

O Estado da Arte da Construção Industrializada de Concreto: Casos Reais

MODERNIZAÇÃO DO PACAEMBU

Engenharia e concreto pré-fabricado na reinvenção de um marco histórico brasileiro

LUIS ANDRE TOMAZONI

JOSÉ LAGINHA



A CONSTRUÇÃO ORIGINAL, 1940

Arquibancadas moldadas sobre o talude natural

Implantado no fundo de um vale, o estádio aproveitou a topografia: boa parte das arquibancadas foi moldada sobre o talude, apoiada no próprio terreno.

Geometria variável

Curvatura e inclinação seguem o terreno, não um traçado modular.

Sem espaço sob a arquibancada

Os degraus apoiados no solo não deixavam área utilizável embaixo.



Execução das arquibancadas sobre o talude natural do terreno em 1940



Vista parcial da arquibancada, com a curvatura contínua acompanhando a encosta

O CONTEXTO DA CONCESSÃO

Concessão e diversificação de usos

Com a concessão, o complexo deixa de ser só um estádio de futebol e passa a receber esporte, eventos, comércio, serviços e cultura. Isso exigiu repensar a estrutura, não apenas as instalações.

- **Novos usos no mesmo complexo**

Lojas, restaurantes, eventos, espaços institucionais e culturais.

- **Ampliar a área útil**

Sem alterar a silhueta: o tombamento fixa o gabarito de altura.

- **Ocupar a área sob as arquibancadas**

Área que não existia na estrutura de 1940.

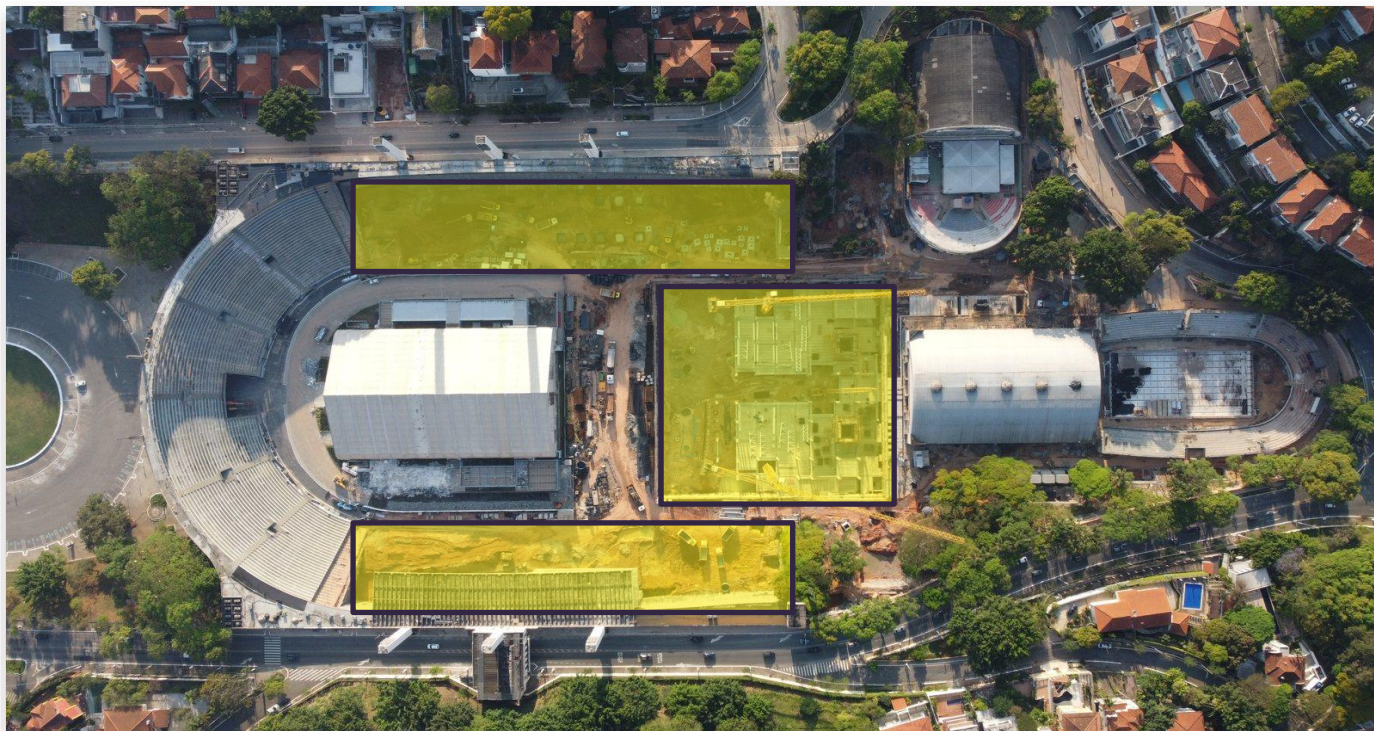


Fachada do Estádio Municipal Paulo Machado de Carvalho, tombado pelo patrimônio histórico

