



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Departamento de Engenharia Civil**

**ISEL**



## **Execução do Parque de Estacionamento Subterrâneo na Rua Capitão Leitão - Almada**

**DAVID JORGE ARAÚJO DOS SANTOS PERDIGÃO MATIAS**  
Bacharel em Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Civil

*Documento Definitivo*

Orientadores:

Eng<sup>o</sup> Teddy Ferreira Rocha  
Eng<sup>o</sup> Júlio Walter Fernandes

Júri:

Presidente: Eng<sup>a</sup> Cristina Ferreira Machado

Vogais:

Eng<sup>o</sup> Júlio Walter Fernandes  
Eng<sup>o</sup> Teddy Ferreira Rocha  
Eng<sup>o</sup> José Carlos Prestes

**Novembro de 2009**



## ***Dedicatória***

*Dedico este trabalho à minha família,  
Pela força, coragem e valores,  
Que sempre me transmitiram ao longo da vida*



## **Agradecimentos**

Gostaria de dirigir os meus sinceros agradecimentos a todos os elementos da empresa SONANGIL, Construção Civil e Obras Públicas SA, que me acolheram durante o período de estágio.

Em primeiro lugar, agradecer ao Sr. Fernando Mendes, director da empresa, que me deu a oportunidade de efectuar o estágio numa empresa de referência no ramo das Estruturas e Geotecnia.

Um agradecimento para todos os colegas da empresa, com quem muito tenho aprendido, e que me proporcionaram a entrada numa casa onde o bom ambiente, a dedicação e o empenho, são os alicerces do seu sucesso.

Tenho no entanto, de destacar uma especial gratidão ao Eng<sup>o</sup> César Borges e ao Eng<sup>o</sup> António Tomás Gonçalves, pela disponibilidade que sempre demonstraram em me transmitir os seus vastos conhecimentos.

Ao meu Director de Produção, e igualmente orientador de estágio, o Eng<sup>o</sup> Teddy Ferreira Rocha, um enorme agradecimento pelas oportunidades que me tem concedido de crescer na empresa, e pelos muitos conselhos e ensinamentos que me tem transmitido.

Ao meu orientador do ISEL, o Eng<sup>o</sup> Walter Fernandes, uma referência dos meus tempos universitários, que jamais esquecerei, o meu muito obrigado pela sua disponibilidade e ensinamentos.

Um agradecimento natural vai para a minha família e namorada que a meu lado, sempre demonstraram apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.



## Resumo

O presente relatório tem como objectivo descrever o trabalho por mim desenvolvido, enquanto estagiário da empresa SONANGIL durante o período de Fevereiro a Agosto de 2009.

Durante este período, acompanhei a execução de um parque de estacionamento subterrâneo em Almada, onde se procedeu à escavação de terras e respectivo transporte a vazadouro, execução da contenção periférica tipo “Berlim” e estrutura em betão armado.

A intervenção da SONANGIL incidiu apenas na construção de um novo edifício destinado a estacionamento, com ligação a um outro parque já existente. A obra em estudo tem 4 pisos de estacionamento, com uma área em planta de aproximadamente 857 m<sup>2</sup> com capacidade para 93 veículos, e um outro edifício já existente, que possui uma área de parqueamento de 540 m<sup>2</sup> com capacidade para 59 veículos.

Dado que a SONANGIL foi o subempreiteiro designado para a execução dos Projectos de Escavação, Contenção Periférica e Estabilidade, a minha função em obra ao longo dos 6 meses de estágio, consistiu em acompanhar e registar os trabalhos executados pela empresa, bem como, prestar o respectivo apoio técnico na preparação de obra.

**Palavras Chave:** Estruturas, Geotecnia, Parque de estacionamento, Contenção periférica tipo “Berlim”, Ancoragem, Pós-esforço, Escavação, Capitel, Estaleiro.



## Abstract

This report aims to describe the work that I have developed as an trainee at SONANGIL, from February to August 2009.

During this period I monitored the construction of an underground car park at Almada. Sonangil was the contractor company responsible for the execution of excavation projects, peripheral contention and stability.

This company was responsible for the excavation and soil removal, for the Berlin type retaining walls and reinforced concrete structure of the new car park and its access to an already existing car park. The Sonangil intervention focused solely on the new building. It adds 4 car parking sublevels with a plan area of approximately 857 m<sup>2</sup> witch capacity for 93 vehicle places. The existing building, with 540 m<sup>2</sup> of parking has 59 places.

My task was to monitor and record the different stages of the project developed by SONANGIL, as well as provide the company with technical support.

**Keywords:** Structures, Geotechnics, Car Parking, Berlin system peripheric walls, Anchors, Post-stress, Escavation, Capitals, Construction yard.



# Índice Geral

<b>Introdução</b>	<b>1</b>
-------------------	----------

## **Capítulo 1**

### **A empresa – Sonangil**

1.1. Caracterização	3
1.2. Áreas de intervenção	4
1.2.1. Demolições	4
1.2.2. Movimentação de terras	4
1.2.3. Edificações	5
1.2.4. Geotecnia e fundações especiais	5

## **Capítulo 2**

### **Caracterização da obra**

2.1. Enquadramento	7
2.1.1. Processo construtivo	8
2.2. Localização da obra	8
2.3. Intervenientes	10
2.4. Equipamentos	11
2.5. Materiais	12
2.6. Condicionantes	13
2.7. Montagem do estaleiro	17
2.8. Características geotécnicas do terreno	19

## **Capítulo 3**

### **Contenção periférica**

3.1.	Enquadramento teórico	21
3.2.	Execução em obra	23
3.2.1.	Furação do terreno	24
3.2.2.	Cravação de perfis	26
3.2.3.	Viga de coroamento	28
3.2.4.	Execução de painéis	30
3.2.4.1.	Escavação	33
3.2.4.2.	Aplicação da armadura	34
3.2.4.3.	Cofragem	35
3.2.4.4.	Betonagem	36
3.2.4.5.	Descofragem	37
3.2.5.	Colocação de escoras de canto	38
3.2.6.	Fundações da parede de contenção	39

## **Capítulo 4**

### **Ancoragens**

4.1.	Enquadramento teórico	41
4.2.	Furação dos painéis	43
4.3.	Montagem, manuseamento e aplicação de armaduras	44
4.2.	Selagem	45
4.2.	Aplicação de tensão na ancoragem	46

## **Capítulo 5**

### **Escavação e transporte a vazio**

5.1.	Enquadramento	48
5.2.	Desmonte do maciço rochoso	49
5.3.	Evolução do processo de escavação	50
5.4.	Retirada dos equipamentos	52

## **Capítulo 6**

### **Estrutura**

6.1.	Fundações da estrutura	53
6.2.	Estrutura em betão armado	56
6.2.1.	Execução de pilares e muro de apoio das rampas	57
6.2.2.	Execução de lajes	59
6.2.2.1.	Capitéis	59
6.2.2.2.	Cofragem	60
6.2.2.3.	Escoramento	62
6.2.2.4.	Descofragem	62
6.2.2.5.	Aplicação de armadura	63
6.2.2.6.	Betonagem e afagamento mecânico	65

## **Capítulo 7**

### **Curiosidades**

7.1. Volume de terras	69
7.2. Betão	69
7.3. Cofragem	70
7.4. Armaduras	71
7.5. Perfis metálicos	72
7.6. Ancoragens	72

<b>Conclusão</b>	73
------------------	----

<b>Referências Bibliográficas</b>	76
-----------------------------------	----

### **ANEXOS**

- Plano de trabalhos

## Índice de Figuras

### Capítulo 2

<b>Figura 2.1.</b>	Local de implantação da obra e da edificação existente	8
<b>Figura 2.2.</b>	Aspecto do local da obra antes do início dos trabalhos	9
<b>Figura 2.3.</b>	Espaço destinado aos varões de aço e fabrico de armaduras	13
<b>Figura 2.4.</b>	Espaço destinado ao estaleiro com os respectivos contentores	14
<b>Figura 2.5.</b>	Via de acesso à obra	15
<b>Figura 2.6.</b>	Espaço destinado a instalações técnicas e administrativas	15
<b>Figura 2.7.</b>	Edifício adjacente à edificação a construir	16
<b>Figura 2.8.</b>	Sapata de base para a grua torre	17
<b>Figura 2.9.</b>	Limpeza e desmatação do terreno	17
<b>Figura 2.10.</b>	Montagem da grua torre	18
<b>Figura 2.11.</b>	Martelo pneumático utilizado para desmonte do material rochoso	20

### Capítulo 3

<b>Figura 3.1.</b>	Esquema da Contenção Periférica tipo “Berlim”	22
<b>Figura 3.2.</b>	Planta da Contenção Periférica	23
<b>Figura 3.3.</b>	Perfuradora de pequeno diâmetro	24
<b>Figura 3.4.</b>	Prolongas de trados de 150mm com 1,5m de comprimento	24
<b>Figura 3.5.</b>	Perfuração do terreno no topo Sul	25
<b>Figura 3.6.</b>	Introdução de nova prolonga de trado	25
<b>Figura 3.7.</b>	Perfis HEB120 S275 JR	26
<b>Figura 3.8.</b>	Colocação de perfis	27
<b>Figura 3.9.</b>	Bolbo de selagem – execução da selagem do perfil	27
<b>Figura 3.10.</b>	Central de injeção e selagem	27
<b>Figura 3.11.</b>	Escavação da vala para a viga de coroamento	28

<b>Figura 3.12.</b>	Disposição da armadura no topo Nascente	28
<b>Figura 3.13.</b>	Cofragem e armadura da viga de coroamento	29
<b>Figura 3.14.</b>	Betonagem e vibração da viga de coroamento	29
<b>Figura 3.15.</b>	Viga de coroamento do topo Nascente	29
<b>Figura 3.16.</b>	Painéis do topo Poente	30
<b>Figura 3.17.</b>	Painéis do topo Sul	31
<b>Figura 3.18.</b>	Painéis do topo Nascente	31
<b>Figura 3.19.</b>	Escavação de um painel	33
<b>Figura 3.20.</b>	Martelo a executar o desmonte do maciço rochoso	33
<b>Figura 3.21.</b>	Aplicação da armadura num painel	34
<b>Figura 3.22.</b>	Negativos deixados na armadura para execução da ancoragem	34
<b>Figura 3.23.</b>	Cofragem de um painel	35
<b>Figura 3.24.</b>	Escoramento de um painel	35
<b>Figura 3.25.</b>	Betonagem de um painel do 1º nível	36
<b>Figura 3.26.</b>	Vibração do betão	36
<b>Figura 3.27.</b>	Operação de descofragem de um painel	37
<b>Figura 3.28.</b>	“Bico de pato” no painel, após descofragem	37
<b>Figura 3.29.</b>	Face interior da parede após a demolição do “bico de pato”	38
<b>Figura 3.30.</b>	Soldadura das escoras de canto	38
<b>Figura 3.31.</b>	Escoras de canto	38
<b>Figura 3.32.</b>	Sapata da parede de Contenção Periférica	39
<b>Figura 3.33.</b>	Armadura e cofragem da sapata da parede	39
<b>Figura 3.34.</b>	Betonagem da sapata da parede	39
<b>Figura 3.35.</b>	Escoramento da cofragem dos painéis no 4º nível	40

## Capítulo 4

<b>Figura 4.1.</b>	Corte tipo de ancoragem	42
<b>Figura 4.2.</b>	Furação de um painel no topo Nascente	43
<b>Figura 4.3.</b>	Aplicação da ancoragem – armadura e sistema de injeção	44
<b>Figura 4.4.</b>	Reinjeção da ancoragem	46
<b>Figura 4.5.</b>	Aplicação de carga e ensaios às ancoragens	47

## Capítulo 5

<b>Figura 5.1.</b>	Escavadora Hidráulica	48
<b>Figura 5.2.</b>	Martelo hidráulica - desmonte das partes rochosas do maciço	49
<b>Figura 5.3.</b>	Carregamento de um camião	50
<b>Figura 5.4.</b>	Evolução do processo de escavação	51
<b>Figura 5.5.</b>	Retirada da escavadora giratória	52
<b>Figura 5.6.</b>	Retirada da perfuradora	52

