

MÉTODO DO CAIXÃO FLUTUANTE PARA CONSTRUÇÃO DO SIFÃO SOB O RIO PINHEIROS

ENG.º SHIGUERU KAKO (*)

SUMÁRIO:

1. SIFÃO SOB O RIO PINHEIROS
2. ESCOLHA DO PROCESSO CONSTRUTIVO
3. CARACTERÍSTICA DO PROJETO
4. SEQUÊNCIA DO PROCESSO CONSTRUTIVO
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trata-se do método utilizado na construção do sifão invertido sob o rio Pinheiros, cuja finalidade é a ligação dos interceptores da Margem Oeste com os da Margem Leste.

O método é inédito no Brasil, porém já empregado em países da Europa e Estados Unidos com grande sucesso, para travessias rodoviárias de canais, rios e braços de mar.

Consiste na pré-fabricação de uma peça em uma ensecadeira situada à margem do rio, que por flutuação é transportada para a posição definitiva e submersa no local previsto.

1. SIFÃO SOB O RIO PINHEIROS

O plano de afastamento, tratamento e disposição final dos esgotos da Área Metropolitana de São Paulo está subdividido em sub-áreas denominadas «Sistemas».

No Sistema Pinheiros, foi executado o sifão sob o rio Pinheiros, que faz a ligação dos interceptores da Margem Oeste com os da Margem Leste.

Trata-se de um sifão invertido com 93,00 metros de comprimento e seção de vazão de 3 Ø 1,40 m.

O desenho n.º 1 indica a seção.

(*) Engenheiro da Superintendência de Construção da CSA-SABESP.

2. ESCOLHA DO PROCESSO CONSTRUTIVO

Para execução do sifão sob o rio Pinheiros foi abandonado de imediato o processo construtivo tradicional da ensecadeira e desvio do rio com prejuízo da seção de vazão.

Esta solução foi abandonada pela necessidade de se manter livre pelo menos 2/3 da seção do canal do rio Pinheiros, principal abastecedor da represa Billings e cujas águas são lançadas na usina hidrelétrica de Cubatão.

Nestas condições, o processo construtivo a ser empregado não deveria causar prejuízos, mesmo temporário, ao sistema energético.

A fim de atender esta exigência, a SANESP desenvolveu duas alternativas:

MÉTODO DA TRELIÇA METÁLICA

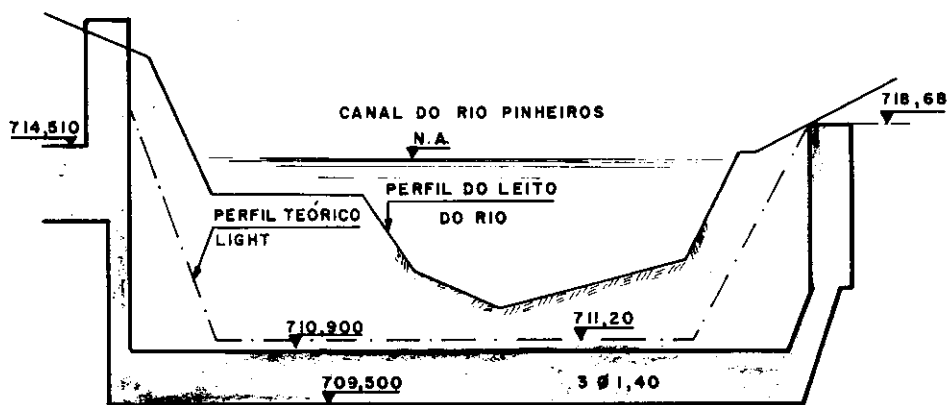
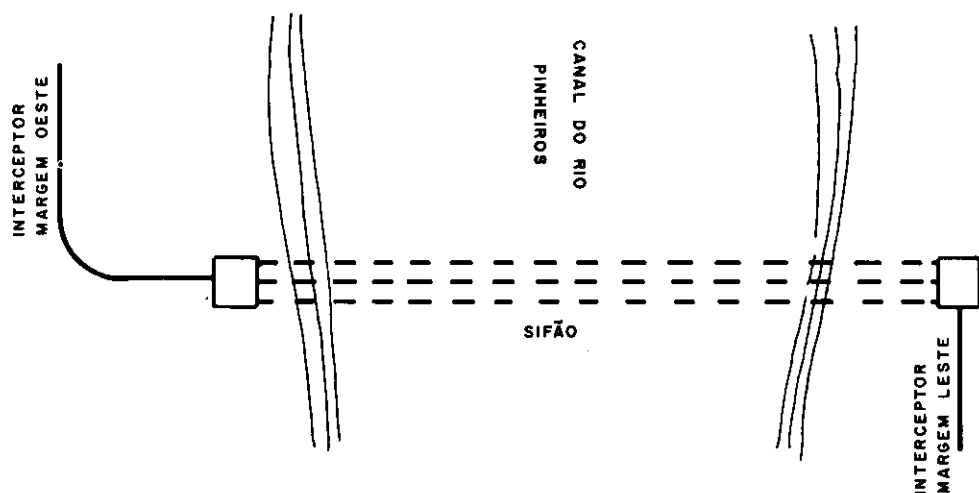
O método compreende a construção de uma treliça metálica transversal ao rio sendo sua estrutura dimensionada para permitir o movimento dos equipamentos e transporte de materiais necessários à execução da obra.

