

INTERCETOR DO RIO LIMA – POÇOS DE ATAQUE DE MICROTUNELAÇÃO – PONTE DE LIMA

1 - Características gerais da obra

Ano: 2009

Localização: Ponte de Lima

Tipo: Contenção CSM escorada

Alturas máximas: 17 e 18 m – Perímetros: 42,5 e 47 m

Terreno: Aterros muito heterogêneos, areias e cascalheiras, e xistos

Dono de Obra: Águas do Minho e Lima; Projetista: JetSJ, Lda. ; Empreiteiro: Geo-Rumo, S.A.

2 - Principais objetivos

Construção dos dois poços de ataque e respetivas estruturas hidráulicas interiores, no âmbito da instalação de uma conduta em túnel sob o leito do Rio Lima, em Ponte Lima, integrado no Subsistema de Água de São Jorge.

Os principais objetivos das soluções estudadas e implementadas foram orientados no sentido de viabilizar a escavação, em condições de segurança, para a ligação da conduta aos órgãos hidráulicos a instalar no interior dos poços, sendo necessário a contenção dos terrenos a escavar e a minimização do caudal de água que viesse a afluir ao interior do recinto da escavação.

3 - Condicionamentos de ordem geológica e geotécnica

O cenário geológico e geotécnico foi aferido antes do início dos trabalhos através da realização de uma campanha de prospeção geológica e geotécnica. De acordo com a mesma, o referido cenário era constituído, a partir da superfície, por aterros muito heterogêneos, por areias e cascalheiras, repousando sobre xistos, em geral, com acentuado grau de alteração, mas decrescente em profundidade.

4 - Outros condicionamentos

Os poços foram realizados junto às margens do Rio Lima, pelo que se considerou como desaconselhável a execução de plataformas de aterro que invadissem excessivamente o leito do mesmo rio. Igualmente importante, era o recurso a técnicas que limitassem a contaminação do leito do rio com os materiais incluídos no âmbito da respetiva implementação.

Os poços foram realizados com uma geometria cilíndrica, que deveria ser compatível com os trabalhos de microtunelação, em particular com as cotas altimétricas e planimétricas da conduta a instalar sob o leito do Rio Lima com diâmetro de 700mm. A geometria e a capacidade resistente dos poços, em particular do localizado a montante, deveria ainda ser compatível com a execução de maciços de reação onde, por sua vez, apoiariam os macacos hidráulicos que iriam empurrar os vários segmentos que materializavam a conduta. No interior de ambos os poços deveria ainda ser possível a execução da estrutura interna, em betão armado, que iria acomodar os órgãos hidráulicos a instalar no interior dos mesmos poços.

A obra dispunha de um prazo de execução de cerca de 8 meses, devidamente compatibilizado com a execução dos restantes trabalhos incluídos no Subsistema de Águas de São Jorge, pelo que as soluções propostas e implementadas deveriam permitir a consecução deste importante objetivo, pois os eventuais atrasos traduzir-se-iam em custos elevados por perda de exploração.

5 - Descrição da solução adotada

Tendo por base o cenário geológico do local da obra, assim como a amplitude e o tipo de cargas a acomodar pelas paredes dos poços, foi proposta e implementada a realização de uma solução de contenção provisória por painéis de solo-cimento com espessura de 0,80 m, executados através da técnica de CSM, armados com perfis metálicos IPE300, dispostos na vertical. Estes elementos acomodam a totalidade dos impulsos e eram encabeçados por uma viga em betão armado e contraventados, em profundidade, por três vigas metálicas com geometria anelar, obrigatoriamente solidarizadas aos perfis verticais.

