

PONTILHÕES EM ABÓBODAS E MUROS PRÉ-MOLDADOS SOLIDARIZADOS COM CONCRETO MOLDADO NO LOCAL

Mounir Khalil El Debs

*Professor Associado, Departamento de Engenharia de Estruturas
Escola de Engenharia de São Carlos
email: mkdebs@sc.usp.br*

*Endereço para correspondência
Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC/USP
Av. Trabalhador Sancarlense, 400 São Carlos SP CEP 13566-590
Tel 16 - 273 9481 Fax 16 - 273 9482*

Palavras Chaves: pontes; pontilhões; arco, concreto pré-moldado

Resumo

O concreto pré-moldado tem um grande interesse de aplicação em algumas obras que fazem parte da infra-estrutura urbana e de estradas, particularmente nas pontes e nas galerias. Para a faixa de vãos de 5 a 20 metros, que corresponde a pontes de pequenos vão, pontilhões e galerias, normalmente se emprega o sistema estrutural em viga, em que a superestrutura é simplesmente apoiada nos encontros, e com sistema estrutural em pórtico, com ligação rígida entre a superestrutura e os encontros. Esta última alternativa tem sido também denominada de ponte em quadro aberto. O concreto pré-moldado, quando empregado, é geralmente restrito à superestrutura. O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta construtiva, para essa faixa de vãos, com a utilização de elementos pré-moldados em forma de arco para a estrutura principal e elementos pré-moldados para os muros de testa e de ala, com uma solidarizarão com concreto moldado no local. A proposta construtiva reúne a vantagem de se utilizar sistema estrutural bastante favorável com relação a distribuição de esforços de flexão, viabilizado pelo emprego do concreto pré-moldado, com possibilidades de grande interesse com relação a estética.

1 Introdução

O concreto pré-moldado tem um grande interesse de aplicação em algumas obras que fazem parte da infra-estrutura urbana e de estradas, particularmente nas pontes e nas galerias, pelo fato delas apresentarem as seguintes características que favorecem a sua utilização: a) a construção se resume praticamente à estrutura; b) existem condições favoráveis de se empregar uma padronização para estas obras e; c) em geral, são obras que têm uma aplicação em grande escala [EL DEBS (1991)].

De fato, a aplicação do concreto pré-moldado em superestruturas de pontes é bastante usual para todas faixas de vãos em que são empregadas as pontes de concreto. Também nas galerias de pequeno porte (bueiros), o concreto pré-moldado é tradicionalmente empregado na forma de tubos de concreto.

A medida que aumenta o porte das galerias ou que diminui o vão das pontes atinge-se situações em que a distinção desses dois tipos de obras não é clara. A distinção em função do vão, encontrada na literatura técnica, não é adequada, pois as galerias podem atingir vãos de até 20m, o que certamente estaria na faixa de vãos das pontes. Nas figuras 1 a 4 estão mostrados esquemas e exemplo de galerias, cuja faixa de vãos corresponde às pontes de pequenos vãos. Estes tipos de galerias têm sido recentemente executados nos EUA e Canadá [CHIOU & SLAW (1998), HEBDEN (1986), HURD (1990), MONTGOMERY et al (1993)].

Para a faixa de vãos dessas galerias de grande porte, as pontes têm sido projetadas com sistema estrutural em viga, em que a superestrutura é simplesmente apoiada nos encontros, e com sistema estrutural em pórtico, com ligação rígida entre a superestrutura e os encontros. Esta última alternativa tem sido também denominada de ponte em quadro aberto. O concreto pré-moldado, quando empregado, é geralmente restrito à superestrutura. Para essa faixa de vãos de ponte tem sido utilizada a denominação de pontilhões, que é empregada aqui neste texto.