Com o auxílio de um bate-estacas, que se movimentava sobre a treliça, cravam-se pranchas metálicas rotuladas para confinar a área de escavação sob o canal.

Sob a treliça são montadas três linhas de tubos metálicos que com o auxílio de talhas operadas simultaneamente são assentadas no fundo do rio.

Para evitar flutuamento das linhas, elas são ancoradas com blocos de concreto pré-moldados.

O desenho n.º 2 esquematiza o método:



Desenho n. 1

Este método é empregado para assentamento de tubos na zona de arrebentação das obras de lançamento submarino de esgotos.

A solução não foi adotada devido seu custo, da ordem de Cr\$ 7.400.000,00.

MÉTODO DO CAIXÃO FLUTUANTE

Em linhas gerais, o método compreende a construção de um caixão pré-moldado de concreto em um dique seco, junto à margem do rio. O deslocamento até a posição de assentamento é feito por flutuação, conseguida pela inundação do dique.

Após a imersão da peça pré-moldada em sua posição definitiva são feitas as ligações com as caixas de confluências situadas nas margens.

O orçamento previsto para a construção da obra foi de Cr\$ 3.800.000,00 que acrescido das despesas com variações de quantidades e do reajustamento atingiu o valor de Cr\$ 4.900.000,00.

3. CARACTERÍSTICA DO PROJETO

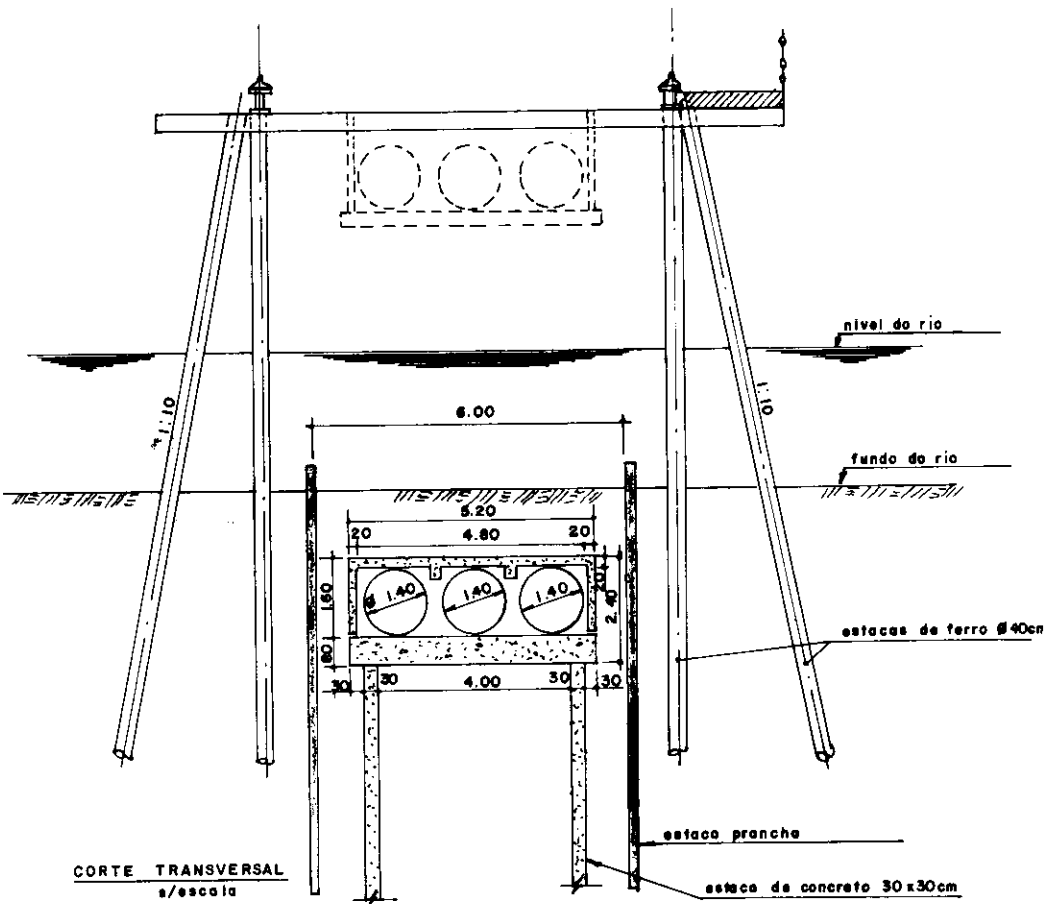
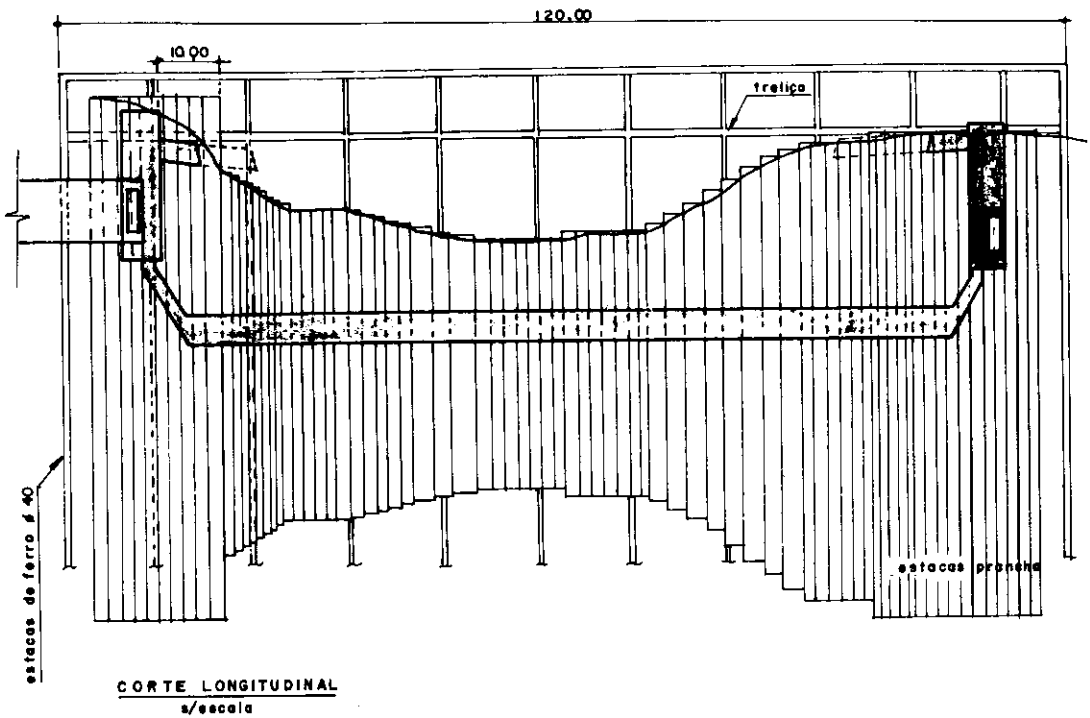
O caixão flutuante usado na construção do sifão sob o rio Pinheiros mede 51,00 m de comprimento, 5,20 m de largura, 2,00 m de altura e seção de vazão 3 Ø 1,40 m.