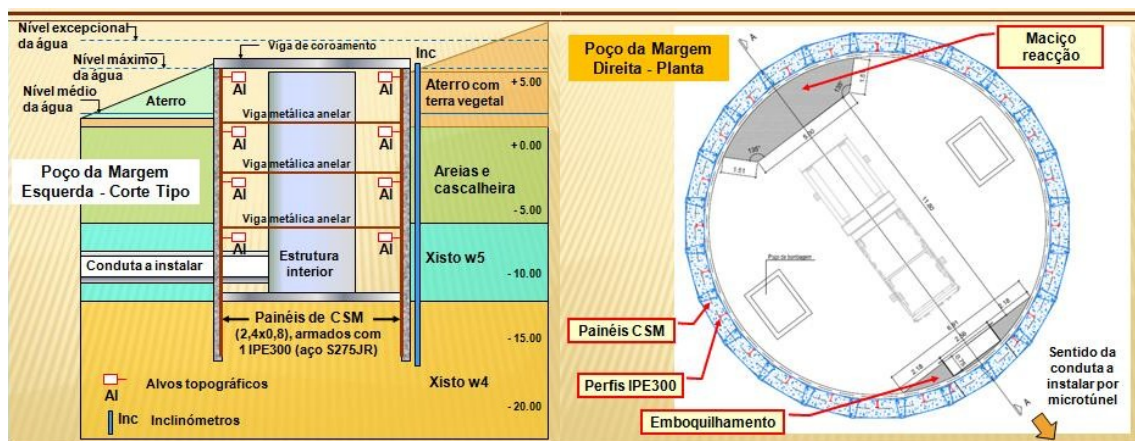


Figura 1 – Corte tipo e planta das soluções estudadas e implementadas

A ficha mínima dos painéis abaixo do fundo da escavação foi de 5,0m, de forma a limitar a afluência de água através do fundo da mesma. Nas zonas de entrada e de saída da microtuneladora, o afastamento dos perfis metálicos foi ajustado, de forma a facilitar os trabalhos de furação. Os perfis foram cravados no interior dos painéis, logo após a conclusão dos mesmos, com recurso a vibrador. A contenção foi cintada a vários níveis, à superfície por uma viga de coroaamento em betão armado e, em profundidade e interiormente, a três níveis, por vigas de cintagem anelares, constituídas por perfis HEB200.

6 - Principais aspetos de projeto

O comportamento de todo os elementos integrantes das estruturas de contenção dos poços, em termos de esforços e de deformações, foi analisado, para todas as fases construtivas, através de programas de elementos finitos vocacionados para o efeito e devidamente interligados entre si.

Com o objetivo de avaliar as deformações e os esforços previstos para os elementos verticais da estrutura de contenção proposta, assim como a estimativa do caudal de água afluente ao interior do recinto da escavação, recorreu-se à modelação da geometria prevista, num programa de elementos finitos não lineares, especialmente concebido para este tipo de aplicações e que respeita o critério de rotura de Mohr-Coulomb. Face à geometria circular dos poços, optou-se por um modelo axissimétrico, de forma a considerar devidamente o efeito das compressões circunferenciais nas estruturas de contenção dos poços.

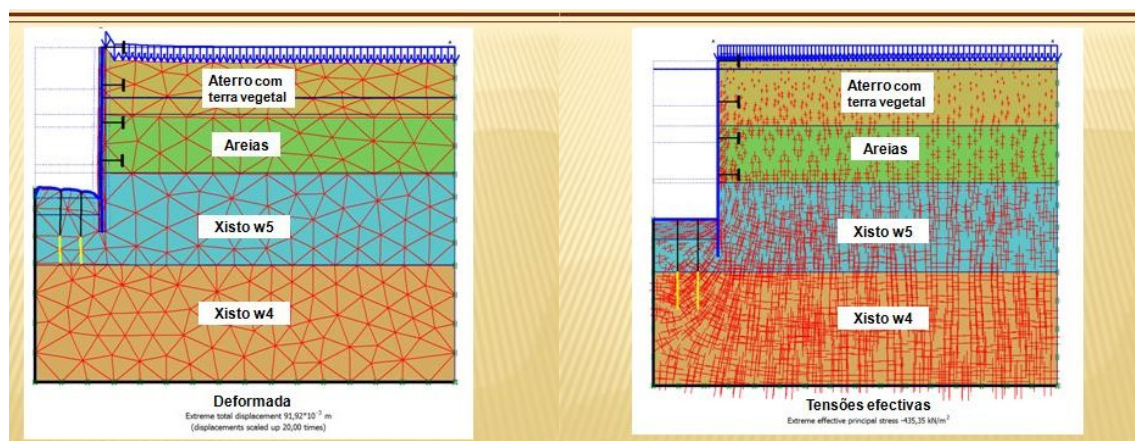


Figura 2 – Modelo de cálculo da contenção dos poços e principais resultados obtidos