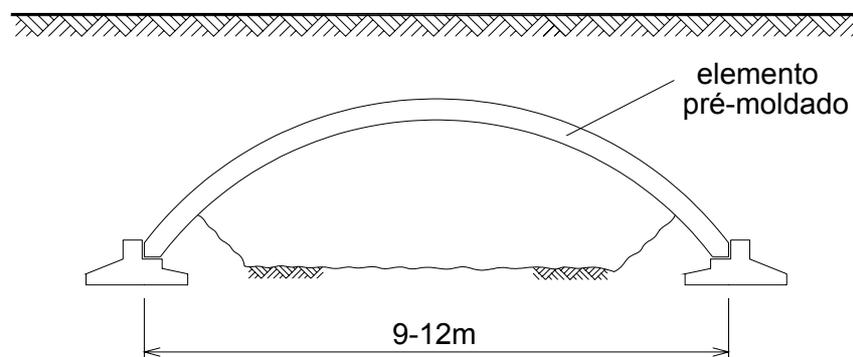


Figura 1 - Esquema de galeria em arco com seção formada por um único segmento

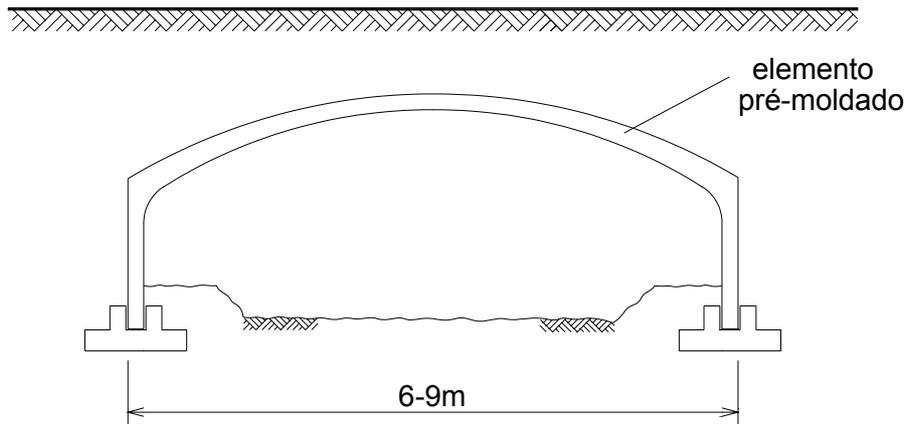


Figura 2 - Esquema de galeria com seção tipo "pseudo" pórtico

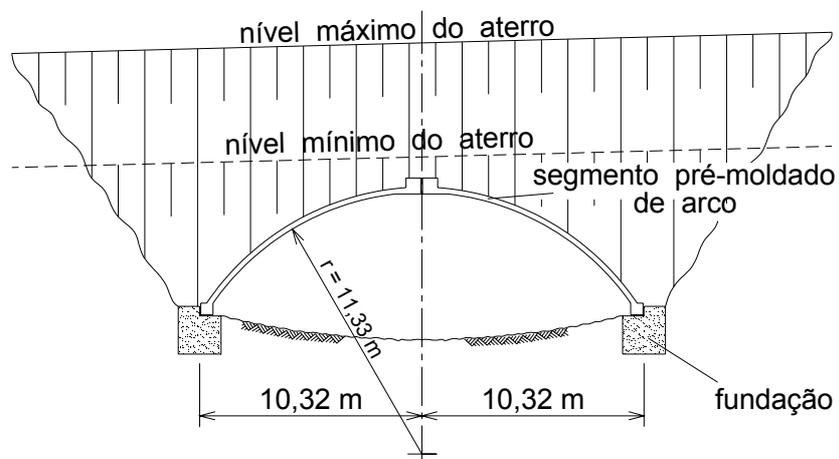
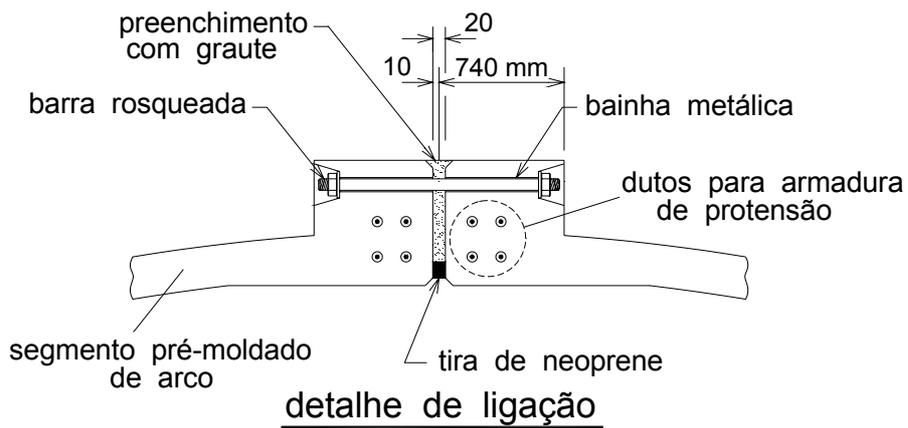


Figura 3 - Exemplo de galeria em arco com seção formada por dois segmentos

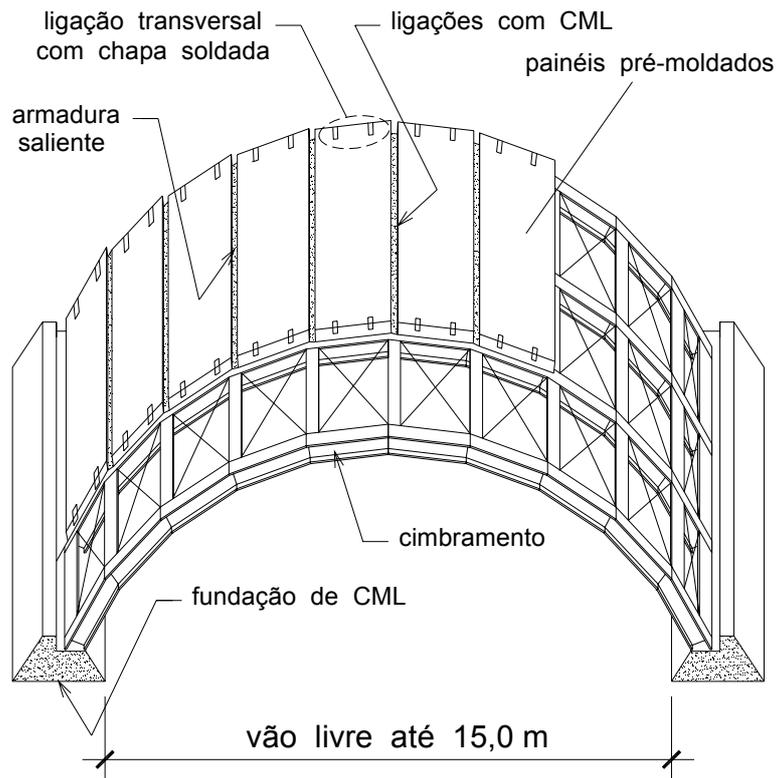


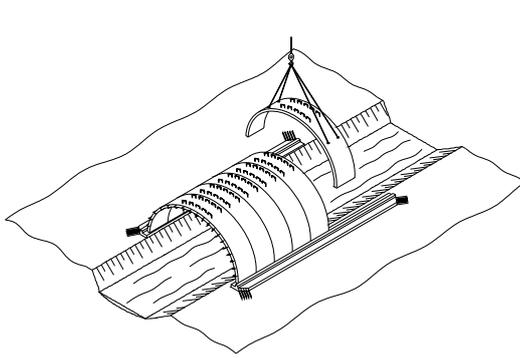
Figura 4 - Esquema do sistema para construção de galerias em arco com seção formada por vários segmentos

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta construtiva para pontilhões com a utilização de elementos pré-moldados em forma de arco para essa faixa de vãos, bem como algumas de suas variações. Cabe destacar que esta proposta é direcionada aos pontilhões, ou seja, com a colocação de pista de rolamento diretamente sobre a estrutura, mas que não deixa de ter importância também para as situações que existe uma pequena altura de terra sobre a estrutura, situação correspondente às galerias.

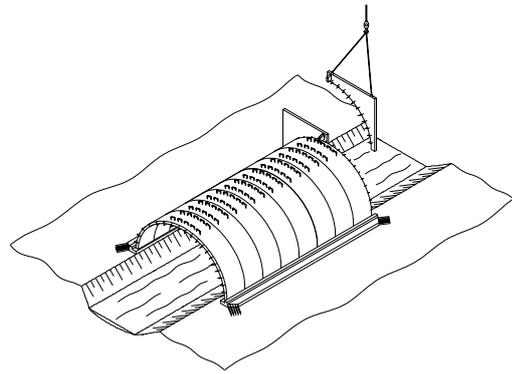
2 Proposta construtiva

A idéia básica da proposta construtiva é a utilização de elementos pré-moldados em forma de arco colocados sobre base de concreto moldado no local. Estas abóbadas têm armadura saliente na região do coroamento para prover uma solidarização entre elas com concreto moldado no local. As abóbadas de extremidade também apresentam armadura saliente para realizar a ligação com outros elementos pré-moldados que formam os muros de testa e de ala [EL DEBS (1999)].

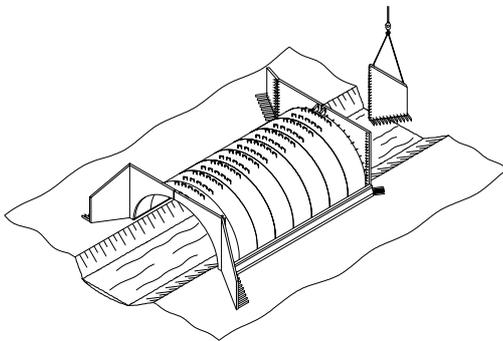
O processo de execução dos pontilhões está ilustrado na seqüência construtiva da figura 5 e nas figuras 6 a 10 estão mostrados detalhes das etapas construtivas.



