AÇUDE-PONTE DE COIMBRA – CORTINA DELGADA DA MARGEM DIREITA*

Coimbra Bridge Weir – River's Bank Thin Diaphragm Wall

por
HELDER BARACHO DIAS**

RESUMO – Descreve-se a cortina delgada realizada na margem direita, como elemento complementar da ensecadeira necessária ao encabeçamento dos pegões para construção da super-estrutura.

SYNOPSIS – Description of the river's bank thin diaphragm wall as a complementary work of the cofferdam to undertake the construction of the super-structure.

I – INTRODUÇÃO

A evolução das primeiras cortinas realizadas por recurso a estacas tangentes, ou secantes, nos anos 30, conduziram à parede moldada, em betão armado, cuja técnica foi utilizada na construção dos pegões de fundação do açude-ponte e muros corta águas, já referidos no número 22 de Março de 1978 desta revista. Por sua vez esta tecnologia, juntamente com o desenvolvimento das técnicas de injecção, originou o aparecimento das cortinas plásticas de baixa permeabilidade ($K < 10^{-6}$ cm/s) e de espessuras variando entre 0,40 m e 1,50 m, cujo campo de aplicação fundamental é o da redução dos caudais percolados

* Manuscrito recebido em Novembro de 1980. A sua discussão está aberta durante um período de três meses.
** Engenheiro Civil – Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Limitada.

através de meios permeáveis, como seja o caso de barragens localizadas sobre meios aluvionares permeáveis, tendo sido empregues tanto em obras definitivas como em provisórias.

Mais recentemente ainda e com especial aplicação em obras provisórias, surge o emprego da cortina delgada, cujo único exemplo de aplicação em Portugal é a obra do açude-ponte de Coimbra.

II – DESCRIÇÃO DO MODO DE EXECUÇÃO

A cortina delgada contínua é conseguida pela cravação dum perfil metálico em toda a espessura dum terreno permeável.

Durante as operações de cravação e extracção do perfil, e em simultâneo com aquelas, é realizada a injecção de calda que irá constituir o corpo da cortina delgada.

A figura n.º 1, a seguir representada esquematiza, em corte e em planta, o processo de realização da cortina delgada.

O perfil cravado no terreno deverá ser rígido, de modo a não sofrer deformações durante a realização dos trabalhos de cravação; por outro lado deverá ser especialmente adaptado à condução da calda de injecção, a qual deverá sair ao nível da extremidade inferior do perfil, também convenientemente reforçada, por ser uma zona de concentração de tensões.

Em simultâneo com a operação de cravação do perfil é injectada no terreno uma calda bentonite-cimento sob pressão, que facilitará a penetração do perfil no terreno, além de impregnar o meio envolvente do perfil. A calda de injecção ficará a preencher o espaço vazio deixado durante a extracção do perfil.

Após ser atingida a cota inferior da cortina delgada a realizar, normalmente um estrato inferior de baixa permeabilidade, no qual a cortina penetra de alguns decímetros, a máquina deslocar-se-á, uma vez extraído o perfil do terreno, de modo a que o perfil acabado de extrair volte a ser cravado, com cerca de 20 cm de sobreposição sobre o entalhe feito pela cravação anterior, de modo a ficar garantida a continuidade da cortina. Estas operações suceder-se-ão até completa realização da cortina projectada.

A composição da calda a utilizar deverá ser estudada com base no tipo de terreno onde irá ser aplicada, para que as características da cortina delgada quanto a coeficiente de permeabilidade e deformabilidade sejam bem