## Capítulo 6

<b>Figura 6.1.</b>	Planta de Fundações da estrutura	53
<b>Figura 6.2.</b>	Fundo das sapatas com betão de regularização	54
<b>Figura 6.3.</b>	Sapatas e vigas de fundação junto à edificação existente	54
<b>Figura 6.4.</b>	Sapatas dos pilares antes da betonagem	54
<b>Figura 6.5.</b>	Execução das sapatas centrais	55
<b>Figura 6.6.</b>	Sapata do muro de apoio da rampa	55
<b>Figura 6.7.</b>	Cofragem dos pilares do piso -4 prontos a betonar	57
<b>Figura 6.8.</b>	Execução da cofragem para o muro da rampa no piso -4	57
<b>Figura 6.9.</b>	Execução dos pilares e muros dos pisos -3, -2 e -1	58
<b>Figura 6.10.</b>	Capitel com a armadura de reforço da laje	59
<b>Figura 6.11.</b>	Processo evolutivo de execução da cofragem da laje no piso -3	60

<b>Figura 6.12.</b>	Execução da cofragem da rampa no piso -3	60
<b>Figura 6.13.</b>	Assoalhamento da laje e rampa no piso -3	60
<b>Figura 6.14.</b>	Negativo na laje para ventilação do parque de estacionamento	61
<b>Figura 6.15.</b>	Negativo na laje para tubagem da rede de esgotos	61
<b>Figura 6.16.</b>	Escoramento da cofragem da laje	62
<b>Figura 6.17.</b>	Escoramento da cofragem da rampa	62
<b>Figura 6.18.</b>	Escoramento directamente na laje	62
<b>Figura 6.19.</b>	Reforço da armadura da laje na zona do capitel	63
<b>Figura 6.20.</b>	Armadura inferior da laje no piso -3	63
<b>Figura 6.21.</b>	Aplicação de armadura na rampa do piso -3	63
<b>Figura 6.22.</b>	Selagem da armadura da laje no interior da parede	64
<b>Figura 6.23.</b>	Laje encastrada no muro	64
<b>Figura 6.24.</b>	Betonagem da laje do piso -3	65
<b>Figura 6.25.</b>	Betonagem da rampa do piso -3 e afagamento do betão na laje	66
<b>Figura 6.26.</b>	Aplicação superficial de endurecedor no betão	66
<b>Figura 6.27.</b>	Afagamento mecânico em operação	66
<b>Figura 6.28.</b>	Aspecto do acabamento final da laje	67
<b>Figura 6.29.</b>	Rega da laje após afagamento	67
<b>Figura 6.30.</b>	Laje coberta com manta geotextil e areia.	67
<b>Figura 6.31.</b>	Execução da rampa de acesso ao parque	68
<b>Figura 6.32.</b>	Rampa de acesso ao parque	68



## **Introdução**

O presente relatório de estágio descreve o trabalho desenvolvido na empresa SONANGIL, Construção Civil e Obras Públicas S.A., durante o período de Fevereiro a Agosto de 2009. O relatório está estruturado de uma forma cronológica, ou seja, a sequência do relatório, coincide com a evolução das actividades desenvolvidas durante a construção.

Numa primeira fase deste trabalho, é feita uma breve caracterização da empresa, e identificação das suas principais áreas de actuação, de modo a integrar o trabalho no contexto da mesma.

O segundo capítulo, tem como objectivo caracterizar a obra, desde a sua localização geográfica, aos processos construtivos aplicados na sua execução. Este capítulo identifica igualmente os intervenientes, os equipamentos presentes em obra, e explica as condicionantes encontradas antes da montagem de estaleiro.

O capítulo 3, refere-se à Contenção Periférica tipo “Berlim”, processo utilizado para a execução das paredes de suporte de terras. Na fase inicial do capítulo, desenvolveu-se uma explicação teórica sobre este tipo de Contenção, e posteriormente é compatibilizada com a execução realizada em obra.

Segue-se o capítulo referente às Ancoragens, em que é efectuada uma abordagem teórica do tema, e em seguida, são identificadas e descritas as várias fases do seu processo de execução.

O 5º capítulo, descreve o processo utilizado para a escavação, remoção e transporte de terras a vazadouro, bem como os equipamentos utilizados nesta actividade.

O capítulo seguinte, refere-se à execução da Estrutura interior em Betão Armado, desde as fundações até à laje de cobertura. O capítulo descreve inicialmente o modo de execução das fundações, e numa fase seguinte relata o processo de execução dos elementos estruturais existentes: pilares, muros, lajes e vigas.



**INTRODUÇÃO**

O 7º e último capítulo, tem como objectivo dar a conhecer alguns números associados à execução da empreitada, que se podem revelar interessantes no sentido de compreender a real dimensão da obra.

Por fim, são apresentadas as conclusões, onde é expresso um comentário relativamente à experiência que foi a realização deste estágio.

Em anexo, encontra-se o plano de trabalhos referente à empreitada descrita neste relatório.



## **Capítulo 1: A empresa – SONANGIL**

### **1.1. Caracterização**

A SONANGIL - CONSTRUÇÃO CIVIL E OBRAS PÚBLICAS, SA é uma empresa com muitos anos de experiência no mercado nacional da Construção Civil e Obras Públicas, estando vocacionada para obras de Movimentação de Terras, Infra-estruturas, Pavimentações, Urbanizações e Edificação.

Com a sua reestruturação em 2003 solidificou a sua estrutura empresarial o que lhe permitiu em 2006 criar as condições para ampliar a sua área de intervenção também para o ramo da Geotecnia e fundações especiais.

Com uma visão de modernidade, tem vindo a investir ao longo dos anos em meios técnicos e humanos, de modo a manter uma estrutura consistente que lhe permite acompanhar com rigor e competência um mercado cada vez mais exigente. Nunca esquecendo que cada projecto é sempre alvo de um acompanhamento técnico permanente em todas as fases de execução de obra, a empresa procura assim garantir um bom serviço e o rigoroso cumprimento dos prazos de execução

A SONANGIL conta com mais de vinte anos de experiência no mercado nacional, e desenvolve actualmente a sua actividade em quatro áreas de intervenção principais:

- Demolições
- Movimentação de Terras
- Edificações
- Geotecnia e Fundações Especiais



## **1.2. Áreas de intervenção**

### **1.2.1. Demolições**

Esta especialidade vai adquirindo um peso cada vez maior na actividade da empresa, à medida que a sua participação em obras de reconstrução e reabilitação vai aumentando, acompanhando assim o crescimento do próprio mercado.

Desde a criação da empresa que esta actividade tem vindo a ser desenvolvida, executando qualquer tipo de demolição com o apoio de meios próprios, técnicos especializados e, com recurso a equipamentos de vanguarda, tanto em edifícios como no desmonte de rochas com recurso a explosivos. Contudo a empresa tem tido uma crescente preocupação ambiental, sempre com uma crescente preocupação ambiental, uma vez que os escombros são sempre manuseados de acordo com a LER (Lista Europeia de Resíduos), que depois de classificados os resíduos são removidos para vazadouros autorizados pela Agência Portuguesa do Ambiente ou entregues a empresas certificadas para a gestão dos mesmos.

### **1.2.2. Movimentação de terras**

A empresa fomentou desde sempre o investimento em equipamento próprio, de modo a poder dar resposta imediata a qualquer tipo de trabalhos de movimentação de terras.

Todos os trabalhos de escavação e aterros controlados, são assistidos por topografia digital, o que confere garantia e rigor a todos os trabalhos executados. Associado à movimentação de terras, ocorrem frequentemente outros trabalhos, tais como drenagens superficiais e subterrâneas, bem como bombagens para rebaixamento de níveis freáticos, que a empresa também tem realizado, incorporadas nas empreitadas desta especialidade.



### **1.2.3. Edificações**

O sector da construção civil tem-se mantido ao longo da existência da empresa, como a sua principal área, com uma larga experiência em obras públicas e privadas.

Executam-se muitos trabalhos de estruturas em betão armado, nomeadamente trabalhos de cofragens, armaduras, betonagens, obras de drenagens, pavimentação em betão armado e em betão betuminoso, impermeabilização de estruturas em betão armado, obras de infra-estruturas e urbanizações, arruamentos e vias de comunicação, alvenarias, rebocos e pinturas.

Com o decorrer dos anos e, fruto do conhecimento acumulado, a empresa tem vindo a complementar às actividades convencionais de construção civil, adquirindo também novos equipamentos, que permitem executar trabalhos de contenção de fachadas de edifícios.

### **1.2.4. Geotecnia e Fundações Especiais**

Apesar de ser uma actividade relativamente recente, a empresa possui já os equipamentos necessários à realização dos trabalhos de fundações especiais, de ancoragens, de injeções, de cortinas de micro estacas, adquirindo assim capacidade para executar os seguintes trabalhos:

- Estabilização de taludes e tratamento de terrenos - realização de pregagens ao solo, betão projectado, aplicação de redes de protecção, colunas e máscaras de brita, drenos e injeções de argamassa.
- Paredes de contenção periférica - execução de paredes de contenção dos tipos “Berlim” e “Munique”, ancoragens provisórias e definitivas, aplicação de pós-esforço, escoramentos e travamento de estruturas, injeções, cortinas de micro-estacas, estacas e cravação de perfis ao solo.



- Fundações indirectas - realização de micro estacas, estacas moldadas em betão armado por vara “Kelly”, com tubo de revestimento recuperável e tubo de revestimento com recurso a fluidos estabilizadores e trado contínuo.
- Ensaios, instrumentação e monitorização de estruturas - ensaios de recepção simplificados e detalhados, células de carga, controle topográfico com recurso a alvos topográficos e réguas de nivelamento, calhas inclinométricas, inclinómetros, extensómetros e fissurómetros para estruturas de betão armado e, ensaios para a verificação de integridade de estacas (ensaio sísmico).



## **Capítulo 2: Caracterização da obra**

### **2.1. Enquadramento**

A obra descrita refere-se à construção de um parque público de estacionamento de automóveis ligeiros, em ocupação de um lote urbano sito na rua Capitão Leitão, na cidade de Almada, integrando ainda um edifício limítrofe já existente de espaço idêntico mas inacessível.

O dono da obra é a Câmara Municipal de Almada, tendo como adjudicatário o consórcio Soludem Lda / Miu Lda, (sediada em Cacilhas), pelo valor de 1.940.577,22€. O subempreiteiro geral designado para a realização dos Projectos de Escavação, Contenção Periférica e Estabilidade foi a SONANGIL, Construção Civil e Obras Públicas S.A..

A obra tem um prazo de execução de 10 meses, embora a empreitada descrita neste relatório, seja referente apenas aos 6 meses iniciais, correspondentes à movimentação de terras, contenção periférica, e execução da estrutura em betão armado.

Assim, o parque é constituído por duas zonas distintas, sendo a primeira de edificação nova e a segunda revertida das quatro caves existentes no edifício “Bepalis”, cujo acesso é agora garantido pela nova edificação.

A área total de implantação no novo parque é de aproximadamente 857 m<sup>2</sup>, e de 540 m<sup>2</sup> no edifício existente, para um parqueamento total de 152 veículos, dos quais 93 serão na nova edificação e 59 lugares no edifício existente da “Bepalis”.

O edifício a construir é totalmente subterrâneo, com 4 pisos de estacionamento, as dimensões em planta são 34.00x25.00 m<sup>2</sup>, e com 12 m de profundidade.



### **2.1.1. Processo construtivo**

O processo utilizado para a execução do parque baseia-se essencialmente no método de Contenções Periféricas tipo “Berlim”, ao longo de todo o perímetro de implantação (excepto no topo Norte, que é adjacente ao edifício da “Bepalis”, onde se fará a ligação entre ambos). Simultaneamente, foi executada a escavação de terras com transporte para vazadouro oficialmente autorizado.

Posteriormente, iniciou-se a execução da estrutura interna em betão armado, continuamente desde as fundações até à cobertura (piso 0).

### **2.2. Localização da obra**

O terreno onde está a ser realizada a obra, é uma parcela urbana pertencente à Câmara Municipal de Almada, que no período de tempo antecedente ao início dos trabalhos, se encontrava desocupado e sem qualquer aproveitamento do solo, com aspecto degradado e poluído.



**Figura 2.1.** – Local de implantação da obra e da edificação existente



***Figura 2.2.*** – Aspecto do local da obra antes do início dos trabalhos



### **2.3. Intervenientes**

Durante a execução da obra, foram inúmeros os intervenientes que contribuíram para a conclusão da mesma. Ao nível da responsabilidade técnica, estiveram em obra em regime permanente os seguintes membros, pertencentes ao Consórcio Soludem Lda / Miu Lda.:

- ✓ **Director de obra** – Eng<sup>o</sup> José Palma
- ✓ **Preparador** – Alexandre Salgado
- ✓ **Encarregado geral** – Bruno Pereira
- ✓ **Técnico de segurança** – Eng<sup>o</sup> Humberto Alves

Ao nível da fiscalização, a STAGEST foi a empresa contratada pelo dono de obra (Câmara Municipal de Almada) para fiscalizar e controlar todos os trabalhos, representada em obra pelo Eng<sup>o</sup> Arlindo Marques e pela Eng<sup>a</sup> Telma Inácio.