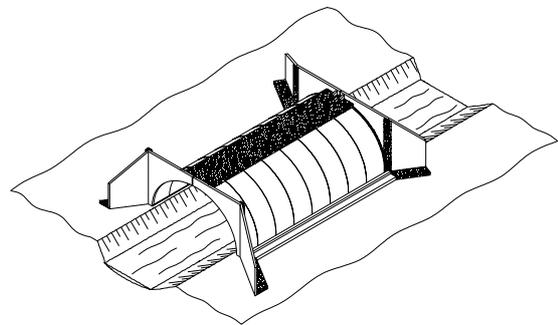
a) colocação das abóbodas pré-moldadas sobre fundação de concreto moldado no local



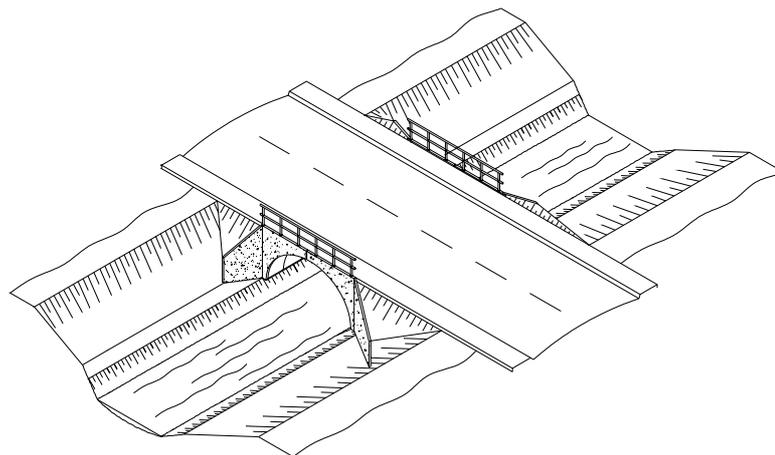
b) colocação dos muros de testa de concreto pré-moldado apoiados na fundação e nas abóbodas de extremidade



c) colocação dos muros de ala apoiados no lastro de concreto e escorados nos muros de testa



d) colocação da armadura complementar e das fôrmas; moldagem das partes de concreto moldado no local (término da estrutura)



e) execução do guarda-corpo, aterro, passeio e pavimentação (término da construção)

Figura 5 - Seqüência construtiva da proposta

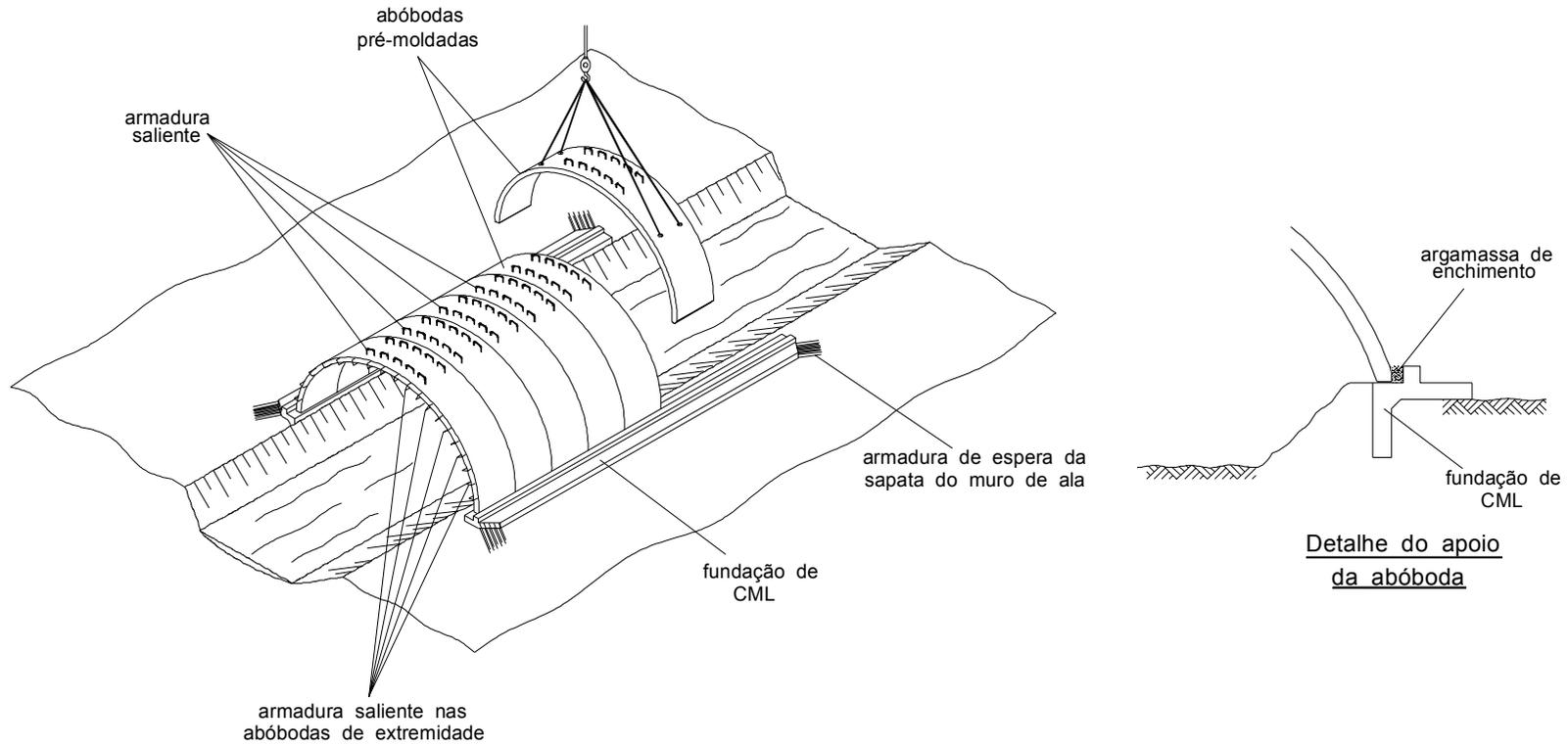


Figura 6 - Colocação das abóbodas pré-moldadas sobre fundação de concreto moldado no local

