

# téchné

construção

Revista de  
Tecnologia e  
Negócios da  
Construção

PINI

apoio  
IPT

www.piniweb.com

## ENTREVISTA

Alberto de Campos  
Borges: uma aula que  
já dura 50 anos

Pavimentos  
intertravados  
de concreto

## RECUPERAÇÃO

As obras subaquáticas  
do cais de Salvador

## MERCADO

Pesquisa imobiliária  
ajuda a definir o  
empreendimento?

## ARTIGO

As aplicações do  
pínus na construção

# Automação predial

Investir em tecnologias de  
operação predial valoriza o  
empreendimento, facilita a locação  
e reduz custos de condomínio

COMO CONSTRUIR Revestimento de gesso projetado



## Reforço estrutural

# Cais por um X

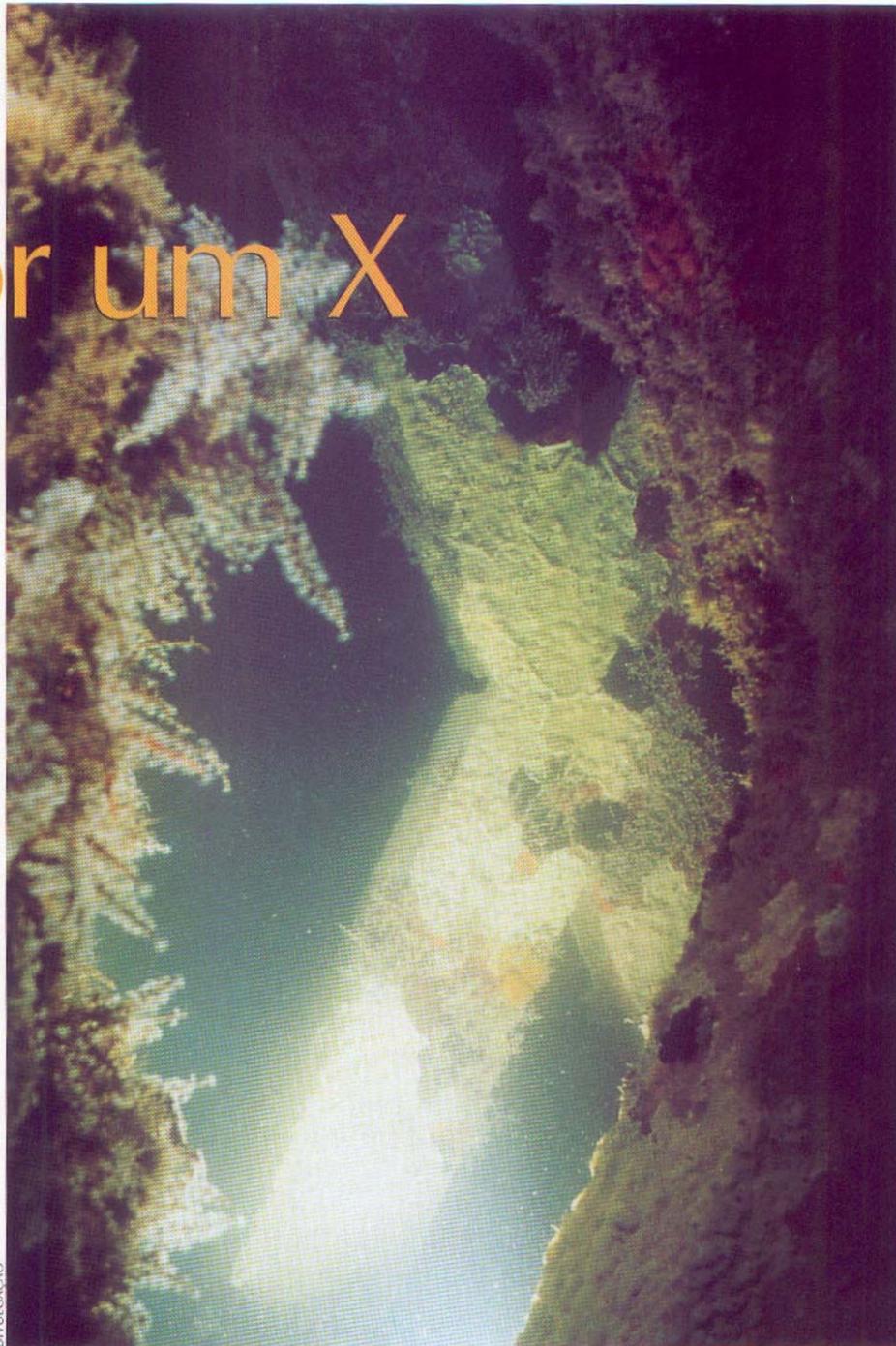
Instalação de um grande equipamento exigiu o reforço das estruturas submersas do cais do porto de Salvador. Peças pré-moldadas e mergulhadores facilitaram a operação

