

ESTRUTURA DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA PARA O NOVO EDIFÍCIO “VILA FOZ HOTEL & SPA” NO PORTO – PORTUGAL

SOLUTION OF EARTH RETAINING STRUCTURE FOR THE NEW BUILDING “VILA FOZ HOTEL & SPA” AT OPORTO – PORTUGAL

Gomes, Pedro; *Artur Peixoto, Consultores Geotecnia, Lda, Braga, Portugal, pedro.gomes@apgeotecnia.pt*

Borges, Rui; *Artur Peixoto, Consultores Geotecnia, Lda, Braga, Portugal, rui.borges@apgeotecnia.pt*

Peixoto, Artur; *Artur Peixoto, Consultores Geotecnia, Lda, Braga, Portugal, artur.peixoto@apgeotecnia.pt*

RESUMO

O presente artigo descreve os aspetos mais relevantes ao nível do projeto e da execução da estrutura de contenção periférica provisória implementada na obra de construção do edifício “Vila Foz Hotel & Spa”, localizado no Porto, Portugal. Atendendo aos principais condicionamentos existentes, optou-se por propor e conceber uma estrutura de contenção constituída por uma cortina de microestacas, afastadas, associada a dois níveis de ancoragens e dois níveis de pregagens provisórias na zona de maior altura de escavação. Neste artigo são apresentados os principais resultados da modelação, instrumentação, observação e controlo de qualidade da obra.

ABSTRACT

This article describes the most relevant aspects of the design and execution of the temporary peripheral retaining structure implemented in the construction of the "Vila Foz Hotel & Spa" building located in Porto, Portugal. Considering the main constraints, it was decided to propose and design a retaining wall consisting of a curtain of micropiles, spaced apart, associated to two levels of temporary anchors and two levels of temporary nailing in the zone of greater height of excavation. This paper presents the main results of the modeling, instrumentation, observation and quality control of the work.

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo refere-se à estrutura de contenção provisória realizada para suporte das escavações previstas para a obra de construção do novo edifício para o “Vila Foz Hotel & Spa”, localizado na cidade do Porto. O edifício é constituído por rés-do-chão e três pisos elevados e três pisos subterrâneos, como apresentado na Figura 1, tendo como base a cota da Rua de Gondarém, no tardoz. A estrutura de contenção apresentada foi concebida para permitir as escavações necessárias à execução dos três pisos subterrâneos do novo edifício.



Figura 1 – Vista do Edifício Construído

No enquadramento descrito, procurou-se conceber uma solução de contenção que privilegiasse a minimização de interferências e perturbações na área envolvente da obra, garantindo o seu funcionamento em condições de segurança durante e após a execução dos trabalhos. Um requisito importante foi a necessidade de construção do edifício de baixo para cima para minimizar os erros ou defeitos na aplicação da impermeabilização dos pisos subterrâneos.

O recinto da escavação apresenta uma área em planta de aproximadamente 900 m² e encontra-se delimitado por arruamentos e edifícios existentes (Figura 2).



Figura 2 – Vista Aérea da Localização da Obra (Google Earth® Pro)

O principal desafio encontrado neste projeto consistiu na execução da escavação com uma profundidade máxima de 10,5 m nos alçados nascente e parte dos alçados norte e sul, na presença de terrenos com características mecânicas muito variáveis e na presença de nível freático a cerca de 3 metros da superfície. A altura de escavação diminuía ao longo dos alçados norte e sul com o declive do terreno natural, sendo que, no alçado poente, para uma escavação de menor altura e mais espaço disponível, optou-se pela escavação em talude.

2. PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

2.1. Geologia e Geotecnia

A caracterização dos terrenos existentes no local da obra foi realizada com base numa campanha de prospeção geológica e geotécnica, realizada pela Artur Peixoto Lda.. A campanha de prospeção consistiu na execução de cinco sondagens mecânicas com realização sistemática de ensaios SPT, a recolha de amostras para ensaios laboratoriais e a instalação de dois piezómetros.

Os resultados obtidos na campanha de prospeção colocaram em evidência a presença de três camadas distintas, como apresentado no corte-tipo da Figura 3 e com os parâmetros geomecânicos do Quadro 1.

