

QUADRUPLICAÇÃO/INSERÇÃO DA LINHA DE ALTA VELOCIDADE EM LISBOA

1 - Características gerais da obra

Ano: 2011

Localização: Areeiro, Lisboa

Tipo: Contenção CSM ancorada

Altura máxima: 13 m – Perímetro: 700 m

Terreno: Areias muito finas e siltes medianamente compactas e siltes-argilosos margosos.

Dono de Obra: REFER ; Projetista: JetSJ, Lda. ; Executante: Geo-Rumo, S.A.

2 - Principais objetivos

No âmbito do Projeto de Quadruplicação e Inserção da Linha de Alta de Velocidade, no troço de Areeiro-Sacavém da Linha do Norte / Linha de Cintura, em Lisboa, foi necessário executar escavações de modo a permitir a expansão, para Poente, da plataforma ferroviária existente, assim como a criação de um parque de manobras e manutenção do equipamento circulante. Como tal, e localizando-se a obra em terrenos com utilização industrial, com uma faixa possível de implantação delimitada pela Linha do Norte, a Nascente, e por edificado a Poente, para vencer o desnível presente entre as duas confrontações, de forma compatibilizada com os condicionamentos existentes, foram executadas quatro estruturas de suporte, com recurso a painéis de solo-cimento, realizados através da tecnologia de CSM, revestidos com uma parede de betão armado.

O conjunto de estruturas de suporte apresenta um desenvolvimento longitudinal total de 700 m com a altura das mesmas a tomar valores médios de 10,0 m, com o muro M2 a atingir os 13,0 m. Como referido, a área de intervenção, situada na zona oriental da cidade de Lisboa, encontra-se enquadrada pela Linha do Norte a Nascente, e pelo tardoz dos edifícios cuja fachada principal confronta para a Av. Infante Dom Henrique.

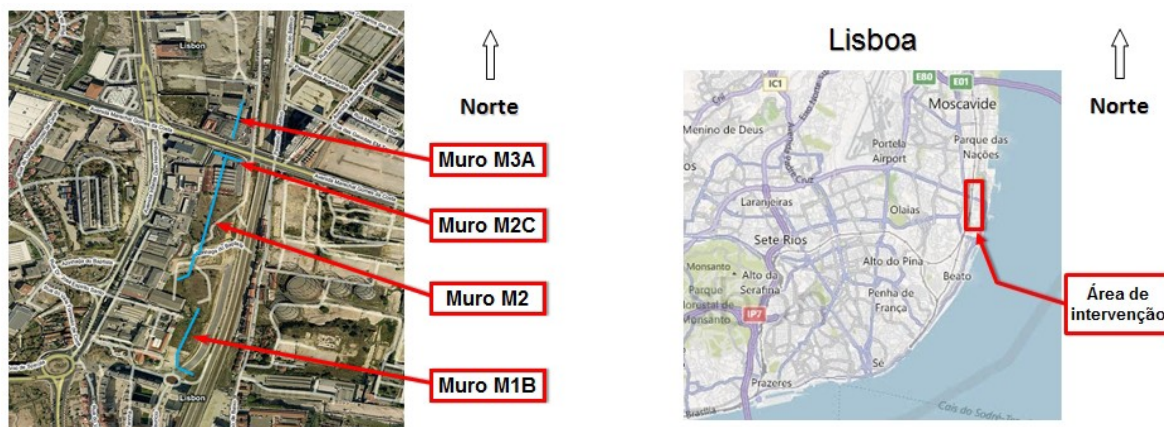


Figura 1 – Fotografia aérea do local de intervenção antes do início dos trabalhos e localização da área de intervenção

A área de intervenção encontrava-se ainda parcialmente ocupada por pavilhões industriais devolutos, cuja totalidade foi previamente demolida. No Muro M2C, devido à presença da Avenida Marechal Gomes Costa, e o viaduto da mesma sobre a Linha do Norte, a execução das estruturas de suporte foi compatibilizada com as ações de demolição e de prolongamento do referido viaduto. No decorrer das ações de escavação foram identificadas algumas estruturas de betão armado enterradas.

3 - Condicionamentos de ordem geológica e geotécnica

As soluções desenvolvidas foram apoiadas numa caracterização geológica e geotécnica, realizada a partir dos resultados de uma campanha de prospeção envolvendo a execução de 39 sondagens mecânicas de furação vertical com a execução de ensaios SPT, a cada 1,50 metros. Foram ainda recolhidas amostras remexidas, para tratamento laboratorial. Com base na prospeção geológico-geotécnica efetuada, bem como nas informações recolhidas na Carta Geológica de Lisboa, foi possível a caracterização prévia do maciço a escavar. O mesmo era constituído pela unidade litoestratigráfica das Areolas de Braço de Prata. Esta unidade litoestratigráfica encontra-se irregularmente coberta por depósitos coluvionares e aluvionares, datados do Holocénico, e por aterros contemporâneos.