Reportagem Tania Bértolo

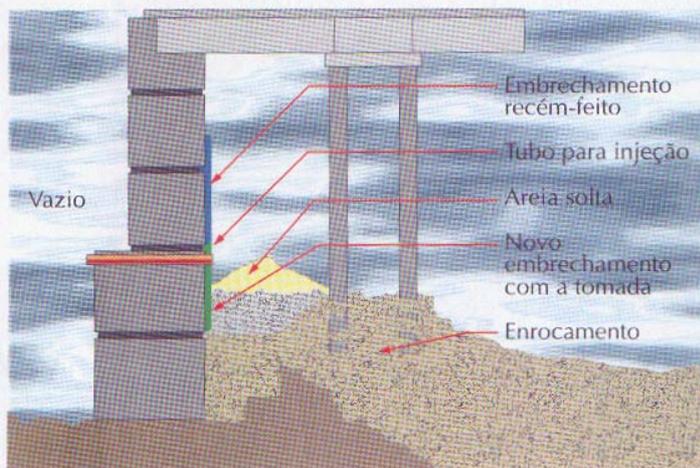
A demanda por um novo equipamento de descarregamento de navios levou o Tecon (Terminal de Contêineres) do porto de Salvador-BA a contratar uma obra de reforço da estrutura do cais principal. O projeto da estrutura original estava dimensionado para suportar 15 t/m<sup>2</sup>, mas com a instalação dos dois portêineres – contêineres *cranes* –, importados da China, a carga passou a ser de 30 t/m<sup>2</sup> nas vigas de suporte dos trilhos dos novos equipamentos, que até então serviam de apoio aos guindastes existentes. Após uma avaliação técnica ficou constatado que a segurança da estrutura estava no limite para os novos esforços, em especial, no que diz respeito ao risco de flambagem das estacas submersas.

Para aumentar a resistência contra flambagem, a Belov, empresa baiana que executou os serviços, e o Peotta, escritório fluminense responsável pelo cálculo, elaboraram um projeto de reforço da estrutura. De início, a solução seria metálica, com elementos individuais aparafusados à estrutura existente. “A experiência, porém, indicou que uma solução com pré-moldados de concreto seria a melhor”, explica o engenheiro Hildegardo Nogueira Filho, da Belov. “Seria muito difícil conseguir encaixes perfeitos com peças metálicas”, completa.

A decisão determinou o reforço de 41 blocos, que são formados por quatro conjuntos de estacas cada um. A sustentação foi executada com o contraventamento dos dois andares intermediários dos blocos nos sentidos transversal (de atracamento do navio) e longitudinal.



