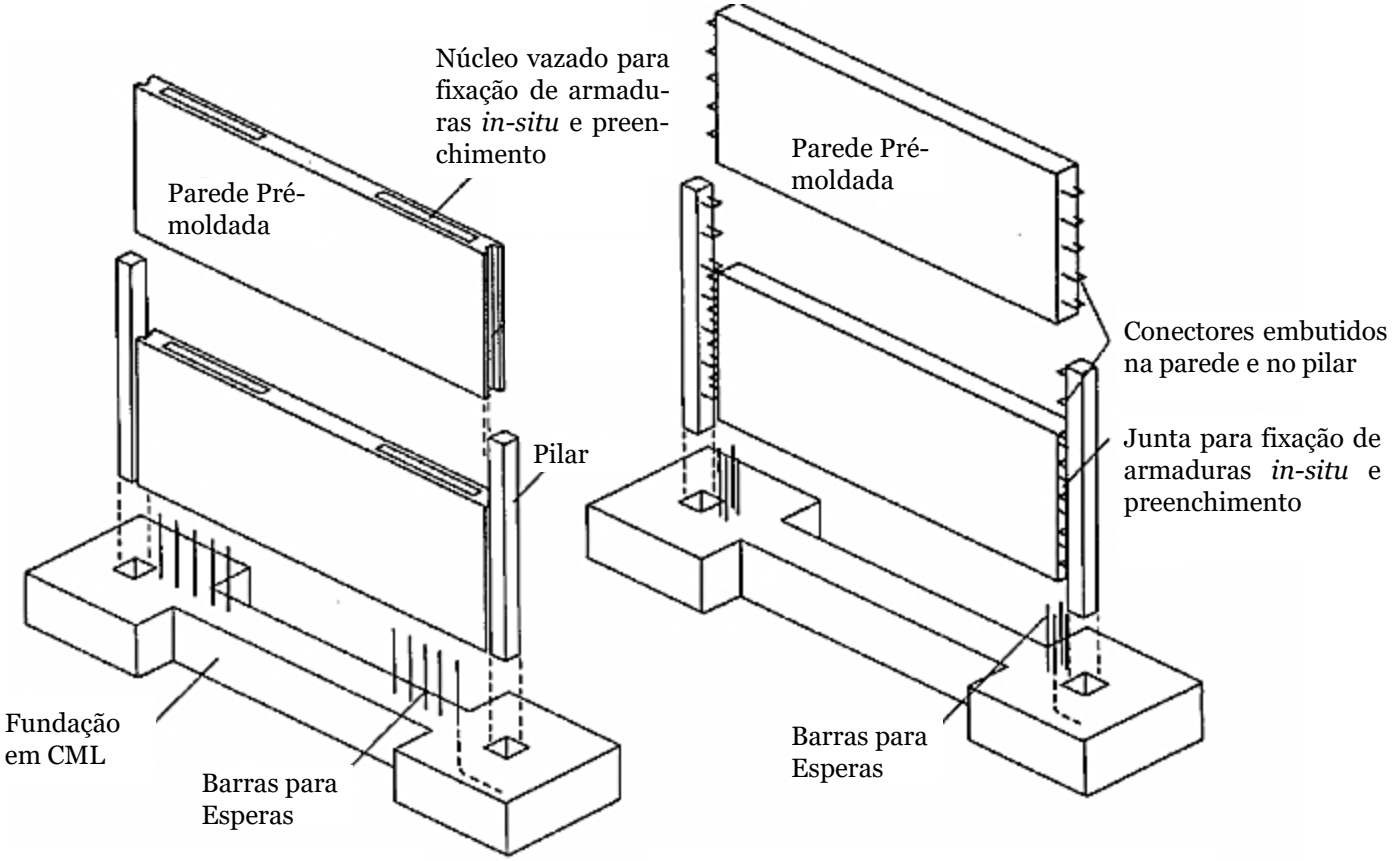
- **Com Núcleo Rígido:**

Estruturas Altas para edifícios Residenciais e Comerciais

Sistemas em Esqueleto (Pilares + Vigas + Lajes)

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas



a) Paredes Vazadas

b) Paredes com Junta Vertical

Sistemas em Esqueleto (Pilares + Vigas + Lajes)

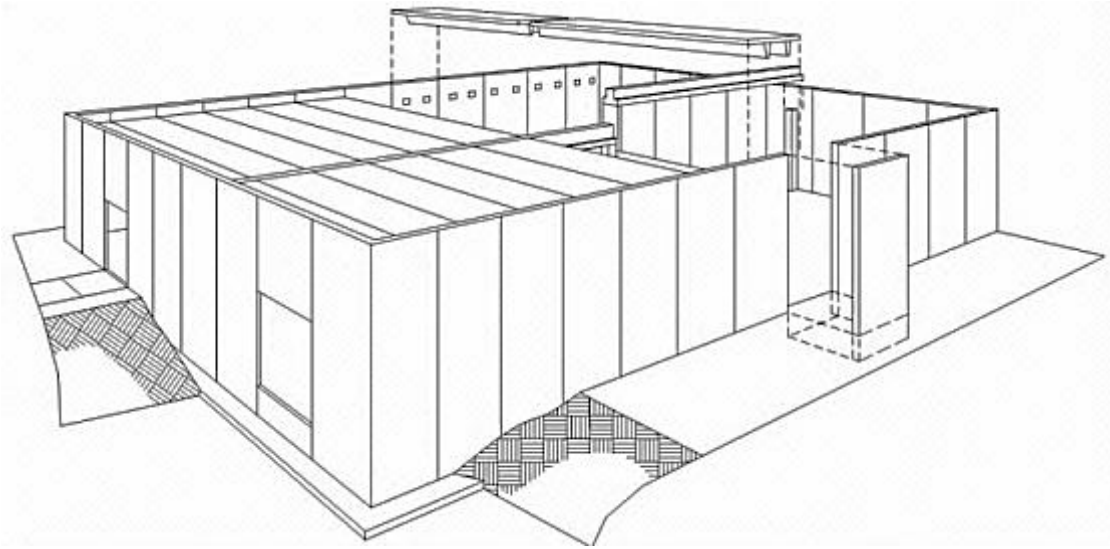
1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas

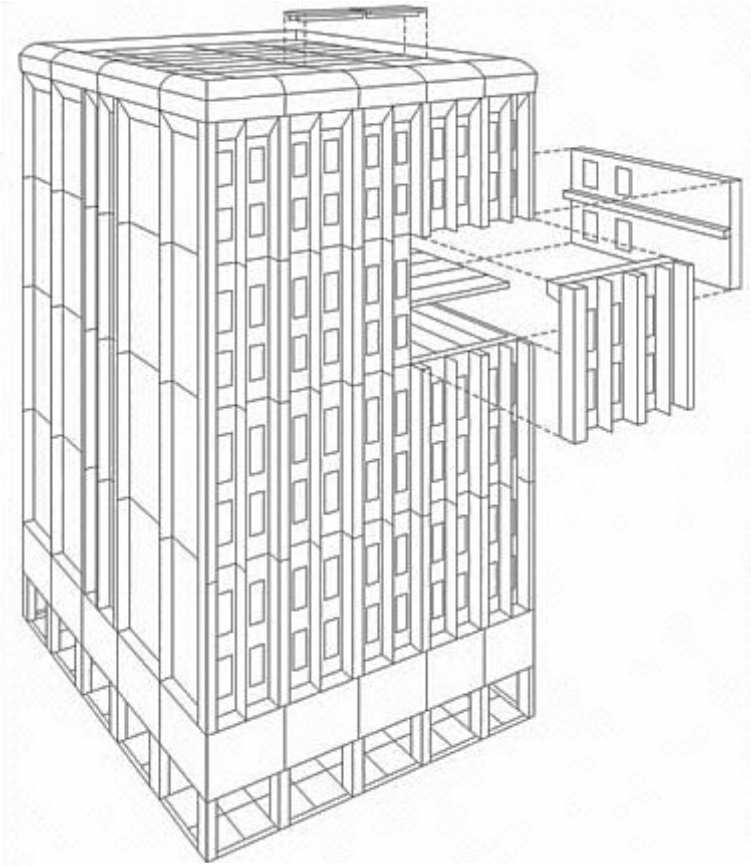
Sistemas em Esqueleto (Pilares + Vigas + Lajes)

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas



a) Edifício de Um Pavimento



b) Edifício de Múltiplos Pavimento

Sistemas com Painéis Estruturais

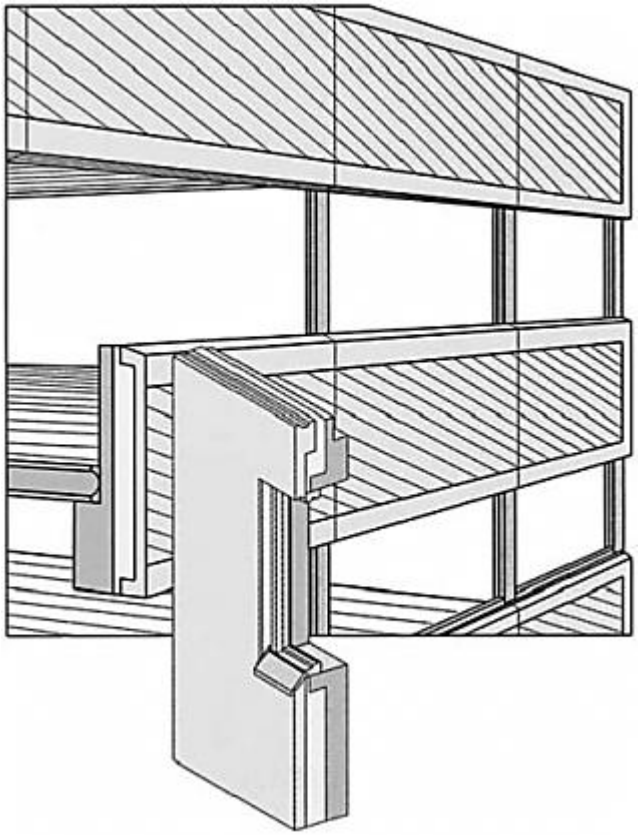
1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas

Sistemas com Painéis Estruturais Maciços

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas



Construção Típica com Painéis Sanduiche

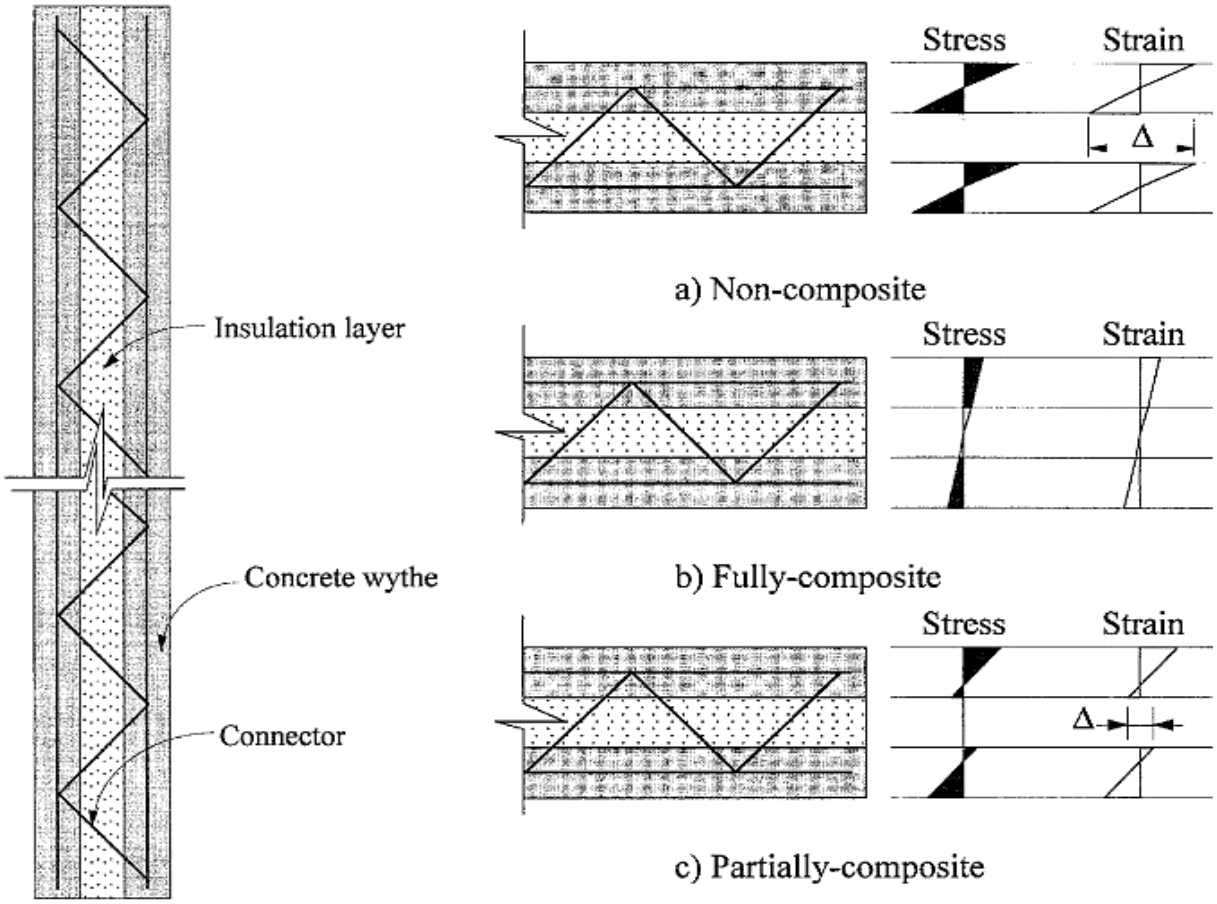
Painéis Sanduiche são elementos estruturais ou de vedação, com até 8 m de comprimento e formados por:

- Um painel externo com espessura de 60 mm a 80 mm e acabamento variável;
- Uma camada de isolamento de isopor;
- Um painel interno com espessura de 90 mm a 120 mm.