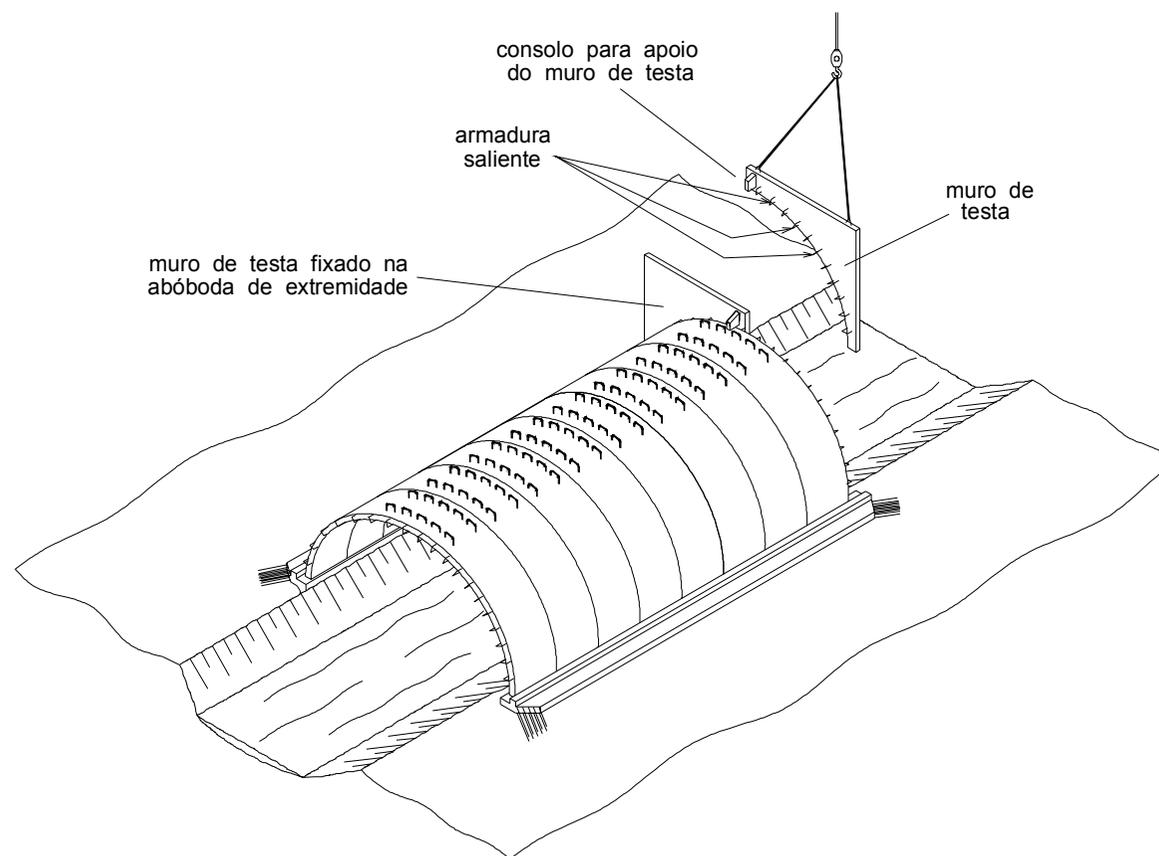


Figura 7 - Colocação dos muros de testa de concreto pré-moldado apoiados na fundação e nas abóbodas de extremidade

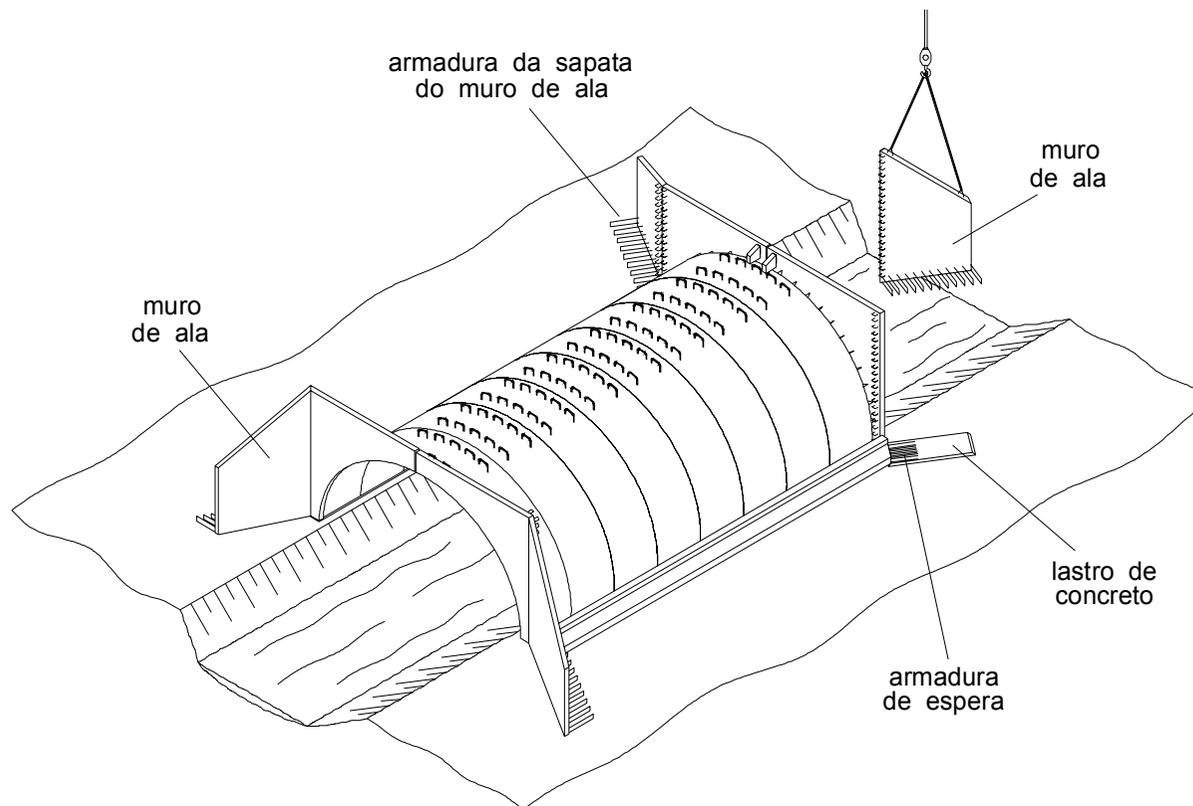


Figura 8 - Colocação dos muros de ala apoiados no lastro de concreto e escorados nos muros de testa