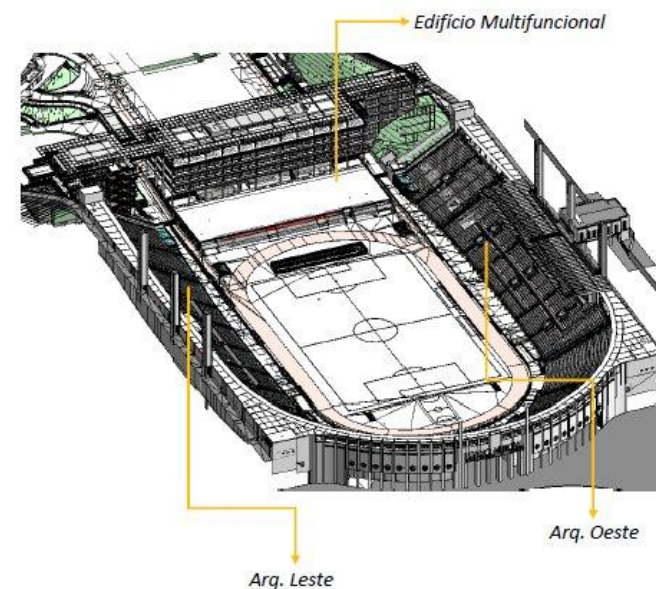
ESCOPO DA INTERVENÇÃO

Industrializar uma estrutura sem padrão

Escopo da Cassol Pré-Fabricados: arquibancadas leste e oeste e o Edifício Multifuncional (EDM).
O desafio: industrializar uma estrutura sinuosa e não padronizada, mantendo a estética original.



Complexo Pacaembu: áreas contempladas na reforma, em amarelo



Esquema de regiões: arquibancadas leste/oeste e Edifício Multifuncional

O DESAFIO GEOMÉTRICO

130 vigas e 400 degraus, nenhum igual ao outro

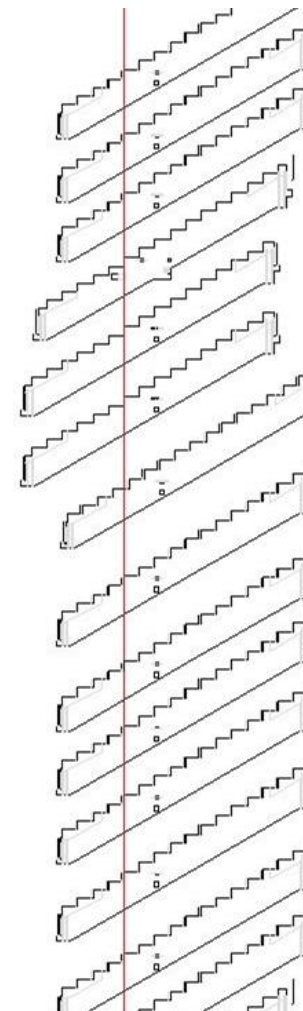
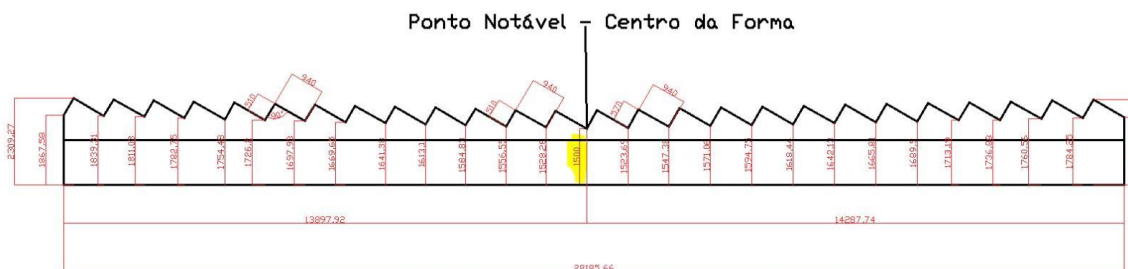
Manter a geometria original exigiu customização excepcional em um sistema cuja produtividade depende da repetição.