A ensecadeira, de pré-fabricação da peça, foi escorada com perfis metálicos e pranchas de madeira com um quadro de longarina e estronca, e o lençol freático rebaixado por um sistema de ponteiros a vácuo.

Após a escavação e regularizado o fundo, sobre o lastro de brita e concreto magro, montou-se uma forma de maneira a permitir a livre circulação das águas sob a peça, evitando-se assim, sua aderência à base.

O caixão flutuante é de concreto armado, sendo de 170 kg/m³ o consumo de aço (CA-50).

Foi aplicada à peça uma protensão longitudinal com 20 cabos, pelo processo FREYSSINET para



EXECUTADO POR	ÁREA - PROJETO	DES.
	SUB-ÁREA - PROJETO	PROJ.
	ASSUNTO:	VER.
	N ^o	CONTRATO
		DATA
		ESC.

absorver esforços secundários durante a manobra e assentamento.

Para evitar a superposição das extremidades das barras de aço, estas foram soldadas de topo, ficando as mesmas com o comprimento da peça pré-moldada (51,00 m).

O concreto estrutural de resistência $\sigma_r = 240$ kg/cm², foi executado com argila expandida, conseguindo-se uma densidade máxima a seco de 1,8 t/m³.

O peso total da peça é de 600 t e tem volume de 560 m³, sofrendo empuxo, quando submersa, de 560 T.

A flutuação foi conseguida com auxílio de flutuadores metálicos, com diâmetro \varnothing 1,40 m, fixados à peça por meio de cintas.

Os flutuadores foram em número de 12, sendo 6 com comprimento de 7,00 metros, 2 com 10,00 metros e 4 com 10,50 metros.

Nas duas extremidades da peça deixou-se junta elástica tipo «FUGENBAND» para ligação com as caixas de confluência através dos trechos de transição moldados «in loco».

A superfície em concreto foi impermeabilizada com resina a base de-epoxi, de 300 microns de espessura, para evitar infiltração d'água do rio.

As linhas de tubos de aço condutoras de esgoto, receberam também, tratamento com resina a base de epoxi, com 400 microns de espessura.

Para um perfeita aderência, as superfícies metálicas foram jateadas com granalha de aço e as superfícies em concreto com água a alta pressão.

O desenho n.º 3 esquematiza o projeto.

4. SEQUÊNCIA DO PROCESSO CONSTRUTIVO

4.1 Fundação

Quatro tubulões de concreto com camisa de aço, executados a ar comprimido, constituem as fundações do caixão.

Utilizaram-se camisas de aço de 5/16" de espessura com 1,50 m de diâmetro por 15,00 m de comprimento, ficando seu topo 1,00 m acima do nível máximo d'água do rio.

Conservadas mesmo após a retirada da câmpula, estas camisas possibilitaram a colocação dos tubos guia de montante, destinados a encosto e orientação na imersão da peça pré-moldada.

Estas camisas foram cortadas junto a base de concreto por ocasião da manobra e assentamento.

4.2 Dragagem

Na região de manobra e assentamento, os trabalhos de dragagem foram iniciados de tal forma que o término coincidissem com afundamento do caixão, para se evitar o assoreamento do leito nesta área.

A altura da dragagem foi estabelecida em função da cota de apoio nos tubulões e do calado necessário na área de manobra.

4.3 Testes de Flutuação do Caixão Pré-Moldado

Os flutuadores metálicos foram dispostos 5 em cada lado da peça, sendo equipados com 1 registro de engate rápido para ar comprimido e 2 re-