O projecto foi elaborado pela empresa TECNEP, Estudos e Projectos de Desenvolvimento, SA., que também acompanhou todos os trabalhos durante o período de construção.

Relativamente ao subempreiteiro, a SONANGIL, mobilizou para a obra ao longo dos 6 meses, os seguintes meios humanos:

- ✓ 1 Encarregado Geral
- ✓ 1 Gruista
- ✓ 5 Carpinteiros
- ✓ 5 Armadores de ferro
- ✓ 2 Manobreadores
- ✓ 5 Motoristas de pesados
- ✓ 2 Serventes
- ✓ 1 Topógrafo



## **2.4. Equipamentos**

Consoante as actividades a desenvolver em obra, foram utilizados os seguintes equipamentos:

### **Movimentação de Terras**

- Escavadora hidráulica - KOMATSU PC 240 NLC;
- Escavadora hidráulica - KOMATSU PC 340 NLC;
- Martelo mecânico;
- 5 Camiões para transporte de terras (Semi-reboques e 4 eixos);

### **Contenção Periférica**

- Perfuradora de pequeno diâmetro – ATLAS COPCO Mustang S52-CBD;
- Central de injeção e selagem – ATLAS COPCO Unigrout 200-100-E02;
- Macaco de pós-esforço com unidade hidráulica – ATLAS COPCO;
- Equipamento de corte e dobragem de aço;
- Equipamento para execução de cofragem;
- Vibrador mecânico;

### **Estrutura em betão armado**

- Equipamento para execução de cofragem;
- Equipamento de corte e dobragem de aço;
- Vibrador mecânico;

### **Diversos**

- Grua torre - POTAIN, com 40m de altura e 45m de lança;
- Gerador – EUROGER TDWI 65.000;



## 2.5. Materiais

Para a execução da contenção periférica e da estrutura, utilizaram-se os seguintes materiais:

### Betão

Elemento	Classe de resistência	Classe de exposição	Classe de consistência
Parede de Contenção "Berlim"	C25/30	XC2	S3
Fundações	C30/35	XC2	S3
Estrutura	C30/35	XC2	S3
Betão de regularização	C12/15	XC2	S3

### Aço

Elemento	Classe de Aço
Parede de Contenção tipo "Berlim"	A400 NR
Fundações	A500 NR
Estrutura	A500 NR

### Perfis metálicos

Material	Classe
Perfis metálicos	HEB120 S275 JR



## 2.6. Condicionantes

No estudo de execução da empreitada, procedeu-se ao levantamento de todas as condicionantes existentes locais, e planearam-se as soluções adequadas de forma a minimizar os riscos inerentes a cada condicionante.

Tendo em consideração, o reduzido espaço disponível para o estaleiro da obra, foi necessário estudar o espaço e encontrar as soluções correctas para a definição e implantação do espaço.

- **Espaço para varões de aço e fabrico de armaduras**

Optou-se por localizar o espaço para os varões, máquinas de corte e dobragem, e armazenamento das armaduras, no topo Poente, junto ao único acesso rodoviário da obra, uma vez que, as descargas pontuais de ferro, deveriam ser efectuadas junto a essa via de acesso (Rua Capitão Leitão).



**Figura 2.3.** – Espaço destinado aos varões de aço e fabrico de armaduras



- **Instalações sociais**

De igual modo, foi necessário definir o local destinado à ferramentaria, vestiário, e instalações sanitárias, as quais pelas mesmas razões de limitação de espaço foram colocadas o topo Poente.

Relativamente às instalações sanitárias, foram colocados dois contentores sobrepostos, destinados separadamente a ambos os sexos.



**Figura 2.4.** – Espaço destinado ao estaleiro com os respectivos contentores de apoio

- **Acessibilidade à obra**

Outra condicionante importante para a implantação do estaleiro, centrou-se no facto de a única rua de acesso ao estaleiro ser muito estreita (3,20 m) e de sentido único. Associado a esta limitação está o reduzido espaço destinado ao estaleiro, o qual dificulta bastante o estacionamento dos camiões no seu interior.



Deste modo, o estacionamento público que existia anteriormente na Rua Capitão Leitão junto ao perímetro das vedações, teve de ser suprimido, com o objectivo de garantir uma maior área de estaleiro.



**Figura 2.5.** – Via de acesso à obra

- **Instalações Técnicas e Administrativas**

Relativamente, às instalações de apoio à execução da obra, optou-se por instalar os escritórios da Fiscalização e da Direcção de Obra, no piso -1 do edifício já existente (edifício da Bepalis).



**Figura 2.6.** – Espaço destinado a instalações técnicas e administrativas



- **Edifícios vizinhos**

O topo Sul da obra encosta a um edifício de habitação executado em 1958 e que se encontra em evidente estado de degradação estrutural. Apesar de o edifício não ser actualmente habitado, existe no rés-do-chão uma instalação comercial, que obrigou a uma permanente precaução do empreiteiro. No entanto, com o avançar do tempo, foi possível concluir que a situação se manteve estável.



**Figura 2.7.** – Edifício adjacente à edificação a construir

- **Localização da grua torre**

Outra condicionante não menos importante, e igualmente devido à falta de espaço, foi a localização da grua torre. Optou-se por colocar este equipamento no topo Sul, uma vez que a partir deste local seria possível alcançar todo o espaço do estaleiro.

Atendendo à elevada pressão transmitida pela grua, ao terreno sobre o qual se apoia, foi necessário tomarem-se medidas preventivas no sentido de minimizar os riscos de assentamento. Para tal, optou-se por cravar no terreno 5 perfis metálicos HEB200 com 12m de comprimento, e sobre estes executar uma sapata em betão armado com 5 x 5 m<sup>2</sup>, sobre o qual se fixou a grua torre.



**Figura 2.8.** – Sapata de base para a grua torre

## **2.7. Montagem do estaleiro**

Os trabalhos de mobilização e montagem do estaleiro tiveram início no dia 9 de Fevereiro de 2009, sendo que as actividades mais relevantes foram as seguintes:

- ✓ Vedação e sinalização do estaleiro;
- ✓ Montagem da grua torre;
- ✓ Protecções na via publica;
- ✓ Limpeza geral e desmatação do espaço associado à obra;
- ✓ Equipar instalações técnicas e sociais;



**Figura 2.9.** – Limpeza e desmatação do terreno



A montagem da grua torre ocorreu no dia 17 de Fevereiro, com o auxílio de uma auto-grua telescópica com capacidade para 80 toneladas.



**Figura 2.10.** – Montagem da grua torre



## **2.8. Características geotécnicas do terreno**

Na fase de Projecto, em Setembro de 2007, foi realizado um estudo geotécnico do terreno, pela empresa SOPER, Sociedade Luso-Italiana de Perfurações e Fundações Lda.. Para a execução deste estudo, a SOPER, realizou 4 sondagens de furação por rotação, com realização de ensaios SPT espaçados de 1,5m e 5 poços de reconhecimento.

Estas sondagens revelaram as seguintes formações:

- **Aterro Heterógeno** – Entre os 0,3 e os 4,2m de profundidade - constituído por material argiloso, por vezes arenoso de cor acastanhada. Apresenta restos vegetais, clastos de calcário, fragmentos cerâmicos e de betão, e algum entulho.
- **Argila Siltosa** – Entre 1,0 e 5,80m de profundidade - cor acastanhada, por vezes com laivos cinzentos, de consistência muito dura e rija.
- **Argila** – Espessura de 0,90m - cor cinzenta azulada, com consistência rija.
- **Argila ligeiramente siltosa** – Espessura de 1,50m - cor castanha esverdeada, de consistência rija.
- **Argila por vezes siltosa** – Com espessura de 1,00 a 4,80m - com incorporação de fósseis espáticos, e cor castanha amarelada. Espessura de 1,00 a 4,80m.
- **Argilito** – Com apenas 0,50m de espessura – Cinzento, não totalmente consolidado.
- **Calcário com fósseis espáticos** – Espessura entre 0,70 e 7,0m – Cor castanha alaranjada, por vezes com cristalizações de calcite. Apresenta-se pouco alterado e decomposto.



O nível freático foi detectado nas sondagens a cerca de 9.5m de profundidade, valor esse que se veio a confirmar durante a fase de escavação.

Nos trabalhos de movimentação de terras, foram utilizados meios mecânicos de média potência (escavadora hidráulica). No entanto, a ocorrência de bancadas calcárias, originou a utilização de martelo pneumático no seu desmonte, sobretudo nas que se apresentavam menos fracturadas.



**Figura 2.11.** – Martelo pneumático utilizado para desmonte do material rochoso



## **Capítulo 3: Contenção Periférica**

### **3.1. Enquadramento teórico**

Os muros de contenção tipo “Berlim” são paredes de betão armado de contenção de terras constituídas por perfis metálicos, geralmente da série HE, com espaçamento definido em função da altura, entre os quais se colocam painéis de betão armado.

A aplicação deste sistema pressupõe as seguintes condições:

- O terreno deverá manter-se estável sem suporte, enquanto se executa a entivação em madeira ou betão;
- Os perfis metálicos devem possuir resistência de ponta suficiente para suportarem as cargas verticais transmitidas pelas ancoragens inclinadas, bem como o peso das paredes e a componente vertical dos impulsos das terras.

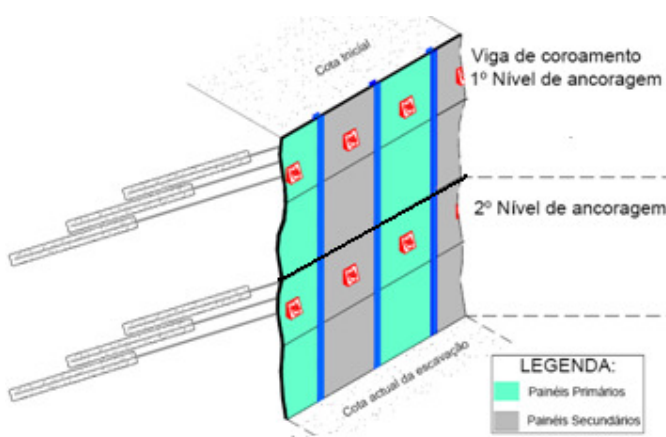
### **Metodologia**

A metodologia construtiva dos muros tipo “Berlim” resume-se às seguintes fases:

- Reconhecimento do local, implantação, piquetagem e marcação das posições correctas onde serão colocados os perfis;
- Furação na vertical para colocação e selagem de perfis metálicos;
- Colocação dos perfis e respectiva selagem;
- Escavação da vala para execução da viga de coroamento;
- Execução da viga de coroamento;



- Escavação geral para execução do primeiro nível de painéis primários, deixando banquetas nas zonas correspondentes aos painéis secundários;
- A escavação é realizada de forma a deixar exposta apenas a área correspondente à execução dos painéis primários acrescida do espaço necessário à implantação da armadura de espera para os painéis secundários (laterais) e painel primário seguinte (cota inferior). Tal procedimento implica, a permanência de banquetas correspondentes aos painéis secundários que garantam a estabilidade da escavação.
- Execução dos painéis primários do 1º nível, efectuando a aplicação da armadura, seguida de cofragem e betonagem.
- Execução das ancoragens e colocação de escoras nos painéis executados.
- Remoção das banquetas correspondentes aos painéis secundários, e respectiva execução destes painéis.
- Execução de ancoragens e colocação de escoras nos painéis secundários.
- Repetição do procedimento acima descrito, para cada um dos níveis de escavação previstos, até à cota do fundo da escavação.
- Após a execução da contenção periférica, sob a base das paredes, constrói-se a sapata de fundação.