Sistemas com Painéis Sanduiche Pré-moldados de C.A.

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

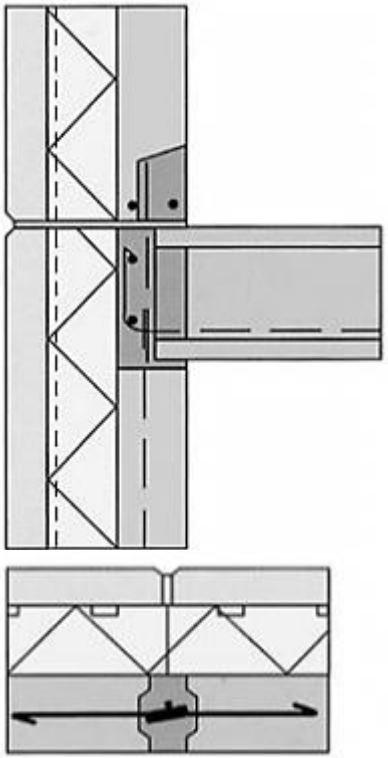
❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas



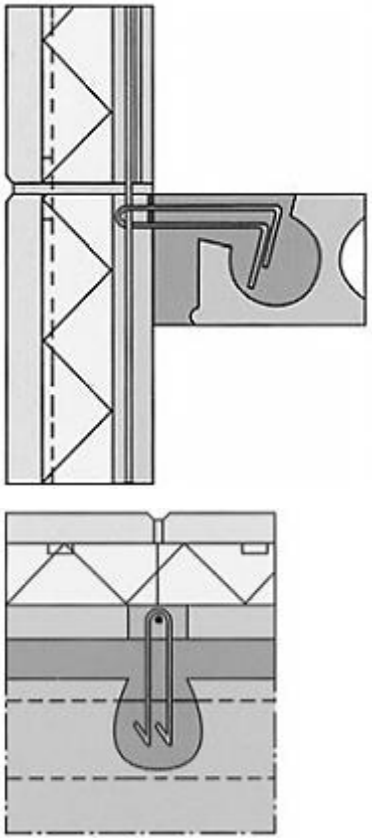
Sistemas com Painéis Sanduiche Pré-moldados de C.A.

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

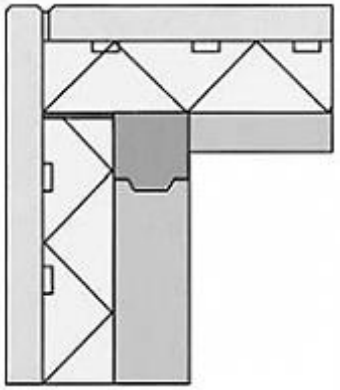
❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas



Ligação Piso-Fachada



Ligação Parede Lateral-Fachada



Solução para Cantos

Sistemas com Painéis Sanduiche Pré-moldados de C.A.

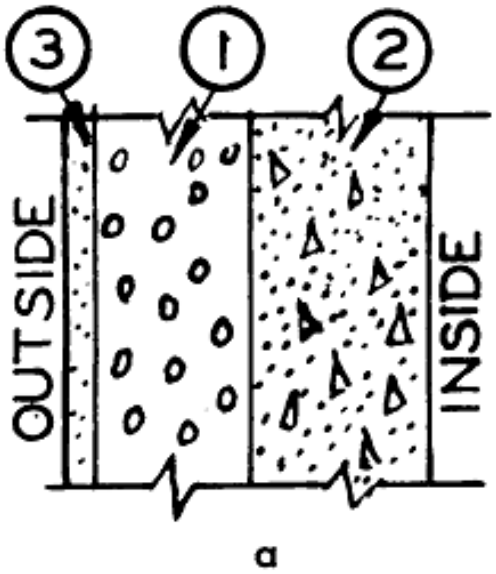
1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas

Sistemas com Painéis Sanduiche

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas



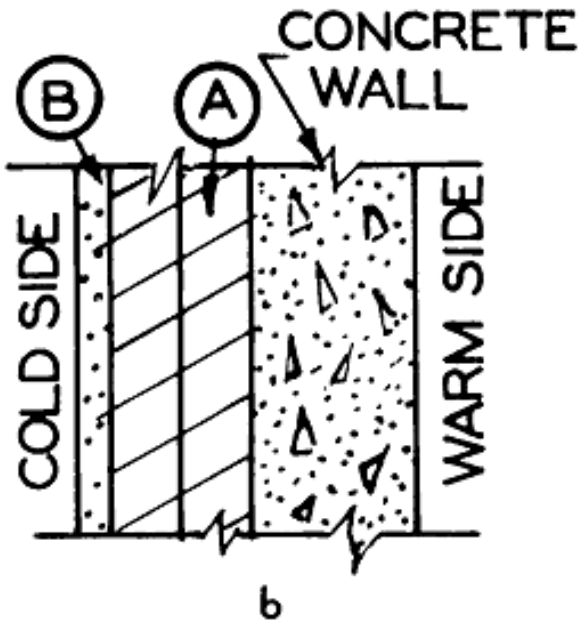


Fig. 2a (left)—Swedish sandwich wall: (1) 5-in. lightweight concrete block; (2) cast-in-place dense concrete wall; and (3) ⅝-in. layer of lime cement mortar. Fig. 2b (right)—American insulated wall used in cold storage buildings: (A) insulation and (B) 1 in. thick cement plaster

Sistemas com Painéis Sanduiche Pré-moldados (VARIAÇÕES)

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas

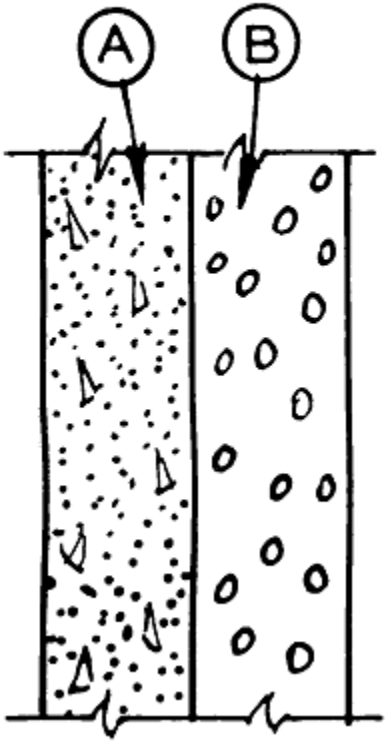
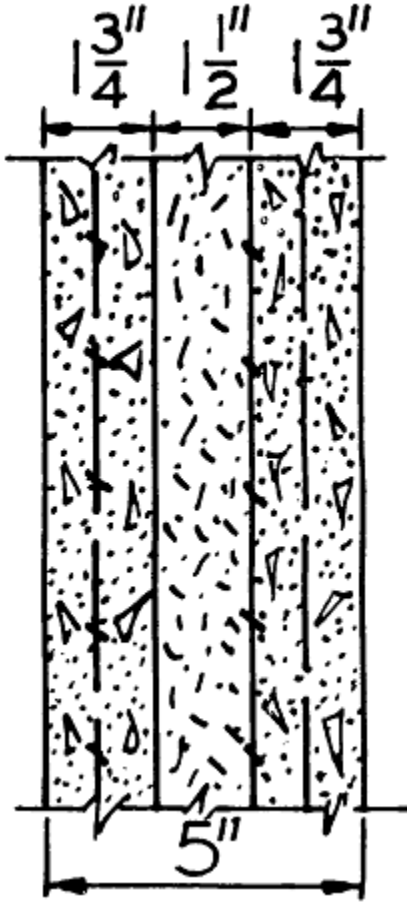


Fig. 3—"Open-face" sandwich panel: (A) hard, dense layer of regular concrete and (B) insulation layer of lightweight concrete

Fig. 4—Sandwich panel using chemically mineralized wood chips as the aggregate in the insulation filler



Sistemas com Painéis Sanduiche Pré-moldados (VARIAÇÕES)

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas

- São elementos usados atualmente no Brasil para construção popular;
- São moldados em fábrica ou no próprio canteiro;
- Transportados e montados com equipamentos especiais;
- Apresentam em geral dimensões de até 2,7 m x 6,5 m e espessura de 11 cm.

Sistemas com Painéis de Concreto e Cerâmica

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas

1. A fôrma é posicionada sobre a pista e recebe uma camada de desmoldante. Depois, realiza-se a primeira concretagem, preenchendo metade da espessura do painel
2. As caixinhas de luz são posicionadas nos painéis
3. Um funcionário coloca os blocos nas posições determinadas em projeto
4. As armaduras, já cortadas no tamanho certo, são posicionadas. Quando é uma parede cega, sem vãos de portas ou de janelas, a tela de armadura já vem pronta
5. Após a segunda concretagem, o acabamento é feito com argamassa de regularização

Sistemas com Painéis de Concreto e Cerâmica

1. Introdução – Conceitos Fundamentais

❖ Tipos de Estruturas Pré-moldadas

1 O caminhão-guindaste leva todos os painéis necessários para a execução de uma casa
2 O funcionário ajusta o painel em sua posição final
3 Embora a maioria da mão de obra não seja especializada, há necessidade de profissionais como o soldador, que solda um painel ao outro
4 A junta vertical entre os painéis é preenchida com graute. Entre os painéis e o piso, é colocada argamassa expansora
5 Após a união, a casa recebe a cobertura. Depois, começam os trabalhos de pintura

