



Prefabricados de concreto

Sistema estrutural industrializado



Conceito

- Peças estruturais são produzidas em indústria
- Transporte até o canteiro com carretas
- Montagem no canteiro com guindaste ou grua
- Consolidação das peças após montagem



Histórico

- Grande expansão da aplicação no pós-guerra, para a reconstrução da Alemanha e dos países do leste europeu, nos anos 1950
- Sistema de produção originalmente em massa
- Inicialmente padronizados, em grande escala
- Estética passou a ter maior importância a partir dos anos 1980
- Hoje projetos cada vez mais individualizados



Ciclo de produção da estrutura

1. Concepção
2. Projeto
3. Fabricação
4. Estoque
5. Transporte
6. Montagem
7. Acabamento



Concepção

- Necessariamente multidisciplinar
- Antecipada, desde o início, com profundo conhecimento da especialidade
- Sistema impõe suas particularidades:
 - Vãos estruturais
 - Modulação
 - Ligações entre elementos
 - Peso das peças
 - Transportabilidade
 - Seções transversais
 - Condição de montagem
 - Esforços durante a fabricação, transporte e montagem...



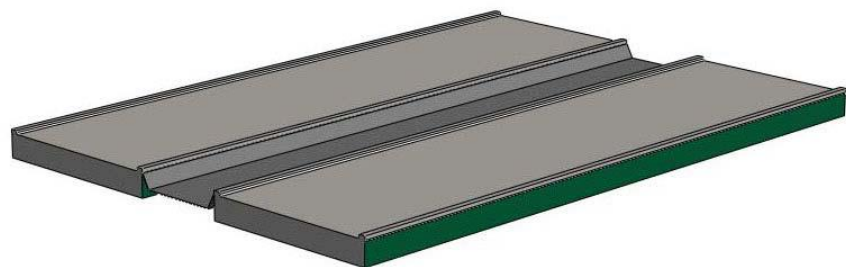
Projeto

- Desenhos Gerais
- Desenhos de fabricação
- Projeto estrutural mais complexo:
 - Escritórios especializados
 - Necessidade de definir todos os detalhes antes
 - Normatização específica
 - Concreto com características variáveis no tempo
 - Esforços diferentes em cada etapa
 - Ligações entre peças
 - Necessidade de conhecimento do local da obra e dos equipamentos para visualizar montagem em 4D



Fabricação

- Sistema de produção ainda prevalece “em massa por encomenda”, situação bem particular de organização
- Sequência de fabricação:
 - Armação
 - Protensão
 - Forma
 - Concretagem
 - Cura
 - Alívio
 - Desforma
 - Acabamento





Estoque

- Estoque = desperdício
- Ideal do “just in time” é utópico
- Otimização de formas e logística interna de fábrica conflitam com estoque zero
- Necessidade de boa organização para manuseio eficaz



