

PARQUE DE ESTACIONAMENTO DO LARGO DO AMBIENTE EM LUANDA - ANGOLA

1 - Características gerais da obra

Ano: 2012

Localização: Luanda, Angola

Tipo: Contenção CSM, escavação em top-down

Altura máxima: 17,4 m – Perímetro: 350 m – Área: 4.735 m²

Terreno: Aterros heterogêneos, areias de duna, areias siltsas

Dono de Obra: Centro Cerro Angola ; Projetista: A400 ; Executante: Terzaghi S.A. / Geo-Rumo, S.A.

2 - Principais objetivos

Pretendeu-se construir um parque de estacionamento subterrâneo na cidade de Luanda, em Angola. O parque de estacionamento desenvolve-se em pendente de dois a cinco pisos subterrâneos, correspondendo a uma altura máxima de escavação de 17 m. O recinto de escavação confronta diretamente com arruamentos existentes e dispõe uma geometria em planta aproximadamente retangular com uma área de aproximadamente 4.735 m².

As condições geológicas e geotécnicas encontradas no local, nomeadamente a Formação de Luanda (p1), constituída por argilas, siltes, areias heterométricas, por vezes alternadas com calcáriosossilíferos, altamente heterogêneas, dificultam bastante a sua caracterização e acarreta incertezas nos modelos geotécnicos.



Figura 1 – Vista aérea da Obra

3 - Condicionamentos de ordem geológica e geotécnica

O estudo geológico-geotécnico consistiu na realização de 8 sondagens mecânicas à rotação com trado oco até 44,5m, com realização ensaios de penetração dinâmica – SPT. De acordo com estudo, os terrenos ocorrentes na área de intervenção são: terrenos do *Holocénico* de génese antrópica e/ou aterros, areias de praia de duna, solos arenosos de granulometria variável, com valores de SPT entre 1 e 31 pancadas; formação *Pliocénica*, constituída por areias heterogêneas por vezes com silte subjacentes

aos solos do *Holocénico*, com valores de SPT entre 0 e 60 pancadas. O nível freático encontrava-se a cerca de 12,0m, na zona mais elevada do terreno e a 3,50m na zona mais baixa.

4 - Descrição da solução adotada

A estrutura de contenção das escavações necessárias para a realização dos pisos subterrâneos do parque de estacionamento consistiu numa cortina contínua de painéis de CSM, com secção transversal retangular de dimensões 2,40 m x 0,60 m, executados sequencialmente por painéis primários e secundários, com um comprimento de sobreposição entre si de 0,20 m de modo a assegurar uma boa ligação entre painéis adjacentes em profundidade. Tendo por base os esforços resultantes do impulso hidrostático, do impulso do terreno e das sobrecargas à superfície, cada painel de CSM foi armado com dois perfis verticais do tipo IPE 400 a IPE 270, dependendo da altura de escavação. De forma a controlar a afluência de água ao interior do recinto de escavação e a garantir a segurança da mesma em termos de estabilidade hidráulica e de estabilidade global, propôs-se um comprimento total da cortina de 30,0m na parte mais alta e 20,0m na mais baixa.

Os painéis de CSM e os respetivos perfis verticais foram solidarizados no topo por meio de uma viga de coroamento em betão armado. O travamento da parede de CSM foi materializado por dois a cinco níveis de bandas de laje executadas de forma compatibilizada com os trabalhos de escavação e posteriormente incorporadas na estrutura dos pisos, constituindo quadros de travamento rígidos dos quatro alçados. O apoio provisório das bandas de laje foi garantido por meio estacas de fundação de 800mm de diâmetro. Preconizou-se ainda a execução de uma parede de revestimento em betão armado com 0,20 m de espessura, realizada à medida que a escavação foi avançando.

É de referir que, na situação particular da obra apresentada, caso se optasse pelo travamento da parede de contenção por meio de escoramentos metálicos, as dimensões do recinto de escavação obrigariam à utilização de escoras de elevado comprimento e diâmetro e, dada a existência de confrontações diretas de edifícios, a utilização de ancoragens não seria viável. Assim, a utilização de bandas de laje como meio de travamento da parede de contenção foi a opção considerada técnica e economicamente mais vantajosa, tendo como vantagem principal a incorporação de elementos da estrutura definitiva para o travamento em fase provisória.

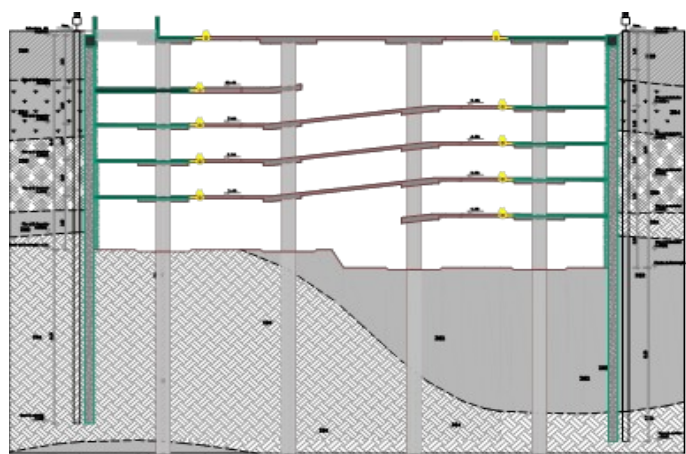


Figura 1 – Corte tipo da solução preconizada

5 - Principais aspetos do projeto

Na análise da estrutura de contenção foram definidas sete secções representativas dos quatro alçados da obra, condicionantes para o dimensionamento da contenção periférica. O comportamento das secções estudadas foi analisado recorrendo a programa de elementos finitos, onde foram modeladas todas as fases do processo construtivo, de forma a maximizar a aproximação entre a modelação numérica e a situação real, tendo-se procedido ao estudo do comportamento do maciço e da própria estrutura de contenção em termos de esforços e de deformações.

