

RESUMO

Este relatório apresenta-se como Trabalho Final de Mestrado, realizado no âmbito do Mestrado em Engenharia Civil, na área de Edificações, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa e tem como objetivo expor as atividades desenvolvidas durante o estágio curricular.

O estágio, de 4 meses de duração, iniciado em março de 2015, foi realizado na empresa DDN, onde o estagiário integrou a equipa de fiscalização, para a construção do edifício Castilho 15.

A obra localiza-se na rua Castilho n.º 15, em Lisboa, sendo o edifício constituído por 9 pisos acima da cota de soleira e 4 pisos enterrados. No início do estágio a obra encontrava-se na fase de escavação e contenção periférica, desta forma procedeu-se ao acompanhamento da escavação e contenção periférica nomeadamente na execução de muros de Berlim e ancoragens, construção das fundações do edifício e construção de uma das várias lajes do Castilho 15 assim como a construção de outros elementos da fundação e da estrutura. Durante o estágio, o aluno desenvolveu diversas atividades de fiscalização por parte do dono de obra, tal como análise de compatibilização e incompatibilidades entre os vários projetos das especialidades e a arquitetura, o acompanhamento e controlo de execução, a aprovação e verificação de materiais, o controlo de custos e planeamento, as consultas e contactos entre todos os intervenientes da obra, com o objetivo de resolução de incompatibilidades de projeto e alterações.

O estágio permitiu a consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico, através do contacto direto com a obra e o acompanhamento dos vários processos construtivos empregues na mesma, assim como, a compreensão do relacionamento das diversas entidades envolvidas na obra.

PALAVRAS CHAVE

Planeamento da construção, Estrutura de contenção, Muros de Berlim, Ancoragens, Controlo de produção.

ABSTRACT

This report is the “Final Masters Work” performed for a Master’s degree in Civil Engineering, in Buildings area of expertise, from the Instituto Superior de Engenharia de Lisboa and aims to show the activities developed during the internship.

The internship had the duration of 4 months, began in March 2015 and was conducted for DDN, where the trainee joined the supervision team for the construction of the “Castilho 15”.

The site is located at rua Castilho’s n. º 15, in Lisbon. The building consists of 8 floors above ground level and 5 underground floors. At the beginning of the internship, the construction was on an excavation and peripheral containment phase, hence the need to supervise this phases especially the Underpinning walls and anchorages, the creation of the building foundations and the construction of one of the many slabs of the Castilho 15 as well as the construction of other structural and foundational elements.

During the internship, the student developed several supervision activities for the building owner, such as the analysis and comparison of the several project specialties and the architecture, monitoring and control of implementation, adoption and verification of materials, cost control and planning, consultations and contacts between all relevant entities of the project, with the goal of resolving incompatibilities and design changes.

The internship helped to put the knowledge learnt into practice. This was achieved through direct involvement in the workplace and through monitoring the construction processes employed, as well as understanding how the various entities involved in the work function.

KEYWORDS

Construction planning, Containment structure, Underpinning walls, Anchorages, Production control.

AGRADECIMENTOS

Principalmente à minha família, que nunca me deixou faltar nada e de tudo fizeram para que pudesse chegar onde estou hoje.

Aos meus amigos, pelo apoio demonstrado ao longo de todo o meu percurso académico.

Ao Engenheiro João Mação, orientador do estágio curricular, pela oportunidade que me deu, sem ele não teria sido possível a realização do estágio.

Ao Engenheiro Manuel Gamboa, orientador deste trabalho, pelo seu apoio e pela disponibilidade demonstrada.

Às Engenheiras Cátia Neves e Teresa Carvalho que bastante me ajudaram e bastante me ensinaram no decorrer do estágio.

Ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa onde tenho o prazer de concluir o mestrado.

Aos meus grandes colegas da faculdade pelo companheirismo e entreatajuda demonstrada ao longo de todo o curso, sem a vossa ajuda teria sido certamente mais difícil.

INDÍCE

1.	CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO	2
1.2	OBJETIVOS	3
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO FINAL DE MESTRADO.....	3
2.	CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE OBRA	5
2.1	INTRODUÇÃO	5
2.2	LOCALIZAÇÃO	5
2.3	IMPLANTAÇÃO	7
2.4	CONDICIONANTES.....	9
2.4.1	PROJETO	9
2.4.2	OBRA.....	9
2.5	CLASSIFICAÇÃO DE OBRA E EMPREITADA.....	10
2.6	INTERVENIENTES	10
2.7	APRESENTAÇÃO DOS PROJETOS DE ARQUITETURA, ESTRUTURAS E INSTALAÇÕES ESPECIAIS.....	13
2.7.1	PROJETO DE ARQUITETURA	13
2.7.2	PROJETOS DE INSTALAÇÕES ESPECIAIS.....	27
2.7.3	PROJETO DE ESTRUTURAS.....	27
3.	CAPÍTULO 3 – ATIVIDADES ACOMPANHADAS DURANTE A OBRA	33
3.1	INTRODUÇÃO	33
3.2	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA PARA A CONTENÇÃO DE FACHADA	33
3.2.1	INTRODUÇÃO	33
3.2.2	ELEMENTOS CONSTITUINTES	34

3.3	PROSPECÇÃO E ESTUDO.....	39
3.3.1	INTRODUÇÃO	39
3.3.2	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS LOCAIS	39
3.3.3	SISMICIDADE	40
3.3.4	TRABALHOS REALIZADOS E RESULTADOS OBTIDOS.....	42
3.4	PROCESSOS E FASEAMENTOS CONSTRUTIVOS.....	52
3.4.1	ESCAVAÇÃO	52
3.4.2	CONTENÇÃO PERIFÉRICA	54
3.4.3	LAJES EM ANEL.....	79
3.4.4	FUNDAÇÕES.....	82
3.4.5	VIGAS DE FUNDAÇÃO.....	87
3.5	ANÁLISE DE COMPATIBILIDADES ENTRE OS VÁRIOS PROJETOS DE ESPECIALIDADES E A ARQUITETURA.....	88
3.5.1	EXEMPLO DE INCOMPATIBILIDADE.....	89
3.6	SEGURANÇA EM OBRA.....	90
3.6.1	PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE EM OBRA.....	90
3.6.2	SINALIZAÇÃO NO ESTALEIRO.....	91
3.6.3	PLANO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA E INDIVIDUAL.....	92
3.6.4	REGRAS DE SEGURANÇA NO MANUSEAMENTO DE FERRAMENTAS	93
3.7	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO.....	95
3.7.1	GRANDEZAS A MEDIR.....	96
3.7.2	MEIOS DE MEDIÇÃO	96
3.7.3	CARACTERÍSTICAS DOS APARELHOS.....	96
3.8	RELATÓRIO SEMANAL DE OBRA.....	98

4.	CAPÍTULO 4 – CONTROLO DE PRODUÇÃO	99
4.1	INTRODUÇÃO	99
4.2	PEDIDOS DE APROVAÇÃO DE MATERIAIS	99
4.3	ENSAIOS REALIZADOS DURANTE O ESTÁGIO	100
4.3.1	ENSAIO DE ABAIXAMENTO.....	100
4.3.2	ENSAIO PDL	107
4.3.3	ENSAIO DE SOLDADURAS – ENSAIO POR LÍQUIDOS PENETRANTES	110
4.4	PEDIDOS DE EXCLARECIMENTO E COMPATIBILIDADES COM O PROJETO	114
4.5	PLANEAMENTO DE OBRA.....	115
4.6	CONTROLO DE CUSTOS	116
5.	CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	121
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Mapa de Portugal (a) Mapa de Lisboa (b).....	6
Figura 2.2 - Mapa parcial rede urbana da Av. da Liberdade.....	6
Figura 2.3 - Implantação e edifícios contíguos ACP e CIMPOR.	7
Figura 2.4 – Distribuição de Áreas do Piso -5/Fundações.....	14
Figura 2.5 - Distribuição de Áreas do Piso -4.....	15
Figura 2.6 - Distribuição de Áreas do Piso -3.....	15
Figura 2.7 - Distribuição de Áreas do Piso -2.....	16
Figura 2.8 - Distribuição de Áreas do Piso -1.....	16
Figura 2.9 - Distribuição de Áreas do Piso 0.....	17
Figura 2.10 - Distribuição de Áreas do Piso 1.....	18
Figura 2.11 - Distribuição de Áreas do Piso 2.....	19
Figura 2.12 - Distribuição de Áreas do Piso 3.....	20
Figura 2.13 - Distribuição de Áreas do Piso 4.....	21
Figura 2.14 - Distribuição de Áreas do Piso 5.....	22
Figura 2.15 - Distribuição de Áreas do Piso 6.....	23
Figura 2.16 - Distribuição de Áreas do Piso 7.....	24
Figura 2.17 - Distribuição de Áreas do Piso 8.....	25
Figura 2.18 - Distribuição de Áreas da Cobertura	25
Figura 2.19 – Fachada Castilho 15 (Cruzamento rua Castilho com rua Rosa Araújo).....	26
Figura 2.20 – Fachada Castilho 15.....	27
Figura 2.21 - Sapata do pilar P2	28
Figura 2.22 – Ligação Parede existente – nova estrutura	29
Figura 2.23 – Malha de reforço da face interior da parede.	29
Figura 3.1 – Planta de localização das microestacas.....	36
Figura 3.2 – Pormenor dos maciços de encabeçamento.....	37
Figura 3.3 – Corte estrutura metálica de contenção de fachada.....	38
Figura 3.4 – Estrutura metálica de contenção de fachada vista do interior.....	38
Figura 3.5 – Carta geológica de Lisboa e fotografica aérea da área de estudo.....	39
Figura 3.6 – Carta de isossistas de intensidade máxima.....	40
Figura 3.7 – Zonamento sísmico em Portugal continental.....	41
Figura 3.8 – Amostrador normalizado e dispositivo de ensaio de SPT.....	44