130

VIGAS “JACARÉ”, CADA UMA COM GEOMETRIA ÚNICA

400

TIPOS DE DEGRAUS COM CONTORNOS ESCONSOS



Pontos notáveis ao longo da arquibancada leste (linha vermelha)

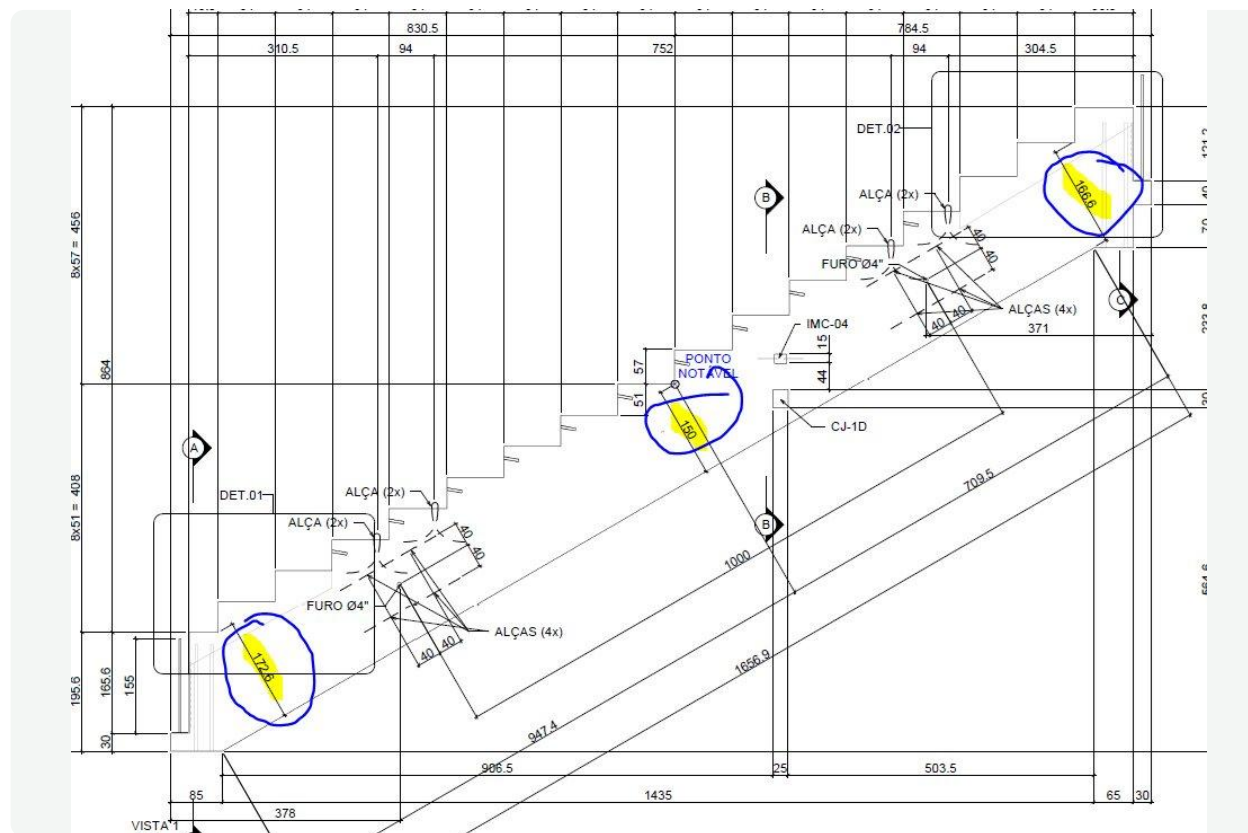
A SOLUÇÃO ENCONTRADA

O ponto notável: a medida comum a 130 vigas

1,50 m

PONTO NOTÁVEL, COMUM A TODAS AS VIGAS

Um estudo das 130 vigas revelou uma medida em comum: a 1,50 m da base, ponto em que convergem as variações de altura. Acima e abaixo dele, a altura aumenta de forma diferente para cada sentido da viga, acompanhando a variação dos degraus (51 e 57 cm).