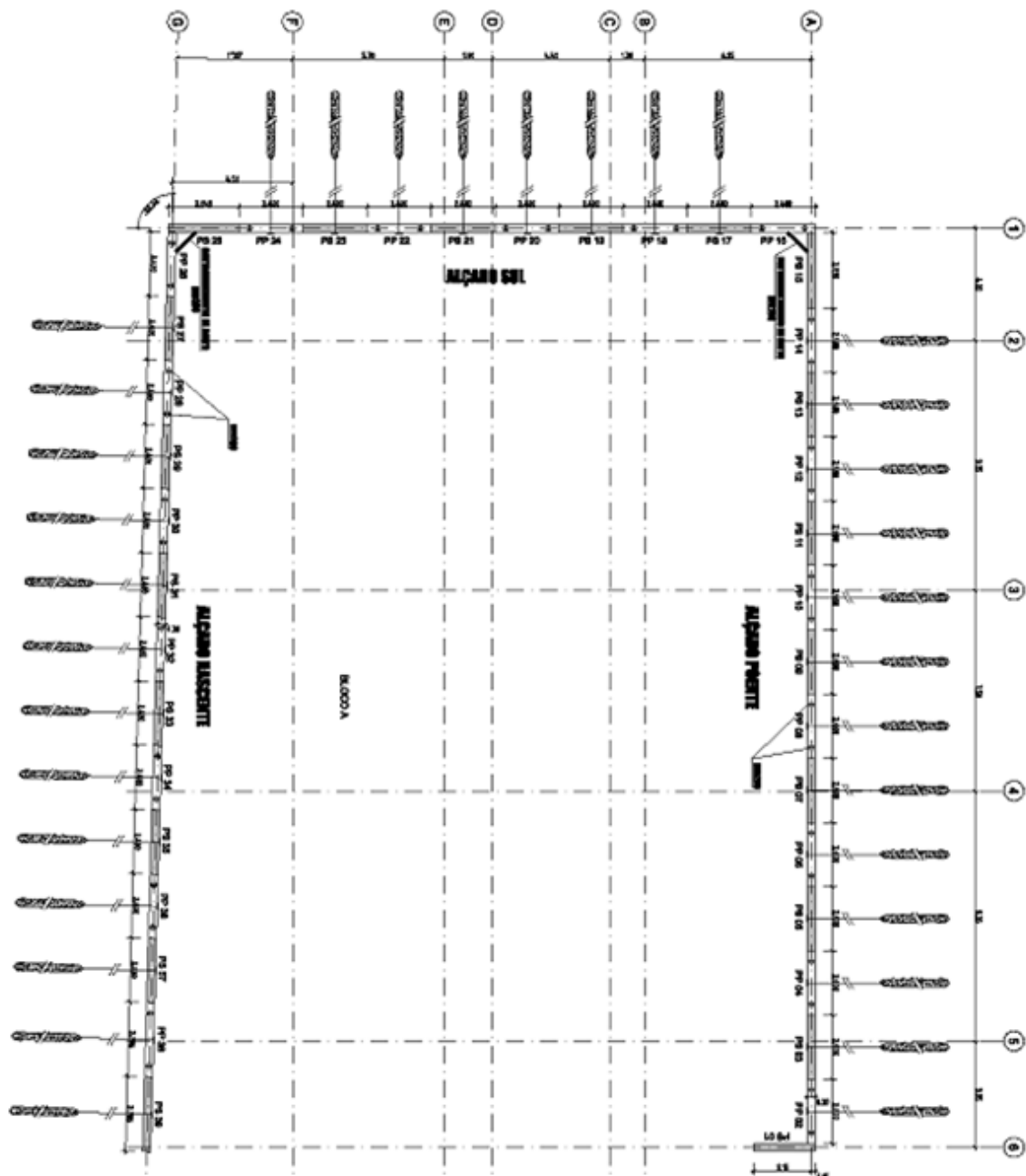


**Figura 3.1** – Esquema da Contenção Periférica tipo “Berlim”



### 3.2. Execução em obra

A Contenção Periférica foi efectuada com 4 níveis de ancoragens, e em 3 das 4 faces do perímetro do Parque de Estacionamento, uma vez que no topo Norte se fará a ligação com o edifício da “Bepalis”



**Figura 3.2.** – Planta da Contenção Periférica



### 3.2.1. Furação do terreno

Após a limpeza do terreno procedeu-se à implantação geral da obra. Para tal, o topógrafo, partindo do Projecto de Implantação procedeu à marcação exacta dos cunhais da obra, bem como de todos os pontos da Contenção Periférica a furar para colocação de perfis.

Numa fase seguinte, procedeu-se à furação vertical do terreno, utilizando para isso a perfuradora de trados de pequeno diâmetro (150 mm). A furação do terreno foi efectuada até profundidades na ordem dos 15m, recorrendo para isso a prolongas de 1,5m de comprimento.



**Figura 3.3.** – Perfuradora de pequeno diâmetro



**Figura 3.4.** – Prolongas de trados de  $\varnothing 150\text{mm}$  com 1,5m de comprimento



Antes de se iniciar qualquer furo no terreno, foi necessário verificar com rigor a verticalidade da torre da perfuradora, de forma a garantir que os perfis, em todo o seu comprimento, ficassem integrados na espessura da parede, também ela vertical.



**Figura 3.5.** – Perfuração do terreno no topo Sul

Estes trabalhos de furação do terreno duraram 10 dias, sendo que no total se efectuaram 38 furos (correspondentes a 38 perfis), distribuídos do seguinte modo:

- Topo Sul: 10 furos
- Topo Poente: 14 furos
- Topo Nascente: 14 furos



**Figura 3.6.** – Introdução de nova prolonga de trado.



### 3.2.2. Cravação dos perfis

#### Definição

Os perfis metálicos verticais são elementos estruturais que fazem parte integrante das paredes de contenção de terras. Estes elementos têm como função principal, a transmissão em profundidade e em fase provisória, das forças verticais actuantes na parede de contenção.

Os perfis metálicos inicialmente previstos em Projecto eram do tipo HEB 200, no entanto, estes perfis não eram compatíveis com o diâmetro de furação previsto (150mm). Este facto, obrigou o Projectista a proceder à alteração para perfis de menor inércia, mas de outro aço (HEB 120 S275 JR).



***Figura 3.7.*** – Perfis HEB120 S275 JR



### Execução

O processo de colocação dos perfis nos furos previamente realizados, é executado com o auxílio da escavadora hidráulica ou da grua torre, que elevam o perfil e o apontam à boca do furo. Depois, com o auxílio de meios humanos, o perfil é colocado de um modo progressivo até ao fundo do furo.

Em seguida, é colocada uma mangueira, que se estende até ao fundo do furo e ligada à central de injeção, que terá como função efectuar a selagem do fundo do perfil recorrendo a uma calda cimentícia (mistura de água e cimento). Os perfis foram selados abaixo da cota de fundação com calda de cimento à razão de 0,40 numa altura de aproximadamente 2,50m perfazendo o bolbo da selagem, sendo o restante preenchido com areia.



**Figura 3.8.** – Colocação de perfis



**Figura 3.9.** – Bolbo de selagem – execução da selagem do perfil



**Figura 3.10.** – Central de injeção e selagem



### 3.2.3. Viga de coroamento

Previamente à execução de qualquer painel, e de modo a uniformizar o comportamento da contenção, foi executada uma viga de coroamento ao longo de todo o perímetro previsto para a parede de Contenção. Esta viga desempenha a função de suspensão dos painéis do primeiro nível entre o decorrer da presa do betão e a aplicação das ancoragens.

Este trabalho inicia-se com a escavação a céu aberto de uma vala, ao longo do perímetro da parede de contenção. A viga tem uma secção de 0,3m de largura, e 0,5m de altura.



**Figura 3.11.** – Escavação da vala para a viga de coroamento

Após a escavação da vala, aplicaram-se as armaduras da viga, acompanhadas das respectivas armaduras de espera para continuidade da contenção e ligação aos painéis de betão armado inferiores. Em seguida, colocou-se a cofragem de intradorso e betonou-se a viga de coroamento contra o terreno.



**Figura 3.12.** – Disposição da armadura no topo  
Nascente



**Figura 3.13.** – Cofragem e armadura da viga de coroamento



**Figura 3.14.** – Betonagem e vibração da viga de coroamento



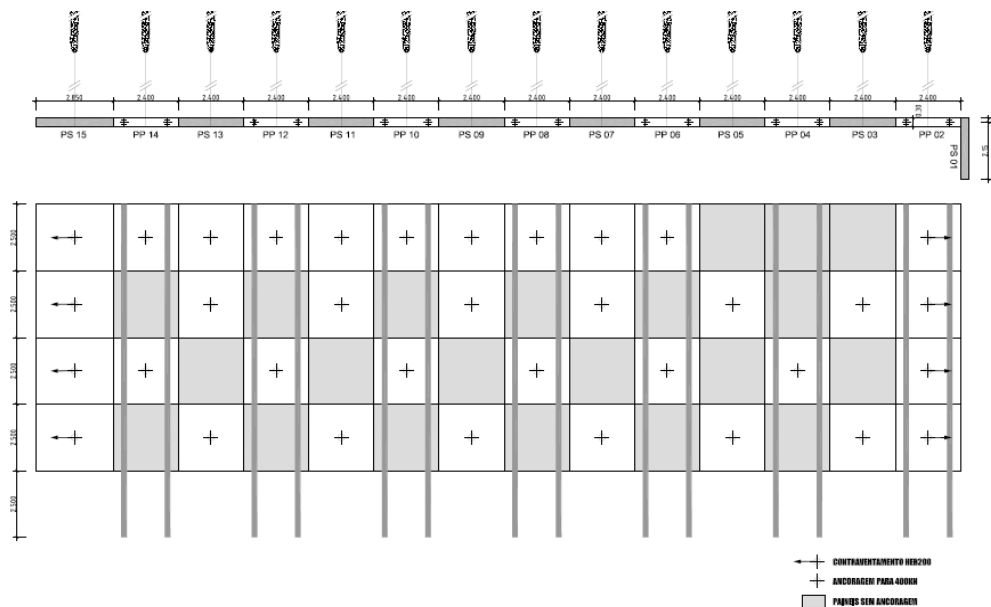
**Figura 3.15.** – Viga de coroamento do topo Nascente



### 3.2.4. Execução de painéis

A execução de contenções, por recurso a este tipo de tecnologia, consiste na construção de cima para baixo, de diversos níveis de painéis de betão armado com cerca de 2,40m de largura e 2,50m de altura, betonados contra o terreno, e sucessivamente executadas até que se alcancem as cotas de escavação projectadas. Cada um dos referidos níveis é constituído por painéis primários e secundários (ou terciários), devendo a construção dos últimos, ser apenas efectuada após a execução das ancoragens dos primeiros que lhes são directamente contíguos.

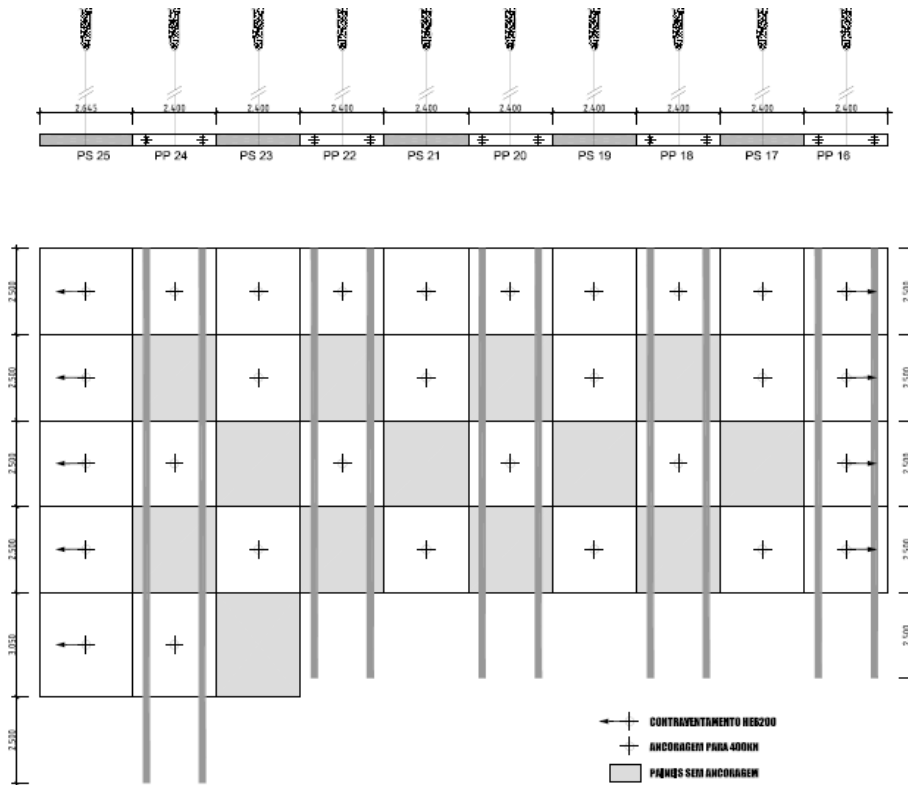
Nesta tecnologia, e de forma a equilibrar os impulsos horizontais resultantes do peso próprio dos terrenos e sobrecargas actuantes, à medida que estes painéis de betão armado vão sendo construídos vão-se realizando ancoragens provisórias. Estas ancoragens são em regra inclinadas relativamente a um plano horizontal, de modo a que a força de pré-esforço aplicada tenha a componente horizontal transmitida directamente ao terreno, e uma outra componente vertical que se transmite aos perfis metálicos que se encontram abaixo da cota de fundação.