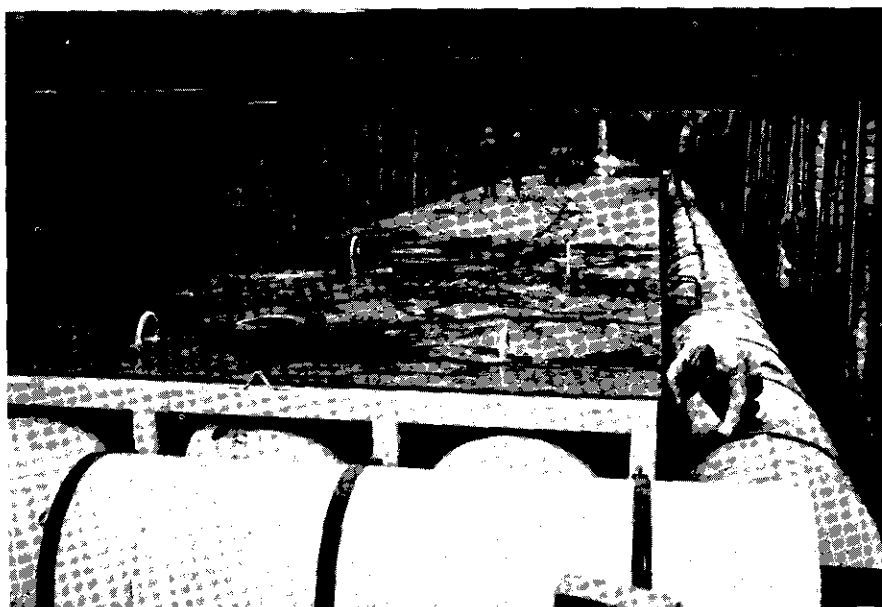


FOTO 1 – Caixão flutuante no interior do dique seco

gistros gaveta para água. Estes dispositivos permitem manobras de imersão e submersão da peça pré-moldada.

No dique foi lançada água limpa, proveniente do lençol freático, armazenada em um trecho já concluído do Interceptor.

O caixão flutuou, ficando aproximadamente 20 cm fora d'água. Em seguida a peça foi deslocada 1,5 metros de sua posição primitiva, no sentido longitudinal.

Concluídos os testes de flutuação, esgotou-se a água do dique e seus apoios garantiram um espaço suficiente para inspeção e impermeabilização da face inferior.

4.4 Manobra e Assentamento da Peça Pré-Moldada

A ensecadeira foi aberta com auxílio de uma escavadeira e o caixão foi puxado manualmente por meio de cabos de polietileno até a posição de sub-

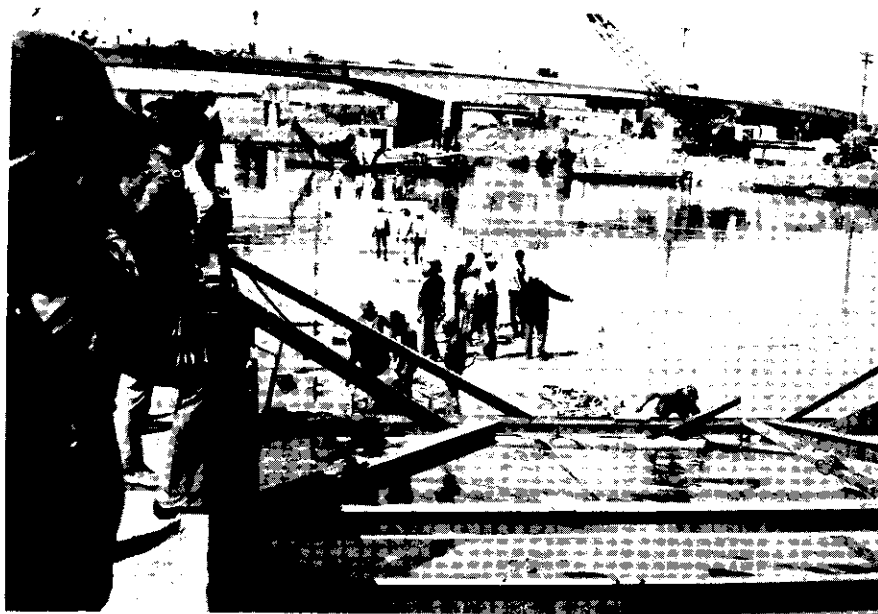


FOTO 2 – Caixa flutuante, fora do dique.