Ponto notável a 150 cm da base da viga

DA SOLUÇÃO À PRODUÇÃO

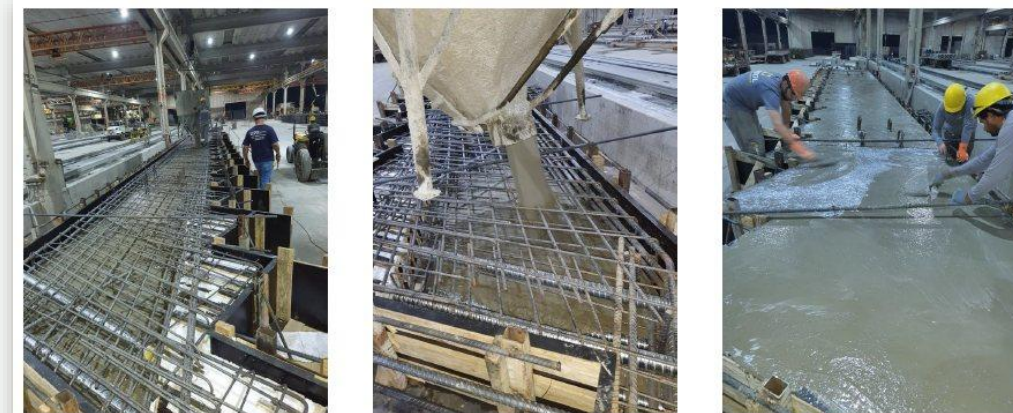
Um único conjunto de formas para 130 vigas

O gabarito metálico deslizante tem base fixa e modular até o ponto notável e molde superior variável. Redução expressiva de custo e prazo, com a precisão que o projeto exigia.

0% DE RETRABALHO EM OBRA



Montagem da forma das vigas tipo jacaré



Concretagem das vigas

ENGENHARIA ESTRUTURAL AVANÇADA

Dimensionamento pelo Método do Campo de Tensões

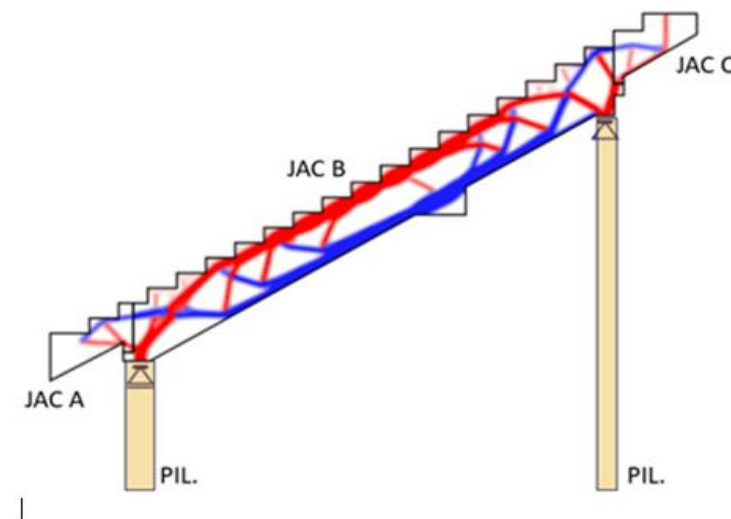
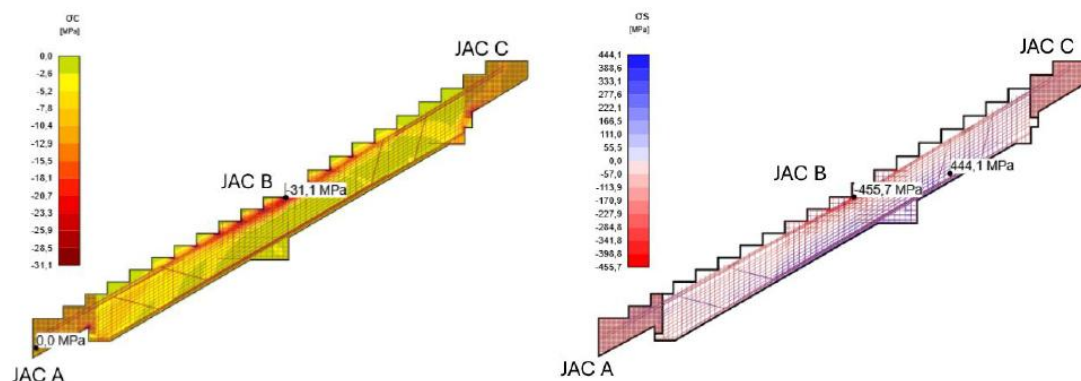
Método do Campo de Tensões

Momentos fletores, cortantes e esforços axiais atuando juntos, com o caminho real das tensões internas.