Figura 3.9 – Profundidade dos ensaios SPT.....	45
Figura 3.10 – Localização da sondagem realizada em fase de projeto de execução.....	46
Figura 3.11 – Zonas geológicas e sondagens.....	48
Figura 3.12 – Síntese dos resultados SPT em profundidade.....	49
Figura 3.13 – Diferença entre profundidade prevista e efetiva.....	50
Figura 3.14 - Aterro na zona do Alçado D até à cota -3.00 m.....	51
Figura 3.15 – Deslocamentos horizontais no alçado confrontante com o ACP.....	52
Figura 3.16 – Escavação.....	53
Figura 3.17 – Exemplo de área de escavação assistida.....	54
Figura 3.18 - Deslocamentos horizontais alçado confrontante com o edifício do ACP.....	56
Figura 3.19 - Alçado A, elementos já executados e elementos a executar.....	58
Figura 3.20 - Alçado B, elementos já executados e elementos a executar.....	59
Figura 3.21 - Alçado C, elementos já executados e elementos a executar.....	59
Figura 3.22 - Alçado A, elementos já executados e elementos a executar.....	60
Figura 3.23 – Furação para cravação de perfis metálicos.....	63
Figura 3.24 – Colocação dos perfis metálicos.....	64
Figura 3.25 – Disposição em planta da localização dos perfis metálicos.....	64
Figura 3.26 – Execução da viga de coroamento.....	65
Figura 3.27 – Método de escavação dos painéis primários e banquetas dos painéis secundários.....	65
Figura 3.28 – Escavação de painéis primários e banquetas (painéis secundários).....	65
Figura 3.29 – Painel principal para betonar.....	66
Figura 3.30 – Armadura do painel e tubagem para negativo.....	66
Figura 3.31 – Ligação perfis – painéis antes e após a betonagem.....	68
Figura 3.32 – Esquema de Ligação perfil – muro.....	68
Figura 3.33 – Esquema de Ligação perfil – muro.....	69
Figura 3.34 – Alçado A, representação da localização e tensão das ancoragens.....	71
Figura 3.35 – Comparação Zona 1 com Zona 2 do Alçado A.....	72
Figura 3.36 – Tubo (negativo).....	73
Figura 3.37 – Furação para introdução da armadura das ancoragens.....	74
Figura 3.38 – Ancoragem sem e com armadura.....	75
Figura 3.39 – Fim de reinjeção com derrame de calda de cimento.....	76
Figura 3.40 – Alçado B, localização da célula de carga.....	78
Figura 3.41 – Célula de carga, 600 kN.....	78
Figura 3.42 – Lajes em Anel.....	79

Figura 3.43 – Laje de contenção.....	80
Figura 3.44 – Reforço das lajes na zona de descarga de terras e Reforço inferior.....	80
Figura 3.45 – Cruzeta soldada a perfil metálico para sustentação de laje.....	81
Figura 3.46 – Deficiente acabamento de laje.....	82
Figura 3.47 – Sapata Isolada S1 e arranque de pilar P2.....	83
Figura 3.48 – Armadura sapata do muro de Berlim.....	84
Figura 3.49 – Armadura alterada da sapata do muro de Berlim.....	85
Figura 3.50 – Localização ensaios PDL.....	86
Figura 3.51 – Localização dos pegões.....	87
Figura 3.52 – Viga de Fundação.....	88
Figura 3.53 – Cozinha tipo 9.....	89
Figura 3.54 – Cozinha tipo 9 revisão B.....	90
Figura 3.55 – Cozinha tipo 9 revisão C.....	90
Figura 3.56 – Regras de Segurança a cumprir no estaleiro e obra.....	92
Figura 3.57 – Bico de pato a sanear com martelo pneumático.....	94
Figura 3.58 – Corte de perfis metálicos.....	95
Figura 3.59 - Estação Total e alvo topográfico.....	97
Figura 4.1 – Ensaio de Abaixamento.....	101
Figura 4.2 – Ensaio de Abaixamento.....	101
Figura 4.3 – Enchimento dos provetes para ensaio à compressão.....	101
Figura 4.4 - Localização dos pontos de ensaio PDL.....	107
Figura 4.5 – Equipamento para realização do PDL (esquerda) e pormenor do contador de pancadas (direita).....	110
Figura 4.6 - Limpeza da base.....	112
Figura 4.7 – Aplicação do penetrante.....	113
Figura 4.8 – Aplicação do revelador.....	113
Figura 4.9 - Pedido de esclarecimento - Alçado D.....	114

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Frações existentes vs frações futuras.....	8
Quadro 2.2 – Tipo de frações existentes vs tipo de frações futuras.....	8
Quadro 2.3 – Informação estacionamentos.....	9
Quadro 3.1 – Aceleração máxima de referência.....	41
Quadro 3.2 – Coordenadas X e Y locais.....	43
Quadro 3.3 – Profundidade atingida com ensaios PDL.....	86
Quadro 4.1 - Resistência do Betão à Compressão segundo a classe.....	103
Quadro 4.2 – Classe de Exposição Ambiental do Betão.....	104
Quadro 4.3 – Classe de Teor de Cloretos do Betão.....	104
Quadro 4.4 - Classe de Consistência do Betão C25/30.....	105
Quadro 4.5 - Classe de Consistência do Betão C30/37	105
Quadro 4.6 - Dados PDL.....	108

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Valor mensal previsto vs valor mensal real	118
Gráfico 2 - % acumulada prevista vs % acumulada real.....	119

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1 - Sequência de Trabalhos realizados em obra.....	12
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

LETRAS MAIÚSCULAS LATINAS

A/C	Razão água cimento
GPa	Giga Pascal
Kn	Quilo Newton
MPa	Mega Pascal
N/mm ²	Newton por milímetro quadrado

LETRAS MINÚSCULAS LATINAS

km ²	Quilómetro quadrado
fck	Resistência característica
fck,cube	Resistência característica mínima em cubos
fck,cyl	Resistência característica mínima em cilindros
fub	Tensão de rotura
fyb	Tensão de cedência
cm	Centímetro
m	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico

LETRAS MINÚSCULAS GREGAS

∅ Diâmetro

ABREVIATURAS

EMCF Estrutura Metálica de Contenção de Fachada

EN Norma Europeia

EPI Equipamento de Proteção Individual

I.V.A. Imposto de valor acrescentado

INCI Instituto da Construção e do Imobiliário.

ISEL Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

L.E.R. Lista Europeia de Resíduos

LNEC E Especificação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NP Norma Portuguesa

1. CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Neste primeiro capítulo do Trabalho Final de Mestrado, será apresentado o enquadramento do estágio, onde é referida qual a obra acompanhada, a sua localização, o porquê e tipo de intervenção que a mesma está a sofrer e a fase que esta obra atravessa momento de realização deste estágio. Neste capítulo são ainda referidos os objetivos a que me propus atingir aquando da decisão de realização deste estágio e as razões que me levaram a optar por este método de avaliação em preferência da dissertação ou projeto para conclusão do Mestrado em Engenharia Civil na especialidade de Edificações.

1.1 ENQUADRAMENTO

Este relatório representa o Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Civil, na área de Edificações, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. O estágio teve a duração de 4 meses, e decorreu no intervalo de 2 de março de 2015 a 2 de julho de 2015 e teve como âmbito a fiscalização de processos de construção e materiais da edificação Castilho 15. Esta edificação situa-se na rua Castilho Nº15, no cruzamento com a rua Rosa Araújo, em Lisboa, sendo constituída por 9 pisos elevados e 4 pisos abaixo da cota da soleira.

Durante o período de estágio foi acompanhado em obra o desenvolvimento dos seguintes trabalhos:

- Escavação
- Execução de Muros de Berlim
- Execução de Anéis de Contenção
- Execução de Ancoragens
- Execução de Pegões
- Execução de Sapatas
- Execução de Vigas de Fundação

Durante o período de estágio existiu ainda a possibilidade de assistir a reuniões de obra semanais onde foram discutidos os mais diversos assuntos relacionados com a obra tendo como intervenientes o dono de obra, projetistas, empreiteiro, técnico responsável pela segurança e fiscalização de modo a resolver da melhor maneira todos os assuntos surgentes e definir a forma mais eficaz e económica de execução dos mesmos.

1.2 OBJETIVOS

O presente estágio tem, principalmente, o objetivo de adquirir experiência em obra e estabelecer um primeiro contato com o mercado de trabalho, relacionando os conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico com os aspetos práticos do exercício profissional.

Além dos objetivos referidos, o aluno propôs-se a acompanhar os trabalhos de obra de forma a melhor compreender as várias etapas dos processos construtivos como, a aplicação dos diferentes materiais em obra, a análise de problemas e de soluções alternativas, o acompanhamento e compreensão dos procedimentos de aprovação de materiais e de controlo de custos, as relações entre os diversos intervenientes em obra e por fim desenvolver novas competências a nível pessoal. Ainda que curto, o estágio curricular permite aos alunos ter uma ideia mais sólida do que futuramente será o exercício da profissão que decidiu seguir e materializar os conhecimentos que adquiriu até então.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO FINAL DE MESTRADO

O presente relatório de estágio encontra-se dividido em 5 capítulos:

Capítulo 1 “Introdução”

Neste capítulo apresentam-se os objetivos, enquadramento e descrição da estrutura do trabalho.

Capítulo 2 “Caracterização e Identificação da Obra”

Este capítulo faz referência à localização e enquadramento do edifício Castilho 15. Serão apresentados todos os intervenientes da obra desde o dono de obra, empreiteiro, os projetistas e a equipa de fiscalização. Será também descrito o faseamento construtivo e apresentados os projetos de arquitetura, de estruturas e das respetivas especialidades.

Capítulo 3 “Atividades acompanhadas durante o estágio”

Capítulo onde serão descritas todas as atividades acompanhadas pelo estagiário durante o período em que decorreu o estágio tais como: escavação, execução de

muros de Berlim, execução de ancoragens, execução de pegões, execução de sapatas e de vigas de fundação e de alguns elementos estruturais.

Capítulo 4 “Controlo de Produção”

Este capítulo aborda os aspetos relacionados com o controlo e desenvolvimento da obra. Serão apresentados os procedimentos de aprovação de materiais e os pedidos de esclarecimento de projeto solicitados por parte do empreiteiro ao dono de obra e projetistas. Será também feita uma referência ao planeamento de obra, explicando a sua importância na mesma e será ainda analisado o controlo de custos, explicando o tipo de contrato da empreitada.

Capítulo 5 “Conclusão”

Capítulo onde é realizada uma apreciação global do estágio realizado, e uma reflexão sobre os objetivos delineados e os conhecimentos adquiridos.

2. *CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE OBRA*

2.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta a descrição geral da obra de reabilitação do edifício Castilho 15, começando por fazer referência à sua localização, enquadramento e implantação. Serão depois apresentados todos os intervenientes da empreitada desde dono de obra, projetistas, empreiteiro, diretor de obra e equipa de fiscalização. Numa outra secção é apresentado um organograma contendo todas as fases da empreitada, onde serão descritos os processos da edificação e principais condicionamentos. No final do capítulo serão expostos os projetos de arquitetura, estruturas e de especialidades, abordando aspetos como a distribuição das áreas de lojas e apartamentos e a solução estrutural a executar.