O estudo do travamento da parede de contenção foi efetuado tendo em conta a interação entre a cortina em CSM e as bandas de laje do travamento. Neste sentido, foram introduzidos apoios elásticos no modelo de análise da contenção periférica, a rigidez dos quais pretende simular a rigidez do quadro fechado constituído pelos troços de laje de travamento. A rigidez introduzida no modelo de elementos finitos da contenção periférica foi determinada por via da análise do modelo do quadro fechado. É de salientar que, por se tratar de uma simulação em estado plano de deformação, o faseamento construtivo longitudinal da obra não é contemplado.

Procedeu-se também ao estudo do caudal que afluiria ao interior da escavação, com um rebaixamento do nível de água de cerca de 5,35 m na secção mais condicionante, resultando numa estimativa do caudal que surgiria no interior da escavação de 0,755 m³/s (2.716 m³/h). Na análise da percolação foi também avaliado o fenómeno de rotura hidráulica por erosão interna, também conhecido como “piping”, este fenómeno de rotura está associado a elevados gradientes hidráulicos junto a base da escavação.

6 - Principais aspetos da obra

A execução dos trabalhos na obra apresentada iniciou-se com a implantação dos painéis de CSM, procedendo-se simultaneamente à execução de painéis de teste, de forma a permitir a calibração dos parâmetros de execução com a recolha de provetes de solo-cimento ensaios de resistência à compressão uniaxial com medição do módulo de deformabilidade. Após a fase inicial de calibração do equipamento, procedeu-se à realização dos painéis de CSM da estrutura de contenção. Imediatamente após a execução de cada painel e antes do endurecimento do solo-cimento procedeu-se à introdução dos perfis IPE previstos. Foram também instalados nesta fase os inclinómetros preconizados para controlo dos movimentos horizontais no tardo da estrutura de contenção. A fase seguinte consistiu na realização das estacas de fundação que também serviram de apoio provisório das bandas de laje.

Devido à grande possança das areias, foram encontradas algumas dificuldades na estabilização destas durante a execução dos painéis de CSM, tendo o Cutter ficado preso nas areias por duas vezes. Em ambas as situações, com dificuldade, o Cutter foi recuperado, sendo que em um dos casos, o Cutter esteve preso cerca de um mês.



Figura 2 – Fotografia do início da execução da laje de cobertura

Para garantir a solidarização dos painéis de CSM e dos respetivos perfis metálicos verticais foi executada uma viga de coroamento antes do início dos trabalhos de escavação. Procedeu-se ao início da escavação e à execução das bandas de laje, de forma a obter quadros rígidos de travamento da estrutura de contenção e instalando-se os alvos topográficos previstos, continuando o faseamento até ao fundo de escavação. É de salientar que os painéis de CSM foram executados até uma profundidade que permitiu minimizar a afluência de água ao recinto de escavação, o que facilitou todo o processo de escavação. Uma vez atingida a profundidade máxima de escavação foi executada a laje de fundo e a estrutura definitiva interior do parque de estacionamento, tendo sido demolidas as estacas de apoio provisório.

O controlo de qualidade na obra em estudo foi realizado a vários níveis. Durante a execução dos painéis de CSM, através do controlo dos parâmetros de execução efetuado em tempo real pelo manobrador do equipamento e através de ensaios laboratoriais de provetes recolhidos dos painéis da estrutura de contenção. Paralelamente efetuou-se a observação da obra ao longo da execução da escavação, tendo-se realizado leituras dos aparelhos de monitorização instalados de acordo com o Plano de Observação e Instrumentação previsto. Na generalidade, os resultados obtidos por via da instrumentação corresponderam aos valores previstos através das modelações numéricas efetuadas.



Figura 3 – Vista parcial da obra durante a fase de escavação



Figura 4 – Aspeto final da obra

REFERÊNCIAS

- Fiorotto, R., Schöpf, M. and Stötzer, E. (2005). Cutter Soil Mixing (CSM) An innovation in Soil mixing for creating Cut-off and Retaining walls. *In: 16 ICSMGE: International Conference on soil mechanics and geotechnical engineering, Osaka-Japan.*
- Matos Fernandes, M., Peixoto, A., Pinto, A., Pita, X., Topa Gomes, A. e Gomes Pedro, A. (2010). Cutter Soil Mixing aplicada a escavações urbanas. *COBRAMSEG 2010: Engenharia Geotécnica para o desenvolvimento, inovação e sustentabilidade. COBRAMSEG 2010 - Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2010, Gramado, Brasil.*
- Sousa, E. (2009). A Técnica de Cutter Soil Mixing Aplicada a Escavações Urbanas. Aspectos Gerais e Caso de Estudo. Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, 182 p.