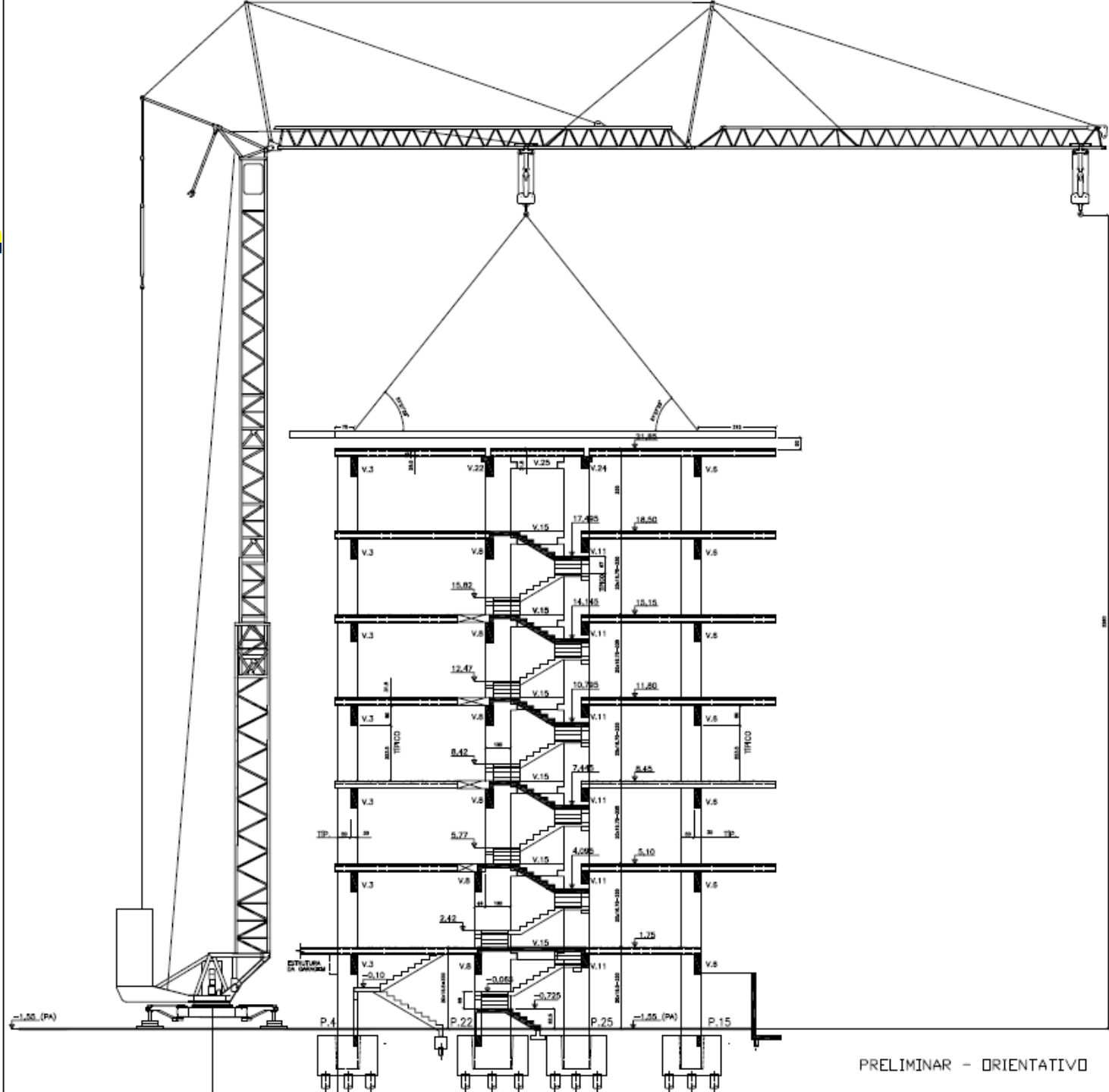
Transporte

- Seqüência e ritmo coerente com processo de montagem
- Otimização da ocupação das carretas
- Eficácia na carga e descarga
- Dispositivos especiais para transporte
- Carretas comuns (12m), extensíveis (17m) e dolly (até 30m)

