SEMINÁRIO

Infraestrutura em concreto: aplicações inovadoras e desafiadoras

Associação Brasileira de Cimento Portland

Abcic
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

ABIFER
Associação Brasileira da Indústria Ferroviária

CBT
COMITÊ BRASILEIRO DE TÚNEIS

As Estruturas de Concreto Pré-fabricado e a Mobilidade Urbana - Casos Reais em BRT´s, Aeroportos, Metrô e Rodovias

Engª Íria Lícia Oliva Doniak

Conceitos

- **Pré- moldado ou pré- fabricado?**

- **Definições: NBR 9062 Projeto e Execução de Estruturas Pré-Moldadas de Concreto.**

- **Pré-moldada é toda a estrutura moldada fora do local de uso defininitivo.**

No entanto para ser considerada pré-fabricada…

- **Deve ser produzida numa instalaçao industrial que satisfaça as exigências pré-estabelecidas em norma.**

- **Tais exigências estão baseadas nos M's do processo (mão do obra, método, meio ambiente, máquinas/equipamentos, materiais). Por exemplo, para que uma indústria seja considerada como tal deve apresentar no máximo um desvio padrão de 3,5 MPa para concretos fluídos e 4,0 MPa para concretos de baixo slump.**

Instalação Industrial

Usar pré-moldado ou pré-fabricado?

- **Depende da disponibilidade local**
- **Por questões de logística e viabilidade podem necessitar viabilizar as duas modalidades.**
- **Conformidade depende do atendimento integral aos requisitos estabelecidos na NBR 9062 – Projeto e Execução das Estruturas Pré-moldadas de Concreto e suas normas complementares.**
- **Contar com a expertise da indústria (especialmente em obras complexas como as de infraestrutura.**

Normalização

- ABNT NBR 9062:2006– Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado – Procedimento. (EM REVISÃO-CONSULTA NACIONAL)
- ABNT NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos
- ABNT NBR 12655:2006 – Concreto – Preparo, controle e recebimento – Procedimento.
- ABNT NBR 14931:2003 – Execução de estruturas de concreto – Procedimentos.
- ABNT NBR14861:2011 Lajes Alveolares pré-moldadas de concreto protendido (mesma comissão de estudos painéis – norma entrará em consulta nacional 2015)
- ABNT NBR 15146: 2011 Controle Tecnológico do Concreto –Qualificação de Pessoal (parte 3)
- ABNT NBR 16258: Estacas pré-fabricadas de Concreto

Certificação

- 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

- Qualidade, Segurança e Meio Ambiente

Vantagens do Sistema Construtivo

- **Eficiência Estrutural**
- **Flexibilidade Arquitetônica**
- **Versatilidade no Uso**
- **Conformidade com os Requisitos Estabelecidos em Normas Técnicas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), procedimentos, requisitos e desempenho.**
- **Velocidade de Construção**
- **Uso Racional de Recursos e menor impacto ambiental**

Vantagens Específicas Para Obras de Infraestrutura

O que as obras de infra estrutura tem em comum?

- **Usualmente são construídas em grandes centros ou rodovias, em uso, necessitando que os impactos no local sejam minimizados.**
- **Cumprem uma demanda específica. No Brasil muitas associadas aos eventos esportivos (Copa e Olimpíadas), Crescimento das Cidades (Mobilidade Urbana), Desenvolvimento do Agronegócio, Logística. Prazos de execução ousados.**
- **Concessionárias possuem requisitos contratuais de manutenção. Buscam portanto, reduzir custos de manutenção. Analisam custo x benefício, além dos custos de execução.**
- **Mix de sistemas construtivos , viabilidade técnica (arquitetura e estrutura), logística - equipamentos e sustentabilidade. O sistema é versátil e tem interface com outros sistemas ("in loco", metálica, madeira,…)**

BRT (Bus Rapid Transit)

Terminais Rodoviários Urbanos de Integração do BRT de Belo Horizonte

FICHAS TÉCNICAS	Terminal São Gabriel	Terminal Sarzedo	Terminal Ibirité	Terminal Vespasiano
Localização da obra	Belo Horizonte/MG	Sarzedo/MG	Ibirité/MG	Vespasiano/MG
Construtora	Constran	Marco XX	Collen Construtora	Sengel Construções
Estrutura pré-fabricada	Premo Construções e Empreendimentos	Premo Construções e Empreendimentos	Premo Construções e Empreendimentos	Premo Construções e Empreendimentos
Arquitetura	Osmar da Fonseca Barros, Maurício Meirelles	André Barra	André Barra	André Barra
Projeto estrutural do pré-fabricado e fundações	Anderson M. Alvim e Sebastião Mendes	Antonio Gonçalves de Andrade	Antonio Gonçalves de Andrade	Antonio Gonçalves de Andrade