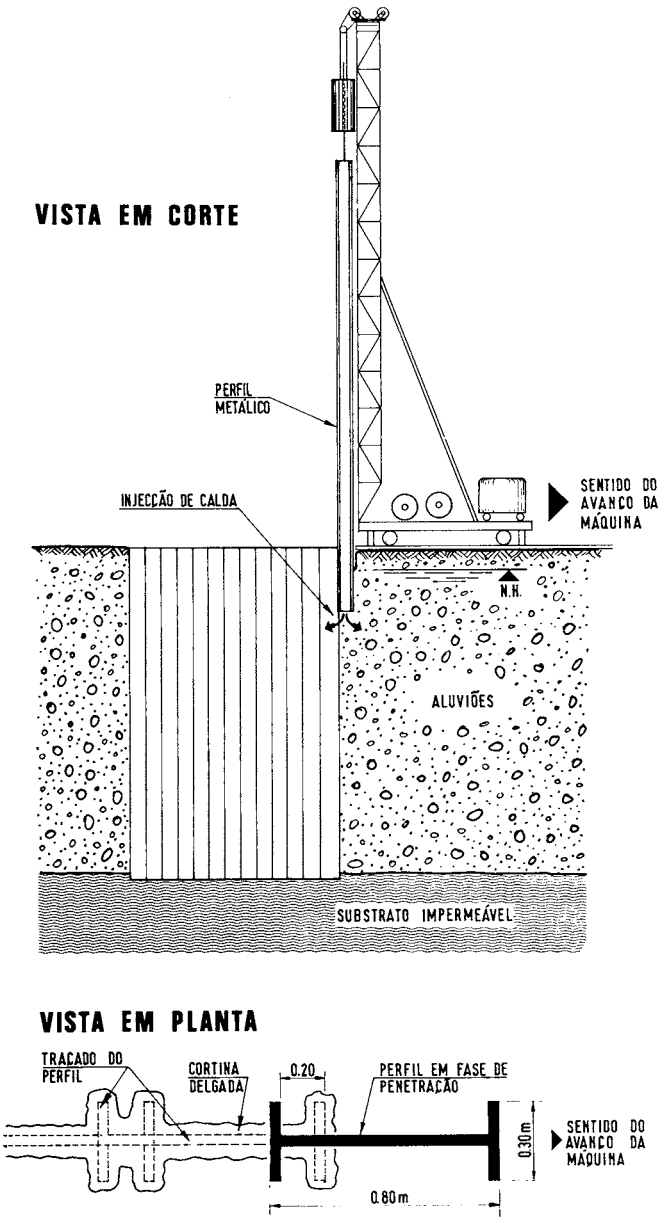

Fig. 1 – Cortina delgada - Esquema de execução

conseguidas. Eventualmente proceder-se-á à afinação da mesma, logo após o início dos trabalhos e em face dos resultados obtidos quanto ao grau de impregnação conseguido.

A cortina delgada não tem função resistente e é usualmente empregue como núcleo impermeável na construção de ensecadeiras, substituindo vantajosamente estacas-prancha ou sistemas de rebaixamento, permitindo reduzir substancialmente a energia de bombagem; é igualmente utilizada como obra acessória de pequenos diques, pela criação no pé de montante, duma cortina de impermeabilização.

A profundidade máxima economicamente viável é da ordem dos 20 m, podendo excepcionalmente ir pouco além deste valor, consoante o terreno e tipo de equipamento a empregar.

O nível de consumos de calda de injecção é da ordem de 2 a 3 vezes o volume teórico ocupado pelo perfil, consoante a permeabilidade e abertura do meio envolvente.

III – APLICAÇÃO NO AÇUDE-PONTE DE COIMBRA

1 – *Condições geológicas e geotécnicas no local de aplicação:*

O facto de, na margem direita, o bed-rock se localizar cerca de 15 m acima, relativamente à margem esquerda, fez admitir a possibilidade prática do emprego da cortina delgada. Seguidamente, e porque se havia detectado um estrato siltoso relativamente extenso do lado da margem direita, foi realizada uma prospecção geotécnica complementar visando a determinação da continuidade desse estrato que, a existir, permitiria encarar a redução da profundidade prevista para a cortina delgada em cerca de 40%.

Foram assim realizadas 5 sondagens à percussão que revelaram a não existência de continuidade do estrato siltoso, passando a cortina delgada a ser projectada até ao bed-rock, que se situa, no máximo, a cerca de 20-21 m, relativamente à plataforma de trabalho à cota + 16,50.

O terreno é constituído, até aos 11-12 m de profundidade, por areia solta a média, constituindo aluviões modernas e de granulometria grosseira a muito grosseira; dos 12 aos 18 m por areão e areia argilosa com seixos rolados, de consistência média a compacta; a partir dos 18 m de profundidade aparecem calcáreos e argilas margosas constituindo o tecto do bed-rock.