2.2 LOCALIZAÇÃO

O edifício Castilho 15 situa-se na rua Castilho Nº15 , no concelho de Lisboa, freguesia de São Mamede. A rua Castilho é uma morada de prestígio, situada na malha urbana da Avenida da Liberdade, a dois passos do Príncipe Real, do centro comercial das Amoreiras, de espaços verdes (Parque Eduardo VII) e perfeitamente integrado na rede de transportes públicos da cidade (metro e autocarros) e das principais zonas de negócios e turísticas da cidade. A localização da obra pode ser observada nas figuras 2.1 e 2.2.



Figura 2.1 - Mapa de Portugal (a) Mapa de Lisboa (b) [Fonte: Google Maps]

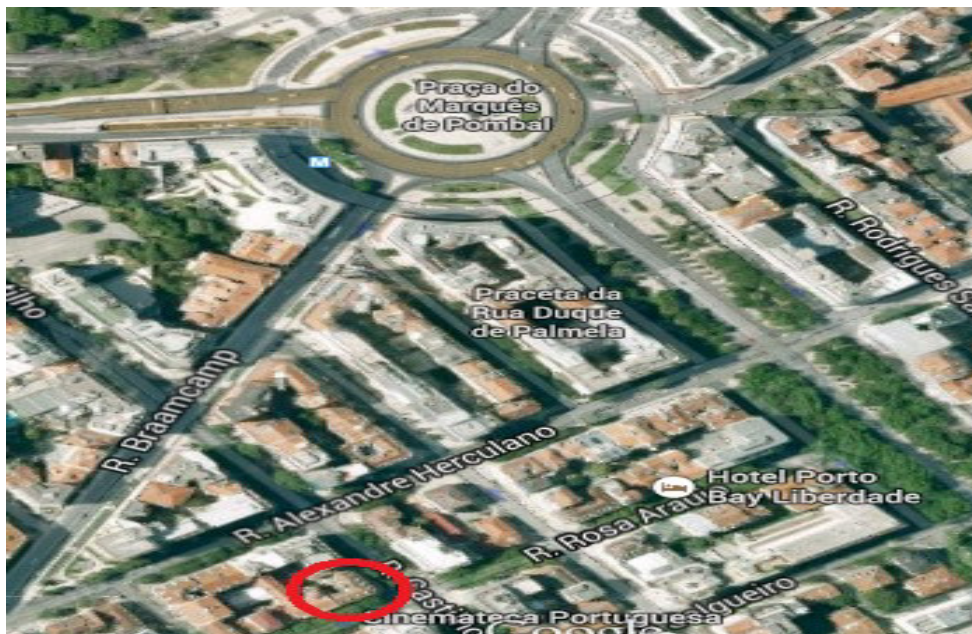


Figura 2.2 - Mapa parcial rede urbana da AV. Liberdade [Fonte: Google Maps]

2.3 IMPLANTAÇÃO

O edifício será constituído por 14 pisos, com a seguinte distribuição: 4 pisos enterrados e 9 acima da cota de soleira. A área total de construção é de 5037,97 m², estando dividida em 3431,44 m² acima do solo e 1606,53 m² abaixo do solo. A volumetria total do edifício é de 151113,91 m³.

No que diz respeito à envolvente pode-se constatar na figura 2.3, que o edifício apresenta as seguintes confrontações:

Alçado Nascente – Rua Castilho;

Alçado Poente – Edifício ACP contíguo de 4 pisos elevados e 1 cave;

Alçado Norte – Edifício Cimpor com 8 pisos elevados e 4 caves;

Alçado Sul – Rua Rosa Araújo;

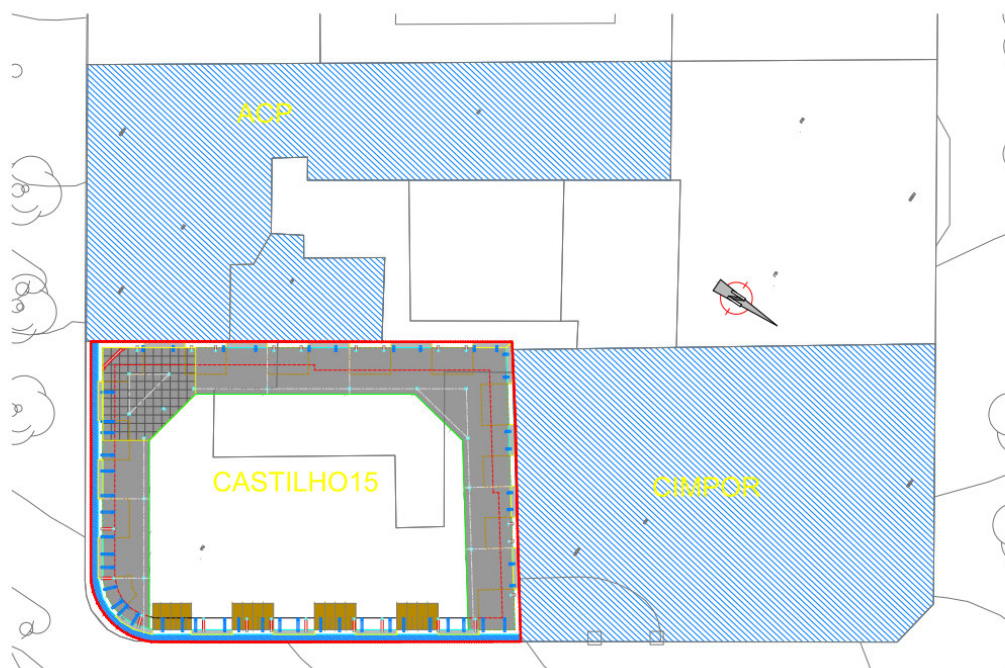


Figura 2.3 - Implantação e edifícios contíguos ACP e CIMPOR.

Desenvolvimento da proposta de alterações em fase de obra:

- Alterações referentes ao programa funcional-objetivo do promotor / requerente:

É objetivo do promotor o aumento do n.º de frações habitacionais e a reorganização espacial das mesmas. Deste modo, a proposta introduziu sete novas frações de habitação, totalizando as constantes nos seguintes Quadros 2.1 e 2.2:

	EXISTENTE	PROPOSTA
Tipologia T1	3un	4un
Tipologia T2	9un	4un
Tipologia T3	1un	14un
Tipologia T4	2un	2un
Tipologia T5	2un	1un
Tipologia T6	1un	

Quadro 2.1 - Frações Existentes vs Frações Futuras [Fonte: Aditamento, Memória Descritiva]

	EXISTENTE	PROPOSTA
Nº de Frações habitacionais	18	25
Nº de Frações comerciais	2	2
Nº de frações de Estacionamento		7
Nº de Lugares de Estacionamento	62	54

Quadro 2.2 - Tipo de Frações Existentes vs Tipos de Frações Futuras [Fonte: Aditamento, Memória Descritiva]

Foram redistribuídos os lugares de estacionamento destinados às frações, libertando sete lugares para comercialização, conforme Quadro 2.3 abaixo. Foram ainda redistribuídas as arrecadações, localizadas nas caves para cada fração. **[Memória Descritiva e Justificativa do Projeto de Arquitetura do edifício Castilho 15 - 3G Office, S.L., 2008]**

PISO	Nº LUGAR	FRACÇÃO	PISO	Nº LUGAR	FRACÇÃO	PISO	Nº LUGAR	FRACÇÃO	PISO	Nº LUGAR	FRACÇÃO
PISO -1	01	B	PISO -2	14	H	PISO -3	30	LIVRE	PISO -4	46	LIVRE
	02	B		15	H		31	LIVRE		47	LIVRE
	03	B		16	F		32	D		48	LIVRE
	04	Supletivo		17	F		33	D		49	LIVRE
	05	Supletivo		18	J		34	V		50	LIVRE
	06	K		19	J		35	V		51	O
	07	Supletivo		20	N		36	L		52	O
	08	AA		21	N		37	L		53	M
	09	AA		22	R		38	P		54	Y
	10	G		23	R		39	P		55	Y
	11	A		24	U		40	T		56	Z
	12	A		25	U		41	T		57	Z
	13	Q		26	U		42	S		58	I
		27	X	43	S	59	C				
		28	X	44	W	60	C				
		29	X	45	W	61	E				

Quadro 2.3 - Informação Estacionamentos [Fonte: Aditamento, Memória Descritiva]

2.4 CONDICIONANTES

2.4.1 PROJETO

As principais condicionantes encontradas foram as seguintes:

- Não ultrapassar a cêrcea do quarteirão da rua Castilho, sendo a moda da cêrcea igual a 9 pisos (35m), verificando assim o art.º 62 do RPDML (2012) e o art.º 59 do RGEU;
- Manter a parede de fachada original, que faz fronteira com a rua Castilho e a rua Rosa Araújo de acordo com o art.º 29 do RPDML (2012).

2.4.2 OBRA

Com o condicionamento de espaço a ocupar, tornou-se necessário um grande planeamento para a implantação do estaleiro, assim como para o cumprimento do projeto. Outra das grandes condicionantes foi também a contenção de paredes de fachada e execução

das estruturas de contenção periférica, o que ditou o ritmo mais lento a que a obra teria que ser executada de forma a afetar o mínimo possível os edifícios contíguos.

2.5 CLASSIFICAÇÃO DE OBRA E EMPREITADA

Os aspetos mais importantes para classificação da presente obra são:

Natureza: Construção civil.

Tipo: Construção nova e reabilitação.

Entidade Empregadora: Obra particular.

Forma de execução da obra: Empreitada.

Concurso: Limitado (por convite).

Natureza da sua Utilização: Comércio e habitação.

Altura: 34 m (altura superior a 28 m, considerado edifício de grande porte, de acordo com o Dec. Lei n.º 220/2008 de 12 de novembro, segurança contra incêndios em edifícios).

Prazo de Construção: 11 meses (1ª fase).

Preço Contratual: 1.395.000 € (um milhão e trezentos e noventa e cinco mil euros).

Fases do empreendimento: Estudo económico, projeto, concurso, apreciação de propostas, adjudicação, consignação, execução, assistência técnica e receções (provisórias e definitiva).

Tipo de Contrato: Empreitada por “preço global” fixo e não revisível. A remuneração do empreiteiro é previamente fixada, tendo por base a realização de todos os trabalhos necessários à execução da obra, quer em termos de quantidades, quer em termos de espécie de trabalhos, de acordo com o Art.º 9º a 17º do Dec. Lei n.º 18/2008 de 29 de janeiro.

2.6 INTERVENIENTES

Para a execução desta obra são de destacar os seguintes intervenientes:

Dono De Obra: ESProperty - Espírito Santo Property, SA.

Projetistas: Quadrante, Engenharia e Consultadoria, SA.

Arquitetura Geral : 3G Office, S.L.

Arquitetura de Interiores: 3G Office, S.L.