Principais Desafios

- **Estrutura que tivesse boa interface com a complexidade da cobertura do terminal de São Gabriel com cargas de vento na região acima da média. (Protótipo foi submetido a ensaios em Túnel de Vento na UFRGS).**
- **Execução coincidente com o período de chuvas , exigindo adiantar ao máximo a terraplanagem , enquanto a construtora adintava os serviços em canteiro, a estrutura já estava sendo produzida em fábrica , afim de cumprir com os prazos estabelecidos.**
- **As estações de integração nos munícipios de Sarzedo, Vespasiano e Ibirité também foram atendidas. (Arquitetura Diferenciada a ser atendida).**

Montagem Terminal São Gabriel – Belo Horizonte

Montagem das vigas pré-fabricadas na construção do Terminal São Gabriel, em Belo Horizonte

Interface com a Estrutura Metálica de Cobertura

Detalhes Interface Cobertura Metálica e Pilares de concreto

Interligação da cobertura metálica com pilares pré-fabricados de diâmetro 100 cm

Pilar pré-fabricados de diâmetro 100 cm com inserts para interligação com estrutura metálica.

Produção dos Pilares

Formas dos pilares pré fabricados de diâmetro 100 cm

Blocos de fundação e consolos com inserts para interligação com estrutura metálica.

Interface nos mezaninos com estrutura pré-fabricada e balanços metálicos

Interligação Pré-fabricado/Metálico

Montagem das interligações

Montagem da cobertura

Montagem da passarela

Montagem Estações de Integração

- **Viga Barca Assimétrica em duplo balanço**
- **Apoiadas sobre vigas calha**

Montagem das Estações de Integração

Fixação de terças metálicas para conectar a cobertura

Detalhes da Interface da Estrutura com a Cobertura

Precisão de Montagem

Solidarização da estrutura - Encontro das vigas calhas com pilar

Detalhes da Solidarização

Figura 08: Apoio viga-viga

Figura 09: Vigas barcas apoiadas nas vigas calha

AEROPORTO DE BRASÍLIA

PIER NORTE E PIER SUL

FICHA TÉCNICA

- **Construtora:** ENGEVIX S.A./ Consórcio Helvix
- **Estrutura Pré-fabricada:** Cassol Pré-fabricados Ltda
- **Arquitetura:** Marcelo Minoliti, Gerardo Pucciarello e Gicele Coutinho Alves
- **Projeto Estrutural do pré-fabricado:** Luis Roberto Moritz
- **Area Construída:** 50405,00 m2
- **Volume de Concreto:**7.318,00m3

DESAFIOS

Contrato: firmado no final de Novembro 2012

Inicio Produção: Janeiro 2013.

Fábrica Canteiro: início 15/12/2012 (implantada até 20/01 – início da produção)

Final da Montagem: agosto de 2013

Pilares multifacetados (definição março de 2013)

Vigas protendidas/armadas

Pilares circulares

Logística: PR – SP – RJ - Brasília

Pilares Seção Circular

Pilares internos projetados com seção circular

Pilares de Periferia com Seção Multifcetada

Planta Forma metálica dos pilares especiais

Forma metálica dos pilares especiais

Pilar concretado

Pilares montados na obra

Estrutura Híbrida na Região das Esteiras

Esperas na estrutura para receber os perfis

Nichos esteiras

Detalhe da fixação dos perfis metálicos

Estrutura metálica instalada

Montagem Aeroporto de Brasília

Montagem Aeroporto de Brasília

Interface Pré-fabricado e Cobertura Metálica

A cobertura foi feita em estrutura metálica e os fechamentos da obra com vidro e alumínio

Vista Final Montagem Aeroporto de Brasília

AEROPORTO DE GUARULHOS

Ficha Técnica – Aeroporto Guarulhos

- TERMINAL 3
- Pré-fabricados solidarizados no local
- Fabricantes : T&A, CPI, IBPRÉ, Lajeal
- Construtora : OAS
- Projeto Estrutural : Typsa (Espanha)
- ATP : Zamarion e Millen
- Área construída : 180.000 m2