- Aterros e solos de cobertura, constituídos por areias siltosas, por vezes com cascalho, desde a superfície até cerca de 3 a 6 metros de profundidade (Zona Geotécnica 3 – ZG3);
- Maciço gnáissico muito alterado a medianamente alterado (W4/W3) e medianamente alterado a pouco alterado (W3/W2), muito fraturado, com índice RQD nulo, subjacente aos materiais de aterro, em três sondagens, até cerca de 5 a 10 metros de profundidade (Zona Geotécnica 2 – ZG2);
- Maciço gnáissico medianamente alterado a pouco alterado (W3/W2) ou pouco alterado (W2), com fratura próximas a medianamente afastadas, com índices RQD superiores a 30% (Zona Geotécnica 1 – ZG1).

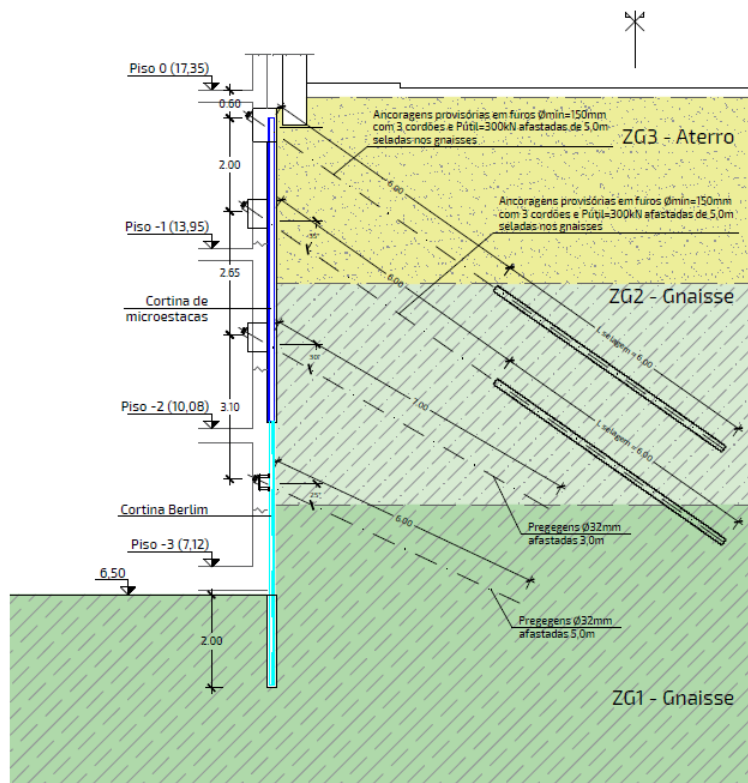


Figura 3 – Corte-tipo da escavação

Quadro 1 – Principais parâmetros geomecânicos

Parâmetro	ZG1	ZG2	ZG3
γ (kN/m ³)	24,0	23,0	18,0
ϕ' (°)	42,0	33,0	23,0
c' (kPa)	3.000	1.400	0,0
E_{ref} (MPa)	12.000	1.800	6,0

Relativamente ao nível freático, a sua ocorrência foi detetada a sensivelmente 3 metros de profundidade.

2.2. Condicionamentos de vizinhança

O recinto de escavação localiza-se numa zona urbana, o que determinou que uma das principais preocupações durante a conceção da solução e a execução dos trabalhos fosse a garantia do funcionamento, em condições de segurança, dos edifícios e arruamentos localizados na proximidade da obra. A obra apresenta as seguintes confrontações diretas:

- a norte: árvore de grandes dimensões a manter e proximidade do palacete a manter;
- a nascente: arruamento (Rua de Gondarém);
- a sul: edifício R+2;
- a poente: terreno livre do próprio lote.

3. DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO ADOTADA

Tendo por base os condicionalismos existentes, optou-se por propor e conceber uma solução de contenção periférica provisória constituída por uma cortina de microestacas, travada por dois níveis de ancoragens pré-esforçadas e dois níveis de pregagens, como apresentado na Figura 3. Onde foi possível, optou-se por escoramento metálico. No maciço gnáissico de melhores características, transformou-se a solução numa contenção do tipo “Munique” em madeira, através da redução do comprimento de parte das microestacas.