Sistemas com Painéis de Concreto e Cerâmica

1. Introdução

❖ Estágios de Desenvolvimento da Construção Civil

Manufatura

Mecanização

Industrialização

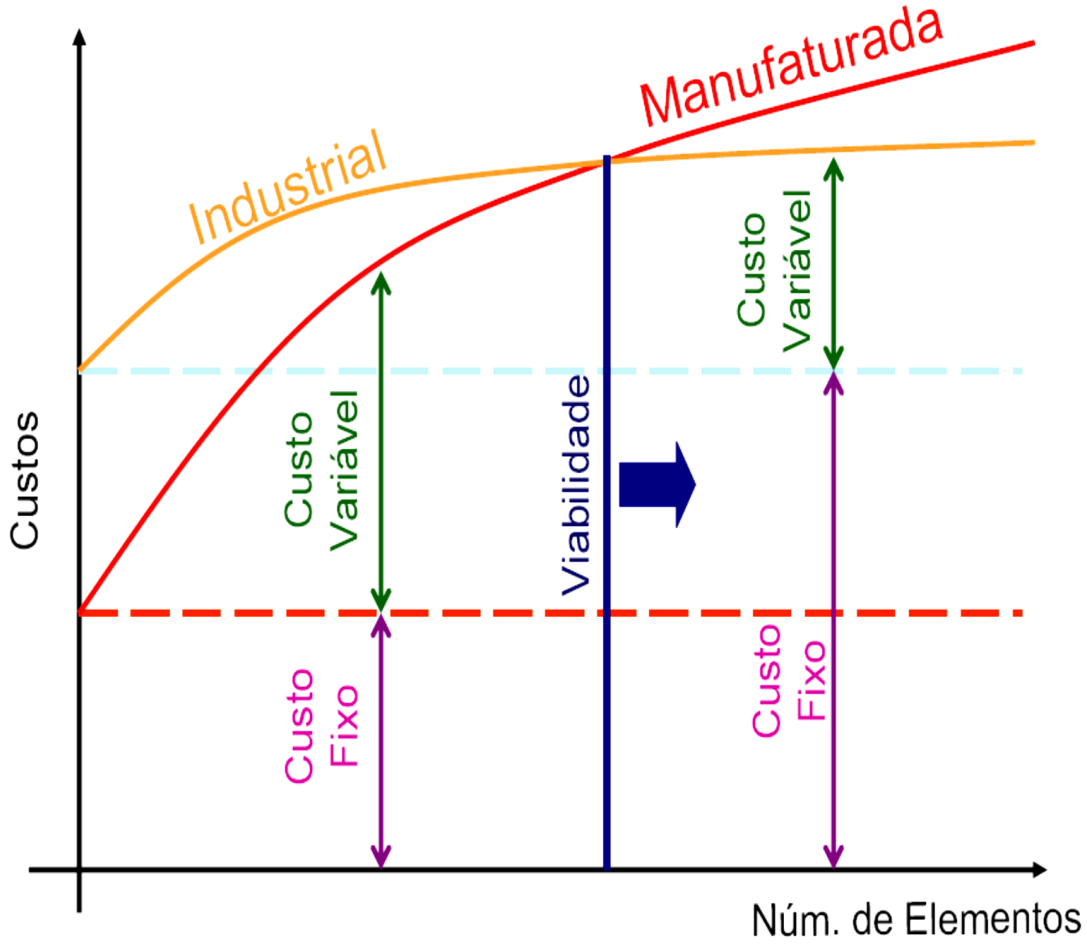
1. Introdução – Indust. da Construção

❖ Estágios de Desenvolvimento da Construção Civil

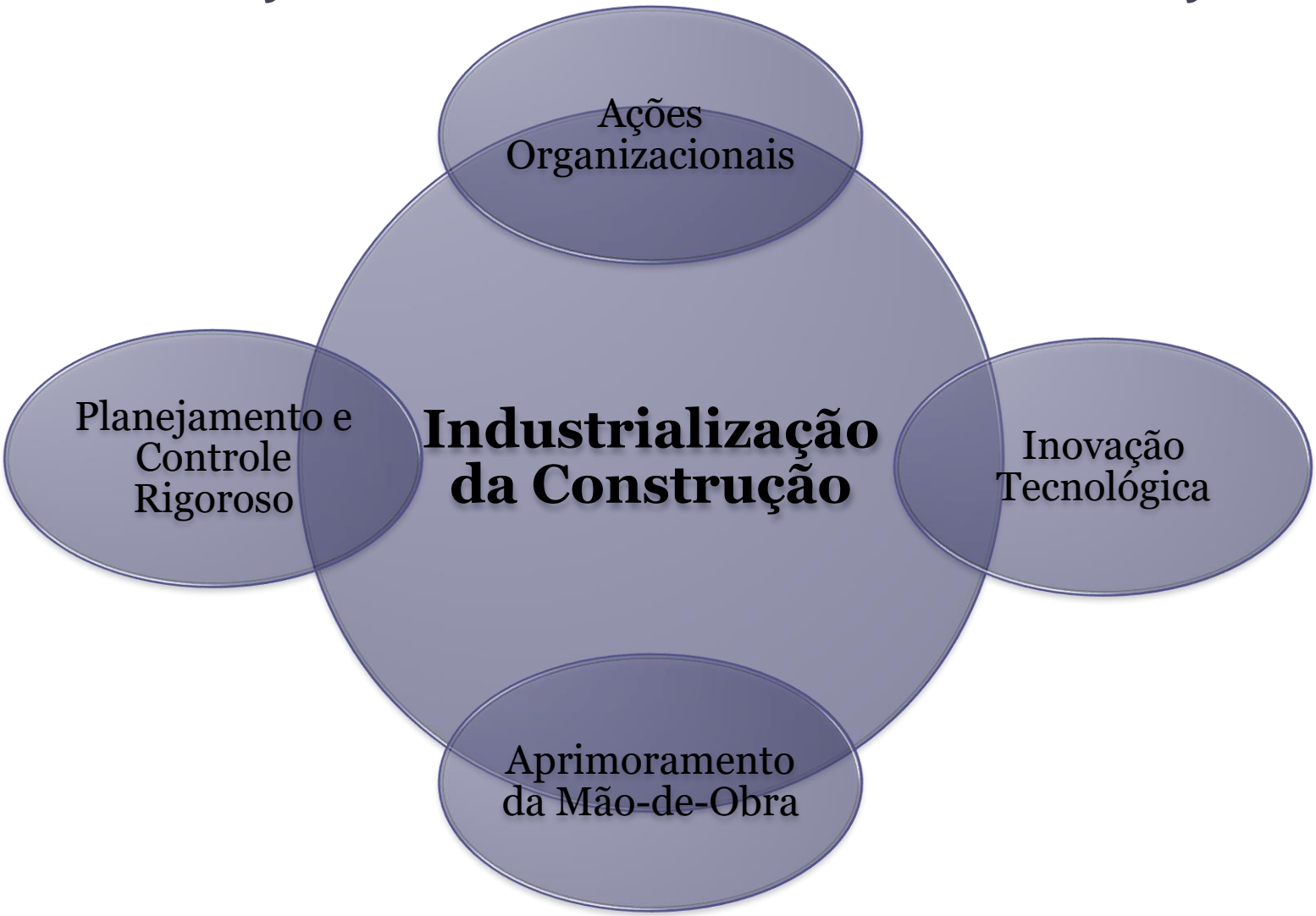
	Manufatura	Mecanização	Industrialização
Planejamento	Improvisação	Projeto	Planificação
Unidade Produtiva	Individual	Empresa	Fábrica
Produção	Unitária	Unitária com Máquinas	Massiva
Recursos / Investimentos	Ferramentas Manuais	Equipamentos	Máquinas

1. Introdução – Indust. da Construção

❖ Estágios de Desenvolvimento da Construção Civil



1. Introdução – Indust. da Construção



1. Introdução – Indust. da Construção

❖ Características Gerais

A industrialização é um processo caracterizado por:

- Continuidade no fluxo de produção;
- Padronização;
- Integração dos diferentes processos de produção;
- Alto nível de organização do trabalho;
- Mecanização em substituição a manufatura;
- Pesquisa e experimentação organizada integrada à produção.

1. Introdução – Indust. da Construção

❖ Tipos de Pré-fabricação

Ciclo Fechado

- O sistema construtivo não permite a utilização de outros elementos além dos originais.

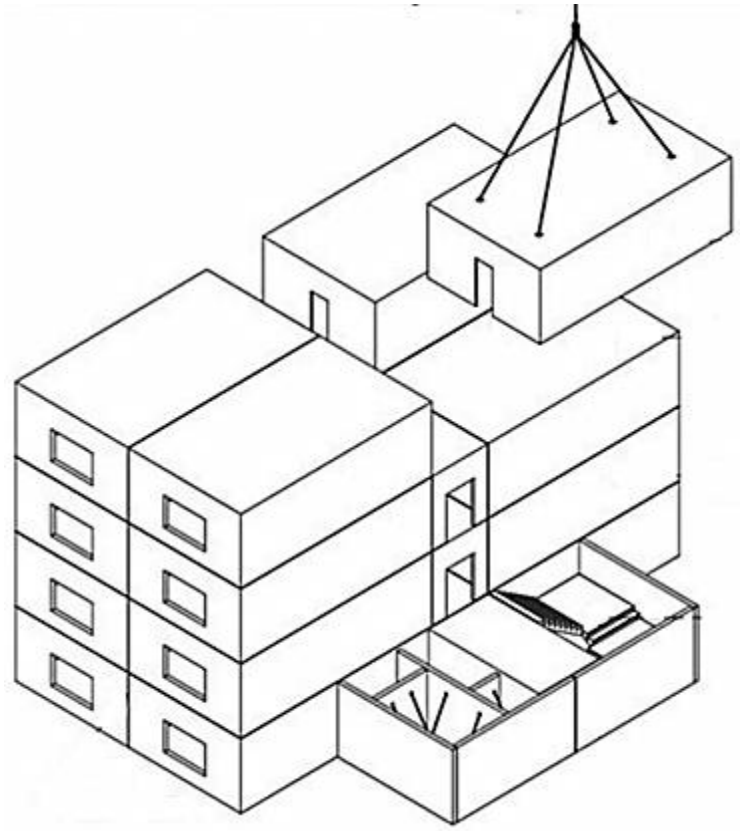
Ciclo Aberto

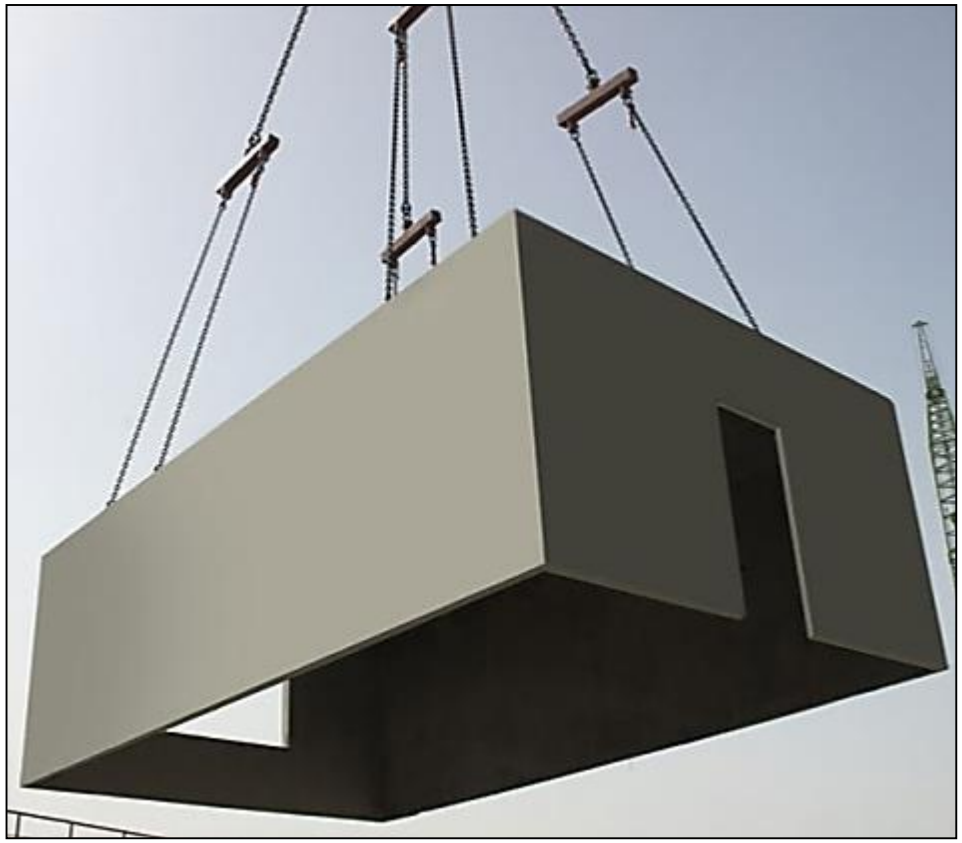
- O sistema é constituído por diferentes elementos disponíveis no mercado, como no caso de uma construção em que os painéis de laje são do fabricante A e os painéis de fechamento são do fabricante B.