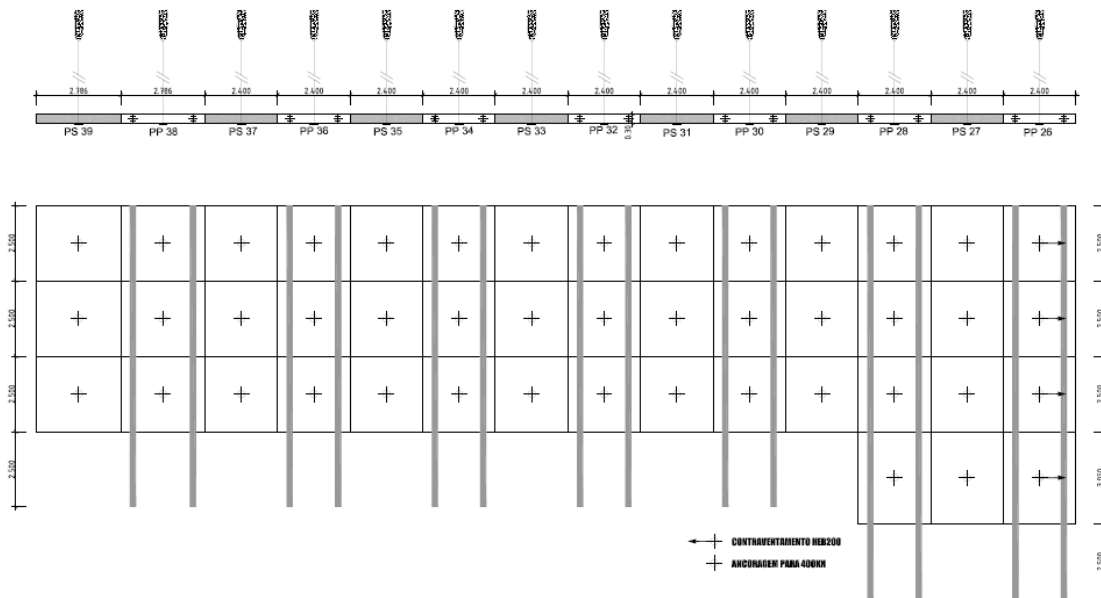
**Figura 3.16.** – Painéis do topo Poente



**CAPÍTULO 3: CONTENÇÃO PERIFÉRICA**



**Figura 3.17. – Painéis do topo Sul**



**Figura 3.18. – Painéis do topo Nascente**



Os trabalhos iniciam-se pela abertura de uma vala junto ao painel, com comprimento e profundidades superiores em 0,50m às dimensões do painel definidas em projecto, de modo a serem colocadas as armaduras de espera (empalmes) para ligação aos painéis contíguos.

Após a abertura da vala, posicionam-se as armaduras ordinárias do painel, enche-se com areia os 0,50m de sobre-escavação inferior e coloca-se a cofragem de intradorso e de vedação dos 0,50m de alargamento laterais. Como forma de escoramento, aterra-se toda a periferia do painel, por forma a suportar a pressão que o betão impõe sobre a cofragem. Posteriormente, e num espaço de tempo inferior a 12 horas, contado a partir do instante da abertura da vala, betona-se o painel contra o terreno de modo a garantir que não ocorra descompressão do terreno escavado.



#### 3.2.4.1. Escavação

O equipamento de escavação deve ser convenientemente guiado de forma a evitar eventuais desvios na largura da escavação e na verticalidade das paredes da escavação. Uma vez que a betonagem dos painéis se faz contra o terreno, é extremamente importante garantir que a escavação dos mesmos seja rigorosa, uma vez que se o terreno for escavado em excesso, a espessura do painel aumenta, e os custos associados ao betão também aumentam.

Antes da colocação das cofragens e das armaduras, procede-se à limpeza do fundo da escavação, eliminando os elementos soltos que se possam ter desprendido das paredes do painel escavado, assim como os resíduos acumulados.



**Figura 3.19.** – Escavação de um painel



**Figura 3.20.** – Martelo a executar o desmonte do maciço rochoso



### 3.2.4.2. Aplicação de armadura

As armaduras aplicadas nos painéis foram previamente executadas no estaleiro, de acordo com os Projectos da especialidade. O aço utilizado para a execução das paredes de “Berlim” foi o A400 NR, e o recobrimento mínimo definido em Projecto é de 4 cm. A malha a aplicar é de  $\varnothing 12//0,125\text{m}$  em toda a área do painel e  $\varnothing 12//0,075\text{m}$  na zona central do painel.

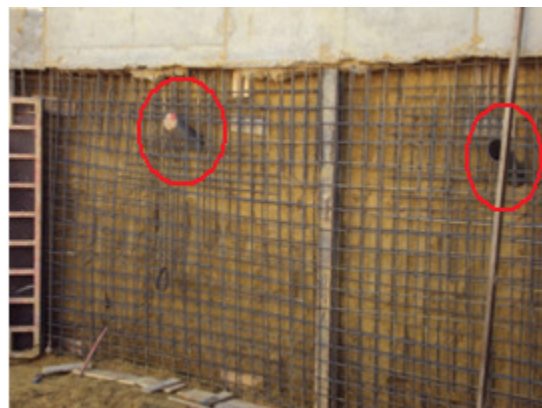
Durante a aplicação das armaduras, foi necessário ter especial cuidado com os comprimentos de amarração das armaduras de espera (empalmes) para ligar posteriormente aos painéis contíguos.

Na zona central dos painéis a ancorar, colocou-se transversalmente um tubo de PVC, de forma a criar passagem dos cabos para a execução das ancoragens.



**Figura 3.21.** – Aplicação da armadura num painel

**Figura 3.22.** – Negativos deixados na armadura da parede para execução da ancoragem





### 3.2.4.3. Cofragem

Posteriormente à aplicação de armaduras, coloca-se a cofragem do intradorso dos painéis. Para tal, utilizaram-se taipais de madeira recorrendo a contraplacado do tipo marítimo e a tábuas de pinho de largura constante e planas, de forma a conferir às superfícies de betão um acabamento regular e liso.

Esta aplicação exige uma montagem robusta e perfeita, de modo a garantir a verticalidade e suporte das pressões de betão fluido, bem como uma fácil descofragem.

Foi aplicado óleo descofrante nas superfícies interiores dos taipais, antes da sua aplicação, com o objectivo de evitar a aderência do betão, e conseqüentemente dificultar o processo de descofragem.

Após a execução da cofragem, procede-se ao escoramento da mesma, sendo aterrada a frente do taipal, compactando o terreno o mais possível com o balde da escavadora hidráulica, de forma a compensar a pressão exercida pelo betão durante a betonagem.



**Figura 3.23.** – Cofragem de um painel



**Figura 3.24.** – Escoramento de um painel



#### 3.2.4.4. Betonagem

A betonagem de cada painel é por descarga directa do balde da grua torre e em simultâneo procede-se à vibração do betão de modo a preencher bem todos os espaços e deixar o betão bem densificado.



**Figura 3.25.** – Betonagem de um painel do 1º nível



**Figura 3.26.** – Vibração do betão

De forma a executar uma betonagem do painel correctamente, é necessário que a sua parte superior possua uma abertura (“bico de pato”), cujo preenchimento do betão será posteriormente removido.



#### 3.2.4.5. Descofragem

A descofragem dos painéis deve ser efectuada num período de tempo nunca inferior a 12h após a betonagem, correspondente ao tempo de cura do betão.



**Figura 3.27.** – Operação de descofragem de um painel



**Figura 3.28.** – “Bico de pato” no painel, após descofragem



Posteriormente à descofragem, procede-se à demolição do “bico de pato” recorrendo ao martelo eléctrico, com o objectivo de deixar uma superfície vertical constante ao longo de toda a altura do muro.



**Figura 3.29.** – Face interior da parede após a demolição do “bico de pato”

### 3.2.5. Colocação de escoras de canto

#### Definição:

São perfis de aço (HEB200), cuja principal função é servir de escoramento horizontal provisório junto dos cantos de cada duas paredes e fixados nestas.

Foram executadas escoras de canto nos topos Sul, Nascente e Poente, sendo os perfis cortados à medida e soldados segundo a orientação definida no Projecto. Os escoramentos de canto só foram desactivados após a execução dos travamentos da contenção, ou seja, após a execução das lajes.



**Figura 3.30.** – Soldadura das escoras de canto

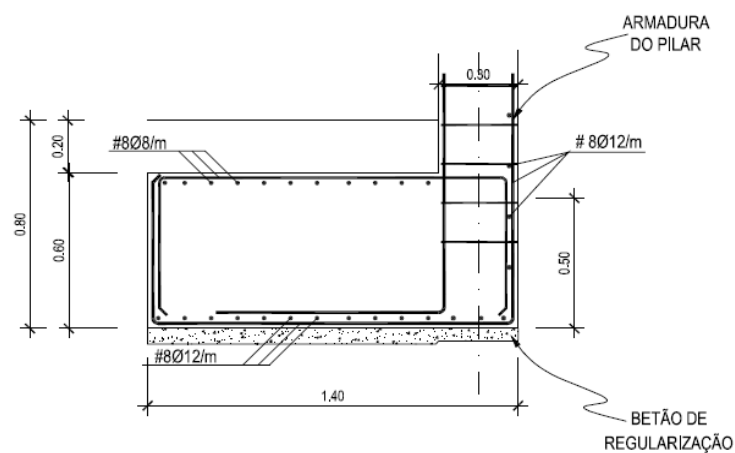


**Figura 3.31.** – Escoras de canto



### 3.2.6. Fundações da parede de contenção

Em todo o perímetro da parede, e numa cota inferior à base dos painéis do 4º nível, procedeu-se à execução das fundações do muro de Contenção Periférica. Para tal, previamente à execução dos painéis do último nível, efectuou-se a sapata com 1,40m de largura por 0,60m de altura.



**Figura 3.32.** – Sapata da parede de contenção periférica

Para a execução das fundações, foi necessário efectuar as seguintes actividades: escavação do terreno, regularização do fundo com betão de limpeza C12/15, colocação da armadura de forma a garantir as amarrações às armaduras do painel adjacente, cofragem e betonagem.



**Figura 3.33.** – Armadura e cofragem da sapata da parede



**Figura 3.34.** – Betonagem da sapata da parede



Posteriormente à execução da sapata, efectuaram-se os painéis do 4º e último nível de contenção. O procedimento a utilizar é idêntico ao utilizado nos painéis dos níveis superiores, sendo que a grande diferença consiste no tipo de escoramento utilizado. Ou seja, deixamos de utilizar a terra como escoramento, e passamos a utilizar escoramento vertical – prumos metálicos. Isto acontece devido a duas razões fundamentais: Em primeiro lugar porque nesta fase já não existe terra suficiente, uma vez que a escavação atingiu a cota de fundo do edifício e a terra foi transportada para vazadouro. E também porque não é conveniente colocar terra sobre sapatas já betonadas.



**Figura 3.35.** – Escoramento da cofragem dos painéis no 4º nível



## **Capítulo 4: Ancoragens**

### **4.1. Enquadramento teórico**

#### Definição:

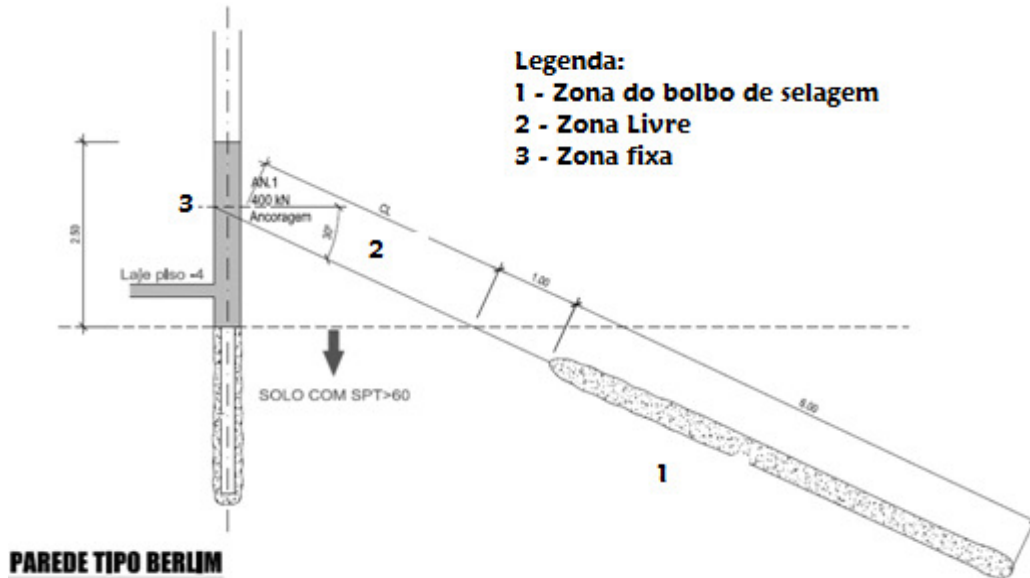
A ancoragem é essencialmente um elemento estrutural que se apoia na estrutura de suporte e se estende para o interior do maciço adjacente onde se amarra, mobilizando assim a resistência passiva deste.