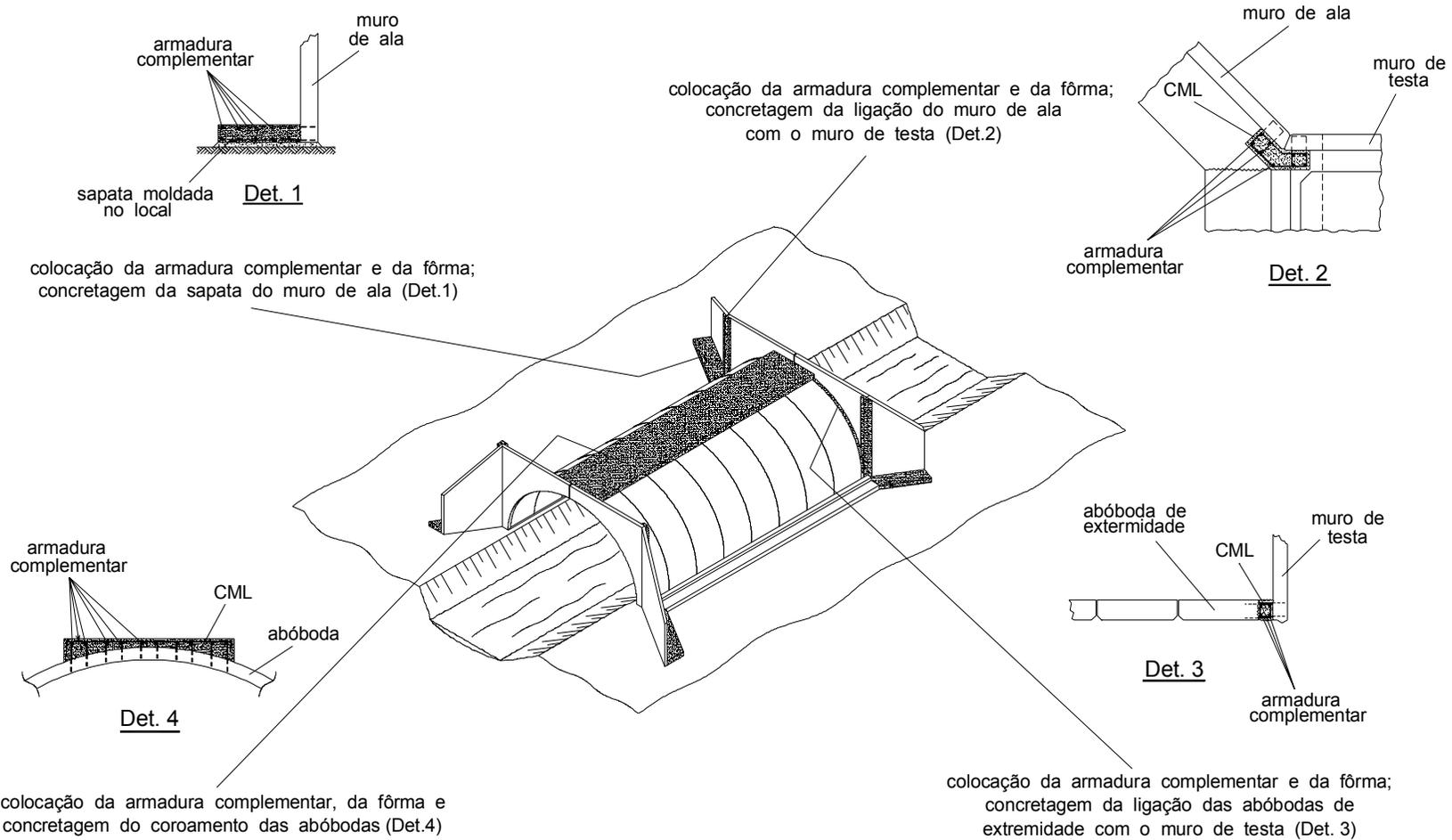


Figura 9 - Colocação da armadura complementar e das fôrmas; moldagem das partes de concreto moldado no local (término da estrutura)

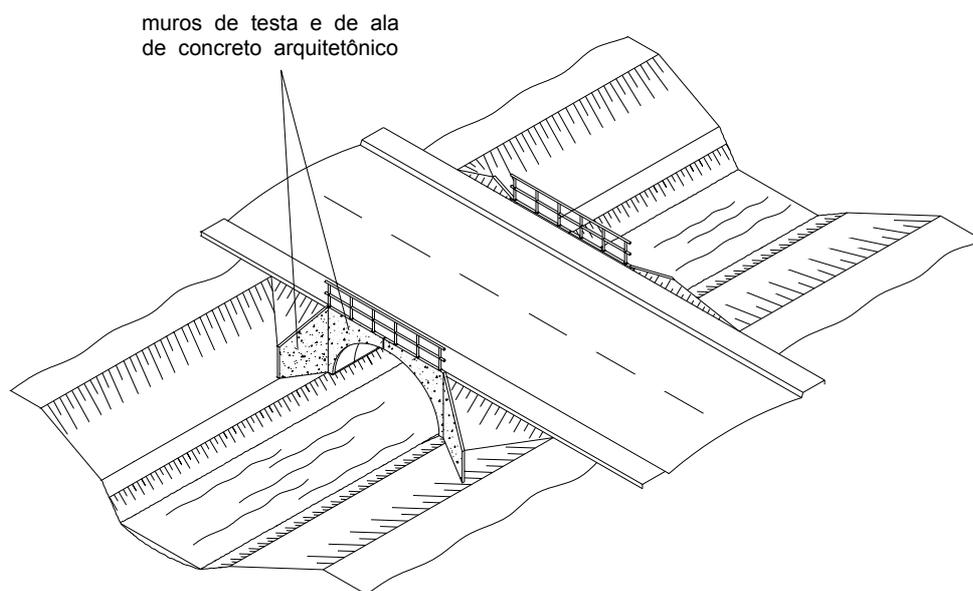


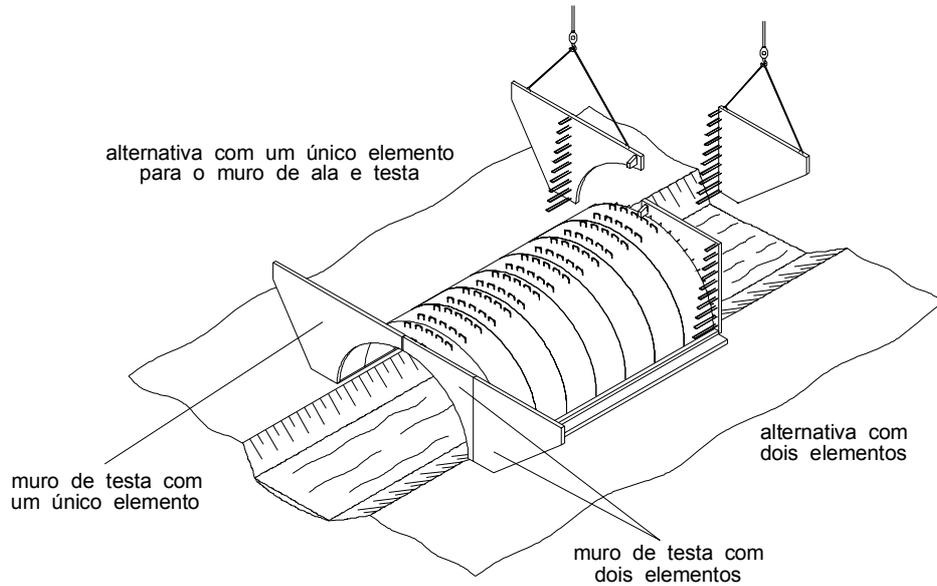
Figura 10 - Execução do guarda corpo, do aterro, passeio e pavimentação (término da construção)

Desta forma, com a utilização do concreto pré-moldado torna-se viável o emprego de sistema estrutural em arco, que é bastante apropriado com relação aos esforços de flexão. A parte de concreto moldada no local no coroamento serve para solidarizar as abóbadas, possibilitando uma distribuição transversal dos esforços oriundos das cargas concentradas, e também para ampliar a seção resistente na região dos maiores esforços de flexão. Esta proposta é indicada, em princípio, para vãos até da ordem 12m, com altura livre sob a ponte relativamente pequena, da ordem de 2,5m.