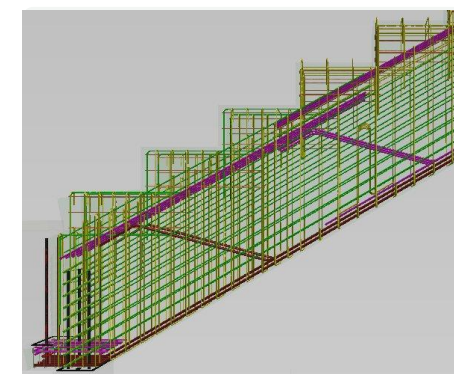
Estribos inclinados em 120° graus em relação ao eixo da viga

Para o dimensionamento a cortante necessitou a utilização da armadura de pele mais barras dobradas.

Controle de tensões
concreto/aço



Esforços de tração (azul) e compressão (vermelho) na viga jacaré



Detalhamento 3D da armadura

MATERIAIS E COORDENAÇÃO DIGITAL

Degraus esbeltos e projeto integral em BIM

Degraus de arquibancada em concreto fck 50 Mpa com espessura da ordem de 11cm, com aditivos cristalizantes. Impermeáveis sob exposição direta, sem fissuras ou vazamentos aparentes.

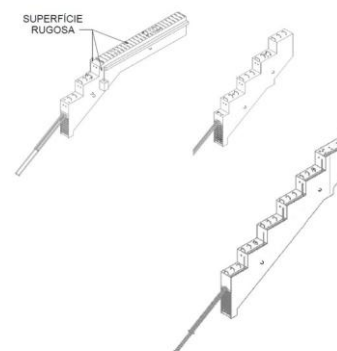
Peça delgada e durável significa menos peso, menos consumo de material e menos manutenção futura.

Concreto pigmentado, após sucessivos testes de tonalidade, para reproduzir a cor das peças originais.

BIM como condição de viabilidade. Com centenas de peças únicas, o CAD 2D seria inviável. Todas as armaduras foram modeladas em 3D.



Montagem da arquibancada leste, concreto exposto às intempéries



Modelo 3D do cruzamento de armaduras da viga jacaré e degraus

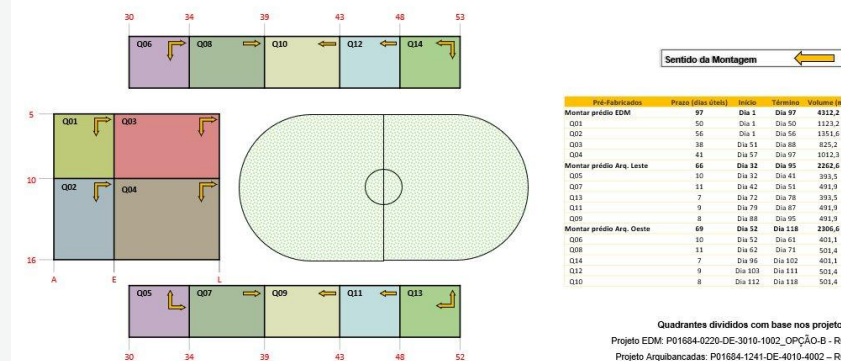
EXECUÇÃO EM AMBIENTE URBANO

Vencendo a Zona de Restrição de Caminhões

Rampas estreitas, área urbana densa e frentes simultâneas. Um plano de ataque, feito com o cliente na fase de projeto, mapeou as interferências.

O canteiro está na Zona de Restrição de Caminhões, em área residencial. O plano de logística, com cargas diárias e trajetos, foi aprovado pelo CET.

- 1 Até 10 carretas estacionadas ao mesmo tempo na Praça Charles Miller.
- 2 Placas pré-cadastradas, para cancelar as multas das câmeras no trajeto.
- 3 Com a praça cheia, as demais aguardavam na Marginal Tietê.



Esquema do plano de ataque para montagem



Possibilidade de utilizar a praça Charles Muller como estacionamento para as carretas.

Zona de restrição e trajeto planejado até o canteiro

UMA NOVA INFRAESTRUTURA SOB O GRAMADO

Edifício Multifuncional (EDM)

Erguido onde ficava o antigo “tobogã”, o EDM tem cinco níveis de laje abaixo da cota do gramado, entre paredes diafragma atirantadas. A estrutura pré-fabricada ajudou a conter o terreno, absorvendo parte dos esforços dos tirantes. Acima do gramado, moldada in loco por restrição de gabarito.