Quando a ancoragem só tem de garantir a sua função por um período de tempo (até 2 anos), inferior ao tempo de vida da obra onde foi aplicada, classifica-se como ancoragem provisória.

As ancoragens são divididas em três zonas geométricas distintas:

- **Zona de bolbo de selagem** – É a zona que fica no extremo inferior da ancoragem, ou seja, é a zona mais afastada da estrutura principal. É nesta zona, que também se denomina de selagem, onde se desenvolve a resistência passiva do volume de solo mobilizado;
- **Zona livre** – Localiza-se entre o apoio da ancoragem e a zona de amarração onde não é transmitido qualquer esforço ao maciço, e onde se estendem cabos de aço dentro duma bainha, de modo a não ficarem selados pela calda de cimento. Esta bainha tem também função anticorrosiva;
- **Zona fixa** – Situa-se sobre a face interior da parede de suporte e normalmente constituída por cunhas de amarração dos cabos, cabeça da ancoragem e placa de distribuição. Nesta zona é aplicado aos cabos o esforço de tracção axial que vai ser transmitido à zona do bolbo de selagem.

A zona fixa da ancoragem, a zona livre e de selagem são as definidas em Projecto da especialidade. A ancoragem é um elemento estrutural que provoca uma força de compressão entre a parte fixa e a zona de amarração, que é feita em terrenos com características geotécnicas compatíveis com a força a aplicar.



**Figura 4.1.** – Corte tipo de ancoragem

A execução das ancoragens provisórias compreende as seguintes fases:

- Mobilização de todos os equipamentos e materiais necessários à realização da ancoragem;
- Execução dos furos com comprimento, diâmetro e inclinação definidos em projecto, devendo a tecnologia de furação ser adequada ao tipo de terreno.
- Montagem e colocação da armadura da ancoragem no interior do furo;
- Injecção de calda para selagem e execução do bolbo;
- Realização dos ensaios definidos no projecto;
- Aplicação de carga com realização de ensaio de blocagem.



#### 4.2. Furação dos painéis

A primeira actividade a realizar numa ancoragem provisória, consiste na furação dos painéis, recorrendo-se para isso à perfuradora de pequeno diâmetro. Antes de se iniciar a furação, foi necessário colocar a torre da perfuradora com a inclinação indicada em Projecto (30° com o plano horizontal), bem como verificar nos Projectos da Contenção Periférica, o comprimento total da ancoragem para os diferentes níveis de contenção:

- **1º Nível** – 15,20 m
- **2º Nível** – 13,80 m
- **3º Nível** – 12,40 m
- **4º Nível** – 11,10 m



**Figura 4.2.** – Furação de um painel no topo Nascente



### 4.3. Montagem, manuseamento e colocação das armaduras

A montagem das armaduras das ancoragens obedece ao seguinte faseamento:

- 1) Corte dos cabos na quantidade e comprimento definidos em projecto;
- 2) Envolvimento dos cabos com massa anti-corrosiva e respectivo embainhamento com tubo de diâmetro 5/8" no comprimento do cabo referente à zona livre;
- 3) A extremidade inferior do tubo é isolada de modo a não permitir a entrada de calda de cimento;
- 4) Montagem do sistema de reinjecção, que é constituído por um tubo de PVC de 45 mm com válvulas de borracha exteriores ao tubo espaçadas de 1m na zona de amarração da ancoragem;
- 5) Solidarização dos diversos cabos individuais e do sistema de reinjecção;
- 6) Montagem do sistema de injecção de selagem, constituído por um tubo de polietileno de diâmetro 5/8" colocado no exterior e ao longo da ancoragem. Este tubo é aberto na extremidade superior e inferior.

A introdução da ancoragem no furo é efectuada após a limpeza do mesmo, e é efectuada a um ritmo lento e constante, evitando tanto quanto possível encurvaduras da armadura que possam danificar os elementos de injecção e protecção anti-corrosiva.



**Figura 4.3.** – Aplicação de ancoragem – armadura e sistema de injecção



#### **4.4. Selagem**

Após a colocação da armadura no furo procede-se às operações de injeção. A calda de injeção tem como função:

- ✓ Ligar a armadura ao terreno na zona de amarração;
- ✓ Conferir protecção anticorrosiva.

A injeção de uma ancoragem provisória é composta por duas operações distintas e executadas pela seguinte ordem:

- 1) Injeção de selagem exterior;
- 2) Injeção a alta pressão com tubo-manchete.

##### Injeção de selagem exterior

Estando o furo pronto para receber a injeção de selagem, inicia-se o fabrico de calda de cimento. A água, e o cimento são introduzidos na central de injeção na proporção volumétrica de 0,4 para 1,0, misturados durante cerca de 5 minutos, com adição de aceleradores de presa, de modo a poder aplicar-se o pré-esforço após 3 dias, e continuar a execução dos painéis periféricos. Caso não se utilizassem estes aditivos, a aplicação do pré-esforço só poderia ocorrer 7 dias após a reinjeção.

Na injeção, a calda passa da central para o injector que a coloca sob pressão na conduta de injeção, e é efectuada do fundo do furo para a “boca”, de modo a preencher ao máximo os vazios existentes.



### Injecção a alta pressão com tubo manchete

A injecção de calda de cimento a alta pressão, tem como função criar um bolbo de solo numa extensão de terreno atravessada por um furo, de modo a melhorar as características mecânicas do maciço nesse troço.

A injecção é feita através de um obturador expansível colocado sucessivamente do fundo do furo para cima, em cada manchete.

Da mesma forma como se passou da injecção de selagem para a 1ª injecção de alta pressão também agora se tem que aguardar que a calda injectada inicie a sua presa (no máximo 24horas) para retomar a operação de injecção de alta pressão, ou seja reinjecção.



**Figura 4.4.** – Reinjecção da ancoragem

### **4.5. Aplicação de tensão na ancoragem**

A aplicação de tensão na ancoragem, consegue-se pela imposição de um alongamento controlado ao cabo da ancoragem. Deverá ser realizado com ensaios de blocagem, e de recepção simplificados ou detalhados, definidos no Projecto, ou de acordo com a norma EN1537 ou o Eurocódigo7.

A aplicação de carga na ancoragem é efectuada através de um ensaio de recepção simplificado, pelo qual se coloca a carga pretendida (400 KN), por meio de um macaco hidráulico, tal como mostra a figura seguinte.



**Figura 4.5.** – Aplicação de carga e ensaios às ancoragens

Após a conclusão dos ensaios de recepção, as ancoragens serão bloqueadas com uma tracção de blocagem, que compense as perdas instantâneas de tracção. Estas perdas são função dos tipos de armadura e de cabeça utilizadas, e neste caso, durante a aplicação do pré-esforço optou-se por incrementar em 10% o valor do pré-esforço definido em projecto, por forma a compensar aquelas perdas por tracção.





## **Capitulo 5: Escavação e transporte a vazadouro**

### **5.1. Enquadramento**

#### Definição

Este trabalho compreende o conjunto das operações necessárias para se atingir as cotas de fundação definidas no Projecto de Arquitectura.

#### Execução

A escavação, iniciou-se em Março, e terminou no início de Junho, período coincidente com a fase de conclusão da contenção periférica e das fundações directas da estrutura.



***Figura 5.1. – Escavadora Hidráulica***



O volume total de escavação e transporte a vazadouro foi cerca de 10.000 m<sup>3</sup> de solos, estando o vazadouro situado a cerca de 7 km da obra. Para esta actividade foram utilizados camiões de 4 eixos e semi-reboques, com capacidade para transporte de 22 e 17m<sup>3</sup> respectivamente.

## **5.2. Desmorte de maciço rochoso**

Pontualmente, os trabalhos de desmorte de rocha foram efectuados também por uma escavadora equipada com martelo hidráulico e executados de modo a minimizar a fissuração e fracturação da rocha a manter.



**Figura 5.2.** – Martelo hidráulica - desmorte das partes rochosas do maciço



### 5.3. Evolução do processo de escavação

Para a fase inicial da obra, foi apenas necessário utilizar uma escavadora hidráulica, uma vez que se executou uma rampa de acesso para os camiões conseguirem abordar as cotas de trabalho, e aí serem carregados directamente.



**Figura 5.3.** – Carregamento de camião

Posteriormente, e com o avançar da profundidade de escavação, foi impossível continuar a utilizar esta rampa, uma vez que a sua inclinação se tornou incompatível com as manobras dos camiões. Este facto obrigou a manter uma escavadora na cota de trabalho que colocava as terras ao alcance de uma segunda escavadora, posicionada na crista da parede de contenção, a qual retirava as terras e carregava os camiões.



1



2



3



4



5



6

**Figura 5.4.** – Evolução do processo de escavação [leitura de 1 para 6]



#### 5.4. Retirada dos equipamentos

No dia 2 de Junho de 2009, concluíram-se os trabalhos relativos à contenção periférica, nomeadamente os de aplicação de pré-esforço nas ancoragens do 4º nível, pelo que se procedeu à retirada dos equipamentos (escavadora hidráulica e perfuradora). Dado que estes se encontravam a uma profundidade superior a 12m, foi necessário utilizar uma grua telescópica com capacidade para 100 toneladas.



**Figura 5.5.** – Retirada da escavadora hidráulica

**Figura 5.6.** – Retirada da perfuradora







## Capítulo 6: Estrutura

### 6.1. Fundações da estrutura

Segundo o Projecto de Fundações, estão definidas 10 sapatas isoladas para os pilares centrais, com 2,50m x 3,10m x 0,90m . Além destas, o Projecto contempla também a existência de sapatas com 13,80m x 1,40m x 0,90m para o muro das rampas, e ainda, para a caixa do elevador e reservatório de água.

No topo Norte, junto da edificação existente, o Projecto define vigas de fundação com 0,3m de largura e 0,9m de altura, para as ligações entre as sapatas dos pilares aí situadas.