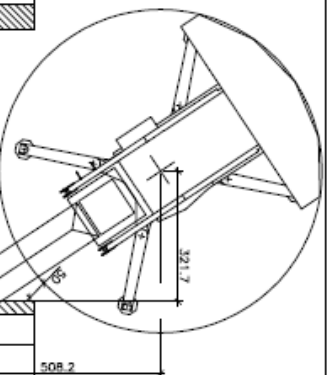


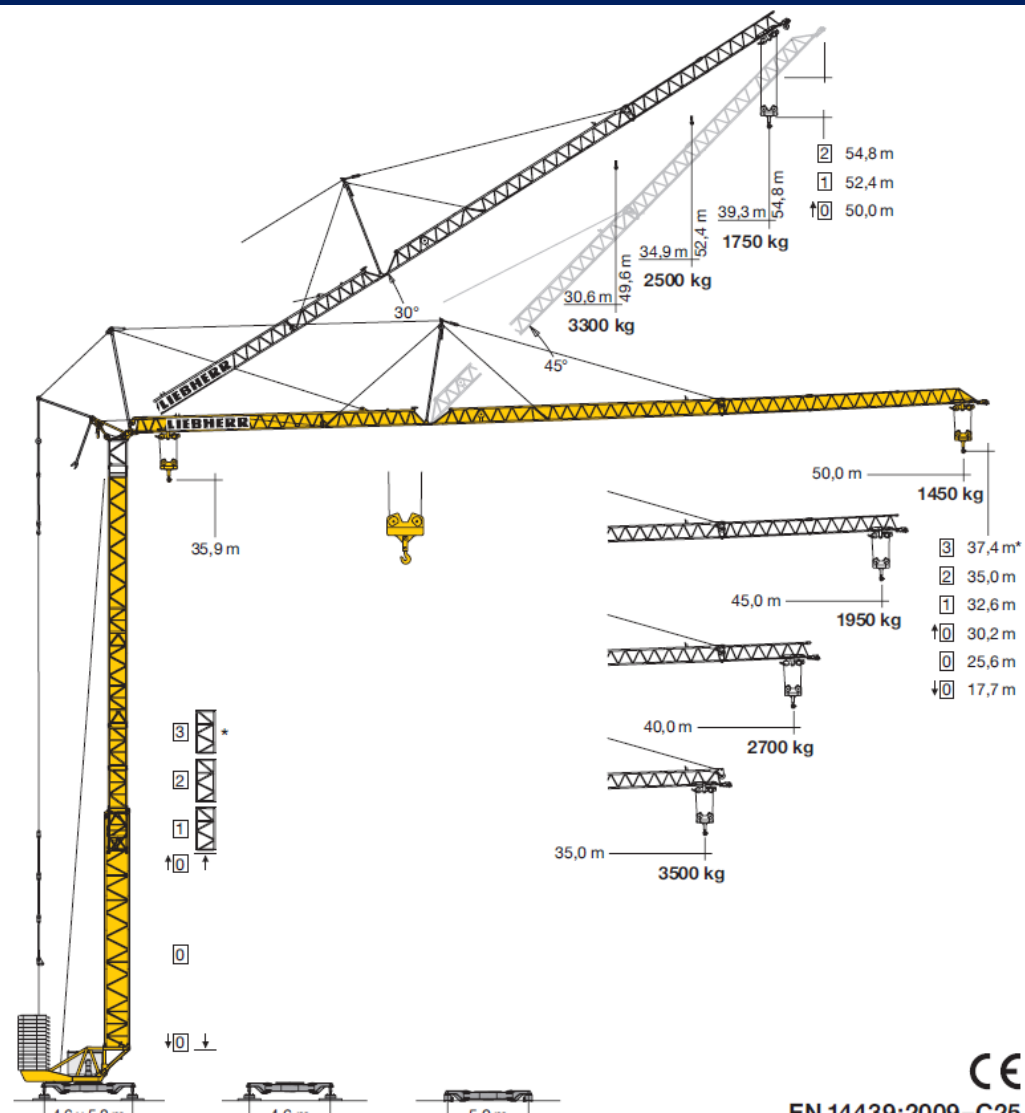
Montagem

- Locação extremamente precisa
- Seqüência de montagem
- Movimentação dos guindastes na obra
- Definição dos equipamentos
- Plano de rigging
- Acesso e manobra de carretas
- Condição transitória estrutural
- Soldas, consolidações e condição de cura

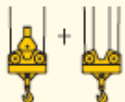
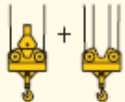


PRELIMINAR - ORIENTATIVO







 m	 m/kg	m/kg															
		21,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0	31,0	32,0	33,0	35,0	37,0	40,0	42,0	45,0	47,0	50,0
50,0	4,5 – 20,4 4000	3870	3660	3300	2990	2730	2510	2400	2310	2220	2060	1910	1720	1610	1460	1360	1250
45,0	4,5 – 23,3 4000	4000	4000	3860	3510	3210	2950	2830	2720	2620	2430	2270	2050	1920	1750		
40,0	4,5 – 26,5 4000	4000	4000	4000	4000	3750	3440	3310	3180	3060	2840	2650	2400				
35,0	4,5 – 29,2 4000	4000	4000	4000	4000	4000	3870	3720	3580	3440	3200						
 m	 m/kg	m/kg															
		21,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0	31,0	32,0	33,0	35,0	37,0	40,0	42,0	45,0	47,0	50,0
50,0	4,5 – 11,2 8000	3870	3660	3300	2990	2730	2510	2400	2310	2220	2060	1910	1720	1610	1460	1360	1250
45,0	4,5 – 12,8 8000	4520	4280	3860	3510	3210	2950	2830	2720	2620	2430	2270	2050	1920	1750		
40,0	4,5 – 14,8 8000	5290	5000	4510	4100	3750	3440	3310	3180	3060	2840	2650	2400				
35,0	4,5 – 16,4 8000	5950	5630	5070	4610	4210	3870	3720	3580	3440	3200						



Acabamento

- Corte dos ganchos de içamento
- Eventual impermeabilização rígida
- Acabamento de superfície
- Vedações entre peças
- Mástique de acabamento



Tipos de peças

- Pilares
- Vigas
- Lajes
- Telhas
- Escadas
- Peças complementares
- Estacas
- ...