A campanha de prospeção permitiu identificar uma camada de aterro, mais superficial, com uma espessura de 0,50 m sobre as camadas de areolas, constituídas por areias muito finas e siltes gresocarbonatadas, levemente argilo-margosa, com passagens de “cascão” fossilífero, variando em profundidade de medianamente compactas a compactas. Pontualmente, foram detetadas camadas de siltes-argilosos, margoso de consistência de muito dura a rijo e de cor cinzento-escuro azulado.

No que diz respeito à hidrogeologia do local, a análise das leituras realizadas durante a campanha de prospeção efetuada, revelou a presença de nível freático, em algumas sondagens à profundidade de cerca 10,0 m, o que se traduziria, em algumas secções dos muros a executar, a cerca de 5,0 m acima da cota final de escavação.

4 - Condicionamentos de vizinhança

A área da intervenção insere-se numa zona industrializada, delimitada por arruamentos e diversas construções vizinhas, algumas a preservar e outras a demolir. Destacam-se os edifícios existentes no topo da escavação, cuja fachada principal confronta a Av. Infante Dom Henrique a Poente, e o Viaduto da Av. Marechal Gomes da Costa sobre a Linha do Norte, a Sul. As soluções propostas tentaram minimizar o impacto no normal funcionamento destas estruturas e de todas as infraestruturas, tendo sido compatibilizadas com o levantamento das mesmas, disponível durante a fase de projeto.

5 - Descrição da solução adotada

As soluções propostas consistiram na execução de uma parede de contenção constituída por painéis de solo-cimento, realizados a partir da superfície, antes de qualquer trabalho de escavação, com recurso a Cutter Soil Mixing (CSM), posteriormente revestidos com uma parede de betão armado. Na execução da parede em painéis de solo-cimento foram adotados painéis com 2,40 x 0,50 m², com uma sobreposição mínima de 0,20m e uma ficha mínima de 4 m, abaixo da cota de fundo da escavação, de forma a garantir a mobilização do impulso passivo, necessário ao correto funcionamento da estrutura de suporte.

Os painéis CSM foram armados verticalmente com perfis em aço do tipo IPE270. Os perfis metálicos ficaram afastados de cerca de 1,10 m entre si, tendo sido localizados junto à face intradorso dos painéis de CSM, com o eixo da alma orientado na perpendicular à escavação, de forma a facilitar a sua posterior ligação à viga de distribuição.

A parede de contenção, formada pelos painéis, pelos perfis verticais e pela parede de revestimento em betão armado, foi encabeçada por uma viga de coroamento também em betão armado e ancorada definitivamente, em 2 a 4 níveis de ancoragens, em função da altura total de escavação vencer. As ancoragens foram executadas durante a escavação, de cima para baixo, em paralelo com a realização da parede de revestimento. A solução proposta e implantada permitiu que a escavação, em cada nível, fosse realizada numa única frente, possibilitando a otimização substancial do prazo de execução dos muros.



Figura 2 – Fase intermédia da execução das estruturas de suporte

As referidas ancoragens, ficaram afastadas entre si de 3,30 m e inseridas ao longo de vigas de coroamento e de distribuição, sendo a restante superfície entre vigas revestida com uma parede de betão armado com uma espessura de 0,20 m. As ancoragens são compostas por 6 cordões de aço de pré-esforço. Para a transmissão de carga das ancoragens ao terreno de fundação foram executados bolbos de selagem com 10,0 m de comprimento no estrato competente, através de IRS, recorrendo a obturador duplo e válvulas anti-retorno. Com vista a facilitar a eventual realização de ancoragens de reforço foram deixados negativos nas vigas de coroamento e de distribuição.

Face à prévisível existência de nível freático acima da cota da base de escavação, instalaram-se geodrenos Ø50mm, materializados por tubos PVC crepinado envoltos em geotêxtil de separação.

6 - Principais aspetos do projeto

Com o objetivo de avaliar as deformações e os esforços mobilizados para os diversos elementos da estrutura de contenção proposta, recorreu-se à modelação da geometria prevista, num programa de elementos finitos, especialmente concebido para este tipo de aplicações e que respeitou o critério de rotura *Hardening-Soil*. A análise realizada consistiu no estudo das secções mais representativas de cada muro de suporte, no total de 7 secções tipo, com o intuito de avaliar as deformações, estados de tensão e a estabilidade do maciço a conter, bem como a estimar os fatores de segurança associados a cada fase do processo construtivo, de modo a melhor avaliar e compreender a evolução dos esforços e das deformações a que a estrutura, como um todo, e os painéis de CSM, em particular, se encontrariam submetidos.