Escavação - Tecnasol – FGE, Fundações e Geotecnia, S.A.

Contenção Periférica - Tecnasol – FGE, Fundações e Geotecnia, S.A.

Contenção de Fachada: Paulo Almeida Ribeiro – PAR, Lda.

Estrutura e Fundações: Quadrante, Engenharia e Consultadoria, SA.

Instalações Elétricas e comunicações: Quadrante, Engenharia e Consultadoria, SA.

Instalações Eletromecânicas: Quadrante, Engenharia e Consultadoria, SA.

Redes de Águas e Esgotos: Quadrante, Engenharia e Consultadoria, SA.

Redes de Gás: Quadrante, Engenharia e Consultadoria, SA.

Segurança contra riscos de Incêndios: Quadrante, Engenharia e Consultadoria, SA.

Projeto de comportamento Térmico: Quadrante, Engenharia e Consultadoria, SA.

Acústica: Quadrante, Engenharia e Consultadoria, SA.

Plano de Segurança e Saúde: Lucius, Engenharia e Construção - Lúcio da Silva Azevedo & Filhos SA.

Plano de Gestão de Resíduos: Lucius, Engenharia e Construção - Lúcio da Silva Azevedo & Filhos SA.

EMPREITEIRO

- Empreitada Geral: Lúcio da Silva Azevedo & Filhos SA.
- Diretor de obra: Eng.º André Falcão.

FISCALIZAÇÃO:

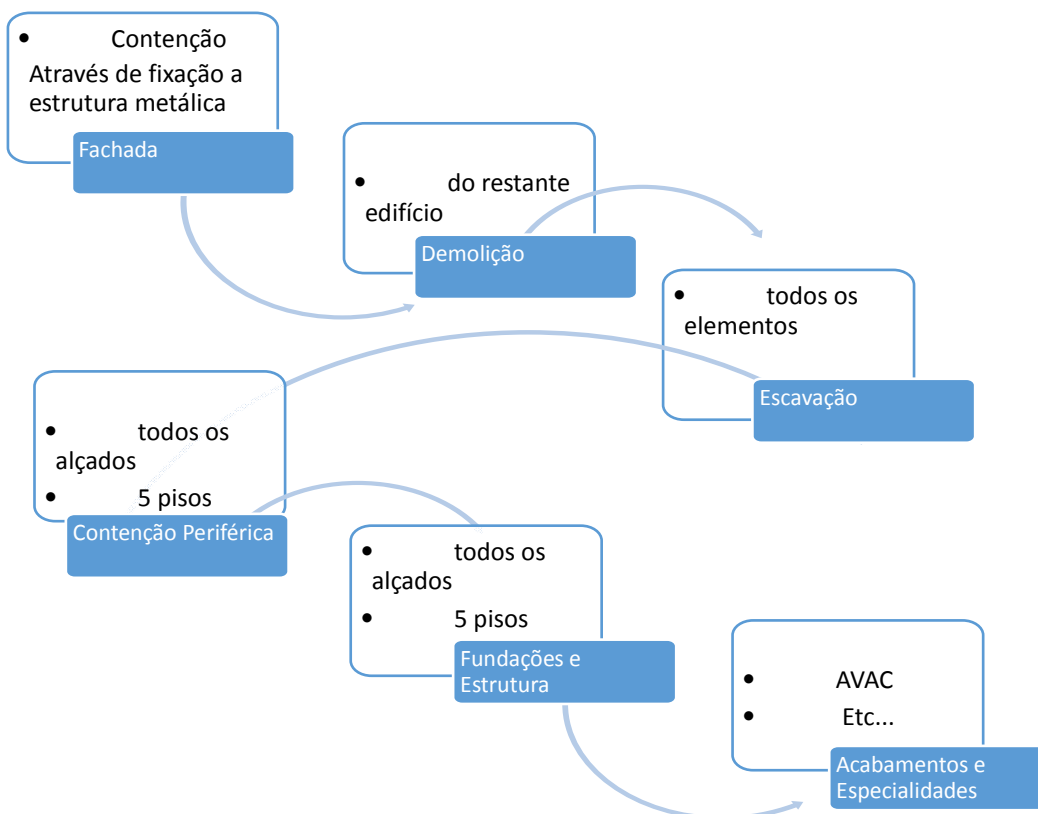
- Diretor: Eng.º Cátia Neves.

COORDENAÇÃO DE SEGURANÇA EM OBRA:

- Coordenador: Eng.º João Mação.

DESCRIÇÃO GERAL DA OBRA:

A edificação Castilho 15, como referido anteriormente, irá obrigar à manutenção das paredes de fachada do edifício existente. Deste modo, a construção envolve a consideração das fases representadas no esquema 2.1.



Esquema 2.1 - Sequência de Trabalhos realizados em obra.

As paredes de fachada principal tiveram que ser mantidas pois o edifício está classificado como património arquitetónico segundo a Direção Geral do Património Cultural. Como tal foi executada uma estrutura metálica provisória para contenção dessas paredes através de uma solução de microestacas. A razão da demolição parcial dos edifícios prende-se com o estado

atual dos mesmos e com razões de ordem regulamentar. Apesar dos edifícios não apresentarem grandes deficiências estruturais, representaria um grande encargo reabilitá-los. Para além deste condicionamento havia o objetivo de rentabilizar o investimento, logo o edifício iria ter um acréscimo na sua volumetria de construção, só sendo viável com um reforço estrutural.

Após a contenção da fachada e demolição do restante integrante do edifício, deu-se início aos trabalhos de escavação e a execução da contenção periférica através da execução de muros de berlim e de anéis de contenção sendo que os muros de berlim são ancorados provisoriamente, o que permitiu a escavação de 4 pisos abaixo da cota de soleira, cerca de 17 metros. Posteriormente serão realizadas as fundações e estrutura do edifício, e por fim as instalações especiais e acabamentos. Estas duas últimas fases não se chegaram a realizar durante o período em que decorreu o estágio.

2.7 APRESENTAÇÃO DOS PROJETOS DE ARQUITETURA, ESTRUTURAS E INSTALAÇÕES ESPECIAIS

Neste ponto será feita uma descrição dos aspetos mais relevantes dos projetos de arquitetura, estruturas e projetos de especialidades. No projeto de arquitetura é apresentada a distribuição arquitetónica das áreas constituintes de todos os pisos do edifício enquanto, nos projetos de estruturas serão expostos o tipo fundação que será executada e as soluções estruturais adotadas. No que diz respeito às instalações especiais, serão apresentados os diferentes tipos de instalações que constituem a obra assim como as representações das mesmas.

2.7.1 PROJETO DE ARQUITETURA

O projeto de arquitetura foi realizado com o objetivo do edifício albergar duas lojas no piso 0 contando os restantes pisos da superestrutura com frações destinadas a habitação. O edifício possui, conforme já mencionado, 14 (catorze) pisos, os quais alojarão 25 apartamentos com tipologias T1 a T5 duplex e áreas que variam entre 75 e 300 m² e dois espaços comerciais contando com 7 lugares de estacionamento subterrâneo para arrendar e 54 lugares de estacionamento subterrâneo para residentes.

A distribuição das áreas é a seguinte:

- Piso -5: Destinado aos reservatórios de água para combate a incêndio, sala do grupo de bombagem de incêndio e poço de recolha e bombagem para esvaziamento dos reservatórios.
- Pisos -4, -3 e -2: Destinados a estacionamento e arrecadações.
- Piso -1: Destinado a estacionamento, arrecadações e salas técnicas para grupo de emergência e grupo de pressurização de águas para consumo.
- Piso térreo: Destinado a comércio, num total de 2 espaços comerciais, salas do lixo e receção do prédio:
- Pisos 1 a 8 – habitação.

Constituição detalhada de cada piso:

- **Piso -5** : Destinado aos reservatórios de água para combate a incêndio, sala do grupo de bombagem de incêndio e poço de recolha e bombagem para esvaziamento dos reservatórios. Este piso terá também caixa de escadas e de elevadores bem como pelas fundações que sustentarão o edifício, como pode ser verificado na figura 2.4.

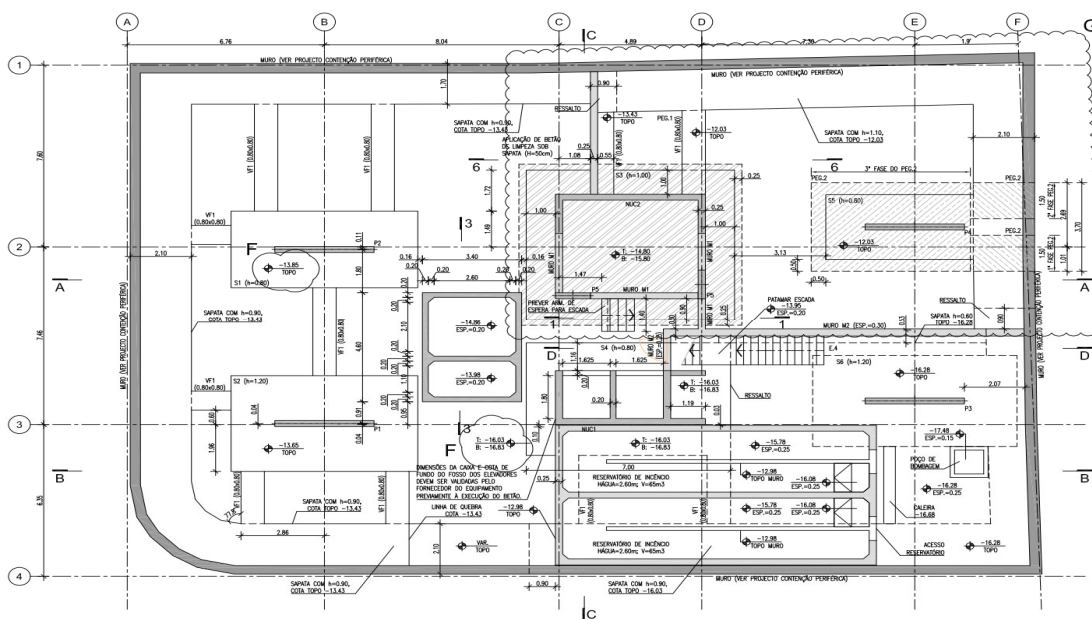


Figura 2.4 – Distribuição de Áreas do Piso -5/Fundações [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

- **Piso -4** : Este piso reservado a estacionamento e arrecadações existindo 16 lugares de estacionamento individuais, 7 arrecadações e conta ainda com caixa de elevador e caixa de escadas, como pode ser verificado na figura 2.5.