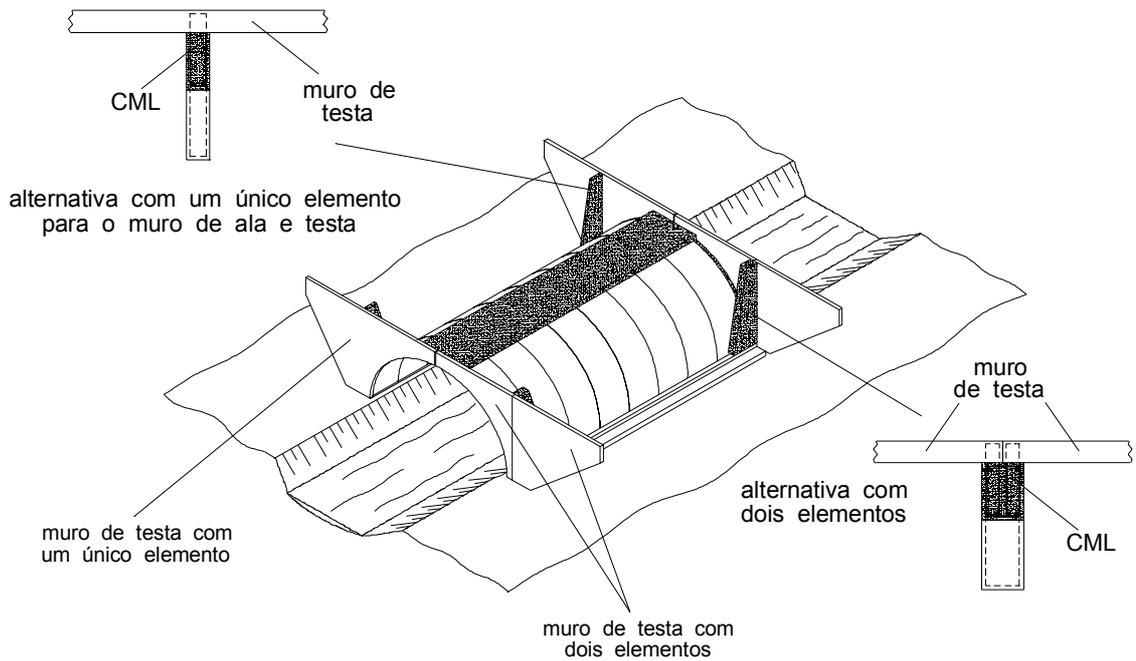
A execução das abóbadas pré-moldadas pode ser feita moldando os elementos na posição girada de 90° em relação a posição definitiva. Desta forma a sua execução e o seu transporte ficariam bastante favorecidos.

Merece destacar que neste caso, além do sistema estrutural apropriado, pode-se fazer uso, sem grandes dificuldades, dos recursos do concreto arquitetônico nos muros de testa e de ala, propiciando alternativas de grande interesse com relação à estética, que é particularmente importante nas obras desse gênero no meio urbano.

Ainda com relação à estética, merece registrar uma variante, apresentada nas figuras 11 e 12 que, apesar de dificultar um pouco a montagem, fornece uma outra possibilidade que pode melhorar ainda mais a estética da construção, com o alinhamento dos muros de testa e de ala.



a) colocação dos elementos correspondentes aos muros (esquerda com um único elemento e a direita com dois elementos)



b) colocação da armadura complementar e das fôrmas; execução da concretagem das partes de concreto moldado no local (término da estrutura)

Figura 11 - Alternativa com os muros alinhados – etapas da construção

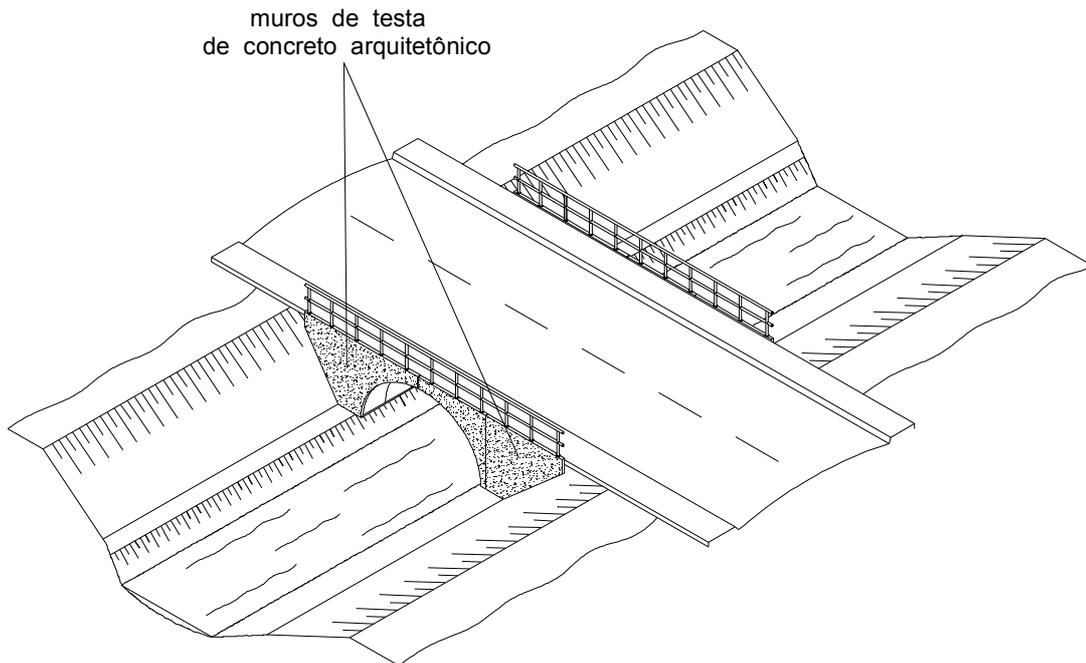


Figura 12 - Alternativa com os muros alinhados – obra concluída

3 Exemplo comparativo

Com o objetivo de fazer uma primeira avaliação da viabilidade econômica da proposta construtiva, foi desenvolvida uma comparação de custos para um caso típico entre alternativa em pórtico de concreto moldado no local e a alternativa proposta em arco.