Tratando-se de uma secção heterogénea formada pelos painéis de CSM, armados com perfis metálicos IPE270, e pela parede de revestimento em betão armado, betonado contra os painéis de CSM foi considerando no dimensionamento das soluções, de uma forma conservativa, que o momento fletor resistente da secção final é apenas a soma dos momentos resistentes das duas secções.

7 - Principais aspetos da obra

De modo a otimizar os comprimentos de selagem das ancoragens definitivas, devido à sua extensão e diâmetro de selagem, foram realizados quatro ensaios prévios. Os ensaios foram divididos entre o Muro M2 e o Muro M3A com dois ensaios cada. Através da realização destes ensaios provou-se ser possível, no presente enquadramento geotécnico, a mobilização de uma tensão tangencial com um valor de, pelo menos, 275 kPa, sendo que, para efeitos de dimensionamento e de cálculo da capacidade resistente dos bolbos de selagem, se havia inicialmente considerado uma tensão tangencial com um valor de 200 kPa.

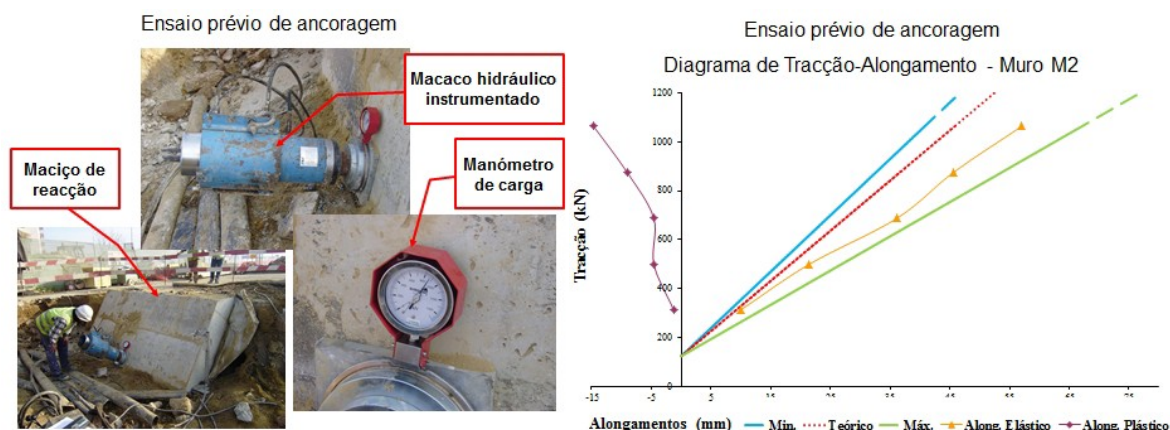


Figura 3 – Vista do ensaio prévio de ancoragem e diagrama de tração/alongamento medido durante o mesmo

O recurso à tecnologia de CSM era ainda relativamente recente no panorama geotécnico português. Este facto dificultou o recurso a metodologias previamente testadas para o estabelecimento prévio de parâmetros de rácios de ligante por metro cúbico de solo para a obtenção dos valores de resistência e de deformabilidade requeridos em projeto. Como tal, no âmbito de toda a empreitada dos quatro muros, foram executados dois painéis teste com o objetivo de ajustar os principais parâmetros de execução.

Sendo a instrumentação uma comprovada ferramenta de verificação e validação da solução adotada, não só na fase construtiva, mas igualmente durante a fase de serviço, foi implementado um Plano de Instrumentação e Observação com o objetivo de medir o comportamento da estrutura. Foram instalados 65 alvos topográficos, distribuídos pelos vários alçados da contenção periférica, 22 células de carga, para aferição da carga instalada nas ancoragens e 11 inclinómetros no tardo da contenção.

Estes aparelhos permitiram a definição de um total de 23 perfis verticais de observação, procedendo-se à leitura dos mesmos com uma periodicidade semanal, em fase de obra, e uma vez por trimestre durante os primeiros 3 anos após a conclusão dos trabalhos.

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 eventualmente a ser atingidos.

Verificou-se que, no decorrer da obra, os deslocamentos apresentados pelas estruturas de suporte eram, em geral, inferiores aos estimados numericamente. Igualmente, através dos dados da instrumentação foi possível detetar duas situações anómalas no Muro M3A. Nos primeiros metros do inclinómetro, extensão correspondente ao muro sobre a viga de coroamento, foram detetados deslocamentos excessivos na direção da escavação, valores estes que não eram confirmados pelos alvos topográficos. Nos últimos 4 metros de escavação, profundidade coincidente com a posição estimada do nível freático, foi igualmente detetada uma deformação da contenção na direção da escavação.