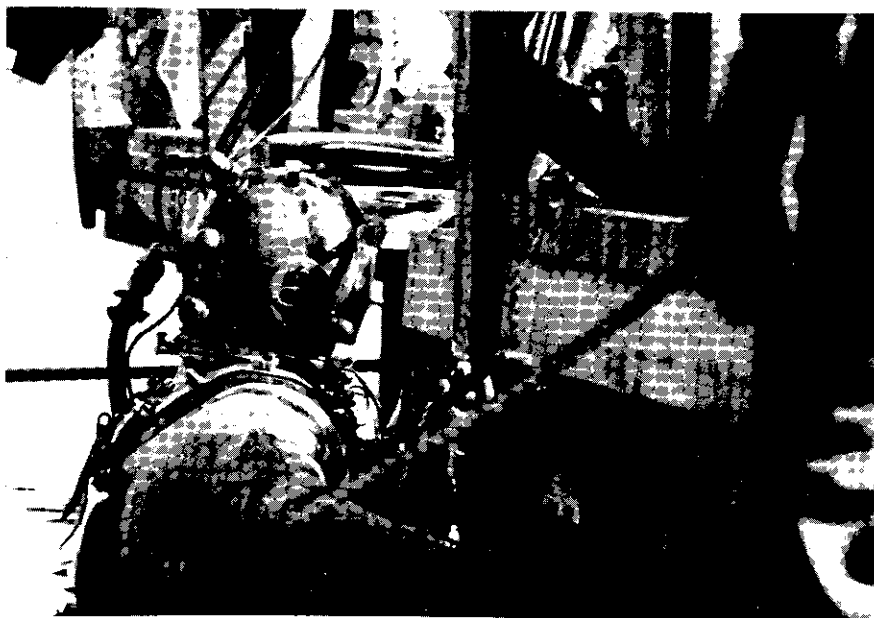


FOTO 3 – Escafandrista sendo preparado para trabalho submerso.

mersão. Esta operação foi comandada por perito de marinhagem através de um sistema transmissor-receptor.

Lentamente, a peça de concreto foi mudando de posição, até que suas alças encostaram nos tubos guia de montante.

Dois outros tubos guia foram colocados na face oposta da peça pré-moldada, ambos apoiados nas bases e encaixados aos tubos de arranque.

No topo dos pares de tubos guia foram fixadas travessas metálicas completando-se assim dois pórticos.

Para submersão foram usadas 4 talhas manuais, de 5 t e curso de 7,00 m, instaladas no pórtico, com dinamômetros, também com capacidade de 5 t, para medir a carga real. O funcionamento sincronizado desse equipamento permitiu que o caixão pré-moldado fosse submerso com pequeno peso relativo correspondente a 3 t.

Submerso o módulo, fez-se a remoção dos flutuadores, soltando-se as cintas de fixação na peça pré-moldada, utilizando-se os serviços de mergulhadores.

Desmontados os tubos guia e as vigas que compunham os pórticos, foi feita a concretagem submersa de solidarização da peça pré-moldada aos tubulões. (Des. n.º 4).

Essa concretagem também foi executada com auxílio de escafandristas.

O caixão pré-moldado foi recoberto com areia, refazendo-se o perfil original do fundo do rio.

Após a colocação da peça de concreto em seu lugar definitivo, construíram-se 2 ensecadeiras nas margens, com a finalidade de ligá-la às caixas de confluência das margens.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método do caixão flutuante é uma tecnologia nova entre nós, mas usada com freqüência na Europa e nos Estados Unidos.

Este método vem sendo aplicado na construção de túneis rodoviários sub-aquáticos desde a década de 20 (túnel Alameda, na Califórnia). Dia a dia é empregado com tecnologia mais avançada, conforme demonstra o aprimoramento do ELB TUNNEL, sob o rio Elbe, em fase de conclusão. Túneis sub-aquáticos construídos em canais de portos foram executados a uma profundidade de 13 a 17 m abaixo do zero hidrográfico, permitindo a passagem de navios de grande calado.

Entre os portos que possuem esse tipo de obra destacam-se os de Amsterdan, Rotterdam, Montreal, Marselha e Hamburgo.

O constante progresso na técnica de execução e o advento do concreto protendido possibilitaram a construção de caixões flutuantes de maiores dimensões, obtendo-se sensível redução do custo neste tipo de obra.