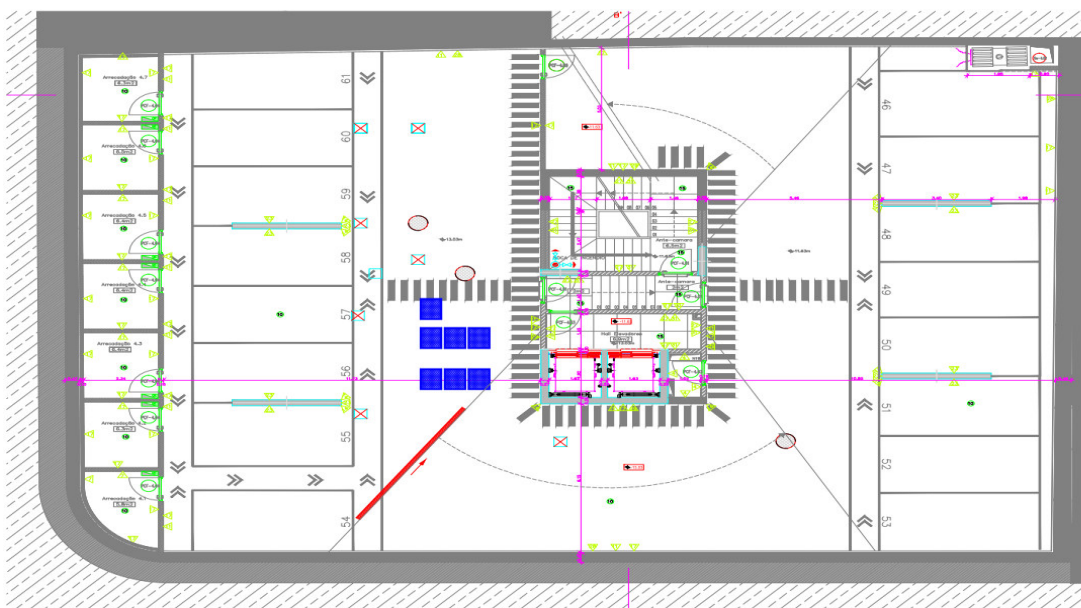


Figura 2.5 - Distribuição de Áreas do Piso -4 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

- **Piso -3** : Este piso reservado a estacionamento e arrecadações existindo 16 lugares de estacionamento individuais, 7 arrecadações e conta ainda com caixa de elevador e caixa de escadas, como pode ser verificado na figura 2.6.

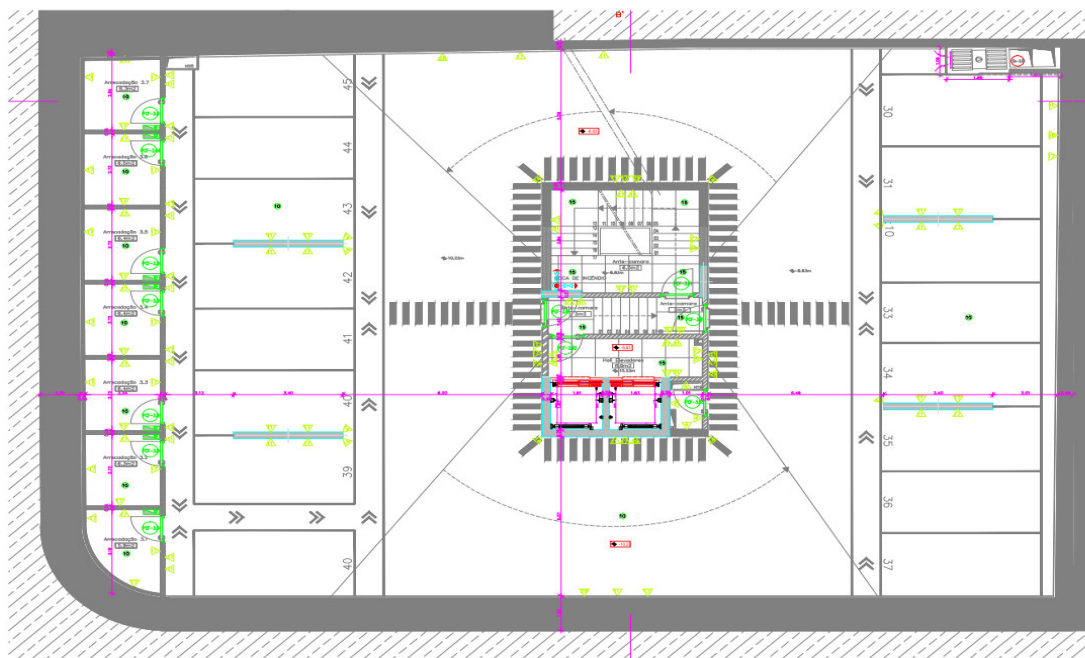


Figura 2.6 - Distribuição de Áreas do Piso -3 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

- **Piso -2** : Este piso reservado a estacionamento e arrecadações existindo 16 lugares de estacionamento individuais, 7 arrecadações e conta ainda com caixa de elevador e caixa de escadas, como pode ser verificado na figura 2.7.

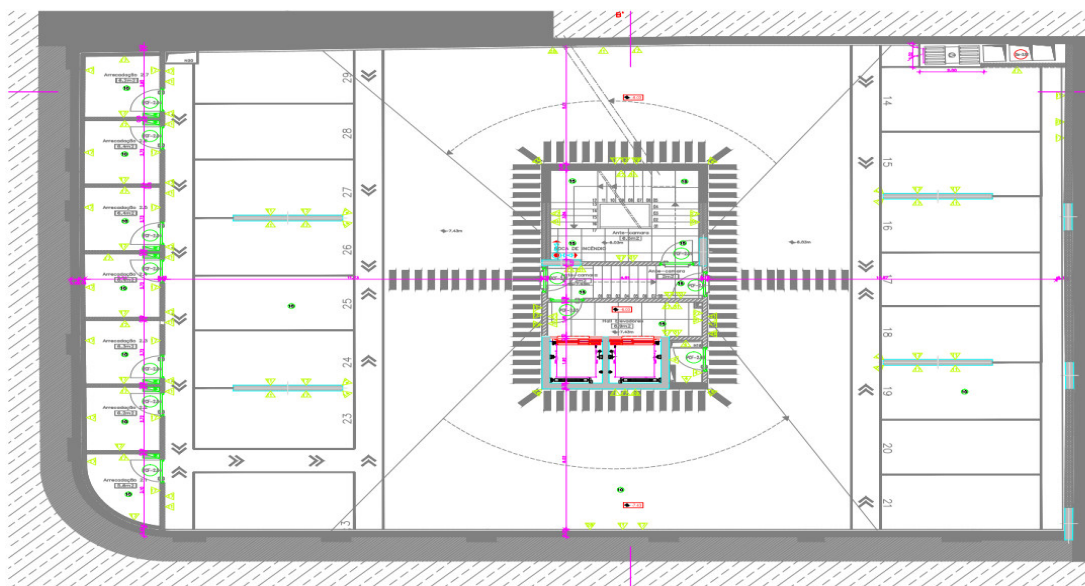


Figura 2.7 - Distribuição de Áreas do Piso -2 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

- **Piso -1** : Este piso contém 13 lugares de estacionamento sendo 3 deles destinados a utilizadores com mobilidade reduzida, 6 arrecadações e conta ainda com caixa de elevador e caixa de escadas. Existe ainda uma sala de bombagem, uma sala para gerador e uma instalação sanitária destinada ao segurança de serviço. Conta ainda com caixa de elevador e caixa de escadas, como pode ser verificado na figura 2.8.

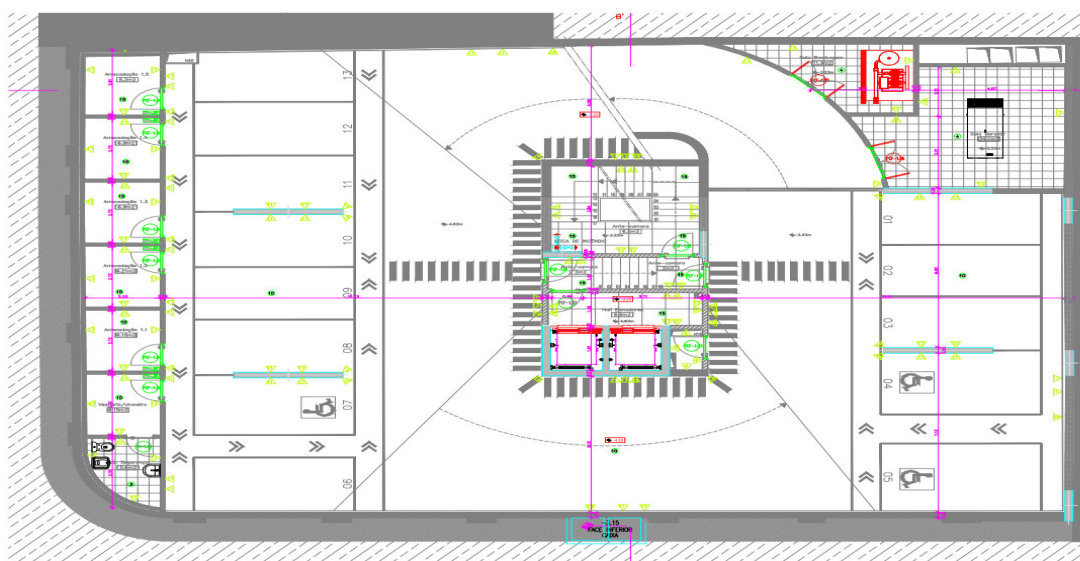


Figura 2.8 - Distribuição de Áreas do Piso -1 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

- **Piso 0** : Este piso é composto por duas frações comerciais (fração A e fração B), uma zona de acesso aos níveis de estacionamento, um depósito para lixo das lojas e outro para depósito do lixo das habitações. As lojas contam com uma instalação sanitária acessível cada. Conta ainda com caixa de elevador e caixa de escadas, como pode ser verificado na figura 2.9.