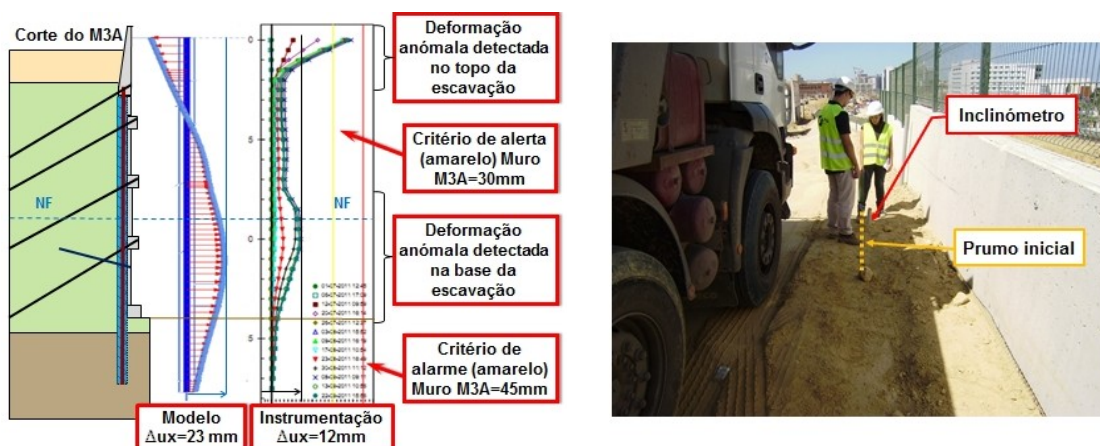


Figura 4 – Análise comparativa das deformações estimadas e medidas para o Muro M3A

Após análise destas ocorrências, constatou-se que no tardoz da contenção, o tráfego de veículos pesado tinha deformado as calhas inclinométricas excessivamente, e, por questões de organização de trabalhos, a não realização dos geodrenos imediatamente após a execução da escavação tinha comprometido a capacidade de drenagem da estrutura de suporte. Este facto terá promovido o estabelecimento de impulso hidrostático no tardoz da contenção, situação que não havia sido considerada em projeto.

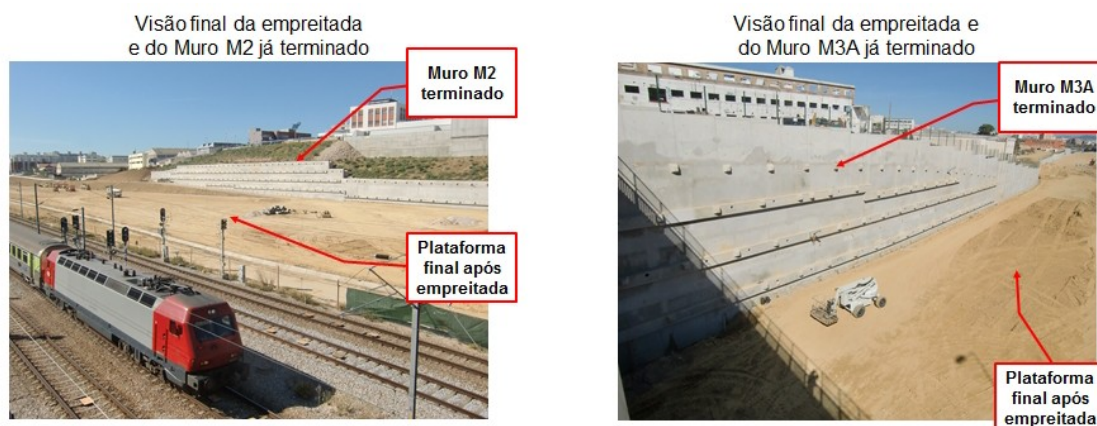


Figura 5 – Fotografias das estruturas finalizadas assim como da plataforma final

REFERÊNCIAS

- Bustamante, M., Doix, B. (1985). Une method pour le calcul de tirants et des micropieux injectes, *Bulletin de Liason des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, Ministère de L'Équipement, du Logement, des Transports et de la Mer, Paris.
- Fernandes, M. M.; Peixoto, A.; Pinto, A.; Pita, A.; Gomes, A. T.; Pedro, A. (2010). A Técnica de Cutter Soil Mixing aplicada a escavações urbanas" – *V Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia*, Gramado - RS, Brasil, Sessão Paralela 2 – Escavações Profundas em Áreas Urbanas, publicado em CD.
- Pinto, A., Tomásio, R., Pita, X., Godinho, P., Peixoto, A. (2011). Ground Improvement Solutions using Cutter Soil Mixing Technology, *Proceedings of the 1st International Conference on Advances in Geotechnical Engineering*, Perth, Austrália, pp.511–518.
- Simon, B. (2009). Projet national de recherche et développement. Amélioration des sols par inclusions verticales rigides. *Travaux n°862*, pp.65-72.