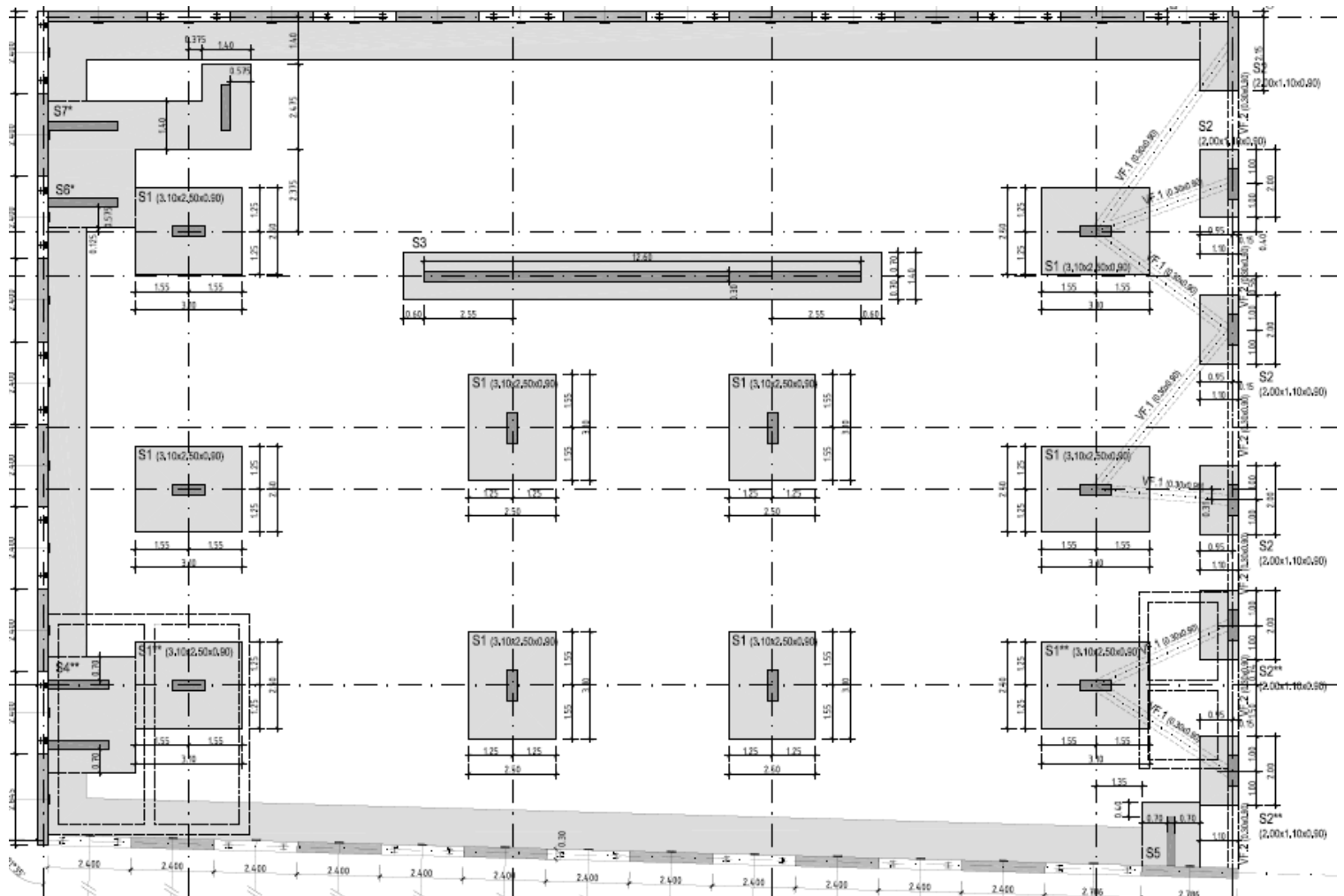


Figura 6.1. – Planta de Fundações da estrutura



Iniciaram-se no topo Norte, os trabalhos de escavação das sapatas, bem como de regularização dos seus fundos, aplicando betão C12/15.



**Figura 6.2.** – Fundo das sapatas com betão de regularização



**Figura 6.4.** – Sapatas dos pilares antes da betonagem



**Figura 6.3.** – Sapatas e vigas de fundação junto à edificação existente



Posteriormente, procedeu-se à execução das sapatas para os pilares centrais e para os muros de apoio das rampas de acesso aos vários pisos.



**Figura 6.5.** – Execução das sapatas centrais



**Figura 6.6.** – Sapata do muro de apoio da rampa



## **6.2. Estrutura em betão armado**

A estrutura do parque de estacionamento, é totalmente constituída por betão armado, com os pavimentos em lajes maciças e espessura de 0.25m, encastradas nos pilares interiores e na parede de contenção periférica.

Estas lajes são do tipo fungiforme, e reforçadas nas zonas da cabeça dos pilares com capitéis de 0,15m de espessura e 2.40m x 2.40m em planta.

A execução desta estrutura iniciou-se no dia 30 de Maio e prolongou-se até Agosto, desenvolvendo-se pela seguinte ordem cronológica:

- Elementos verticais do piso -4
- Laje do piso -3
- Elementos verticais do piso -3
- Laje do piso -2
- Elementos verticais do piso -2
- Laje do piso -1
- Elementos verticais do piso -1
- Laje do piso 0

De realçar, o facto de o empreiteiro geral, ter optado por não executar a laje de fundo (piso -4), logo após a execução dos elementos verticais do piso -4, optando por efectuar esta laje posteriormente, devido ao facto de ser necessário proceder à execução da Rede de Drenagem de Águas Residuais.

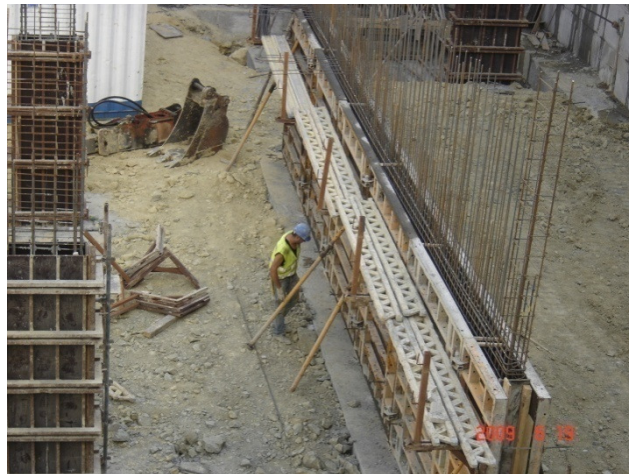


### 6.2.1. Execução de pilares e muro de apoio das rampas

A execução dos pilares e do muro compreende 3 fases distintas: colocação de armadura, cofragem e betonagem. A colocação de armadura obriga sempre ao sobrecomprimento dos varões principais, de modo a assegurar a amarração às armaduras dos pisos superiores (empalmes). Os pilares são de secção rectangular com 0,3m por 0,9m.



**Figura 6.7.** – Cofragens dos pilares no piso -4



**Figura 6.8.** – Execução da cofragem para o muro de apoio da rampa no piso -4



De realçar, que nos pisos superiores, a metodologia para a execução dos elementos verticais é idêntica.



**Figura 6.9.** – Execução dos pilares e muros de apoio das rampas nos pisos -3, -2 e -1



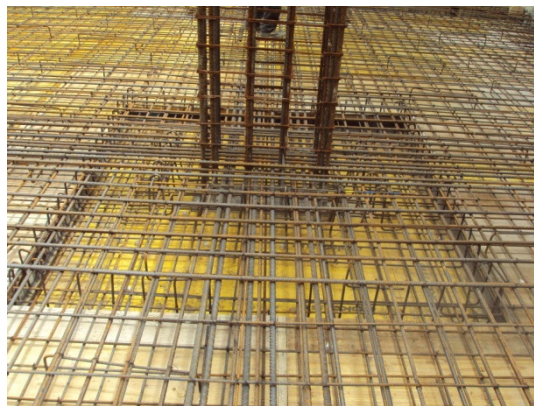
### 6.2.2. Execução das lajes

A ordem de execução das lajes foi naturalmente de baixo para cima, sendo que começou pela do piso -3, depois a do piso -2, piso -1 e finalmente a laje de cobertura. A execução destes elementos compreende as mesmas 3 fases dos elementos verticais, mas em ordem diferente: cofragem, aplicação de armadura, e finalmente betonagem com afagamento mecânico.

#### 6.2.2.1. Capitéis

Segundo o Projecto de Estruturas, todas as lajes possuem capitéis na ligação aos pilares, conferindo-lhes resistência ao punçoamento.

As lajes dos pisos -3, -2 e -1, têm uma espessura base de 0,25m, com excepção das zonas dos capitéis onde a espessura é de 0,40m (0,25 da laje + 0,15 dos capitéis), enquanto que na laje de cobertura a espessura base é de 0,45m e nas zonas dos capitéis de 0,60m (0,45m da laje e 0,15 dos capitéis).



**Figura 6.10.** – Capitel com a armadura de reforço da laje



### 6.2.2.2. Cofragem

A execução da cofragem das lajes é um processo longo, uma vez que inclui um vasto conjunto de operações. Inicialmente, procede-se à montagem de longarinas metálicas apoiadas em prumos metálicos verticais (extensores), devidamente nivelados. Posteriormente, colocam-se os painéis de madeira tricapa, assoalhando por completo toda a laje a betonar. Estes painéis devem ter faces regulares, pois só assim é possível garantir um bom acabamento da face inferior da laje após a betonagem.

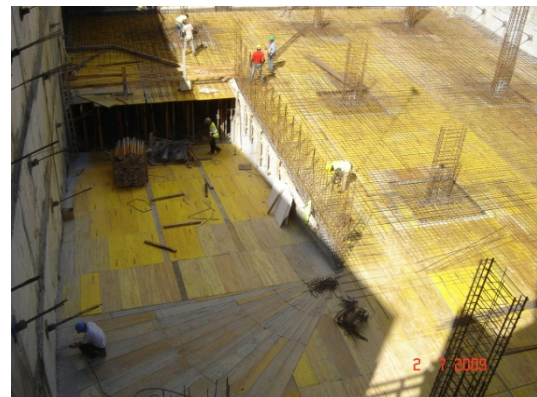


**Figura 6.11.** – Processo evolutivo de execução da cofragem da laje no piso -3

Relativamente às rampas de acesso, procedeu-se ao controlo topográfico dos níveis e inclinações das mesmas, neste caso definidas em projecto com uma pendente de 16%, permitindo vencer o desnível entre pisos com um único lance.



**Figura 6.12.**– Execução da cofragem da rampa no piso -3



**Figura 6.13.** – Assoalhamento da laje e rampa no piso -3



De realçar que para a execução das lajes, foi necessário deixar negativos técnicos durante a cofragem da mesma, devido a diversos motivos: passagem de tubagens, poço do elevador, escadas, poço de bombagem e ventilação.



**Figura 6.14.** – Negativo na laje para ventilação do parque de estacionamento

**Figura 6.15.** – Negativo na laje para tubagem da rede de esgotos





### 6.2.2.3. Escoramento

Atendendo à área (875 m<sup>2</sup>) e espessura (0,25m) das lajes, foi necessário executar o escoramento suficientemente estável e resistente para suportar o peso e vibrações que o betão exerce durante a betonagem. Para tal, foram utilizados prumos metálicos verticais muito próximos entre si, e adequadamente contraventados.



**Figura 6.16.** – Escoramento da cofragem da laje



**Figura 6.17.** – Escoramento da cofragem da rampa

### 6.2.2.4. Descofragem

A descofragem das lajes foi iniciada 3 dias após a betonagem, com a retirada de apenas alguns prumos e dos painéis tricapa.

Posteriormente, 21 dias após a betonagem da laje, retiraram-se os restantes prumos e as longarinas.



**Figura 6.18.** – Escoramento directamente na laje



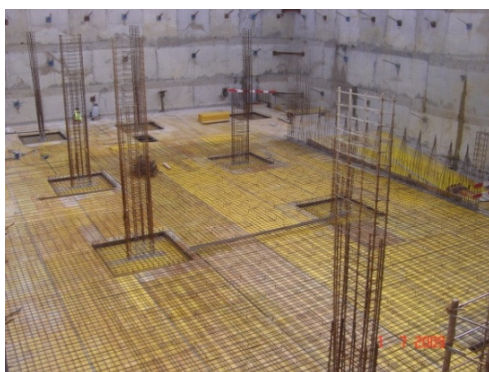
### 6.2.2.5. Aplicação de armadura

Segundo o Projecto de Estabilidade, nas lajes dos pisos -1, -2 e -3, está definida uma malha de armadura superior em toda a área de laje de  $\varnothing 10//0,30\text{m}$ , com reforços nas zonas dos capitéis e dos muros. Relativamente à armadura inferior, a malha é de  $\varnothing 10//0,15\text{m}$ , igualmente com reforços na zona dos capitéis e dos muros, ambas com recobrimentos mínimos de 3cm, exigidos em Projecto, que obrigou à colocação de calços sob a armadura inferior.

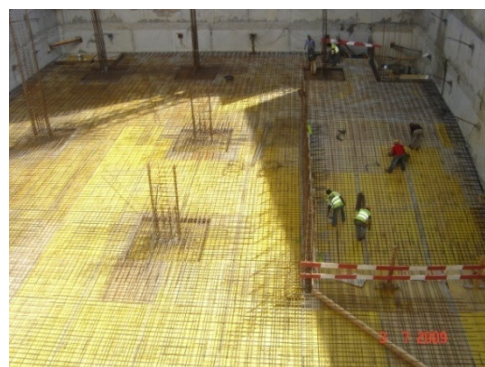
Após a aplicação de armadura, e antes da betonagem, procedeu-se à limpeza da área com um soprador de ar comprimido.