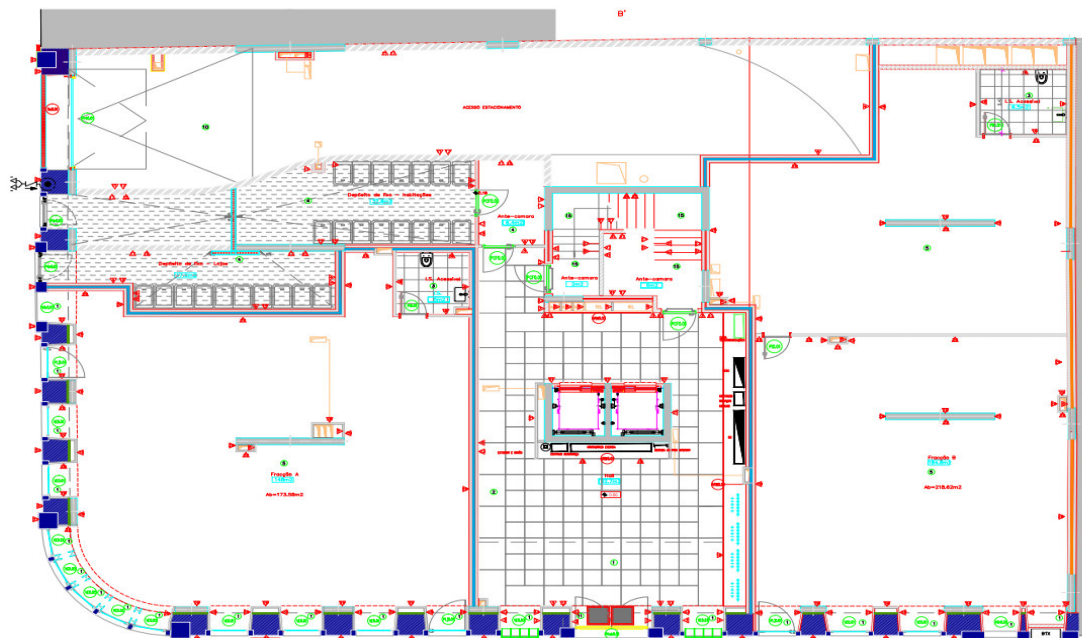


Figura 2.9 - Distribuição de Áreas do Piso 0 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

- **Piso 1** : Este piso é composto por dois terraços e 4 frações:
 - **Fração C** – Esta fração é um T2 e tem uma área habitável de 168,85 m² e é constituída por 2 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 3 instalações sanitárias, 3 hall's e 1 área de serviço para maquinaria.
 - **Fração D** – Esta fração é T3 e tem uma área habitável de 188,54 m² e é constituída por 3 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 4 instalações sanitárias, 3 hall's, 3 closet's e uma área de serviços para maquinaria.
 - **Fração E** - Esta fração é um T1 e tem uma área habitável de 74,80 m² e é constituída por 1 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 1 instalação sanitária e um closet.
 - **Fração F** - Esta fração é T3 e tem uma área habitável de 224,33 m² e é constituída por 3 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 3 instalações sanitárias, 4 hall's e 1 closet.

Tal como nos outros pisos, também este contém caixa de escada e caixa de elevador bem como uma área técnica que se encontra adjacentes à caixa de escadas, como pode ser verificado na figura 2.10.

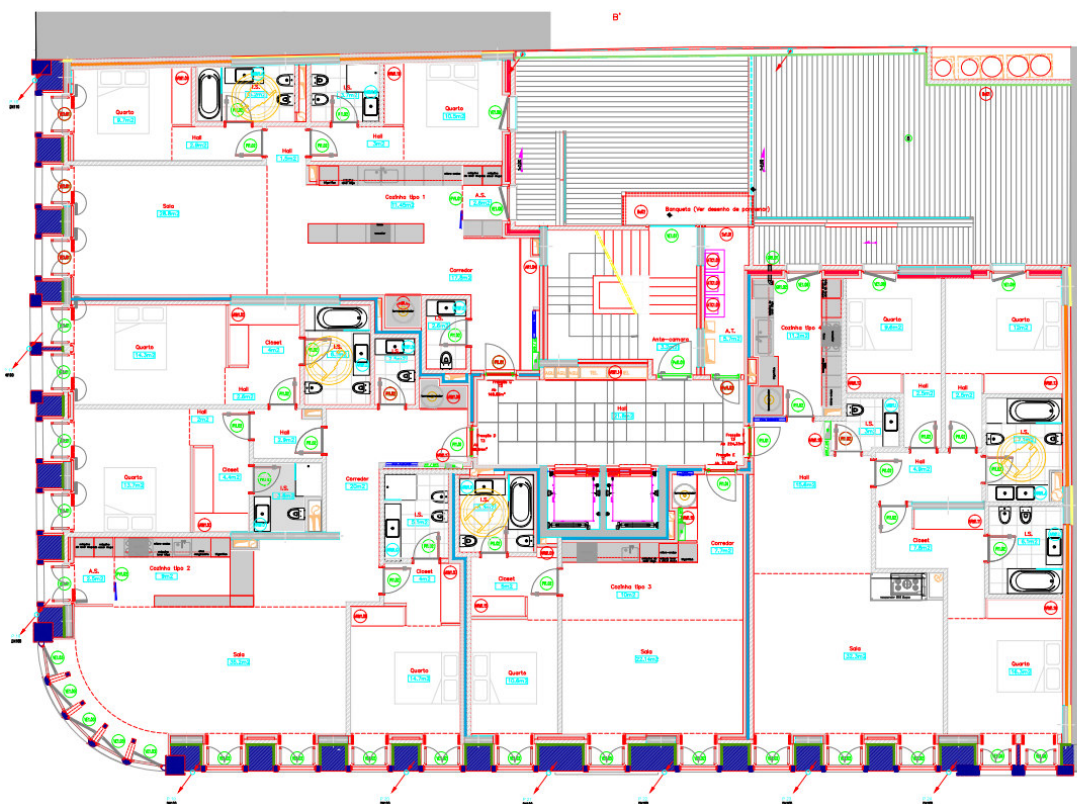


Figura 2.10 - Distribuição de Áreas do Piso 1 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

- **Piso 2** : Este piso é composto por 4 frações:
 - **Fração G** – Esta fração é um T2 e tem uma área habitável de 133,43 m² e é constituída por 2 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 3 instalações sanitárias, 3 hall's e 1 área de serviço para maquinaria.
 - **Fração H** – Esta fração é T3 e tem uma área habitável de 192,36 m² e é constituída por 3 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 4 instalações sanitárias, 3 hall's, 3 closet's e uma área de serviços para maquinaria.
 - **Fração I** - Esta fração é um T1 e tem uma área habitável de 76,76 m² e é constituída por 1 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 1 instalação sanitária e um closet.
 - **Fração J** - Esta fração é T3 e tem uma área habitável de 170,58 m² e é constituída por 3 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 3 instalações sanitárias, 4 hall's e 1 closet.

Tal como nos outros pisos, também este contém caixa de escada e caixa de elevador bem como uma área técnica que se encontra adjacentes à caixa de escadas, como pode ser verificado na figura 2.11.

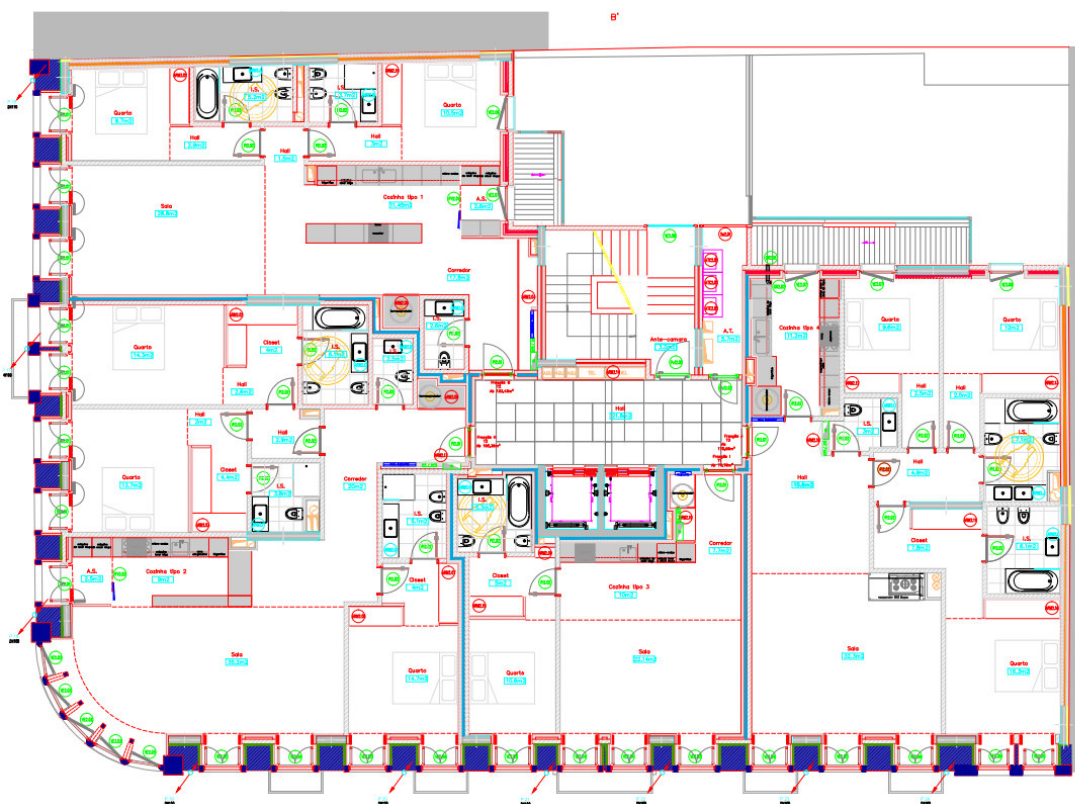


Figura 2.11 - Distribuição de Áreas do Piso 2 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

- **Piso 3** : Este piso é composto por 4 frações:
 - **Fração K** – Esta fração é um T2 e tem uma área habitável de 133,43 m² e é constituída por 2 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 3 instalações sanitárias, 3 hall's e 1 área de serviço para maquinaria.
 - **Fração L** – Esta fração é T3 e tem uma área habitável de 192,36 m² e é constituída por 3 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 4 instalações sanitárias, 3 hall's, 3 closet's e uma área de serviços para maquinaria.
 - **Fração M** - Esta fração é um T1 e tem uma área habitável de 76,76 m² e é constituída por 1 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 1 instalação sanitária e um closet.
 - **Fração N** - Esta fração é T3 e tem uma área habitável de 170,58 m² e é constituída por 3 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 3 instalações sanitárias, 4 hall's e 1 closet.

Tal como nos outros pisos, também este contém caixa de escada e caixa de elevador bem como uma área técnica que se encontra adjacentes à caixa de escadas, como pode ser verificado na figura 2.12.