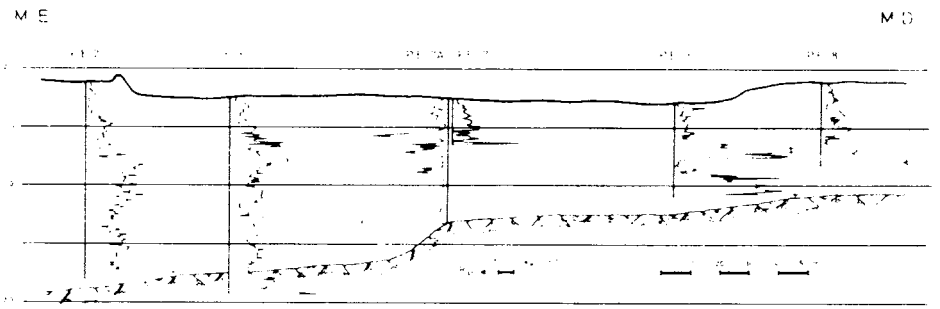

Fig. 2 – Representação dos ensaios de penetração estática, realizados na zona onde se encontra implantado o açude

2 – *Cortina delgada realizada:*

Na Fig. 3 representa-se a definição em planta do andamento da cortina delgada que permitiu isolar o troço da obra, cuja continuação da super-estrutura se pretendia realizar a partir da cota + 9,00, encontrando-se a cota da água exterior à ensecadeira geralmente próxima de + 15,00 (a cota da plataforma de trabalho encontrava-se a + 16,50).

Foram realizados cerca de 4.600 m² de cortina delgada, com uma profundidade média de 18,5 m e um consumo de calda de 3,1 vezes superior ao teórico. Os trabalhos decorreram de 15 de Agosto a 25 de Outubro de 1978, incluindo a montagem do estaleiro.

As figuras n.os 4, 5, 6 e 7 representam o equipamento de cravação em fase de execução e alguns aspectos da cortina delgada posta a descoberto.

3 – *Considerações finais:*

A solução adoptada para redução dos caudais bombados no interior da ensecadeira realizada na margem direita teve um comportamento excelente. De referir o facto do estaleiro ter sido por diversas vezes inundado tendo, após cada cheia e em acto contínuo, sido possível retomar os trabalhos de imediato, sem perturbações assinaláveis.