DIVULGAÇÃO



### ENROCAMENTO

A presença de areia sobre o enrocamento, após a execução do embreçamento do bloco em um dos vãos da estrutura, determinou a injeção de argamassa para vedar a passagem da água que penetra no paramento do cais por baixo do nível do solo

# Reforço estrutural



FOTOS: DIVULGAÇÃO



O transporte das peças foi feito com a ajuda de uma empilhadeira que posicionava o pré-moldado no local a ser encaixado embaixo d'água



Para solidarizar o pré-moldado à estrutura existente foram feitas armaduras de aço que enlaçavam os arranques deixados nas peças



A fabricação e a estocagem dos pré-moldados foram feitas no próprio canteiro. A armadura (à direita) foi posicionada na fôrma da primeira peça da camada para a execução da concretagem. Em seguida, eram produzidas as outras peças, uma em cima da outra, separadas por uma camada de tinta betuminosa (à esquerda)

4



A etapa de confecção das fôrmas foi uma das mais trabalhosas da obra. Formadas por duas partes, os moldes quase não foram reaproveitados devido à diferença dimensional entre as partes da estrutura existente

## Concretagem submersa

Debaixo d'água é preciso evitar a segregação a qualquer custo

O concreto lançado em estruturas submersas deve ter consistência maior do que aqueles utilizados em estruturas ao ar livre. Essa é a principal recomendação dos especialistas, exigência que visa impedir a segregação do material e os efeitos prejudiciais da contraposição do empuxo à força da gravidade no momento do lançamento. "A mistura deve ser a mais homogênea e coesa possível", recomenda o consultor Salvador Giammusso. A massa pode receber adição de antidispersantes subaquáticos, superplastificantes e sílica ativa, o que aumenta a coesão do material. A baixa relação água/cimento – entre 0,4 e 0,5 – e consumo de cimento de cerca de 400 kg/m<sup>3</sup> são outros itens que devem ser observados.

Lançar o concreto por bombeamento contínuo com a total expulsão da água presente nas fôrmas é o método mais correto. "A borra (nome dado à primeira parte do concreto lançado no molde) deve ser totalmente descartada, sob pena de acarretar segregação ao concreto", explica o engenheiro Carlos Eduardo de Siqueira Tango, pesquisador do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). Para tanto, deve-se controlar o volume de concreto lançado para garantir que a ponta do tubo de injeção esteja sempre abaixo da borra. Quando a nata expulsa for grossa e consistente o bombeamento pode ser paralisado.

T.B.

5

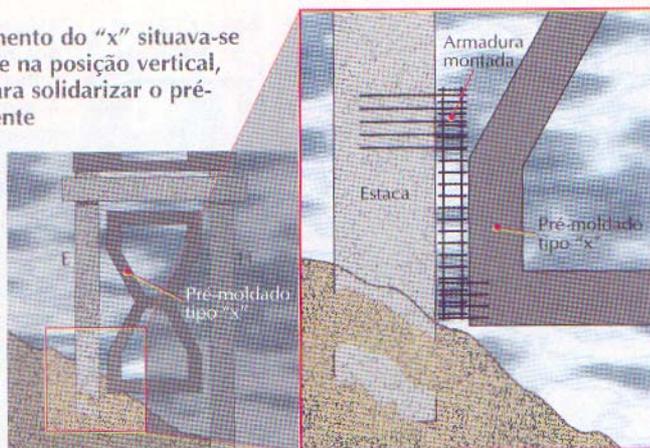


A injeção de argamassa nos moldes foi feita por meio de tubos injetores posicionados em espaçamentos regulares. As fôrmas foram previamente preenchidas com brita

## Reforço estrutural

### DETALHE

Em locais onde o engastamento do “x” situava-se junto ao solo, com o talude na posição vertical, executou-se uma vigota para solidarizar o pré-moldado à estrutura existente



No sentido longitudinal foram executadas paredes no andar inferior e, transversalmente, dois andares de pré-moldados no formato de “x”. A forma desses elementos possibilitou o travamento da estrutura, eliminando qualquer risco. A opção por pré-moldados permitiu a absorção de desvios de locação do projeto original e facilitou adaptações. “No projeto as estacas estavam alinhadas, mas em campo havia diferenças de dimensão e posicionamento”, explica o engenheiro Roberto Accioly Peotta. Além disso, o emprego de peças de concreto armado proporcionou maior capacidade de resistência à corrosão e rapidez de execução.