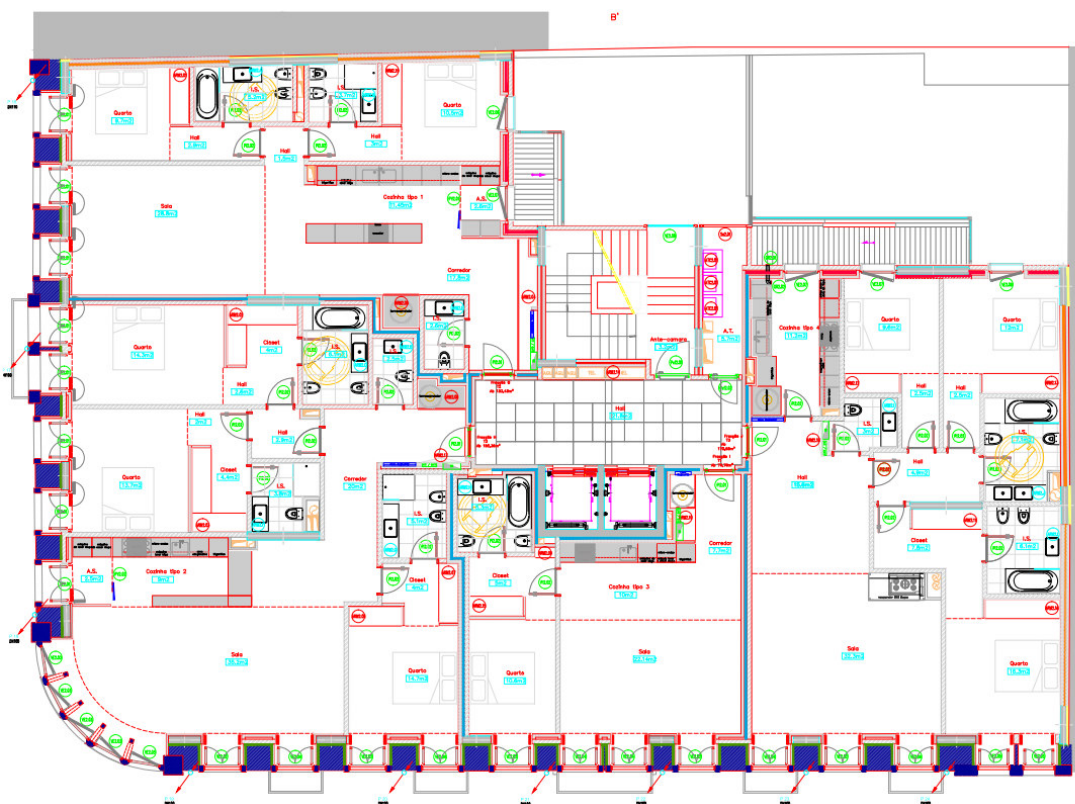


Figura 2.12 - Distribuição de Áreas do Piso 3 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

- **Piso 4** : Este piso é composto por 4 frações:
 - **Fração O** – Esta fração é um T2 e tem uma área habitável de 137,80 m² e é constituída por 2 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 3 instalações sanitárias, 3 hall's e 1 área de serviço para maquinaria.
 - **Fração L** – Esta fração é T3 e tem uma área habitável de 200,24 m² e é constituída por 3 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 4 instalações sanitárias, 3 hall's, 3 closet's e uma área de serviços para maquinaria.
 - **Fração M** - Esta fração é um T1 e tem uma área habitável de 79,90 m² e é constituída por 1 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 1 instalação sanitária e um closet.
 - **Fração N** - Esta fração é T3 e tem uma área habitável de 172,40 m² e é constituída por 3 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 3 instalações sanitárias, 4 hall's e 1 closet.

Tal como nos outros pisos, também este contém caixa de escada e caixa de elevador bem como uma área técnica que se encontra adjacentes à caixa de escadas, como pode ser verificado na figura 2.14.

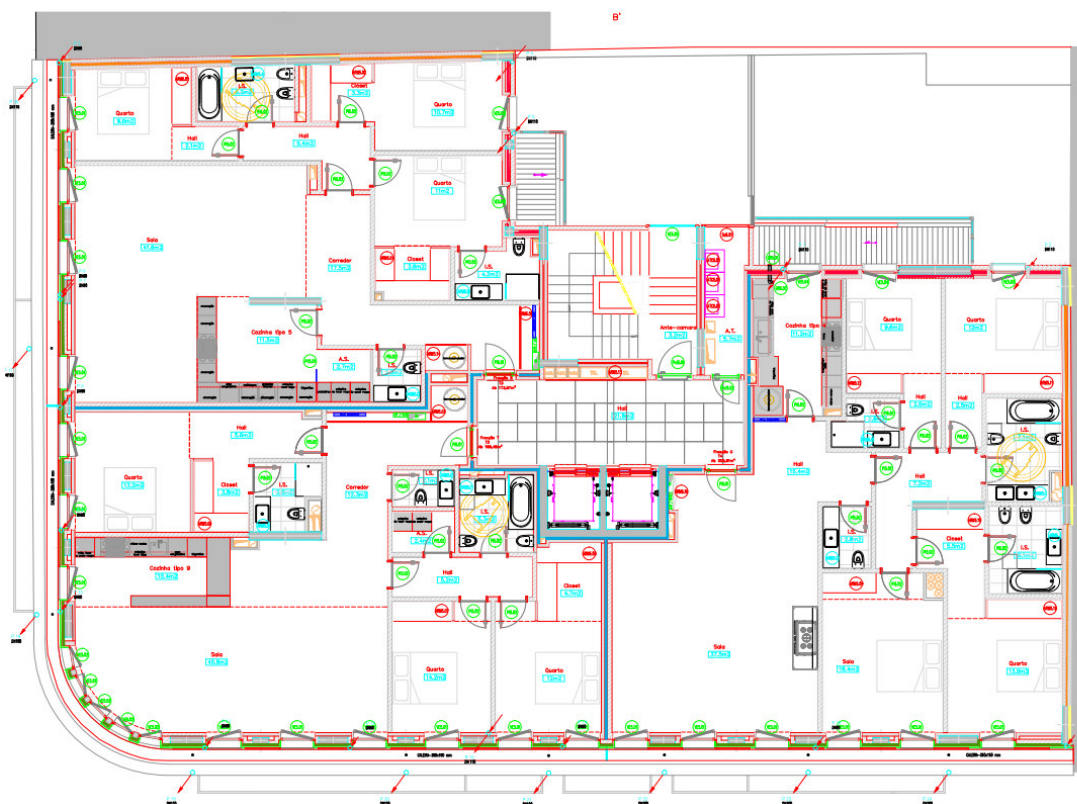


Figura 2.14 - Distribuição de Áreas do Piso 5 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

- **Piso 6** : Este piso é composto por 3 frações:
 - **Fração V** – Esta fração é um T3 e tem uma área habitável de 166,37 m² e é constituída por 3 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 3 instalações sanitárias, 2 hall's, 2 closet's e 1 área de serviço para maquinaria.
 - **Fração W** – Esta fração é T3 e tem uma área habitável de 169,61 m² e é constituída por 3 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 3 instalações sanitárias, 2 hall's, 2 closet's e uma área de serviços para maquinaria.
 - **Fração X** - Esta fração é um T4 e tem uma área habitável de 195,09 m² e é constituída por 4 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 4 instalações sanitárias, 4 hall's, 1 closet's e 1 área de serviço para maquinaria.

Tal como nos outros pisos, também este contém caixa de escada e caixa de elevador bem como uma área técnica que se encontra adjacentes à caixa de escadas, como pode ser verificado na figura 2.15.

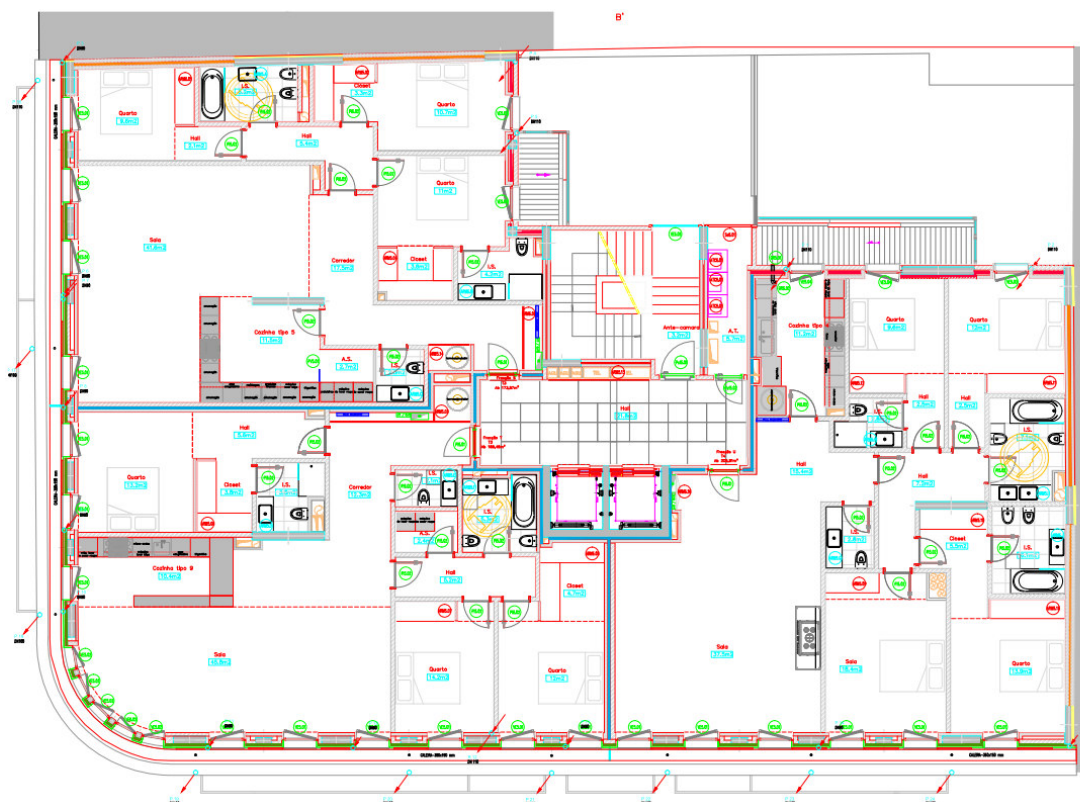


Figura 2.15 - Distribuição de Áreas do Piso 6 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

➤ **Piso 7** : Este piso é composto por 3 frações duplex:

- **Fração Y** – Esta fração é um T3 Duplex e tem uma área habitável de 275,21 m². A área deste piso é de 187,69 m² engloba 2 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 3 instalações sanitárias e 1 hall.
- **Fração z** – Esta fração é T3 Duplex e tem uma área habitável de 312,55 m². A área deste piso é de 157,21 m² engloba 1 quarto, 1 sala, 1 cozinha, 2 instalações sanitárias, 1 hall, 1 closet e uma área de serviço para maquinaria.
- **Fração AA** – Esta fração é T3 Duplex e tem uma área habitável de 312,55 m². A área deste piso é de 163,03 m² engloba 1 quarto, 1 sala, 1 cozinha, 2 instalações sanitárias, 1 hall e 1 closet.