Assim, para acomodar a totalidade dos impulsos provocados pelo terreno e pelas sobrecargas de utilização das áreas localizadas a tardo da contenção, as microestacas foram armadas com perfis metálicas HEB 100, com comprimentos de 8 a 13,3 metros, que serviriam também de perfis verticais para a contenção do tipo “Munique” e as restantes microestacas da cortina foram armadas também com perfis HEB 100 mas com comprimentos de 4 a 8,5 metros.

A limitação da afluência de água ao interior da escavação foi uma das preocupações durante a conceção do projeto, tendo-se definido o rebaixamento provisório do nível freático através de poços de bombagem até à construção da laje do Piso 0.

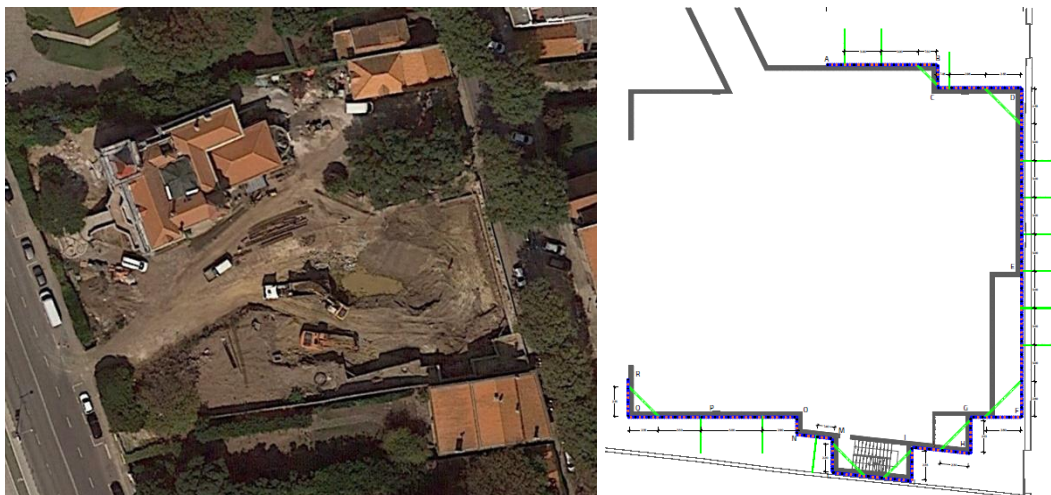


Figura 4 – Vista de satélite (à esquerda, Google Earth® Pro) e planta da estrutura da contenção (à direita)

A partir da base de escavação foi construído depois todo o edifício em betão armado, dimensionado para resistir a todos os esforços em fase definitiva, e aplicado o sistema de impermeabilização, estando previsto o nível freático se encontrar acima da base do edifício em fase definitiva.

4. MODELO DE ANÁLISE DA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO

A análise da estrutura de contenção foi realizada recorrendo a um modelo numérico de elementos finitos, através do programa de cálculo Plaxis®. Os terrenos foram modelados com os parâmetros geomecânicos indicados no ponto 2.1, tendo-se adotado o modelo de comportamento *Hardening Soil*¹. A análise realizada englobou o estudo das secções representativas de todos os alçados da estrutura de contenção. Na figura seguinte pode observar-se, a título exemplificativo, o modelo de análise de uma das secções estudadas: secção 2 (secção representativa do alçado sudeste, Rua de Gondarém), cujo corte-tipo se apresenta acima, na Figura 3.