De modo a avaliar o eventual desenvolvimento de esforços de flexão e/ou esforços de corte, ao nível das vigas de cintagem, devido à transmissão da carga circunferencial não ser realizada de forma contínua ao longo de toda a extensão das vigas, mas de forma discreta, ao nível dos diversos ponto de solidarização entre as referidas vigas e os perfis verticais existentes no interior dos painéis CSM, realizou-se um modelo de cálculo complementar em que as cargas foram aplicadas de forma discreta.

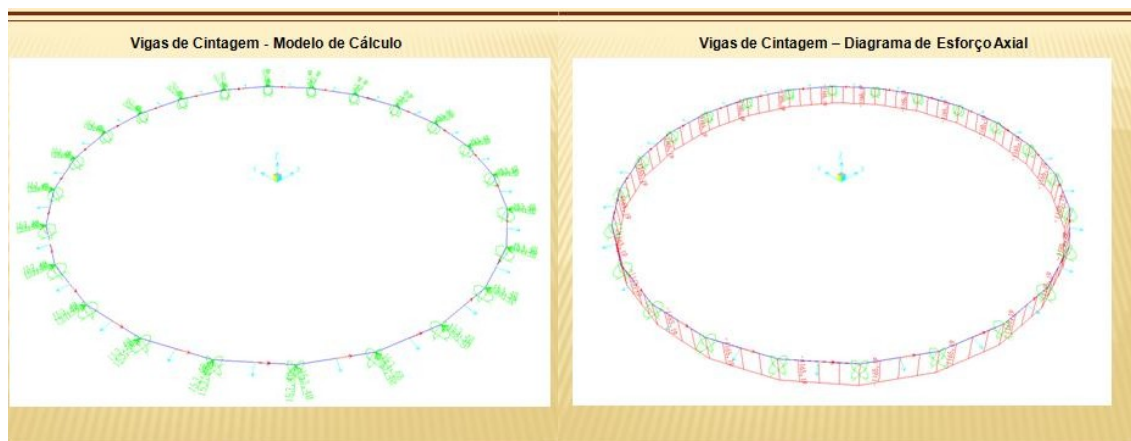


Figura 3 – Modelo de cálculo das vigas de cintagem dos poços e principais resultados

7 - Principais aspetos da obra

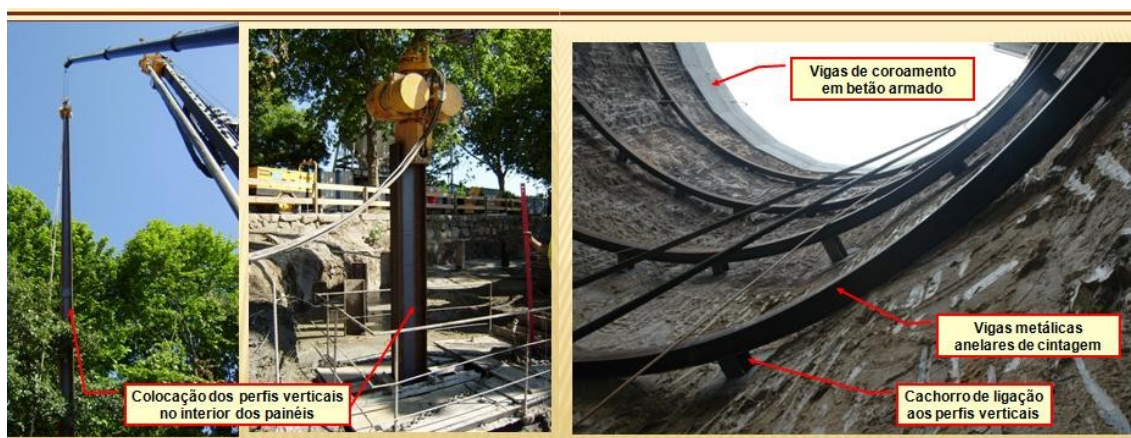


Figura 4 – Vista da cravação dos perfis metálicos no interior dos painéis e do sistema de cintagem dos mesmos painéis