A alternativa em pórtico tem as seguintes características: largura do tabuleiro de 14,4m, vão livre de 8,0m e altura livre de 2,5m. As espessuras das paredes e da laje são iguais com 0,45m. A fundação é constituída de sapata com 1,80m de largura, com uma espessura de 0,5m.

A alternativa com a proposta desenvolvida é constituída de 18 abóbadas justapostas com largura de 0,80m cada. A espessura delas é de 0,15m, o que resulta em peso de aproximadamente 30kN (3,0tf). A fundação, em concreto moldado no local, é em forma de L, conforme já mostrado na figura 6. O muro de testa tem espessura de 0,15m e o peso do elemento que o forma é de aproximadamente 33kN (3,3tf).

O dimensionamento das alternativas, considerando a resistência do concreto moldado no local para as duas alternativas de 18MPa e a resistência do concreto pré-moldado (abóbadas e muro de testa) de 35MPa, resultou nos consumos de materiais apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Comparação de consumo de materiais

	CONCRETO (m ³)		AÇO
	C18	C35	(kg)
Alternativa em pórtico de concreto moldado no local	116,0		9900
Alternativa proposta em abóbadas pré-moldadas	24,1	26,6	4844

Merece ser observado que na alternativa em arco existe um volume maior de aterro e que área livre sob o pontilhão seria um pouco menor. Destaca-se ainda que nas duas alternativas não foram incluídos os muros de ala, pois se admite que eles seriam iguais e, portanto, não afetariam a comparação.

Os valores encontrados mostram uma significativa redução do consumo dos materiais e apontam para a viabilidade econômica, apesar dois aspectos desfavoráveis apontados no parágrafo anterior. De fato, uma apropriação de custos considerando as fôrmas, mão de obra, instalação de canteiro e, para a alternativa em concreto pré-moldado, transporte e montagem, indicam um redução de custos da ordem de 50%, o que deve cobrir com folga os dois aspectos desfavoráveis e eventuais incertezas na apropriação dos custos. Naturalmente, existe ainda os importantes benefícios da racionalização da construção com o emprego do concreto pré-moldado e o importante aspecto estético nos pontilhões urbanos.

4 Variações da proposta

Ainda utilizando basicamente os mesmos tipos de elementos pré-moldados e forma estrutural igual ou próxima, merecem ser registradas as variações apresentadas a seguir.

Na figura 13 está mostrada a possibilidade de se utilizar o mesmo elemento na forma de “pseudo” pórtico. As paredes que suportam os arcos podem ser de concreto moldado no local ou de concreto pré-moldado. Este caso tem interesse quando a altura sob a estrutura tem que ser maior, como por exemplo em passagens inferiores de sistema viário.

Quando é necessário vencer maiores vãos, pode-se utilizar a alternativa com dois segmentos de abóbada, mostrada na figura 14, o ampliaria os vãos atingidos para a casa dos 20m. Naturalmente, deve ser feita uma adaptação nos elementos pré-moldados e a montagem seria mais trabalhosa, além da necessidade de ligação no coroamento.

Uma terceira variante, mostrada na figura 15, seria com a combinação dois caso aqui apresentados, que em tese reuniria as vantagens e desvantagens deste dois casos.