1 Parâmetros de resistência de Mohr-Coulomb obtidos com recurso ao critério de rotura de Hoek-Brown.

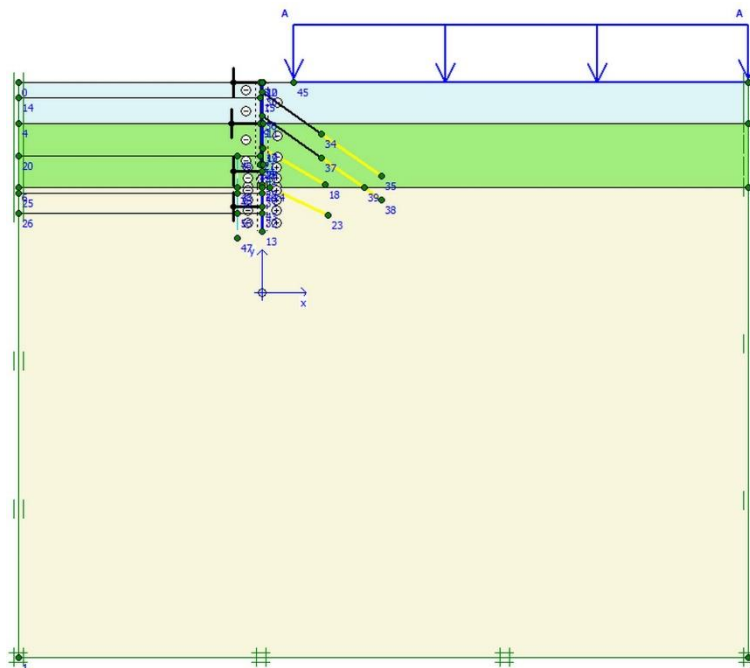


Figura 5 – Secção 2: modelo de análise em Plaxis®

Para simular o processo construtivo da estrutura de contenção e escavação foram consideradas as seguintes fases de cálculo:

- Fase 1** – Escavação até à cota 16,0m (viga de coroamento);
- Fase 2** – Execução do primeiro nível de escoramento e ancoragens à cota 16,5m;
- Fase 3** – Escavação até à cota 13,9m;
- Fase 4** – Execução do segundo nível de escoramento e ancoragens à cota 14,5m;
- Fase 5** – Escavação até à cota 11,2m e rebaixamento do nível freático para a cota 6m;
- Fase 6** – Execução do terceiro nível de escoramento e pregagens à cota 11,9m;
- Fase 7** – Escavação até à cota 8,2m;
- Fase 8** – Execução do quarto nível de escoramento e pregagens à cota 8,9m;
- Fase 9** – Escavação até à profundidade máxima (cota 6,5m);
- Fase 10** – Construção da laje de fundo;
- Fase 11** – Remoção do quarto nível de escoramento e desativação das pregagens;
- Fase 12** – Execução da laje Piso -2;
- Fase 13** – Remoção do terceiro nível de escoramento e desativação das pregagens;
- Fase 14** – Execução da laje Piso -1;
- Fase 15** – Remoção do segundo nível de escoramento e desativação das ancoragens;
- Fase 16** – Execução da laje Piso 0;
- Fase 17** – Remoção do primeiro nível de escoramento e desativação das ancoragens.

Como exemplo, no quadro seguinte são apresentados os valores dos deslocamentos horizontais máximos da cortina obtidos na análise numérica da Secção 2.

Quadro 2 – Deslocamentos horizontais máximos da cortina – análise numérica da secção 2

	Deslocamento horizontal (mm)
No topo da cortina	9.5
Ao longo da altura da cortina	4.5

Dadas as características da zona de intervenção e respetiva envolvente, foram definidos os limites de deslocamento horizontal aceitáveis de 10 mm no topo da cortina e 25 mm ao longo da altura da cortina. Na modelação numérica de todas as secções estudadas foram previstos valores inferiores a estes.

5. EXECUÇÃO DOS TRABALHOS

O processo de execução da estrutura de contenção iniciou-se com a realização, a partir da superfície, das microestacas, antes de qualquer trabalho de escavação.

As microestacas foram executadas com equipamento de média dimensão, com perfuração à roto-percussão e com revestimento das paredes do furo na altura dos aterros. Após a perfuração foram colocados os perfis metálicos HEB 100 com o apoio de uma autogrua e a selagem foi realizada com microbetão a baixa pressão em toda a altura das microestacas.



Figura 6 – Fotografias do equipamento utilizado na execução das microestacas (fotografias dos autores)

A fase seguinte consistiu na execução de uma pequena escavação para permitir a execução da viga de coroamento, a execução do primeiro nível de ancoragens e escoramento, e início da bombagem para rebaixamento do nível freático. Após a aplicação do pré-esforço das ancoragens, procedeu-se à escavação até cerca de 0,50 m abaixo da cota do segundo nível de suporte, seguindo-se a execução da viga de distribuição em betão armado e a execução do segundo nível de ancoragens e instalação do escoramento metálico. A escavação para execução do terceiro nível de escoramento foi realizada de forma análoga à descrita para o segundo nível. A Figura 7 mostra uma fotografia desta fase da obra, com a escavação do maciço gnáissico medianamente alterado a pouco alterado.