1. Introdução – Indust. da Construção

❖ Tipos de Pré-fabricação

Ciclo Fechado

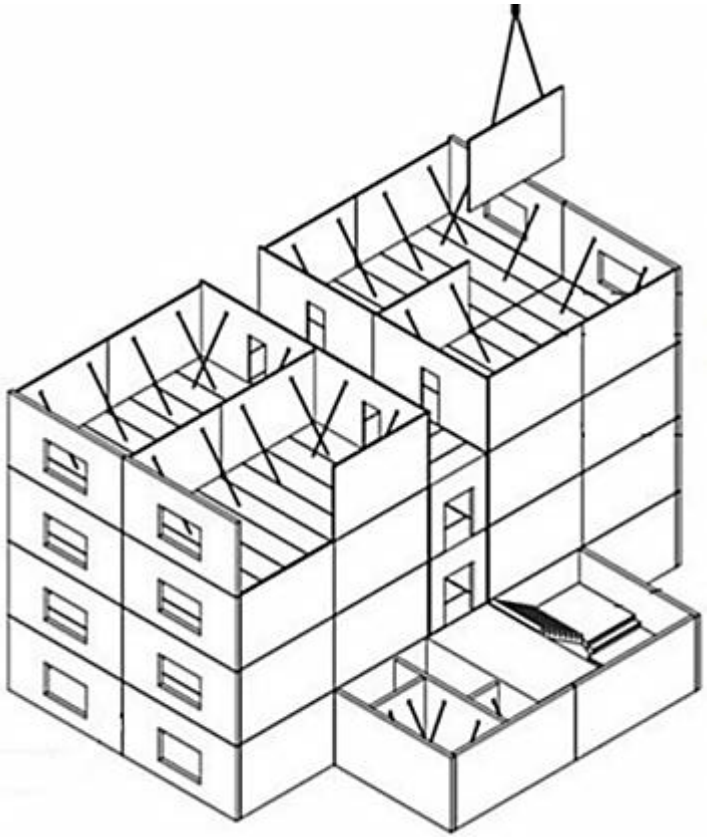


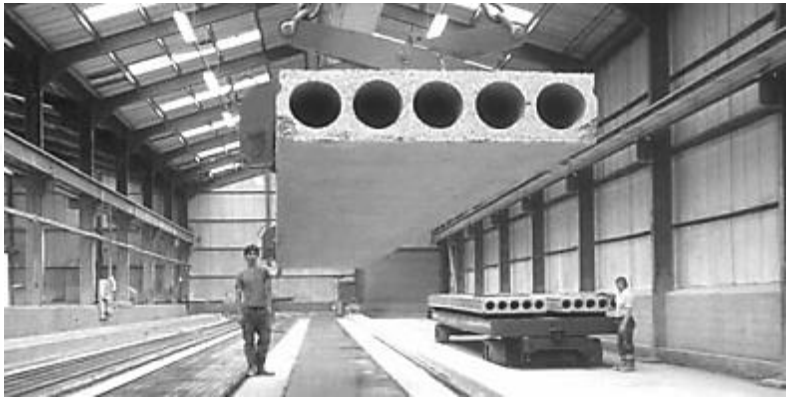


1. Introdução – Indust. da Construção

❖ Tipos de Pré-fabricação

Ciclo Aberto





1. Introdução – Tipos de Pré-moldados

	Tipos de Concreto Pré-moldado	
Quanto ao local de produção dos elementos	Pré-moldado de fábrica	Pré-moldado de canteiro
Quanto à incorporação de material para ampliar a seção resistente no local de utilização definitivo	Pré-moldado de seção completa	Pré-moldado de seção parcial
Quanto à categoria do peso dos elementos	Pré-moldado “pesado”	Pré-moldado “leve”
Quanto à aparência	Pré-moldado normal	Pré-moldado arquitetônico

1. Introdução – Tipos de Pré-moldados

→ Quanto ao local de produção dos elementos:

Pré-Moldado de fábrica: fabricado em instalações permanentes distantes da obra.

- Normalmente são executados com maior controle de qualidade do que os elementos produzidos no canteiro de obras.
- Necessitam transporte até a obra para efetiva aplicação.

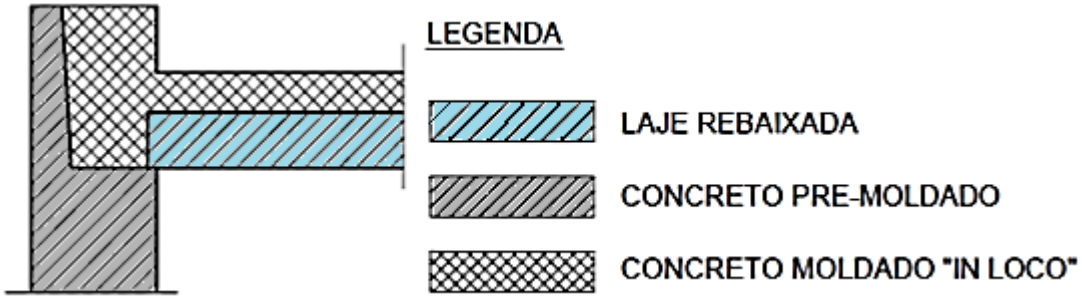
Pré-Moldado de canteiro: elemento produzido no próprio local da obra, em instalações temporárias, que podem ser mais ou menos sofisticadas.

1. Introdução – Tipos de Pré-moldados

❖ Pré-moldado de Fábrica

1. Introdução – Tipos de Pré-moldados

❖ Pré-moldado de Canteiro

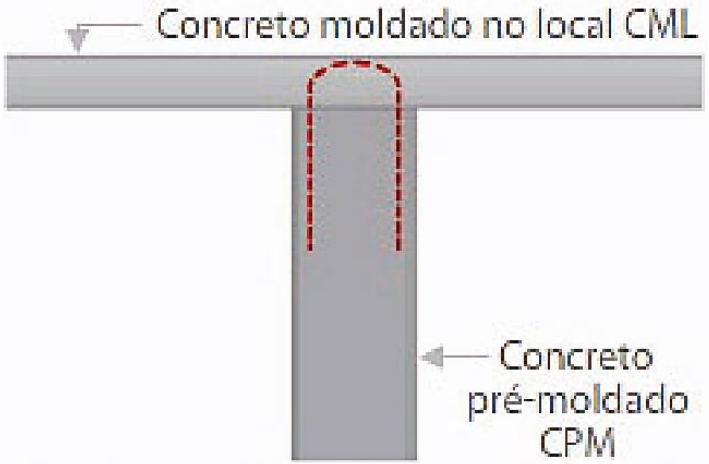


1. Introdução – Tipos de Pré-moldados

→ Quanto à incorporação de material para ampliar a seção resistente no local de utilização definitivo:

Pré-Moldado de seção completa:

O elemento é moldado com sua seção completa na fábrica, mantendo suas características geométricas durante todas as fases da obra.



Pré-Moldado de seção parcial:

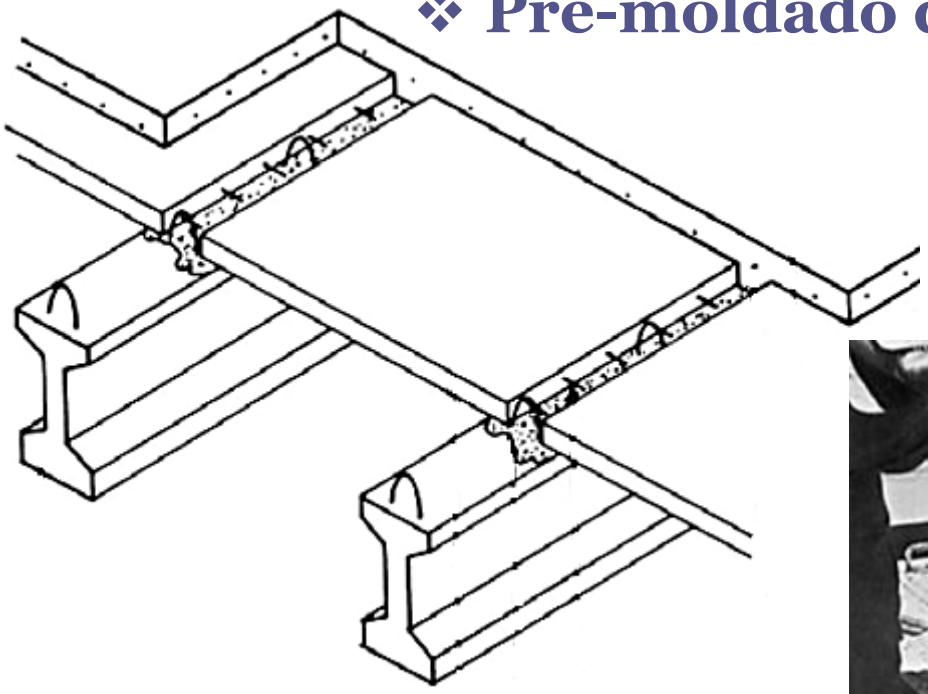
A peça é construída na fábrica somente com parte de sua seção final (também conhecida como seção de 1º estágio), sendo a sua seção posteriormente concretada com a peça já no seu local definitivo.

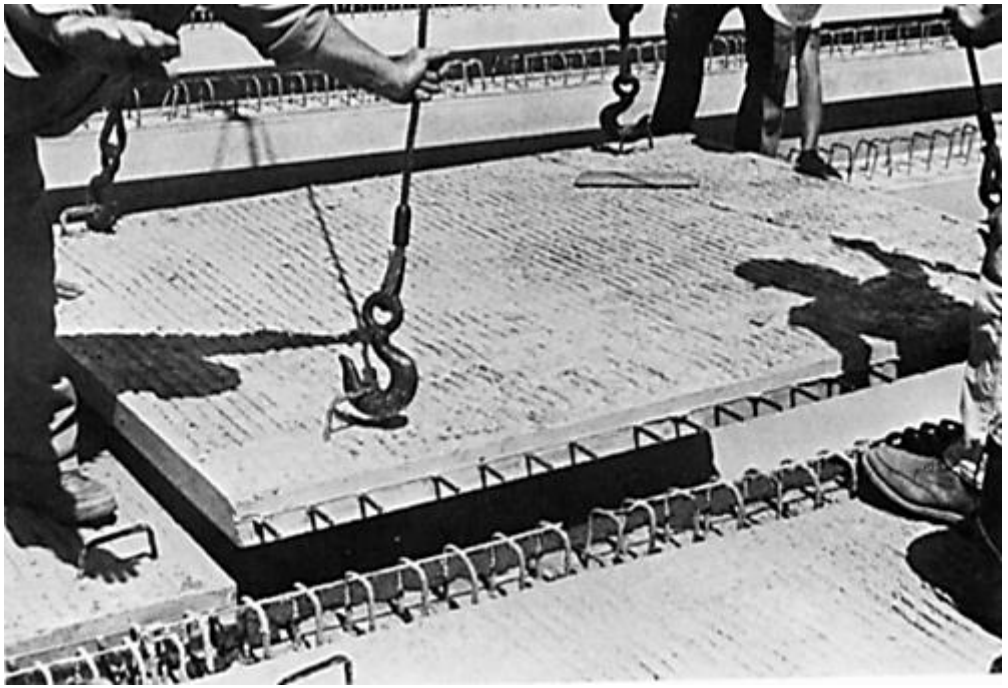
1. Introdução – Tipos de Pré-moldados

❖ Pré-moldado de Seção Completa

1. Introdução – Tipos de Pré-moldados

- **Pré-moldado de Seção Parcial**





1. Introdução – Tipos de Pré-moldados

❖ Pré-moldado de Seção Parcial

1. Introdução – Tipos de Pré-moldados

❖ Pré-moldado Leve e Pesado

Pré-moldado Leve

- É aquele que dispensa o uso de equipamentos especiais para o transporte e montagem;
- Utiliza-se equipamentos improvisados ou até mesmo a montagem manual.

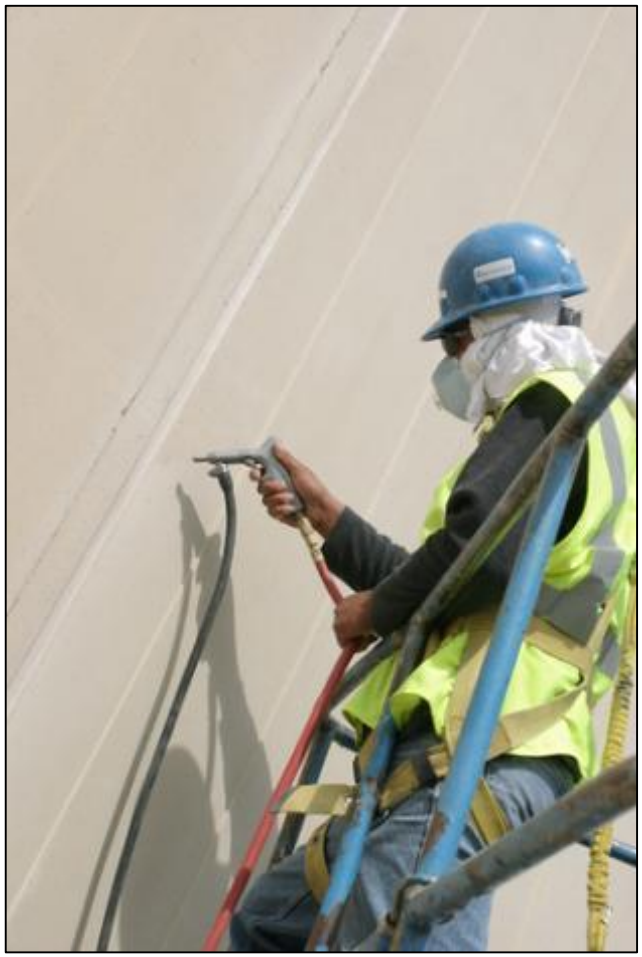
Pré-moldado Pesado

- É aquele que para o transporte e montagem requer de equipamentos específicos.