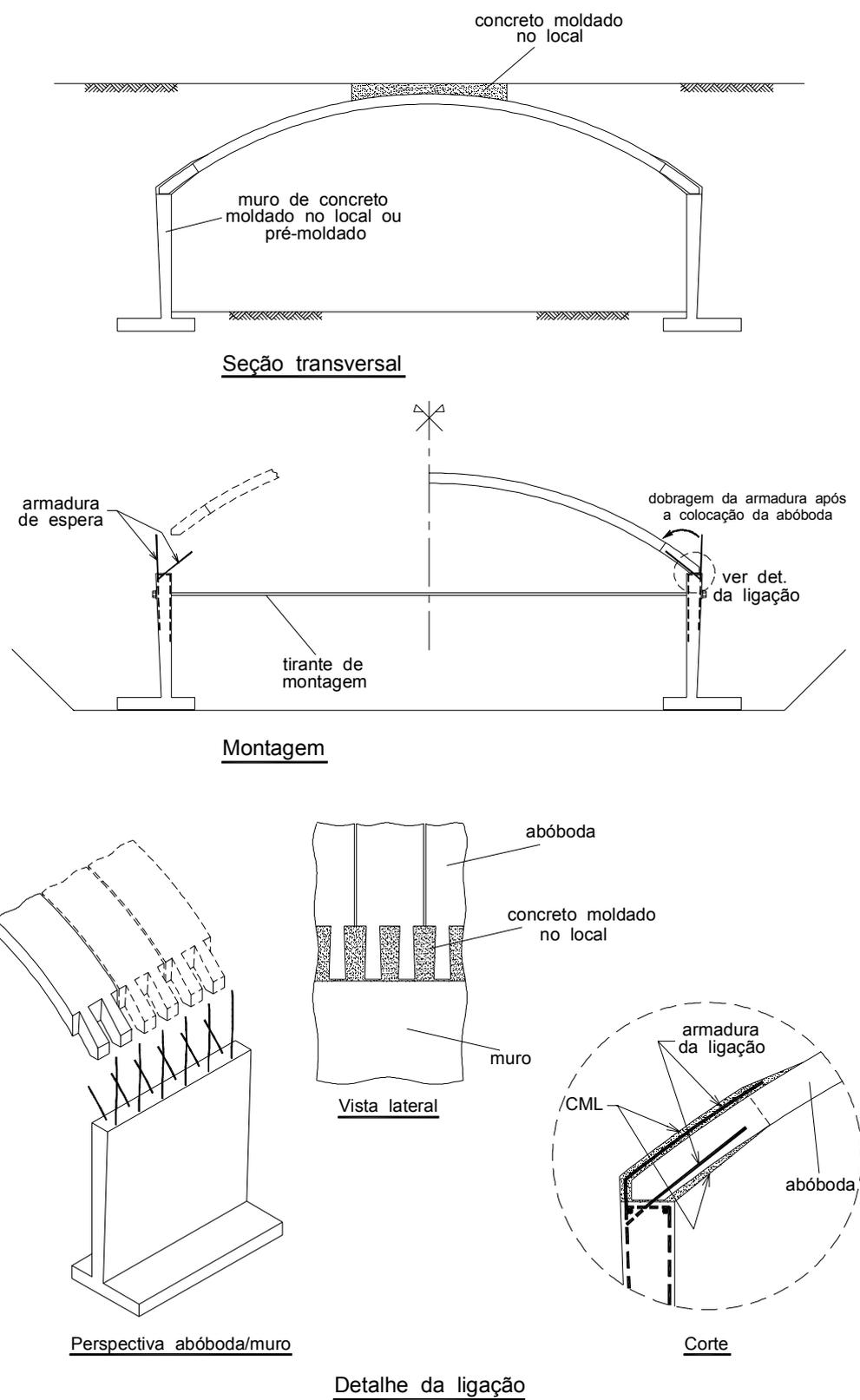


Figura 13 - Pontilhão em "pseudo" pórtico

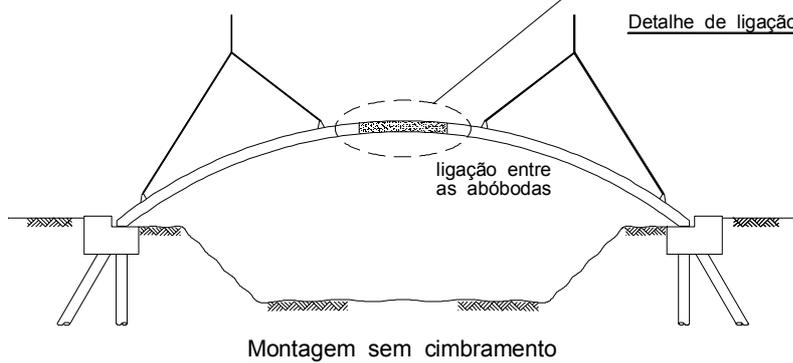
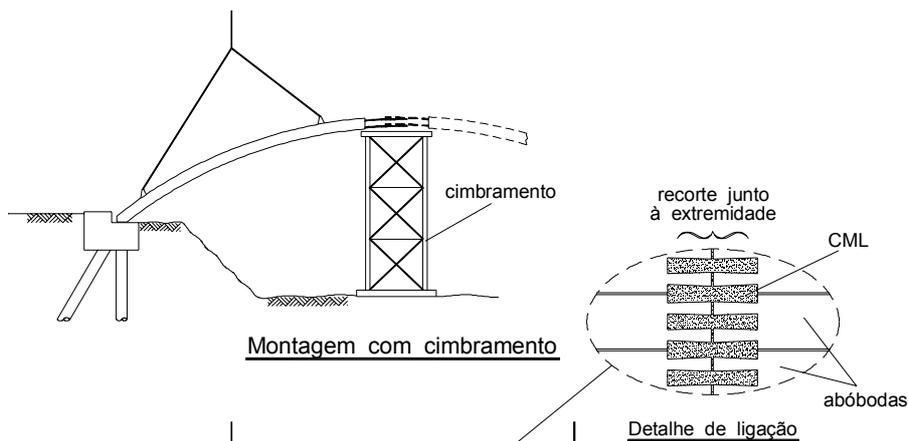
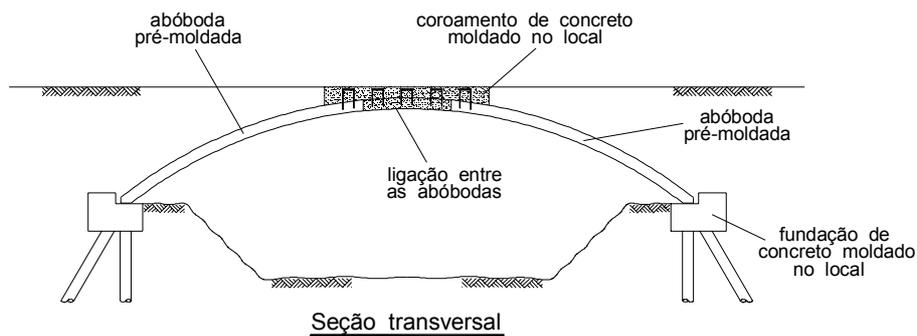


Figura 14 - Pontilhão com dois segmentos de arco

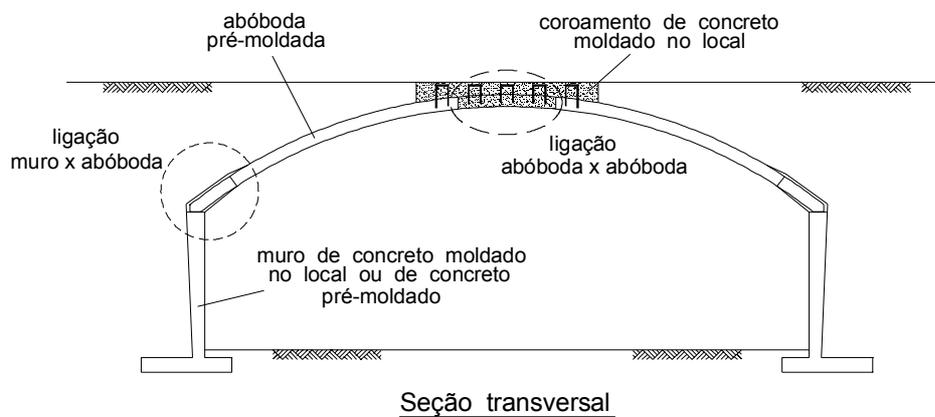


Figura 15 - Pontilhão em "pseudo" pórtico com dois segmentos de arco

4 Conclusões

A proposta construtiva reúne a vantagem de se utilizar sistema estrutural bastante favorável com relação a distribuição de esforços de flexão, viabilizado pelo emprego do concreto pré-moldado, com possibilidades de grande interesse com relação a estética. Além disto, merece destacar as possibilidades de atender com algumas adaptações a várias situações de interesse.

Assim, a proposta construtiva, incluindo a suas variações, apresenta um grande potencial de utilização, principalmente em pontilhões urbanos

5 Referências

CHIOU, W. J.; SLAW, R. A. Somerset County Bridge: a precast replacement solution. **PCI Journal**, v.43, n.2, p.22-30, 1998.

EL DEBS, M. K. **Contribuição ao emprego de pré-moldados de concreto em infraestrutura urbana e de estradas**. São Carlos, 1991. Tese (Livre-docência) -Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

EL DEBS, M. K. **Pontilhões em abóbadas e muros pré-moldados solidarizados com concreto moldado no local**. Carta patente PI 9.001.786-2, expedida em 25/02/1999.

HEBDEN, R. H. Giant segmental precast prestressed concrete culverts. **PCI Journal**, v.31, n.6, p.60-73, 1986.

HURD, M. K. Short-span arch bridges. **Concrete Construction**, v.35, n.7, p.38-45, 1990.

MONTGOMERY, C. J.; MORISON, R. M.; CHANNON, J. R.; TUTTY, D. O. Design and construction of a buried precast prestressed concrete arch. **PCI Journal**, v.38, n.1, p.40-57, 1993.