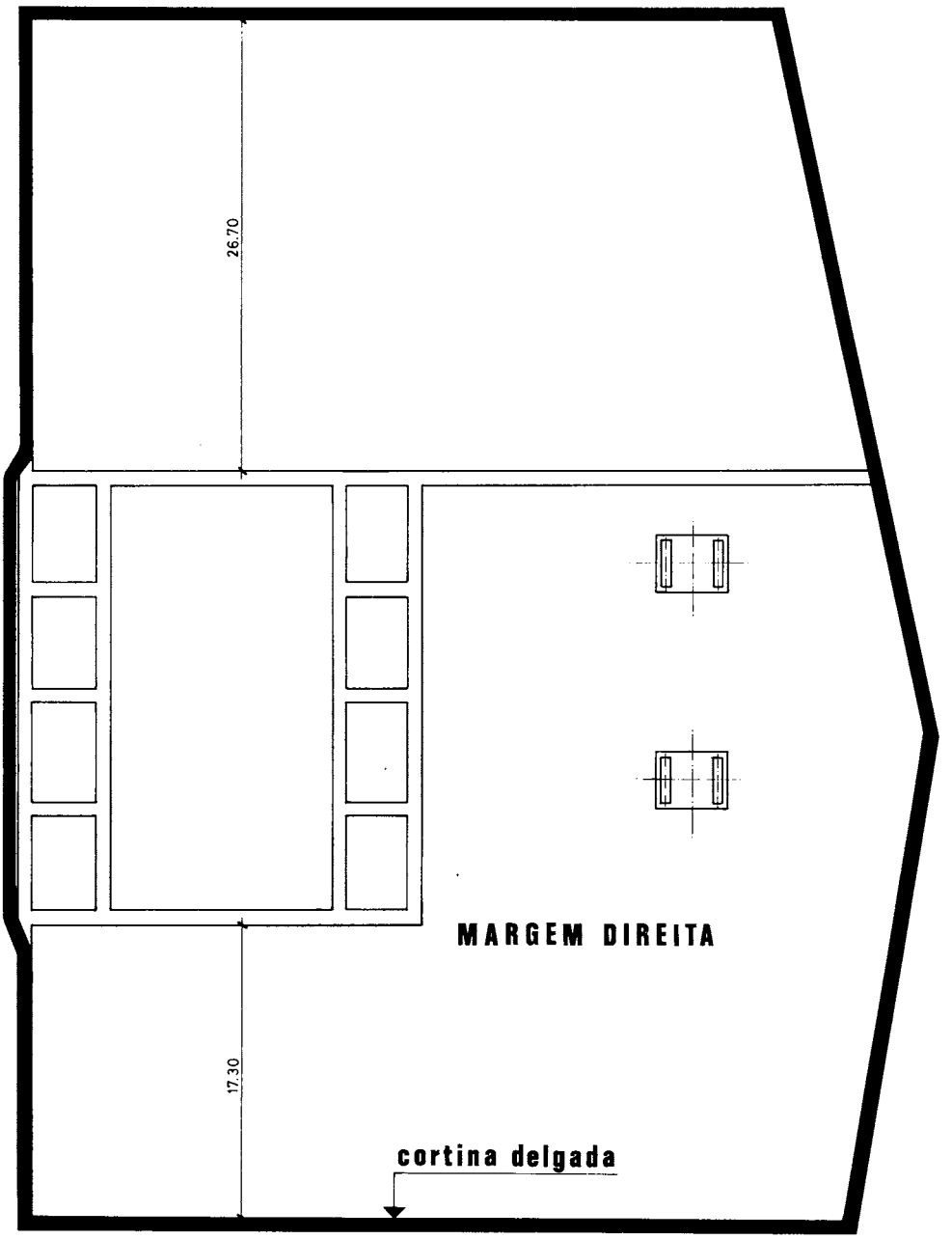

Fig. 3 – Zona de trabalhos programada para arranque prioritário

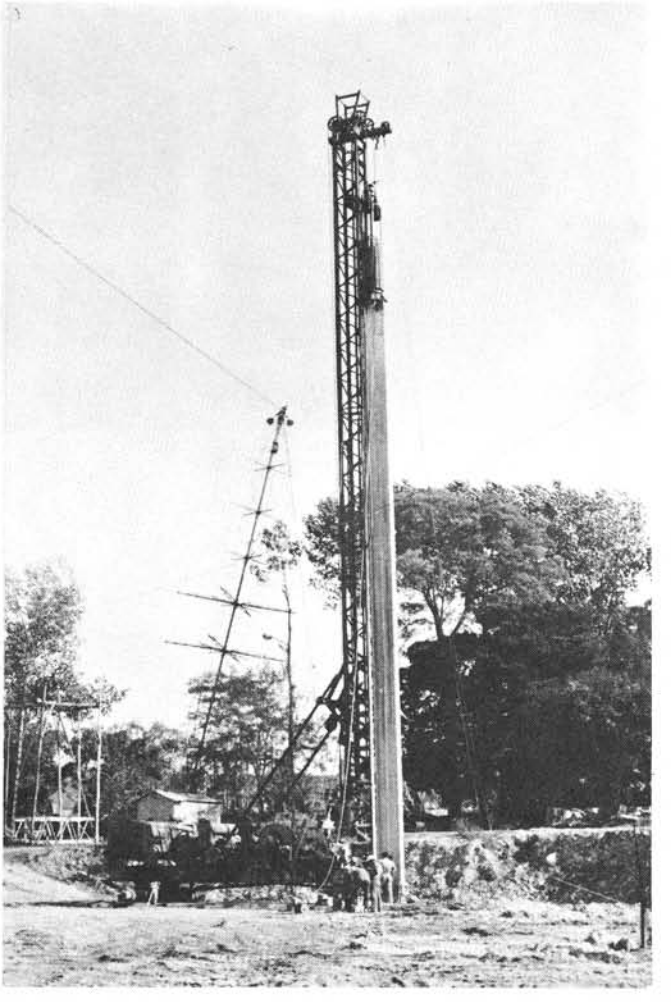

Fig. 4 – Equipamento de cravação do perfil em fase de execução

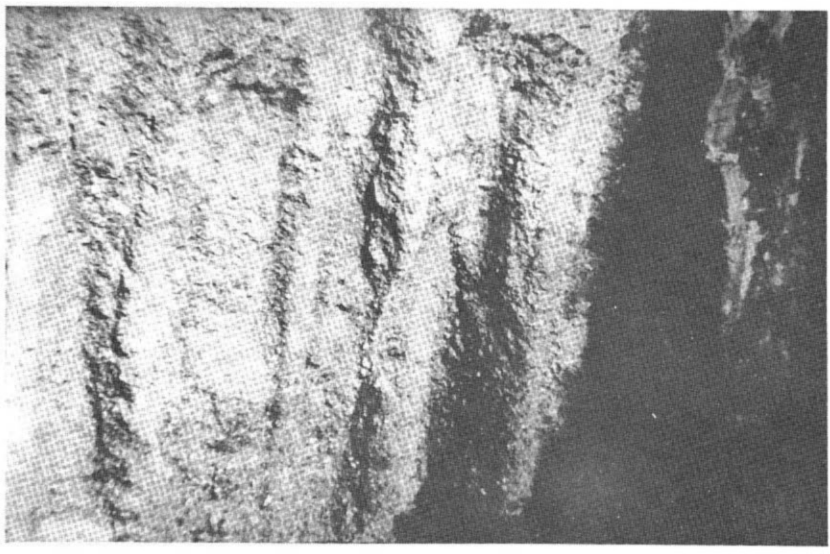

Fig. 5 – Aspecto de troço da cortina visto de frente, posto a descoberto

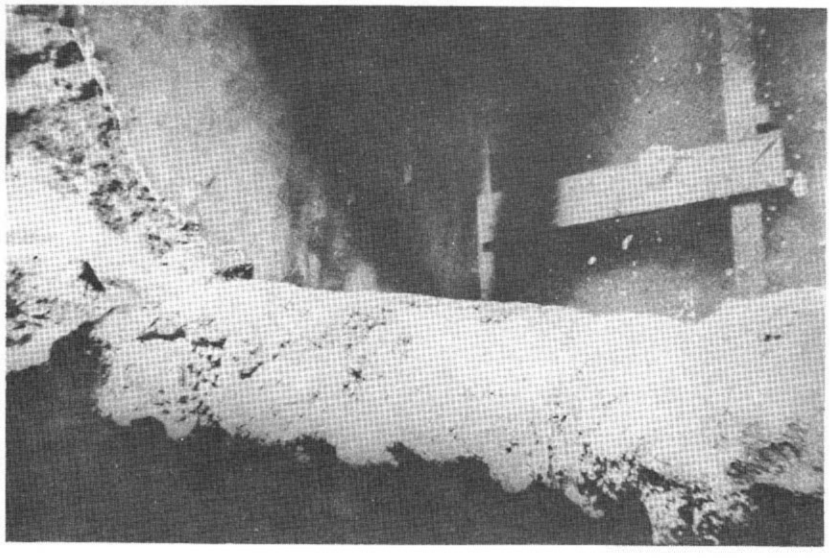