Classificação do Elemento	Peso
Elementos Leves	Até 30 kgf
Elementos Médios	De 30 a 500 kgf
Elementos Pesados	Acima de 500 kgf

1. Introdução – Tipos de Pré-moldados

❖ Pré-moldado Arquitetônico



1. Introdução – Tipos de Pré-moldados

❖ Pré-moldado Arquitetônico

1. Introdução – Tipos de Pré-moldados

❖ Pré-moldado Arquitetônico

1. Introdução – Materiais

❖ Aspectos Gerais

Qualidades Desejáveis na Construção Civil (Geral):

a. Grande durabilidade;
b. Não necessitar de grandes cuidados de manutenção;
c. Isolante térmico e hidrófugo;
d. Resistência ao Fogo;
e. Estabilidade Volumétrica;
f. Resistência Mecânica Elevada.

Qualidades Desejáveis para Atingir a Industrialização:

g. Facilidade de ser executado por meios mecânicos;
h. Possibilitar ligações de forma fácil e simples;
i. Funções simultâneas de estrutura e fechamento.

1. Introdução – Materiais

Tipos de Aglomerado Cimentício e suas Variações		
Tipo	Resistência	Densidade
Pasta Argamassa Concreto de granulometria fina Concreto	Baixa Normal Alta	Alta Normal Baixa

Tipos de Armaduras e suas Variações				
Tipo	Material	Arranjo	Introdução de Força Prévia	Resistência
Contínua	Aço Não-metálica	Fios Barras Telas Cordoalhas	Passiva Ativa	Normal Elevada
Descontínua (Fibra)	Aço (comum e inoxidável) / Poliméricas (Polipropileno (PP); Polietileno (PE); Álcool de Polivinila (PVA) / Minerais (vidro e amianto) / Vegetais (coco, sisal, piaçava) / Outros (fibra de carbono)			

1. Introdução – Materiais

❖ Aspectos Gerais

Materiais Mais Utilizados

a. **Concreto =** cimento **+** agreg. Miúdo **+** agreg. Graúdo **e/ou** aditivos
b. **Concreto Armado =** concreto **+** aço contínuo (fios, barras ou telas)
c. **Concreto Protendido =** concreto **+** aço contínuo (Ativo **e/ou** Passivo)
d. **Argamassa Armada =** argamassa **+** aço contínuo (Tela)
e. **Concreto com Fibras =** concreto **+** fibras (aço, vidro) **e/ou** arm. Passiva
f. **Concreto de Alto Desempenho - CAD**
g. **Concreto Auto-adensado**

1. Introdução – Particularidades Projeto

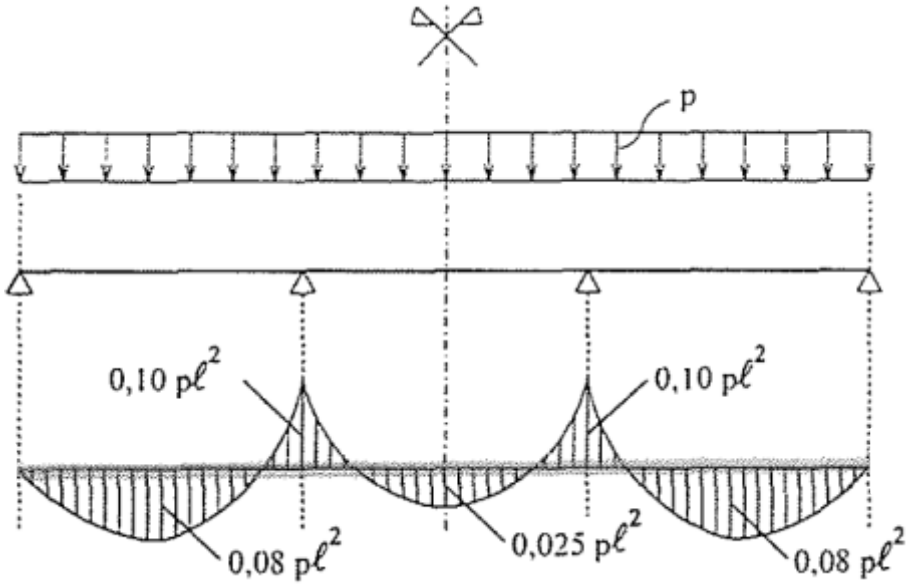
a. **Necessidade de considerar outros casos de carregamento** (situações transitórias de **desmoldagem**, **transporte**, **armazenamento** e **montagem**) **além** dos que ocorrem na **situação final** (estrutura pronta para o uso);

b. **Necessidade de considerar particularidades das ligações e do processo construtivo;**

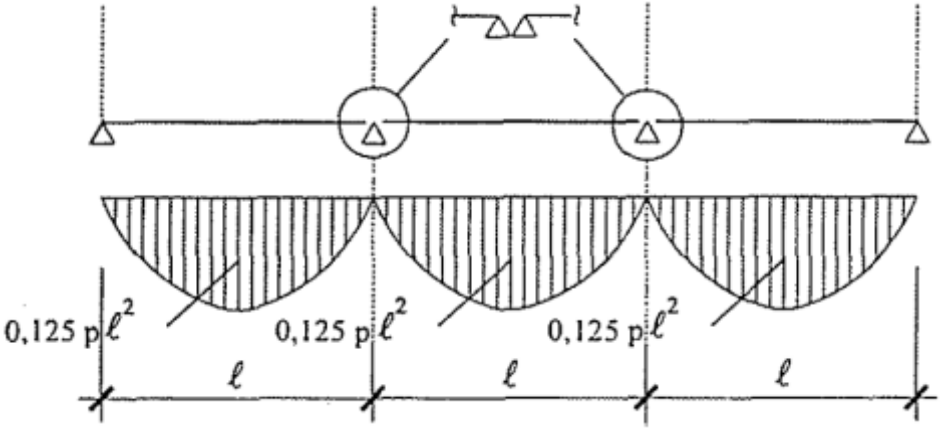
c. **Necessidade de considerar tolerâncias e folgas;**

d. **Detalhamento rigoroso dos elementos (evitar improvisações).**

1. Introdução – Particularidades Projeto



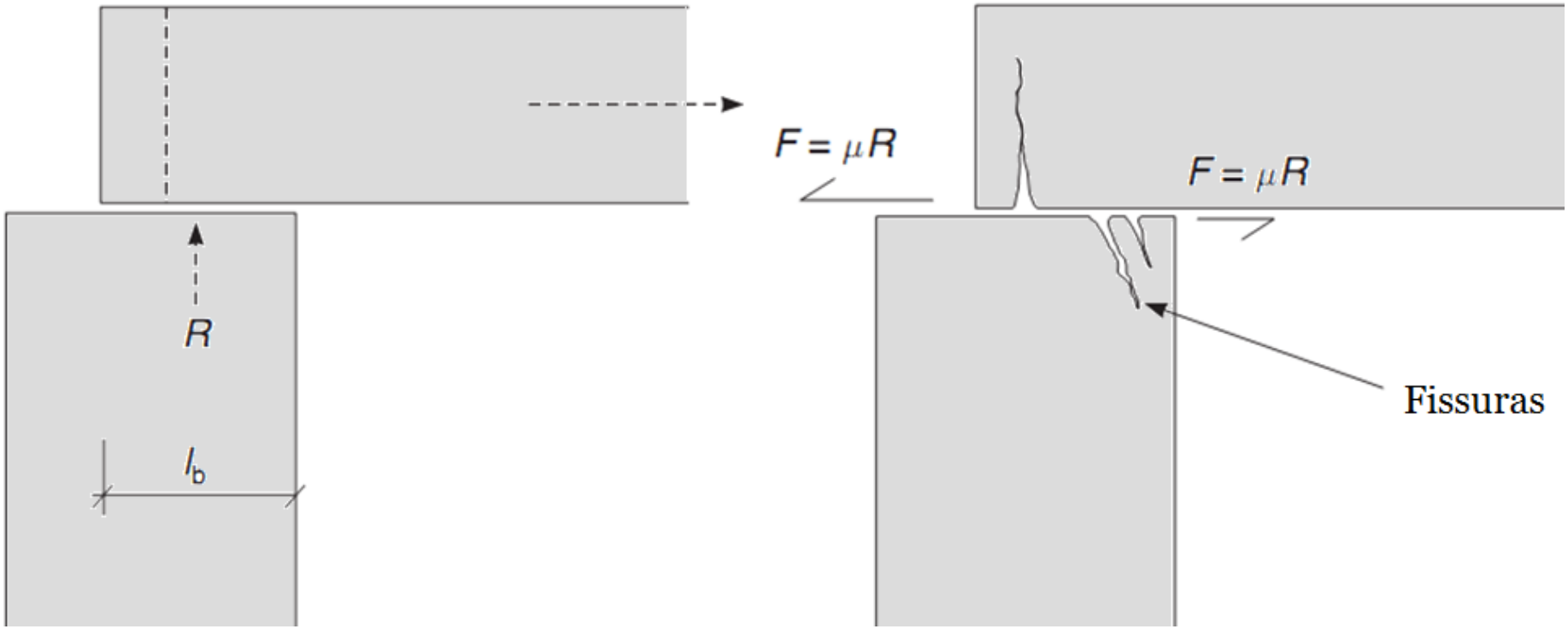
a. Viga contínua (usual para CML)



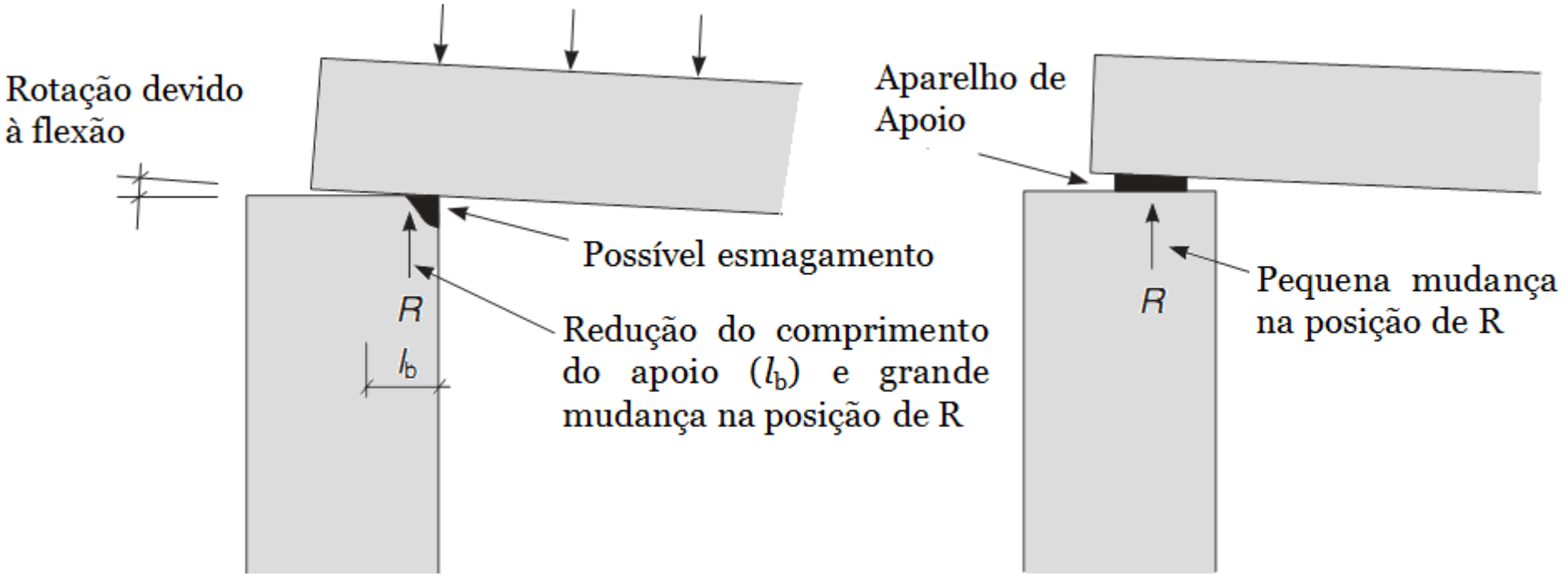
b. Sucessão de tramos (usual para CPM)