86 x 86 m

DIMENSÕES EM PLANTA

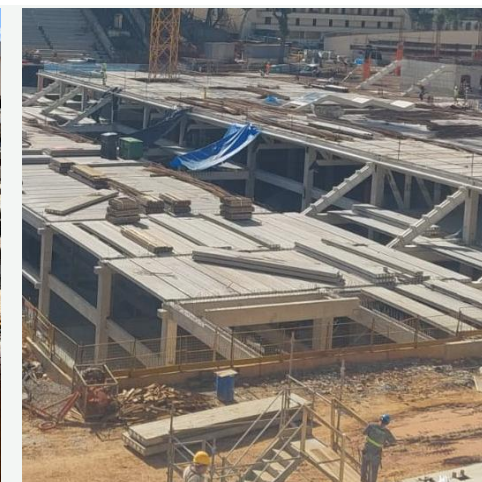
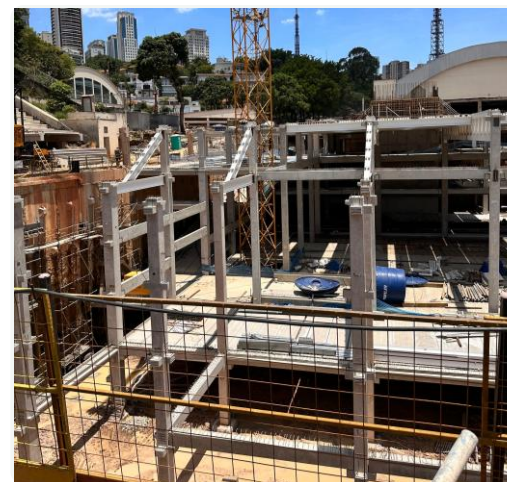
18 m

PROFUNDIDADE EM ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA (5 níveis)

Montagem em profundidade. Variações da parede diafragma exigiram ajustes em campo, com verificação integrada à produção. Duas gruas de 23 t na etapa, e um guindaste de 75 t içado até o fundo da escavação para as peças mais pesadas.



Montagem do EDM dentro da parede diafragma



Montagem do EDM arquibancadas fontais

UMA NOVA INFRAESTRUTURA SOB O GRAMADO

Edifício Multifuncional (EDM)

Erguido onde ficava o antigo “tobogã”, o EDM tem cinco níveis de laje abaixo da cota do gramado, entre paredes diafragma atirantadas. A estrutura pré-fabricada ajudou a conter o terreno, absorvendo parte dos esforços dos tirantes. Acima do gramado, moldada in loco por restrição de gabarito.

86 x 86 m

DIMENSÕES EM PLANTA

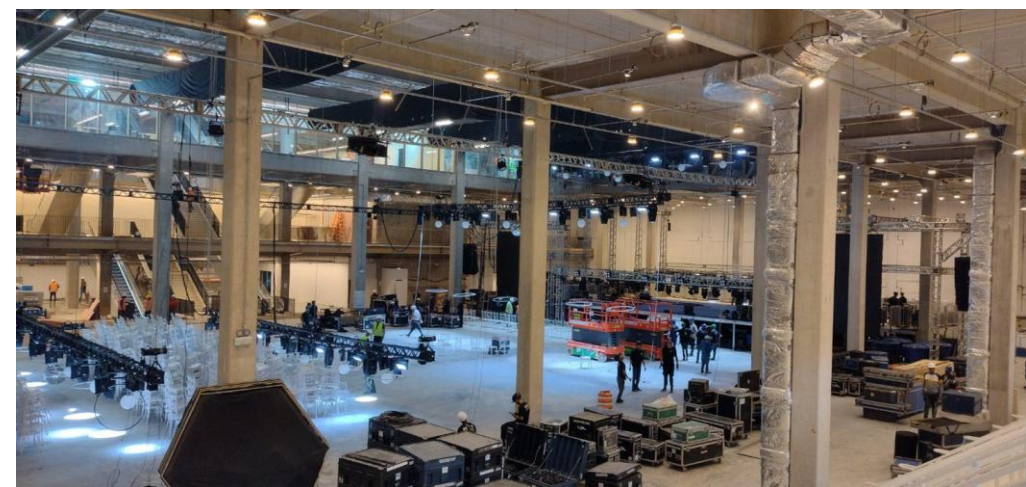
18 m

PROFUNDIDADE EM ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA (5 níveis)

Montagem em profundidade. Variações da parede diafragma exigiram ajustes em campo, com verificação integrada à produção. Duas gruas de 23 t na etapa, e um guindaste de 75 t içado até o fundo da escavação para as peças mais pesadas.



Montagem do EDM – bancos pigmentados internos (montagem posterior)



Montagem de evento no interior do EDM

PRECISÃO EM GRANDE ESCALA

Montagem simultânea das arquibancadas

Guindastes de 100 e 140 t

Com verificação dimensional prévia dos apoios sobre a contenção in loco.