Figura 7 – Fotografia da obra antes da aplicação do terceiro nível de escoramento e pregagens (fotografia dos autores)

Durante esta fase de escavação optou-se por suprimir o nível inferior de pregagens e o tabuado em madeira, tendo em conta a qualidade do maciço rochoso e os resultados da instrumentação.



Figura 8 – Vista parcial da Obra no final da escavação

Após ser atingida a profundidade máxima de escavação, foram executadas ancoragens com barras roscadas para suporte das pressões hidrostáticas ascendentes em algumas zonas da laje onde a distância entre pilares é maior para reduzir os esforços na laje de fundo, como é visível na figura 8.

Simultaneamente, iniciou-se a preparação a base, a colocação de drenos e impermeabilização da base, executada a laje de fundo e a subida de toda a estrutura do edifício em betão armado, com a colocação do sistema de impermeabilização entre a contenção periférica e os muros em betão definitivos, acompanhada do processo de desativação das pregagens, ancoragens e escoramento e demolição das vigas de distribuição, à medida que foram sendo executados sucessivos travamentos materializados pelas lajes da estrutura interior do edifício.



Figura 9 – Vista da Obra no início da construção da estrutura definitiva

6. CONTROLO DE QUALIDADE

Na fase de execução, o controlo foi efetuado através da verificação da verticalidade das microestacas, velocidade e resistência à perfuração que permite avaliar o estrato que está a ser perfurado. Este método de controlo também contribui para garantir a qualidade das ancoragens e pregagens. O controlo da injeção das ancoragens foi efetuado pela observação e registo das pressões de injeção de abertura das válvulas e quantidade de calda injetada, como mostra o exemplo da figura 10.

Constituição da Ancoragem				Perfuração				Selagem da Ancoragem				
Inclinação	Comp. Livre	Nº Cabos	Comp. Selagem	Data	Tipo Furacção	Dímetro	Metragem	Geologia	Data	Cimento (kg)	Relação A/C	Aditivo
35°	6	3	6	2/08	Tubo	de 0 a 9	0-6 - 11m/12m	6-9 Sdln	2/08	300	2/1	

Injeção do Bolbo de Selagem															
Válvula	Tubo Manchete				Tubo Multi-válvulas										
	1ª Injeção	2ª Injeção	3ª Injeção	4ª Injeção	1ª Injeção	2ª Injeção	3ª Injeção	4ª Injeção	5ª Injeção	6ª Injeção	7ª Injeção				
	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data				
Nº	Prof (m)	Cimento (kg)	Pressão (bar)	Cimento (kg)	Pressão (bar)	Cimento (kg)	Pressão (bar)	Cimento (kg)	Pressão (bar)	Cimento (kg)	Pressão (bar)	Cimento (kg)	Pressão (bar)	Cimento (kg)	Pressão (bar)
1															
2															
3															
4															
c															



Figura 10 – Extrato do registo da ancoragem nº 4 (à esquerda) e manómetro de pressão de injeção (à direita)

Durante a escavação, o controlo foi efetuado pelo método observacional, pela instalação de alvos topográficos na própria contenção e edifícios vizinhos, marcas de

pavimento na Rua de Gondarém, piezómetros e acompanhamento das pressões nas células de carga das ancoragens.

O deslocamento horizontal máximo medido nos alvos topográficos do topo da contenção periférica foi de 7,2mm e o valor máximo medido ao longo da altura da cortina foi de 13,5 mm no terceiro nível, ambos no alçado confrontante com a Rua de Gondarém e inferiores aos limites definidos em projeto. Nos alvos do edifício vizinho o valor máximo foi de 4 mm, considerado aceitável.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução da cortina de microestacas na zona das areias constituiu uma opção apropriada e vantajosa do ponto de vista técnico, tendo sido facilmente adaptada para uma solução do tipo “MunIQUE” em profundidade, na zona do maciço rochoso, mas sem a aplicação do tabuado em madeira.

O objetivo principal de garantir a minimização de interferências e perturbações na área envolvente da obra foi conseguido, como se comprovou pelos resultados obtidos nos aparelhos de monitorização instalados no âmbito do Plano de Observação e Instrumentação da obra.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dono de Obra Vila Foz Hotel & Spa e à construtora Vitruvio Engenharia e Construção Lda. a autorização para redação e publicação do presente artigo.