### Canteiro de fabricação

As peças de concreto foram fabricadas em uma linha de produção instalada no próprio canteiro de obras. Em primeiro lugar eram produzidos os miolos dos pré-moldados do tipo “x” em que foram encaixadas as armaduras e, depois, as fôrmas laterais para, ao final, completarem-se as concretagens. Para facilitar o armazenamento, as peças foram

concretadas uma em cima da outra – separadas por uma camada de tinta betuminosa. Uma empilhadeira levava os pré-moldados para a beira do cais. “O correto seria usar um guindaste para içar as peças e levá-las até o local de submersão, mas o orçamento não foi suficiente”, explica Nogueira. “Adaptamos uma empilhadeira encaixando uma espécie de garfo metálico e um *tirfor*, macaco que permite tracionar, puxando as cargas para cima.” Os pré-moldados do tipo parede foram fabricados de acordo com uma seqüência semelhante.

Enquanto os pré-moldados eram fabricados, a equipe de mergulhadores – 22 ao todo – fazia a limpeza e o apicoamento da matéria orgânica acumulada em cada peça da subestrutura. Em seguida, os pré-moldados – tanto do tipo “x”, como do

tipo parede – eram posicionados embaixo d’água para que pudessem ser unidos à estrutura existente por meio de armaduras de aço ligadas aos arranques deixados nos pré-moldados.

Na etapa seguinte foram posicionadas as fôrmas de aço para a concretagem do bloco que solidariza a estrutura existente ao elemento pré-moldado. Essas fôrmas são compostas por duas partes que deveriam se encaixar, ao final, por meio de rasgos nas laterais. “Foi muito difícil conseguir essa solidarização, pois a diferença dimensional entre peças da estrutura impossibilitava, muitas vezes, o reaproveitamento das fôrmas”, explica Nogueira. “E embaixo d’água é tudo mais complicado.”

A vedação das aberturas laterais das fôrmas foi feita com sarrafos de madeira ou tiras de metal, e com uma mistura de cimento e argila plástica (proporção 1:1), preparada em betoneira. A concretagem das uniões foi realizada de acordo com uma técnica específica: lançamento do agregado graúdo (brita 2) nos espaços entre a estrutura existente e as fôrmas e posterior injeção de argamassa nos vazios da matriz de agregados. Para fazer a injeção dessa argamassa, composta por areia, cimento e aditivos, com consumo de cimento em torno de 600 kg/m<sup>3</sup> de peça pronta, foram encaixados purgadores – tubos auxiliares – regularmente espaçados. O fator água/cimento foi de 0,5 e a resistência do concreto alcançada ficou em torno de 30 MPa.

Por conta da existência de uma laje, havia alguns locais com espaços reduzidos, o que impedia a colocação de brita dentro das fôrmas. A solução encontrada para esses casos foi o uso de uma argamassa com adição de fibra de polipropileno, que resultou em resistência igual à do concreto utilizado nos outros locais. Segundo o engenheiro Peotta, “a brita diminui o consumo de cimento e a retração, mas embaixo d’água não há muito problema com a retração”. Por isso a brita – elemento inerte – foi substituída pela fibra de polipropileno, que absorve de maneira satisfatória as tensões de tração resultantes da retração química do cimento ou da desforma, evitando a ocorrência de fissuras. Os dois tipos de massa foram injetados com o auxílio de bomba até que a água salgada presente dentro das fôrmas fosse totalmente expulsa. A desforma pôde ser feita após 24 horas. **E**



### DESEMBARQUE

A chegada dos *portêineres* importados da China – com carga total de 30 t – coincidiu com o término das obras do cais do porto de Salvador

### Ficha técnica

projeto: Peotta; execução dos serviços: Belov; fiscalização das obras: KSD