Sapatas pré-fabricadas entregues para as fundações da arquibancada

Sequenciamento planejado

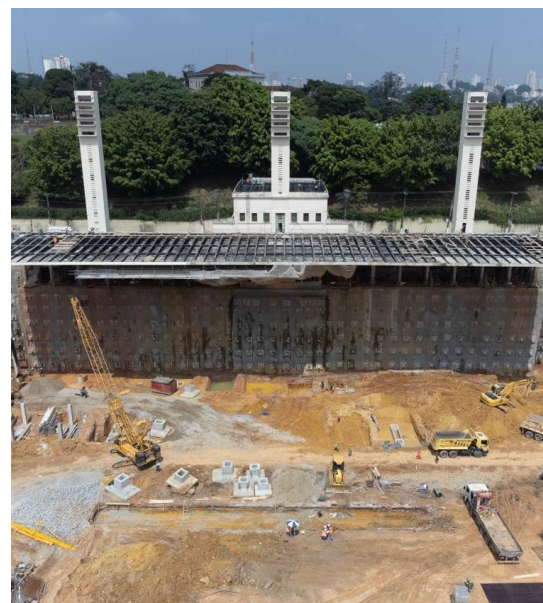
Múltiplos níveis de peças, com travamento seguro dos conjuntos a cada etapa.



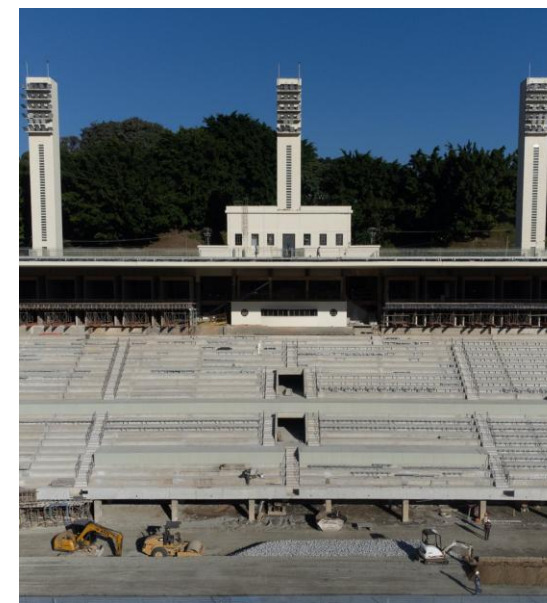
Vigas duplas para recebimento de lajes

Sapatas pré-fabricadas

Sem forma, armação e concretagem em canteiro: só nivelar, posicionar e reaterrar.



Início da montagem da arquibancada oeste



Arquibancada oeste finalizada

PRECISÃO EM GRANDE ESCALA

Montagem simultânea das arquibancadas

Guindastes de 100 e 140 t

Com verificação dimensional prévia dos apoios sobre a contenção in loco.



Arquibancada leste em execução da cortina e reforços da estrutura

Sequenciamento planejado

Múltiplos níveis de peças, com travamento seguro dos conjuntos a cada etapa.



Arquibancada leste finalizada

Sapatas pré-fabricadas

Sem forma, armação e concretagem em canteiro: só nivelar, posicionar e reaterrar.



Arquibancadas finalizadas

UMA NOVA CAMADA FUNCIONAL

Espaços que o estádio nunca teve

Onde antes havia arquibancada apoiada no terreno, a nova estrutura abriu vãos livres para circulação, sanitários, lanchonetes e espaços comerciais, institucionais e de eventos, sem interferir nas arquibancadas superiores.

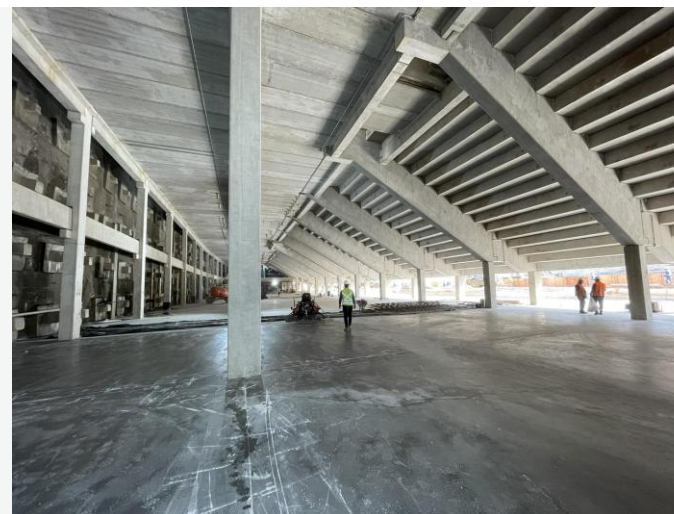
Em pórticos pré-fabricados, esses ambientes podem ser reconfigurados conforme novas demandas.