1. Introdução – Particularidades Projeto

Retração não restringida

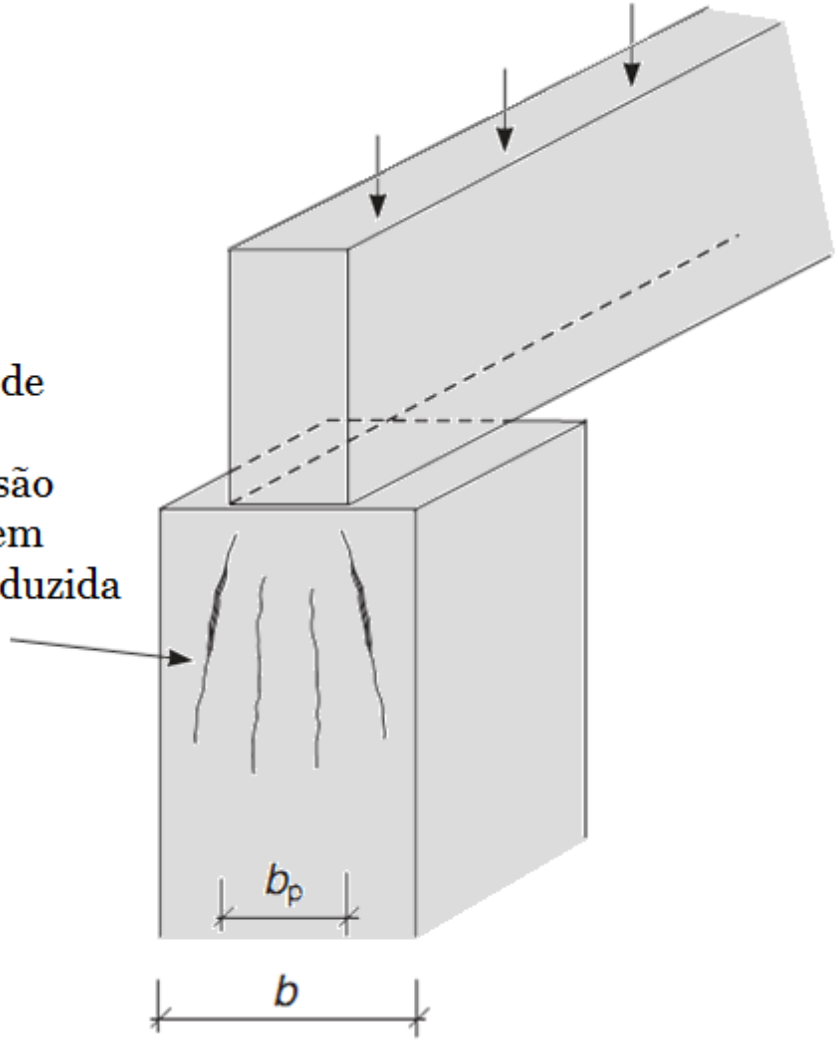


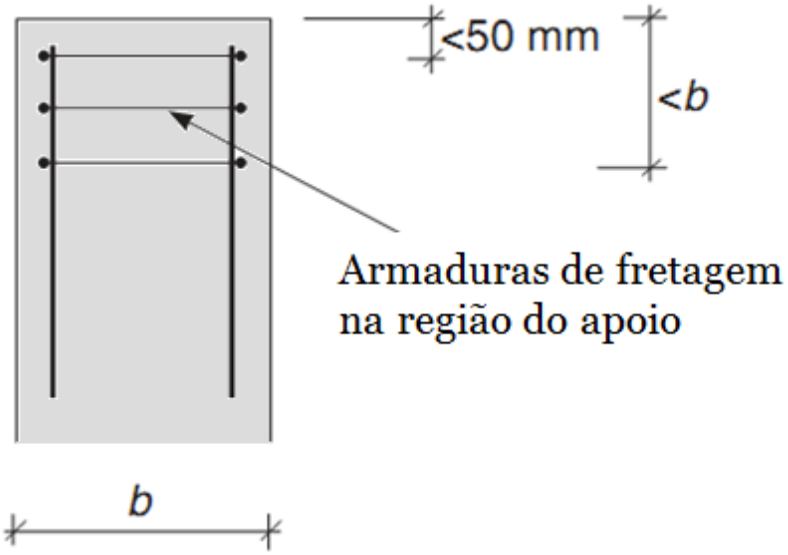
1. Introdução – Particularidades Projeto



1. Introdução – Particularidades Projeto

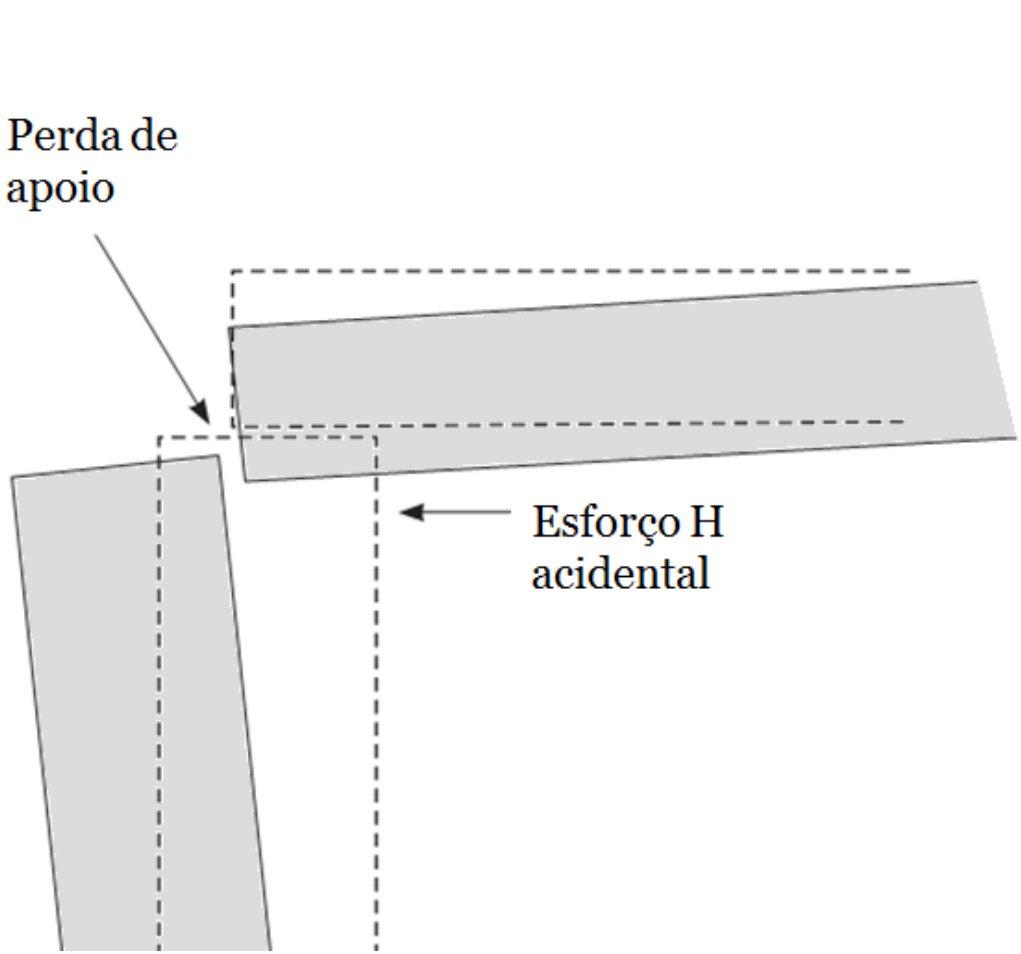
Fissuras de Tração: compressão elevada em região reduzida

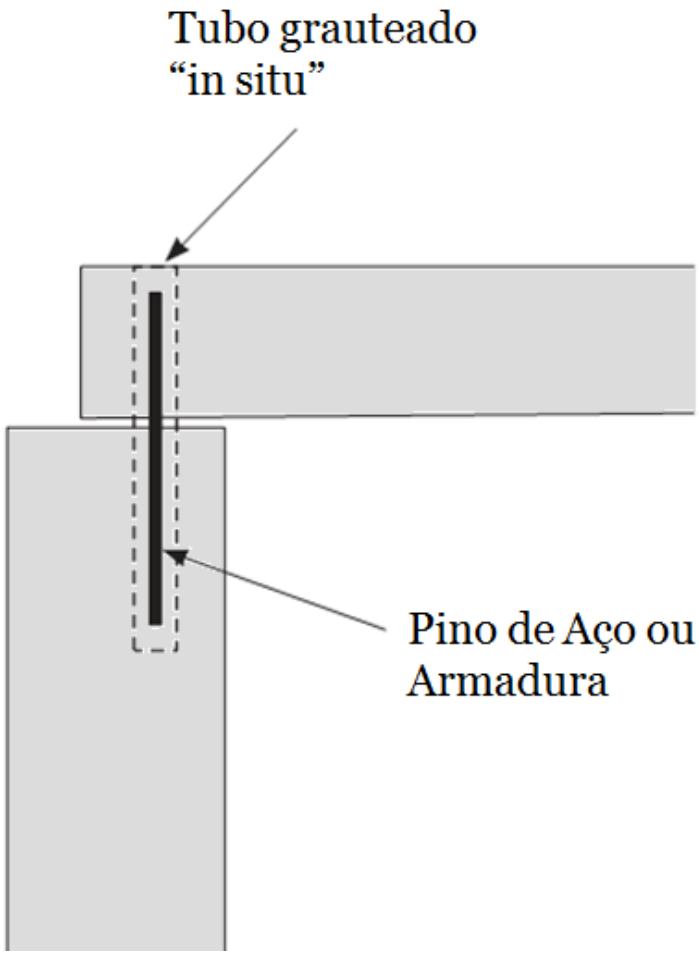




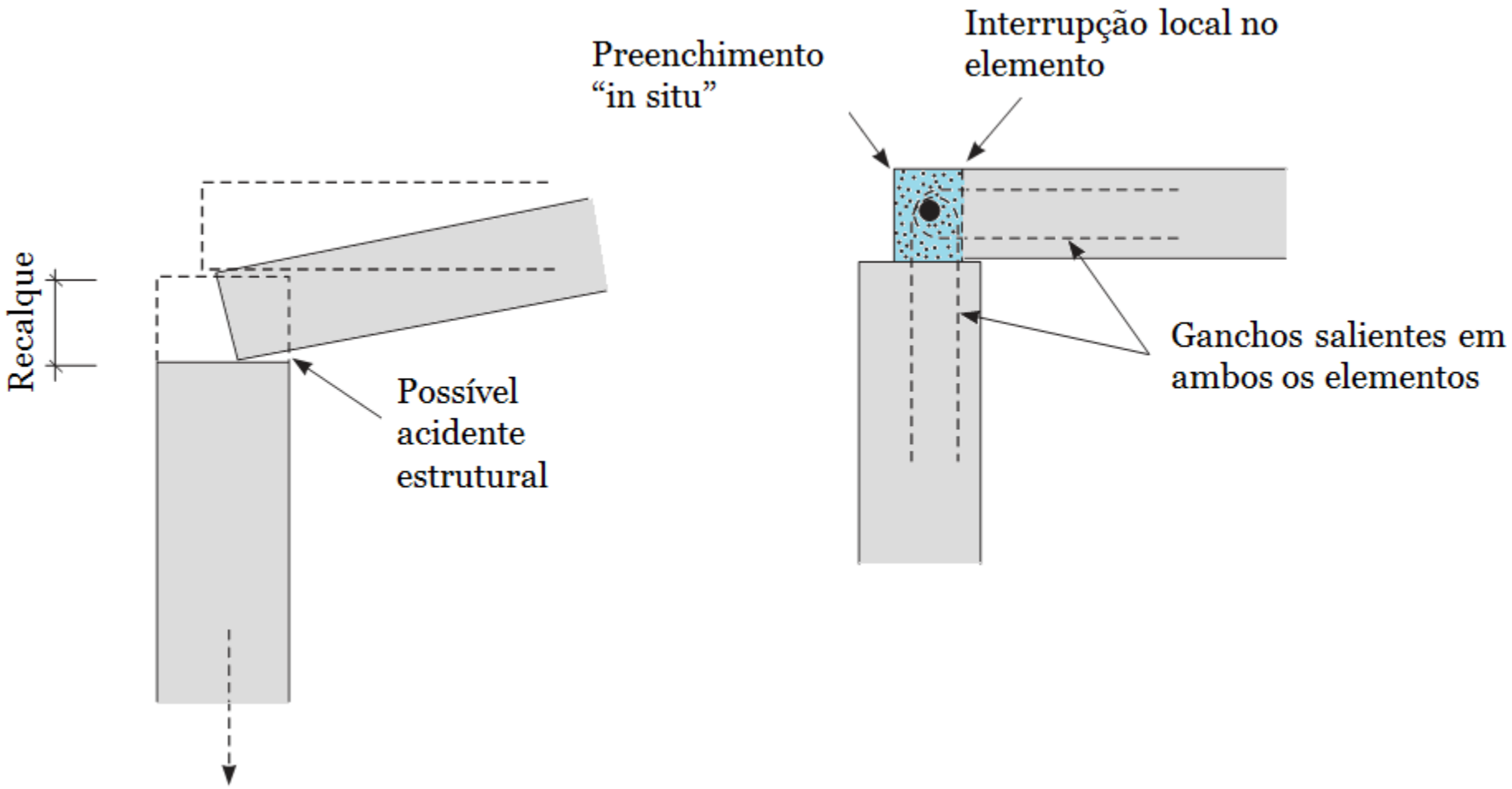
Armaduras de fretagem na região do apoio

1. Introdução – Particularidades Projeto





1. Introdução – Particularidades Projeto



1. Introdução – Vantagens/Desvantagens

Vantagens	Desvantagens
Características Técnicas	
• Redução dos custos com formas e cimbramentos; • Permite o uso de seções transversais otimizadas em estruturas de concreto; • Maior controle da qualidade dos materiais e componentes; • Permite a desmontagem de elementos para troca ou reparos; • Requer menos juntas de dilatação; • Maior mecanização.	• Perda de monolitismo; • Superdimensionamento de alguns elementos devido ao transporte e montagem; • Limitações impostas pelos gabaritos de transporte; • Dificuldades pra modificações nas distribuições dos espaços;

1. Introdução – Vantagens/Desvantagens

Vantagens	Desvantagens
Características Econômicas	
• Reduz o tempo das atividades em canteiro; • Evita improvisações; • Facilita o planejamento e o controle dos serviços; • Reduz o tempo de retorno do investimento.	• Em geral apresenta maior custo que a construção convencional; • Requer investimentos elevados para iniciar as atividades de pré-fabricação; • Requer uma demanda adequada; • O transporte do produtos (estrutura) é mais caro do que o das matérias primas dos componentes.