**Figura 6.19.** – Reforço da armadura da laje na zona do capitel



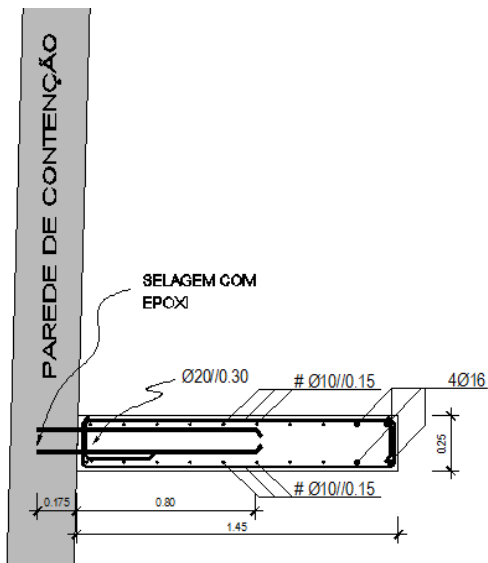
**Figura 6.20** – Armadura inferior da laje no piso -3



**Figura 6.21.** – Aplicação de armadura na laje e rampa do piso -3



De forma a garantir o encastramento das lajes nas paredes da contenção periférica, e partindo dos dados fornecidos pelos Projectos, foi necessário efectuar a selagem da armadura da laje no interior do muro.



**Figura 6.22.** – Selagem da armadura da laje no interior da parede.

Esta operação contempla a execução de vários furos horizontais de 17,5cm na parede, utilizando uma torna. De seguida colocam-se varões de aço  $\varnothing 20$  no interior dos furos, com o preenchimentos dos mesmos com resina EPOXI.



**Figura 6.23.** – Laje encastrada no muro



#### **6.2.2.6. Betonagem e Afagamento mecânico**

A betonagem das quatro lajes foi executada com o auxílio de uma bomba de betão, e abastecida por autobetoneiras (betão pronto).

Relativamente ao acabamento superficial das lajes, o Projecto definiu afagamento mecânico com incorporação de endurecedores minerais de quartzo. O subempreiteiro designado para a execução deste trabalho foi a Pavichão - Pavimentos Industriais, Lda., empresa sediada no Pombal, e com largos anos de experiência neste tipo de trabalhos.

O afagamento mecânico executa em simultâneo 4 operações: elimina as irregularidades, confere alisamento da superfície, aumenta a sua compacidade e dá-lhe polimento com algum brilho, consoante o tipo de aditivos incorporado, criando uma superfície anti-poeiras e uma substancial resistência ao desgaste e ao choque.

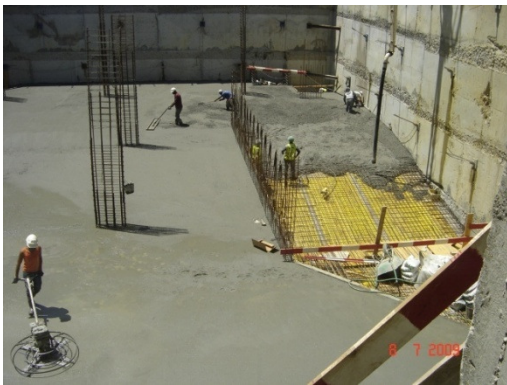


**Figura 6.24.** – Betonagem da laje do piso -3



O processo de afagamento inicia-se pouco tempo após a betonagem, quando o betão já se encontra em fase de cura, sendo que é um processo longo, e de grande rigor de execução.

De realçar que a execução do afagamento nas rampas, obrigou ao vassouramento da mesma, com o objectivo de conferir uma maior rugosidade ao piso. As rampas são zonas com uma inclinação bastante acentuada (16%), onde é necessário impedir o derrapamento dos veículos aquando da sua circulação.



**Figura 6.25.** – Betonagem da rampa do piso -3 e afagamento do betão na laje

**Figura 6.26.** – Aplicação superficial de endurecedor no betão



**Figura 6.27.** – Afagamento mecânico em operação



**Figura 6.28.** – Aspecto do acabamento final da laje

Finalizado o afagamento mecânico das lajes, durante as primeiras 24h, período de maior velocidade de hidratação do betão, as superfícies foram sendo humedecidas, de modo a evitar fissurações. Não menos importante, foi a aplicação de manta geotextil e areia lavada do rio, com o intuito de impedir que a laje fosse danificada pela circulação de pessoas e pelas operações de escoramento a executar para as lajes dos pisos superiores.



**Figura 6.29.** – Rega de laje após afagamento

**Figura 6.30.** – Laje coberta com manta geotêxtil e areia





O procedimento adoptado para a execução das lajes foi idêntico em todos os pisos, sendo de realçar que a última laje (laje de cobertura), tem uma espessura de 0,45m (0,60m nos capitéis). O Projecto define a execução de uma viga em toda a periferia do parque com 0,85m de altura e 0,30m de espessura, com excepção do topo Poente.



**Figura 6.31.** – Execução da rampa de acesso ao parque

**Figura 6.32.** – Rampa de acesso ao parque



A empreitada de Escavação, Contenção Periférica e Estrutura em Betão armado, ficou concluída no dia 7 de Agosto de 2009. No entanto, a conclusão final da obra só está prevista para Novembro, após a conclusão dos trabalhos referentes aos Projectos de Arquitectura, Instalações Eléctricas, Telecomunicações, Segurança Integrada, Ventilação, Ascensores, Águas e Drenagem.



## **Capítulo 7: Curiosidades**

Este capítulo, tem como objectivo quantificar e realçar alguns aspectos descritos nos capítulos anteriores. Os valores indicados neste capítulo, foram recolhidos do Mapa de Quantidades elaborado ainda durante a fase de projecto.

### **7.1. Volume de terras**

Volume de escavação de terreno, recorrendo à escavadora hidráulica.

<b>Volume de escavação</b>	10.260,00 m <sup>3</sup>
----------------------------	--------------------------

### **7.2. Betão**

Durante o período de obra, foram utilizadas 3 classes de resistência de betão, conforme indicado nos quadros seguintes.

➤ **Betão C25/30**

<b>Contenção periférica tipo "Berlim"</b>	260,50 m <sup>3</sup>
---	-----------------------

➤ **Betão de regularização C12/15**

<b>Fundações</b>	40,30 m <sup>3</sup>
------------------	----------------------

**➤ Betão C30/35**

<b>Viga de coroamento</b>	22,20 m <sup>3</sup>
<b>Sapatas</b>	176,00 m <sup>3</sup>
<b>Vigas de fundação</b>	13,60 m <sup>3</sup>
<b>Pilares</b>	43,50 m <sup>3</sup>
<b>Paredes</b>	68,10 m <sup>3</sup>
<b>Lajes</b>	722,90 m <sup>3</sup>
<b>Rampas</b>	195,70 m <sup>3</sup>
<b>Escadas</b>	25,90 m <sup>3</sup>
<b>Reservatório de incêndio e poço de bombagem</b>	65,30 m <sup>3</sup>

**7.3. Cofragem**

Relativamente às cofragens aplicadas nos diferentes elementos, os valores são os seguintes:

<b>Viga de coroamento</b>	148,30 m <sup>2</sup>
<b>Contenção periférica tipo "Berlim"</b>	868,30 m <sup>2</sup>
<b>Sapatas</b>	222,10 m <sup>2</sup>
<b>Vigas de fundação</b>	90,90 m <sup>2</sup>
<b>Pilares</b>	386,60 m <sup>2</sup>
<b>Paredes</b>	529,50 m <sup>2</sup>
<b>Lajes</b>	2.616,40 m <sup>2</sup>
<b>Rampas</b>	824,00 m <sup>2</sup>



<b>Escadas</b>	132,60 m <sup>2</sup>
<b>Reservatório de incêndio e poço de bombagem</b>	260,50 m <sup>2</sup>

#### 7.4. Armaduras

A armadura aplicada em toda a estrutura interna é da classe A500 NR, e na parede de Contenção Periférica aço da classe A400NR, de acordo com o quadro a seguir.

<b>Viga de coroamento</b>	2.895,00 kg
<b>Contenção periférica tipo "Berlim"</b>	39,149,00 kg
<b>Sapatas</b>	11,305,00 kg
<b>Vigas de fundação</b>	1.864,00 kg
<b>Pilares</b>	9.808,00 kg
<b>Paredes</b>	9.044,00 kg
<b>Lajes</b>	97.521,00 kg
<b>Rampas</b>	24.256,00 kg
<b>Escadas</b>	2.225,00 kg
<b>Reservatório de incêndio e poço de bombagem</b>	6.455,00 kg

#### 7.5. Perfis metálicos

Os perfis metálicos utilizados como escoras de canto na Contenção Periférica, são todos da classe HEB200.

<b>Perfis metálicos</b>	27.787,30 kg
-------------------------	--------------



## **7.6. Ancoragens**

A execução de ancoragens provisórias, incluindo furação, aplicação de armaduras, selagem, injeção, ensaios de recepção simplificados e detalhados, operação de colocação em tensão com um pré-esforço de 400 KN, e no final desactivação das ancoragens, são designadas como um todo expresso em unidades.

<b>Ancoragens</b>	110,00 un
-------------------	-----------



## **Conclusão**

A realização do estágio numa empresa com a dimensão da SONANGIL, permitiu a abordagem da realidade do mundo da Engenharia Civil, e em especial das Estruturas e da Geotecnia.

Os ensinamentos transmitidos por diversas pessoas durante este período, bem como os conhecimentos adquiridos por pesquisa visual em obra e recorrendo a meios bibliográficos, permitiram a ampliação substancial dos níveis de conhecimento do aluno: em primeiro lugar, foi importante assistir aos processos construtivos estudados ao longo do percurso académico, mas sem que tenha existido qualquer contacto real em obra. Em segundo lugar, a constante permanência em obra junto do Director da mesma, permitiu o conhecimento e entendimento de quais as funções e responsabilidades por este assumidas, bem como compreender como se procede ao controlo e gestão de obra.

Relativamente à obra em estudo, existe o sentimento de que foi um excelente ponto de partida para a vida profissional, uma vez que o primeiro contacto foi numa obra pública, onde as exigências são muito elevadas em todas as matérias a ela respeitantes.

O facto da realização do estágio ter sido na área da Geotecnia, contribuiu favoravelmente para estimular ainda mais o fascínio por este tema por parte do aluno, aumentando o desejo de adquirir cada vez mais conhecimentos e experiência neste ramo, com o objectivo de conseguir desenvolvimento de percurso profissional no mundo da Geotecnia.

Uma última palavra de agradecimento para a Direcção da SONANGIL que deu a oportunidade de realizar o estágio numa empresa de referência, durante o qual houve dedicação com o máximo empenho e determinação da parte do estagiário.



Durante o período de estágio, foi-me proposto pelos órgãos Directivos da SONANGIL que participasse em outras obras da empresa, desempenhando a função de Técnico-adjunto do Director de obra. Aceitei de imediato o convite, pois permitiu-me assim, continuar a ganhar mais experiência e conhecimentos, bem como poder ser útil à empresa que me deu a oportunidade de realizar o estágio na área que mais desejava, demonstrando assim a minha gratidão.

As obras a seguir mencionadas, foram também executadas pela empresa, para a Câmara Municipal de Almada:

- ✓ **Recolocação do Farol - Cacilhas** - Empreitada para a instalação do antigo Farol de Cacilhas. A obra consistiu na execução de estacas de diâmetro Ø400mm, maciço de fundação, rede de iluminação, rede de rega e arranjos exteriores, com uma duração de 4 meses.



**Foto** – Diferentes fases durante a empreitada de recolocação do Farol em Cacilhas



- ✓ **Escultura “Coluna do Tempo” - Rotunda do Centro Sul em Almada -**  
Execução de estacas de diâmetro Ø400mm e estrutura em betão armado para a aplicação de escultura da autoria do escultor José Aurélio. A duração da obra foi de 15 dias.



**Foto** – Diferentes fases durante a empreitada da execução das fundações para a escultura da “Coluna do tempo”





## Referências bibliográficas

- I. COELHO, Silvério (1996). *Tecnologia de fundações (1ª edição)*. Amadora, Escola Profissional Gustave Eiffel (EPGE)
- II. CAPUTO, Homero Pinto (1994). *Mecânica dos Solos e suas aplicações (Volume II)*. (6ª edição). Livros Técnicos e Científicos Editora (LTC).
- III. FERNANDES, Walter; CAMPOS, Guedes (2001). *A Mecânica de Solos na Engenharia Civil (Volume II)*. Lisboa, AE Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (AEISEL).
- IV. BOWLES, Joseph E. (1997). *Foundation Analysis and Design (Fifty edition)*. McGraw-Hill.
- V. ATKINSON, J. (1993). *Introduction to the Mechanics of Soils and Foundations*. McGraw-Hill.
- VI. FERNANDES, Manuel de Matos (1994). *Mecânica dos Solos (Volume I)*. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).
- VII. POWRIE, W. (1997). *Soil Mechanics – Concepts and Applications*. FN SPOON, London.
- VIII. NEVES, Maranha das (2004). *Mecânica dos Solos*. Lisboa, AE Instituto Superior Técnico (AEIST).