15 m

DE VÃO LIVRE SOB AS
ARQUIBANCADAS

130 m

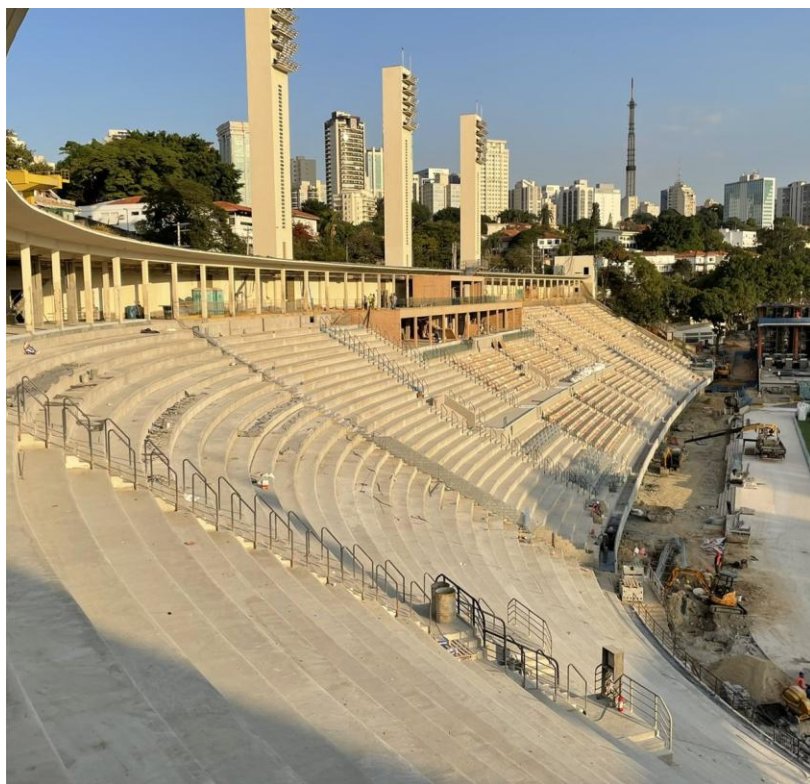
DE EXTENSÃO TOTAL DA NOVA
ÁREA FUNCIONAL



Vãos livres sob a arquibancada, prontos para os novos usos

O RESULTADO

O encontro entre a estrutura original e a nova



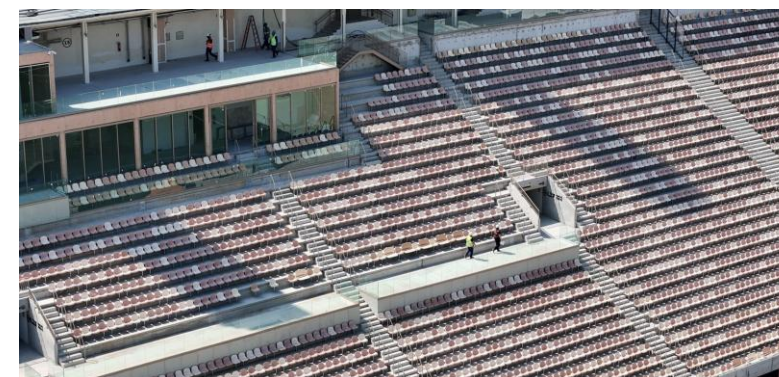
Curvatura da arquibancada preservada, conforme projeto original



Encontro da arquibancada original com a nova estrutura pré-fabricada



EDM avançando a estrutura in loco



Arquibancada finalizada

LIÇÕES PARA A ENGENHARIA INDUSTRIALIZADA

O que fica para as próximas obras

■ Customização em escala

Peças únicas viabilizadas por um gabarito modular inteligente, sem perder produtividade de fábrica.

■ BIM como pré-requisito

Em geometrias complexas, a modelagem 3D deixa de ser diferencial e se torna condição de viabilidade.

■ Pré-fabricado e patrimônio

Tecnologia industrializada pode preservar identidade arquitetônica, não apenas substituí-la.

■ Modelos avançados de cálculo

O Método do Campo de Tensões amplia o que o pré-fabricado pode assumir estruturalmente.

■ Logística como projeto

Planejamento urbano de transporte integrado à engenharia estrutural, desde a concepção.

MODERNIZAÇÃO DO PACAEMBU

OBRIGADO !

LUIS ANDRE TOMAZONI

JOSÉ LAGINHA