1. Introdução – Vantagens/Desvantagens

Vantagens	Desvantagens
Características Sociais	
• Redução nos acidentes de trabalho; • Trabalho protegido das intempéries; • Melhor remuneração da mão-de-obra; • Proporciona maior estabilidade de emprego; • É o meio mais real e efetivo de reduzir o déficit mundial da construção; • Libera o homem dos trabalhos rudes de penosos.	• Reduz os postos de trabalho na construção civil; • Especializa em excesso a mão-de-obra.

1. Introdução

❖ Fatores que Influenciam na Escolha

Fatores Tecnológicos

- Relação Custo x Benefício;
- Escala de Produção;
- Atendimento às Exigências Normativas;
- Desempenho dos Produtos Construtivos;
- Estabilidade física e química dos materiais e componentes;
- Integração e compatibilidade entre os subsistemas;
- Durabilidade do sistema.

1. Introdução

❖ Fatores que Influenciam na Escolha

Fatores de Produção

- Disponibilidade de materiais e mão-de-obra;
- Disponibilidade de equipamentos;
- Análise do acesso e condições de montagem no local da obra;
- Condições regionais de produção da construção;
- O processo deve ser racionalizado desde a fase de projeto até à montagem da estrutura, devendo haver padronização, sem que no entanto seja necessária modulação completa.

1. Introdução

❖ Fatores que Influenciam na Escolha

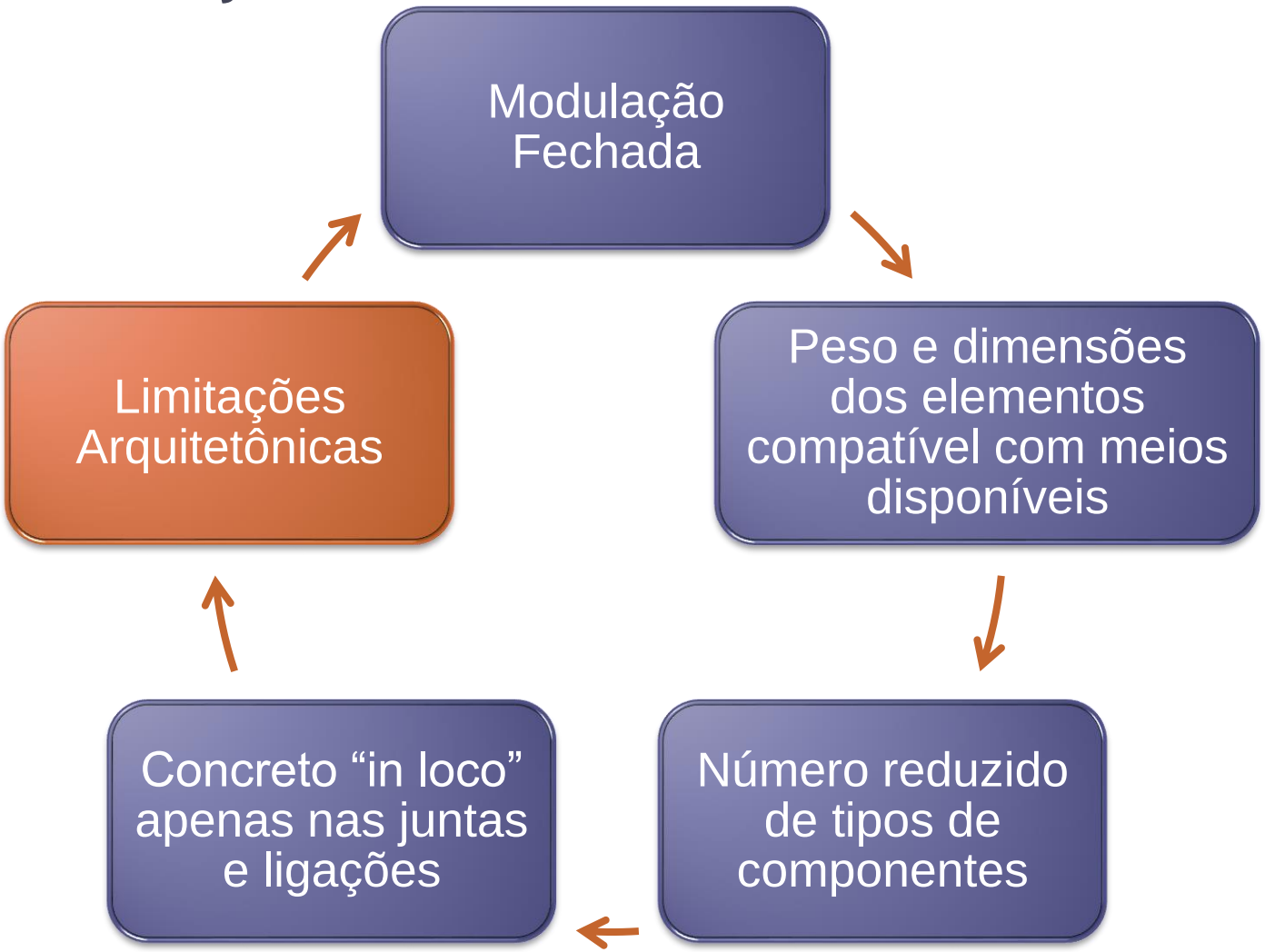
Fatores Econômicos

- Avaliar as expectativas de investimento e de retorno;
- Distância entre a fábrica e a obra;
- Avaliar a logística disponível na região;
- Avaliar questões culturais locais (entender o mercado).

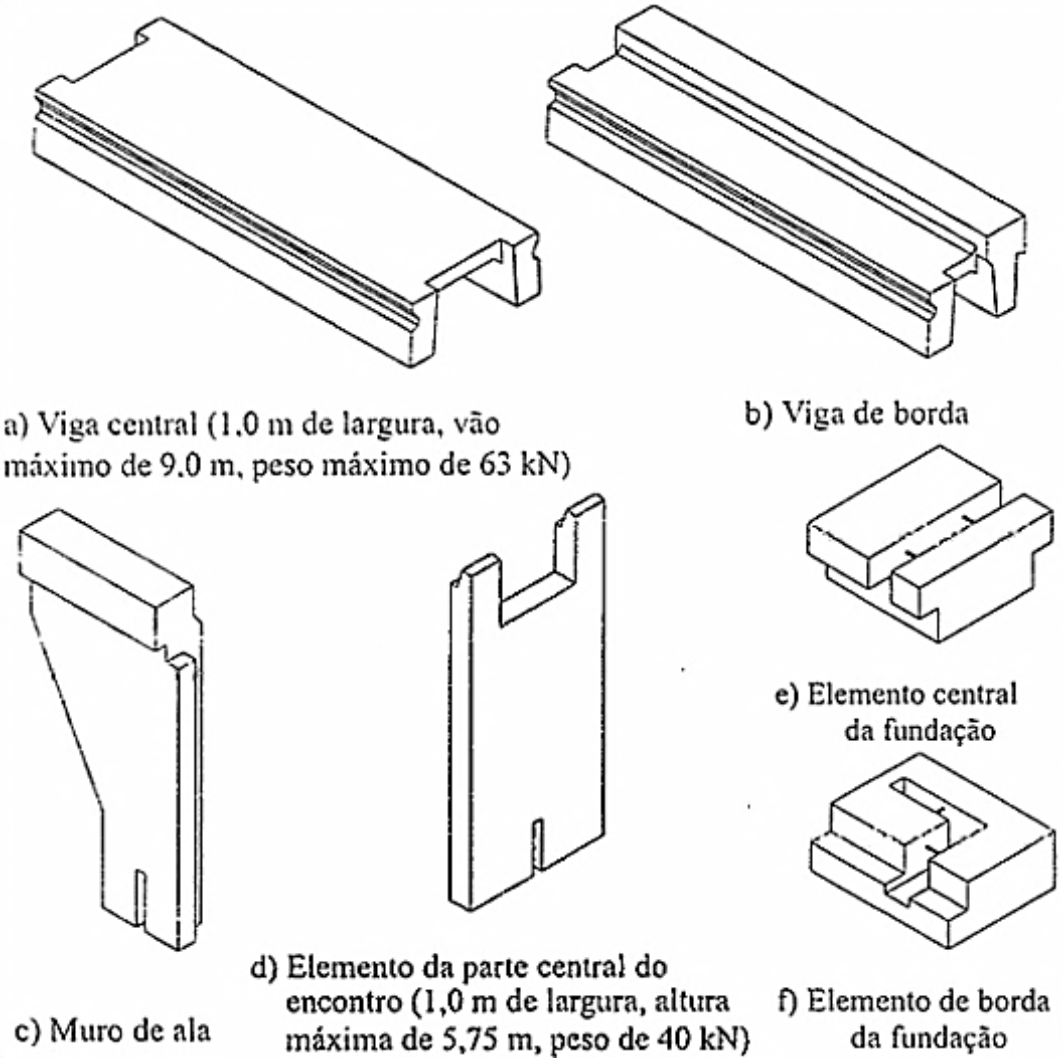
1. Introdução – Histórico

- Sofreu **grande impulso** no seu desenvolvimento logo após o **final da Segunda Guerra Mundial**;
- A **Europa** encontrava-se **destruída** e com **mão-de-obra escassa**;
- Havia a **necessidade** da **construção em larga escala** para **recuperar** a **infraestrutura** dos países;
- Precisava-se **recorrer** a **novos métodos** e **técnicas de construção**;
- **Ênfase** na **racionalização** e na **produtividade**.

1. Introdução – Histórico

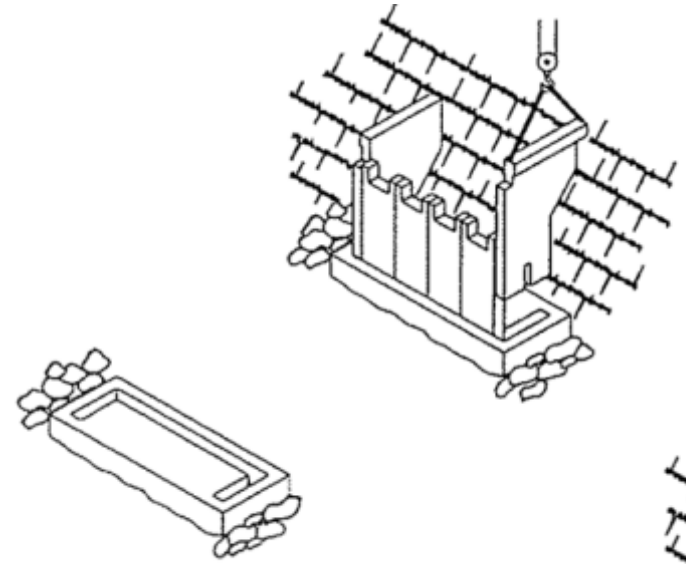


1. Introdução – Histórico

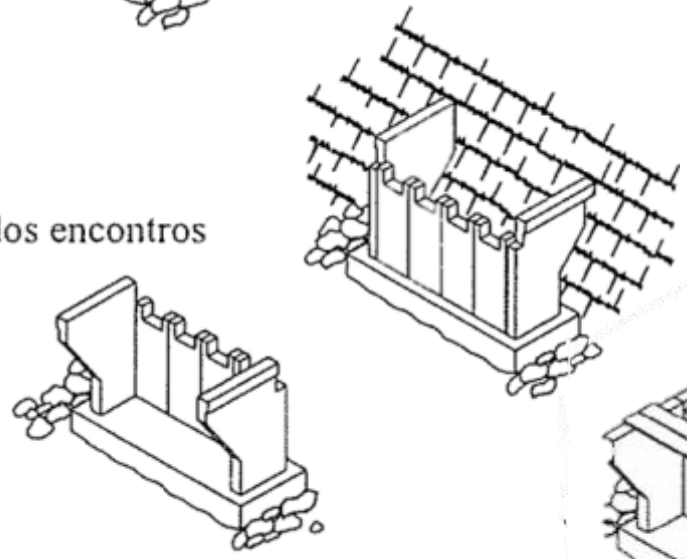


- **Exemplo do Conceito Inicial de Pré-moldagem**
  - Aplicação na Construção de Pontes na Suécia;
  - Componentes da Ponte.