Figura 5 – Vistas do interior do poço da margem direita após a conclusão dos trabalhos de escavação

Ainda no âmbito da técnica de CSM destaca-se a capacidade de controlo de execução rigoroso por parte do equipamento, o qual permite monitorizar e corrigir, em tempo real, parâmetros como o avanço das rodas de corte, a injeção do ligante e a verticalidade do painel, caso haja algum desvio durante a execução. A referida monitorização é possível em qualquer fase das operações de avanço das rodas de corte, dispondo o manobrador do equipamento de um completo painel de instrumentos, o qual permite um controlo automático de todos os parâmetros de furação, injeção de fluidos e mistura do ligante.

Refere-se que como forma de controlo da qualidade da execução, em particular a confirmação dos parâmetros de resistência e de deformabilidade dos painéis de solo-cimento, foram recolhidas amostras destes imediatamente após a sua execução e carotes durante a escavação interior dos poços, as quais serviram para a realização de ensaios que confirmaram, em geral, a obtenção dos parâmetros definidos na fase de projeto.

As fundações dos órgãos hidráulicos construídos no interior dos poços foram materializadas por uma laje de fundo em betão armado, com espessura de 0,35m, solidarizada nos bordos à cortina periférica de painéis de solo-cimento armados, e que funcionou igualmente como elemento de fundação dos sistemas de apoio à microtunelagem. A eventual necessidade de pregar esta laje ao maciço de fundação não se veio a confirmar, em virtude da reduzida afluência de água ao interior da escavação, controlada através de dispositivos de bombagem convencionais.



Figura 6 – Ligação das vigas de cintagem aos perfis verticais e vista da execução da estrutura interior

Tendo por base o enquadramento da obra, assim como o carácter inovador do tipo de soluções de contenção adotado, foi considerado como muito importante a implementação de um adequado Plano de Instrumentação e Observação, com o objetivo de assegurar a realização dos trabalhos em condições de segurança para a obra e para as estruturas e infraestruturas vizinhas, assim como a permitir a confirmação dos pressupostos assumidos na fase de Projeto. No âmbito descrito, foram instalados, em cada um dos poços, 12 alvos topográficos, nas vigas de coroamento e de cintagem e 3 inclinómetros no tardo da contenção provisória em painéis de CSM.

Os aparelhos instalados foram lidos com uma periodicidade semanal durante os trabalhos de escavação e de construção da estrutura interna. A partir dos resultados dos cálculos realizados para o dimensionamento das soluções foram definidos critérios de alerta e de alarme, assim como medidas de reforço, caso os referidos critérios viessem a ser atingidos. Contudo, de acordo com os resultados das campanhas efetuadas, nenhum dos critérios foi atingido, comprovando a adequação das soluções propostas e implementadas. O valor máximo dos deslocamentos registados, na direção horizontal, não excedeu os 10mm, tendo ocorrido a quando da fase final da escavação à cota do fundo da mesma escavação e foi praticamente coincidente com o estimado em fase de Projeto, através da modelação efetuada em regime axissimétrico.

A instrumentação e observação do comportamento da obra foi ainda complementada pela recolha de carotes para a verificação da homogeneidade e da resistência dos painéis de solo-cimento, esta última aferida através da realização de ensaios de compressão uniaxial não confinada com medição de extensões, de forma a aferir o valor da resistência à compressão e do módulo de deformabilidade. Os resultados dos ensaios realizados confirmaram a obtenção dos valores de resistência e de deformabilidade estipulados no Projeto. Após a realização das carotes todos os furos foram devidamente selados.

REFERÊNCIAS

Simon, B. (2009) *Projet national de recherche et developpement. Amelioration des sols par inclusions verticales rigides*. Travaux nº862, pp. 65-72.

Wheeler, P. (2009) *Soil-Mix Piles. Mix Factor*. European Foundations. Autumn 2009, pp. 10-11.