Montagem da Estrutura

Edifício Dique

Edifício Processador

METRÔ SP Linha 5 Lilás

- **Consórcio: Galvão – Serveng, Estações Alto da Boa Vista e Borba Gato.**

- **Projetista da Arquitetura e da Estrutura: GEODATA do Brasil Ltda (empresa do Gruppo GEODATA, Torino - Itália),**

- **ALVEOLARE: fornecedora das lajes alveolares de ambas Estações e respectivas Salas Técnicas, num total de 8.700m², com sobrecargas de até 2.600kgf/m²,**

- **IBPRÉ: fornecedora e montadora da estrutura pré-fabricada dos edifícios Salas Técnicas (um para cada estação) totalizando 612m³, bem como montadora das respectivas lajes alveolares, num total de 3.500m².**

Aplicação de Lajes Alveolares : Estação Linha 5

O Uso de Lajes Alveolares – Obras de Metrô:

- dispensaram qualquer tipo de cimbramento em local trabalho extremamente difícil,
- atenderem diversas combinações entre vãos e sobrecargas, por maiores que fossem,
- agilizarem os prazos e liberação de eixos para os próximos trabalhos,
- atenderem a todos os níveis de exigência – típico nas obras do Metrô – tais como a qualidade nos projetos e orientações para montagem e estocagem das peças, das próprias peças quanto a deformações e fissuração, tipos de ensaios e detalhamento de memórias de cálculo, TRRF inclusive.

CONSÓRCIO GALVÃO SERVENG
Galvão
SERVENG

RODOVIAS

Case Complexo Viário Porto de Itaguaí/RJ

Quadro resumo das megavigas

	N° vigas	Comprimento	Volume	Massa	Taxa Arm. Ativa	Taxa Arm. Passiva
Ponte rodoviária [1]	8	36,00 m	25,5 m^3	63,75 t	79,22 kg/m3	148,39 kg/m3
Ponte ferroviária [1]	36	17,45 m	13,46 m^3	33,65 t	40,87 kg/m3	189,59 kg/m3
Viaduto duplo [2]	**133**	**36,00 m**	23,00 m^3	57,50 t	50,23 kg/m3	204,97 kg/m3
Viaduto composto (Pera) [3]	**20**	29,60 m	20,42 m^3	51,06 t	39,17 kg/m3	237,44 kg/m3
Cabeças das vigas do viaduto [3]	**20**	3,85 m	6,70 m^3	16,76 t	-	207,40 kg/m3

Projetistas estruturais: [1] Cerne Eng /Geraldo Filizola; [2] Pacs Eng /Rogério Barros de Souza e [3] Planave Eng/ Francisco J. C. Reis

- **Inicialmente, as vigas do viaduto composto (pera) foram concebidas para ter quase 70t. Devido ao grande peso, para viabilizar a execução em pré-fabricado, houve a necessidade de realizar três vigas em uma: duas vigas com apoio (cabeça) e uma apenas com o corpo. A solução foi obtida utilizando um projeto misto, produzindo vigas tripartidas, com: a região dos apoios (cabeças) armados, alma das vigas protendidas com pré-tração e todo o conjunto consolidado na obra por pós-tração.**

MONTAGEM
Ponte Rio Cação

MONTAGEM
Ponte Ferroviária

MONTAGEM
Ponte Ferroviária

MONTAGEM
Viaduto da Pera

MONTAGEM
Viaduto da Pera

PILARES ESPECIAIS – MONTAGEM
Viaduto da Pera

INTERFACE METÁLICA PRÉ-FABRICADO
Viaduto da Pera

MONTAGEM
Viaduto da Rodoviário

MONTAGEM
Viaduto da Rodoviário

CONSIDERAÇÕES:

- Desafio inicialmente foi cumprido, destacando-se:
- Término da obra em tempo recorde para vigas de grande dimensão!
- Projeto: sucesso a migração da protensão por pós-tração (inicialmente proposto na moldagem *in loco*) para a pré-tração (na fábrica) ou Misto.
- Cuidados específicos CAA
- Sistema ideal para Pontes e Viadutos Urbanos devido a falta de espaço nos canteiros.
- Brasil precisa padronizar para aumentar a produtividade e baixar o custo de suas obras rodoviárias.

ARTIGO!

INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Megavigas pré-fabricadas: projeto, tecnologia do CAA, produção e montagem em obra

GUSTAVO ROVARIS – Gerente de Fábrica, Unidade RJ
CASSOL Pré-fabricados em Concreto

RICARDO ALENCAR – Gerente de Pré-moldados e Concreteiras
VIAPOL | The Euclid Chemical

1. INTRODUÇÃO

O cenário da construção civil brasileira mudou muito de cinco anos pra cá. Antes, quando se falava em sistema pré-fabricado o foco eram as obras industriais, comerciais e logísticas, onde o retorno mais rápido do investimento justificava o custo inicial um pouco maior. Hoje, o setor se depara com desafios maiores, tais como: a escassez de profissionais e os atrasos. Por isso, cada vez mais, está se lançando mão de medidas para aumentar a produtividade. Não é à toa que o pré-fabricado vem tendo sucessivas exceptivas de crescimento superiores a 12% ao ano (Métrica, 2010/ Abcic, 2012) e expandindo para obras de infraestrutura, onde tradicionalmente, até então, pouco se usava este sistema. Isso porque a melhor forma de resolver os "gargalos" do setor é industrializar.

Particularmente, a cidade do Rio de Janeiro está se transformando em diversitcados 'canteiros de obras" e o processo de modernização já chegou com atraso (O Empreiteiro, 2013). São obras variadas ligadas a: Copa, Olimpíadas, revitalização da cidade, negócios do petróleo e infraestrutura em geral.

2. O DESAFIO

Falta espaço nos próprios canteiros e essa foi a razão principal para a Construtora Empresa Brasileira de Terraplanagem e Engenharia (EBTE) ter optado por contratar uma empresa com *know-how* em pré-fabricados para produzir a parte mais complexa da estrutura de um conjunto de obras de infraestrutura no Rio de Janeiro. O complexo viário foi composto por quase 200 vigas de até 36m para viadutos e pontes; algo pioneiro para uma produção em planta industrial no Brasil!

Aliado à falta de espaço no canteiro, a qualidade e possibilidade de produzir parte da estrutura em paralelo à fundação, ganhando tempo, foram fundamentais na tomada de decisão da Construtora. Essa produção foi iniciada em dez/2011 e finalizada em maio/2013, visando à sincronização com o andamento da obra em canteiro.

O grande desafio de se produzir vigas de tal proporção, dentro de uma planta de pré-fabricados, foi:

- Compatibilização dos projetos do método convencional para o sistema industrializado;
- Produção e logística de movimentação interna (fábrica) e externa (transporte e montagem na obra) das peças de até 62t;
- Tecnologia de concreto para se minimizar patologia, diante de peças altamente complexas; motivo pelo qual foi eleito o concreto autoadensável (CAA).

CONCRETO

35

CONCLUSÕES:

- A pré-fabricação em concreto é sempre uma possibilidade para todo o tipo de obra, precisa ser avaliada em relação a viabilidade (custoX benefício),não sendo possível fazer um comparativo de custo direto com os sistemas convencionais.

- A pré-fabricação em concreto apresenta uma solução construtiva e não um componente da estrutura.

- Pode se viabilizar integralmente ou parcialmente.

- A Logística é determinante para a viabilidade.

- A racionalização construtiva não se restringe apenas na alteração de determinados processos construtivos, mas deve abranger também a uma mudança de postura nas fases de projeto. (Rosso)

AGRADECIMENTOS

Engº Eduardo Millen
Empresa: Zamarion e Millen
Metrô e Aeroporto de Guarulhos

Engº Francisco Celso
Empresa: PREMO Soluções Construtivas
BRT's Belo Horizonte

Engº Gustavo Rovaris
Empresa: Cassol Pré-Fabricados
Aeroporto Internacional de Brasília
Complexo Viário

Eng° José Eduardo de Souza Campos F °
Empresa: Alveolare Brasil
Metrôs

Engº Vitor Almeida
Empresa: T&A
Aeroporto de Guarulhos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

INDUSTRIALIZAR EM CONCRETO , Publicação especializada da Abcic, São Paulo, Mecânica Comunicação, N.º 2, Agosto/2014, p.14.

INDUSTRIALIZAR EM CONCRETO ,Publicação especializada da Abcic, São Paulo, Mecânica Comunicação, N.º 3, Dezembro/2014, p.12.

CONCRETO & CONSTRUÇÕES , Publicação IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto), São Paulo, N.º 72, OUT-DEZ/2013, p.35.

GRATA PELA ATENÇÃO

!

iria@abcic.org.br