Fig. 6 – Aspecto do coroamento dum troço da cortina, posto a descoberto

Esta solução foi adoptada por se ter revelado mais económica e funcional quando comparada com os sistemas tradicionais de rebaixamento, ou utilização de estacas-prancha metálicas.

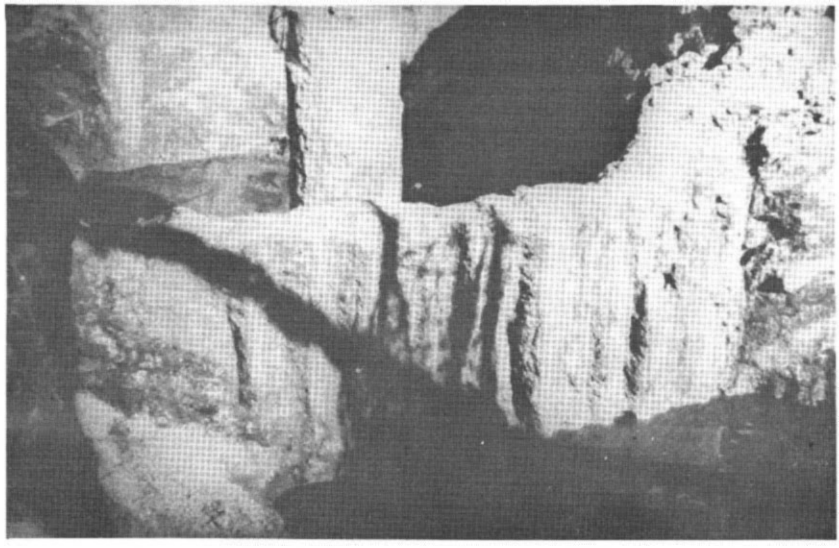

Fig. 7 – Aspecto geral dum troço de cortina, posto a descoberto