Fundações

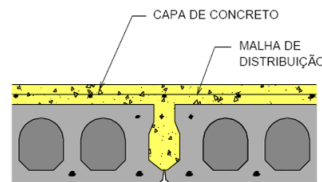
- Necessidade de grande precisão
- Blocos com cálice
- Pilares encaixados por guindaste
- Fixação temporária por cunhas de madeira
- Consolidação com grout
- Engaste, funcionamento como pilar solteiro durante a montagem



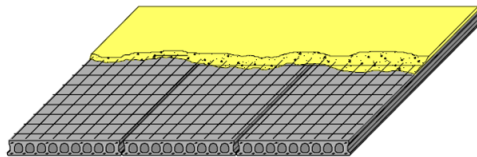
Tipos de ligações

- Engastes
- Articulações
- Ligações semi-rígidas
- Ligações rígidas

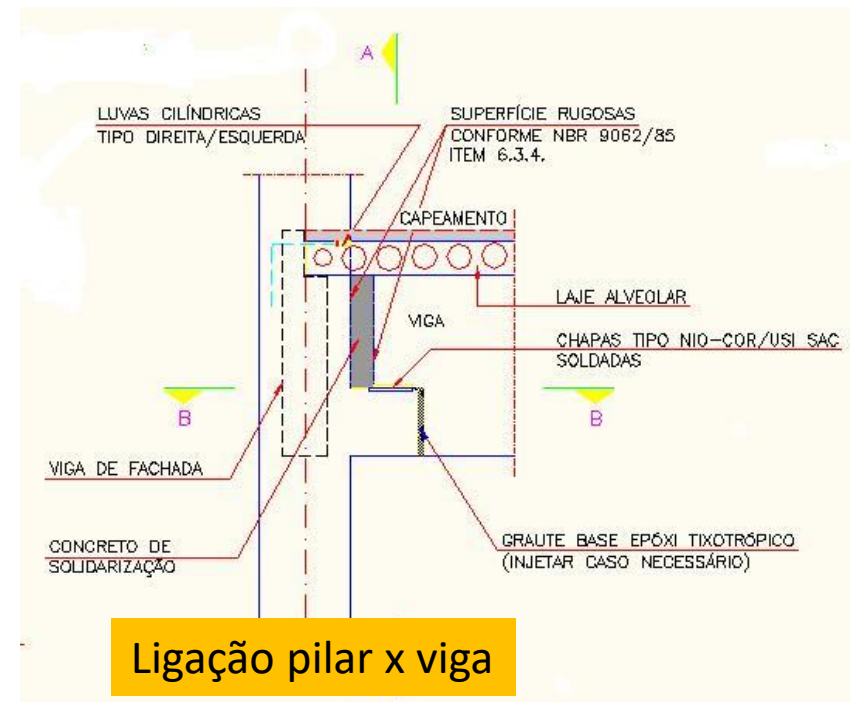
Capa de consolidação e chaveteamento



Painéis solidarizados com capa de concreto e malha de distribuição



Painéis solidarizados com capa de concreto e malha de distribuição



Ligação pilar x viga



Tipos de obras

- Edificações:
 - Galpões
 - Edifícios administrativos
 - Edifícios habitacionais
 - Casas
 - Apartamentos
- Pontes, aduelas, canais, tubulações, muros...



Funcionamento estrutural

- Na fase de transporte: peça por peça, esquema estrutural isostático, solicitação dinâmica
- Pórtico:
 - Na fase de montagem: hiperestático articulado, GH variável crescente
 - Após consolidação: hiperestático, monolítico ou semi-monolítico, alto GH
- Coberturas: usualmente isostáticas, reticuladas ou unidirecionais
- Lajes:
 - Na fase de montagem: unidirecionais, biapoiadas
 - Após consolidação: bidirecionais, eventualmente contínuas



Prazo e custo

- Prazo mais reduzido que obra convencional, comparável a estrutura metálica
- Custo aparente normalmente maior que convencional
- Efeito de custo sobre o projeto em geral é favorável, quando analisado de forma sistêmica



















Bibliografia e links

- Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto – Editora PINI
- Mounir Khalil El Debs: Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações
- PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete
- ABCIC www.abcic.org.br/
- ABCP www.abcp.org.br/
- PCI www.pci.org/
- Normas brasileiras ABNT NBR 6118:2007 e ABNT NBR 9062 e ABNT NBR 8681:2003