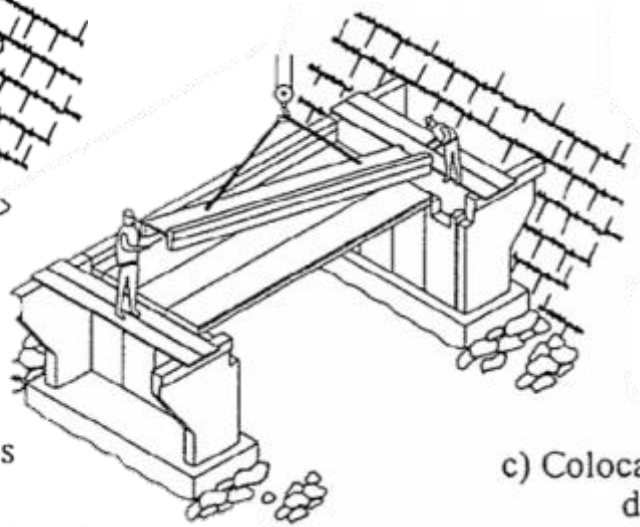
1. Introdução – Histórico



a) Montagem de um dos encontros



b) Término da montagem dos encontros



c) Colocação da última viga da superestrutura

- **Exemplo do Conceito Inicial de Pré-moldagem**
  - Aplicação na Construção de Pontes na Suécia;
  - Montagem.

1. Introdução – Histórico

❖ No Brasil

- O primeiro emprego da pré-moldagem data de 1925, com a fabricação de estacas para o Jockey do Rio de Janeiro.
- Nos anos 60 chega ao país os reflexos do grande avanço da pré-moldagem na Europa e EUA e nos anos 70 e 80 há a tentativa de aplicação dos sistemas fechados em edificações residenciais (habitacionais).
- Nos anos 90, difunde-se o conceito do pré-fabricação de ciclo aberto para componentes;
- Grande uso de pré-moldados nas construções de infraestrutura para as olimpíadas de 2016 e para a copa de 2014.

1. Introdução – Situação Atual e Futuro

- O sistema têm se desenvolvido principalmente nos EUA e Europa, mas sem a euforia do período pós-guerra;
- Ênfase na Padronização **ABERTA**;
- Maior Integração Com Outros **Sistemas Construtivos**;
- Priorização no desenvolvimento de componentes;
- Priorização para o uso de pré-moldados leves e pré-moldados de seção parcial.

1. Introdução – Situação Atual e Futuro

❖ Sistemas Pré-moldados Testados na UFPA

Sistema convencional: grande quantidade de madeira para fôrmas e cimbramentos

Sistema pré-fôrmado: menor consumo de madeira na obra, menos desperdício de materiais.

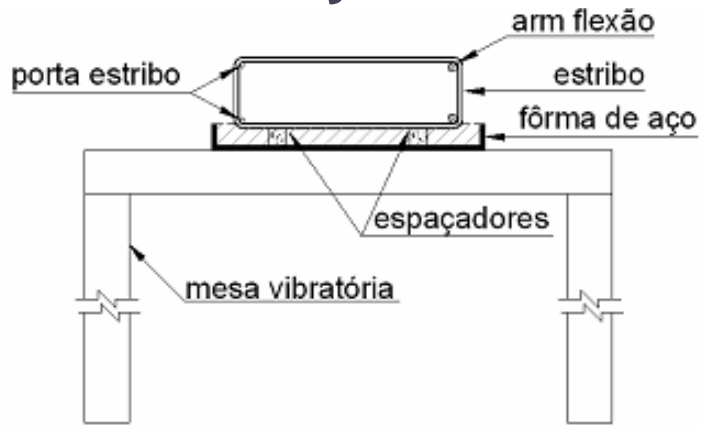
Sistemas Pré-formado

1. Introdução – Situação Atual e Futuro

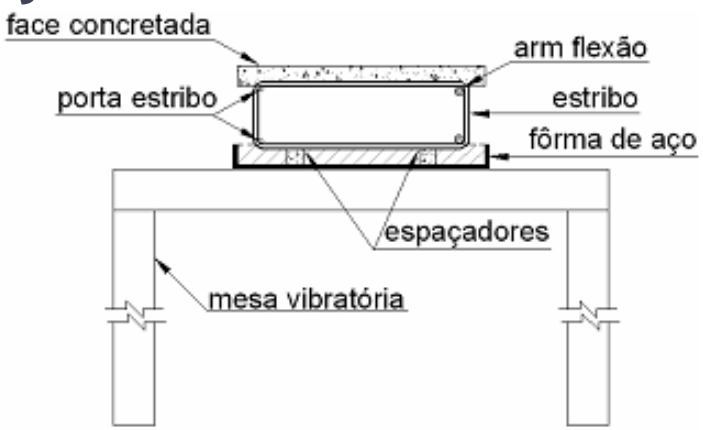
❖ Sistemas Pré-moldados Testados na UFPA

Sistemas Pré-formado

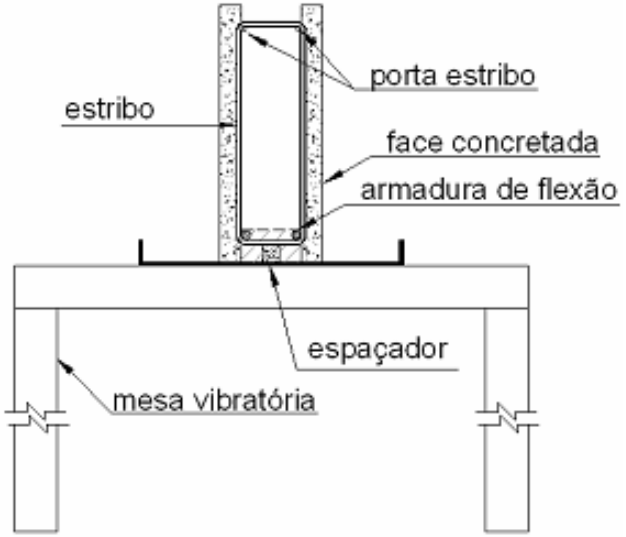
1. Introdução – Situação Atual e Futuro



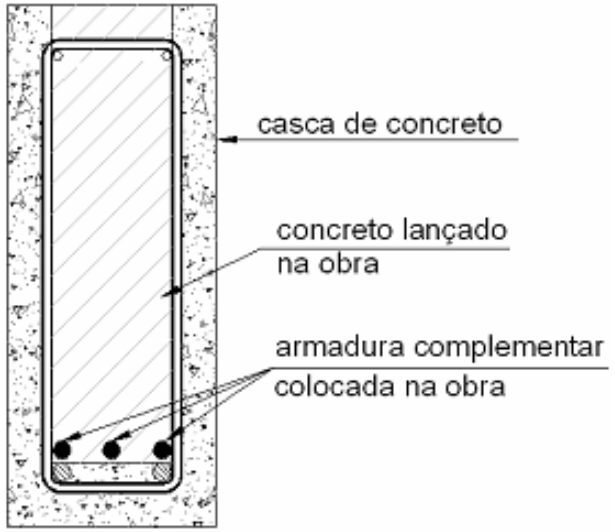
1ª ETAPA DE CONCRETAGEM - FACE LATERAL



2ª ETAPA DE CONCRETAGEM - FACE LATERAL



3ª ETAPA DE CONCRETAGEM - FUNDO DA VIGA



RESULTADO: VIGA PRÉ-FÔRMADA

1. Introdução – Situação Atual e Futuro

❖ Sistemas Pré-moldados Testados na UFPA

Sistemas Pré-formado

1. Introdução – Situação Atual e Futuro

❖ Sistemas Pré-moldados Testados na UFPA

Sistemas Pré-formado

1. Introdução – Situação Atual e Futuro

❖ Sistemas Pré-moldados Testados na UFPA

Sistemas Pré-formado

1. Introdução – Situação Atual e Futuro

❖ Sistemas Pré-moldados Testados na UFPA

Sistemas Pré-formado

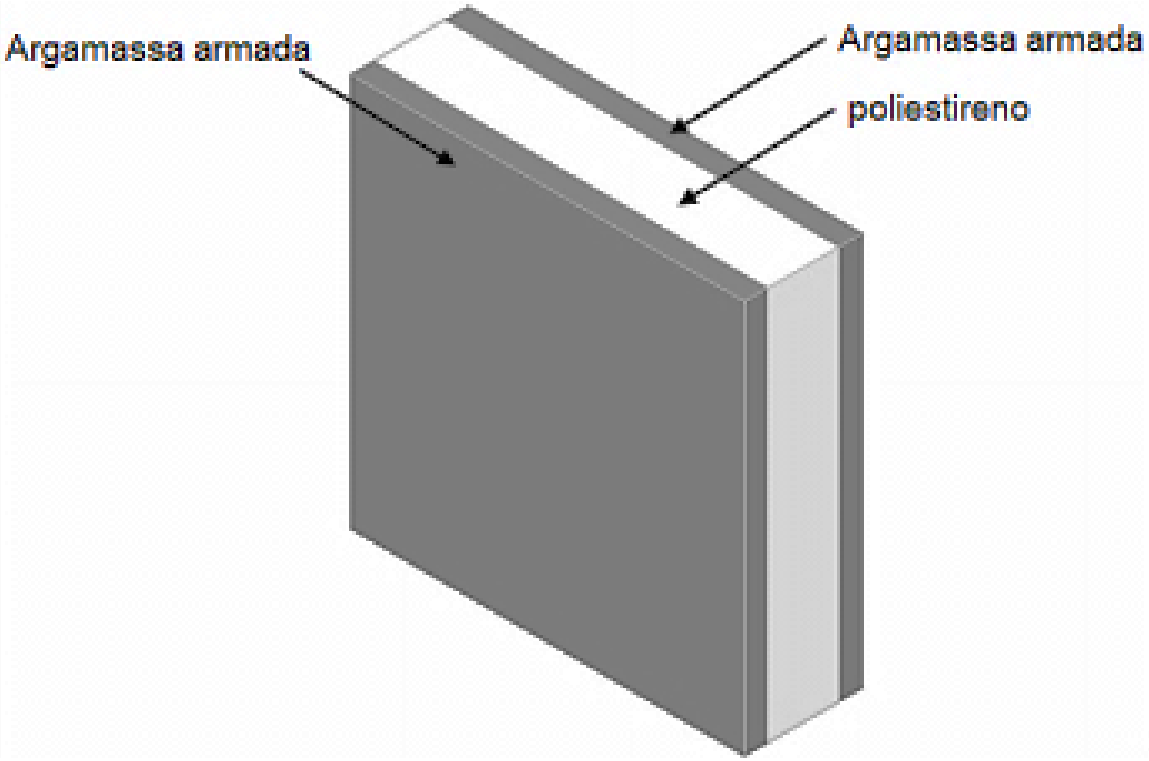
1. Introdução – Situação Atual e Futuro

❖ Sistemas Pré-moldados Testados na UFPA

Sistemas Pré-formado

1. Introdução – Situação Atual e Futuro

❖ Sistemas Pré-moldados Testados na UFPA



Sistemas com Painéis Sanduiche de Argamassa Armada

1. Introdução – Situação Atual e Futuro

❖ Sistemas Pré-moldados Testados na UFPA

Sistemas com Painéis Sanduiche de Argamassa Armada

1. Introdução – Situação Atual e Futuro

❖ Sistemas Pré-moldados Testados na UFPA

Sistemas com Painéis Sanduiche de Argamassa Armada

1. Introdução – Situação Atual e Futuro

❖ Sistemas Pré-moldados Testados na UFPA