Tal como nos outros pisos, também este contém caixa de escada e caixa de elevador bem como uma área técnica que se encontra adjacentes à caixa de escadas, como pode ser verificado na figura 2.16.

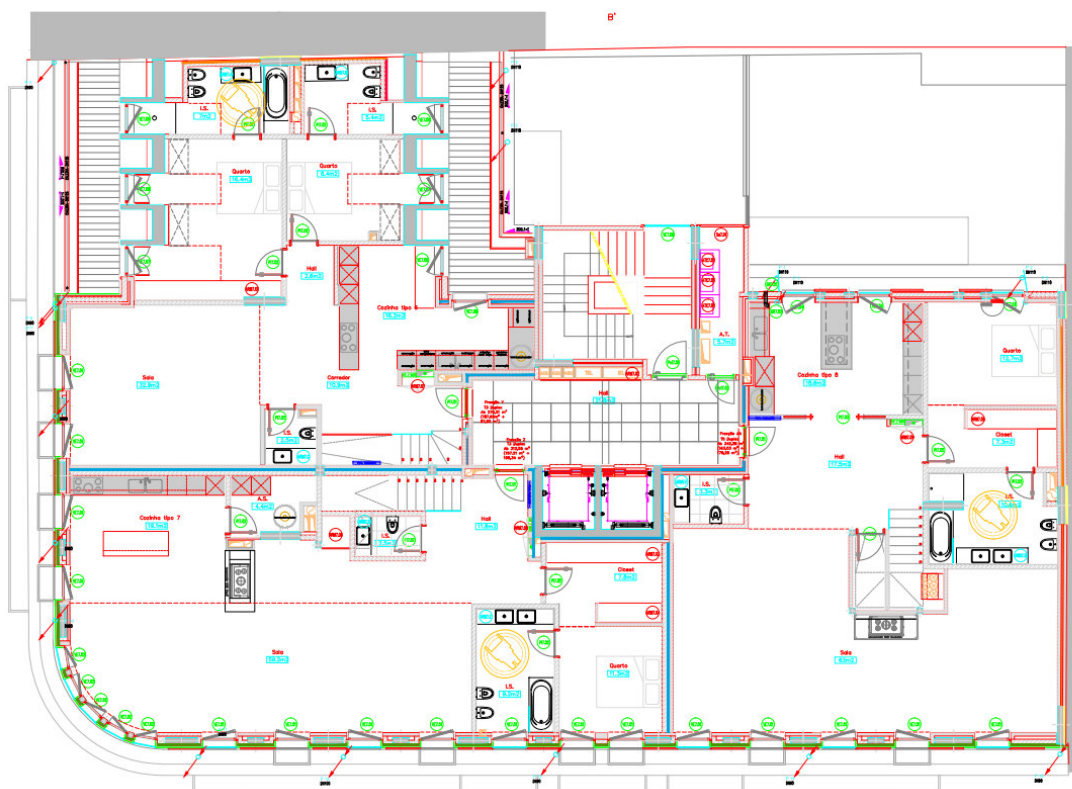


Figura 2.16 - Distribuição de Áreas do Piso 7 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

➤ **Piso 8** : Este piso é a continuação do piso anterior (duplex):

- **Fração Y** – Esta fração é um T3 duplex e tem uma área habitável de 275,21 m². A área referente a este piso 's de 87,52m² é constituída por 1 quarto, 1 instalação sanitária, 1 hall e 1 closet.
- **Fração Z** – Esta fração é T3 Duplex e tem uma área habitável de 312,55 m². A área deste piso é de 155,34 m² engloba 2 quarto, 2 instalações sanitárias, 1 hall e um closet.
- **Fração AA** – Esta fração é T3 Duplex e tem uma área habitável de 312,55 m². A área deste piso é de 179,25 m² engloba 4 quartos, 2 instalações sanitárias, 1 hall e 3 closet.

Tal como nos outros pisos, também este contém caixa de escada e caixa de elevador bem como uma área técnica que se encontra adjacentes à caixa de escadas, como pode ser verificado na figura 2.17.

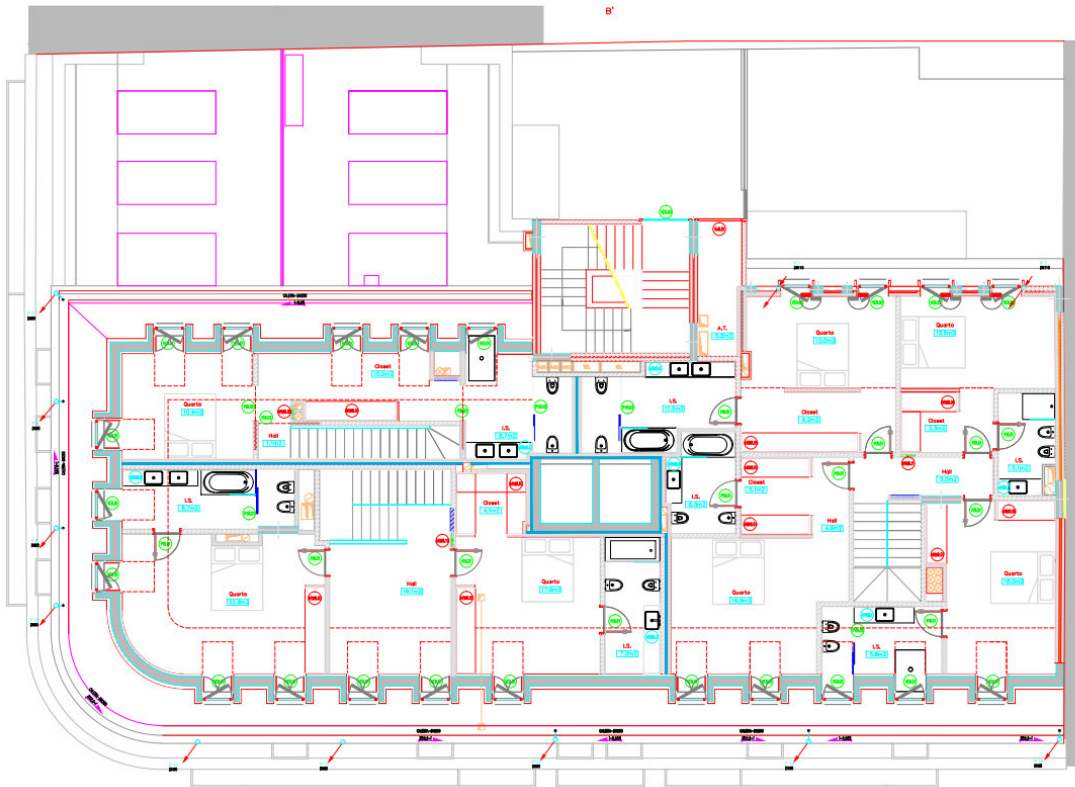


Figura 2.2 - Distribuição de Áreas do Piso 8 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

- **Cobertura** : Área que contém painéis solares e aparelhos AVAC, como pode ser verificado na figura 2.18.

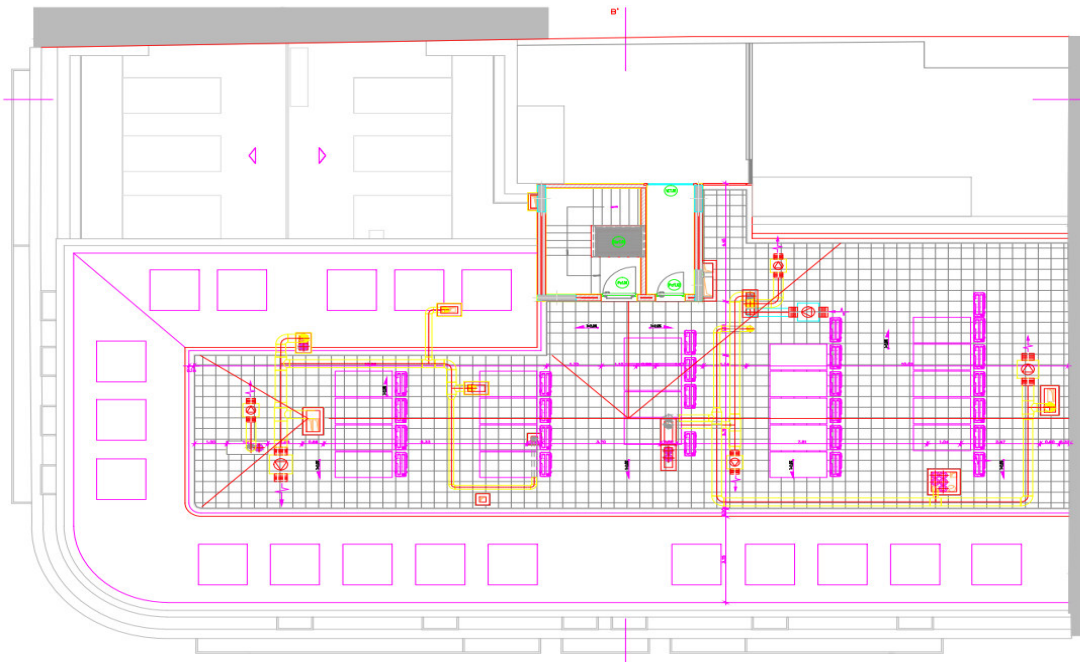


Figura 2.38 - Distribuição de Áreas da Cobertura [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

Relativamente à fachada, esta será mantida (ver figura 2.19), conservando assim o legado histórico do início do século XX.

Pelo facto de ser mantida a fachada, existem condicionamentos, no que respeita à arquitetura, nas dimensões dos elementos estruturais. Por exemplo:

- Altura e número de vãos;
- Desníveis de pavimentos;
- Pés direitos.

Os processos realizados para a sua contenção serão abordados no capítulo 3.



Figura 2.49 – Fachada Castilho 15 (Cruzamento rua Castilho com rua Rosa Araújo).

Na figura 20, é possível observar qual será o aspeto da fachada após intervenção.



Figura 2.205 – Fachada Castilho 15 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

2.7.2 PROJETOS DE INSTALAÇÕES ESPECIAIS

Durante a fase de estudo do projeto de arquitetura foram intervenientes no processo as diferentes equipas de especialidades nomeadamente AVAC, instalações elétricas, distribuição de água, comunicações e instalações mecânicas, em virtude destas precisarem de zonas de alocação algumas vezes não coincidentes com as zonas previstas pela arquitetura, pelo que a presença e intervenção dos técnicos especialistas em fase de projeto é bastante proveitosa no sentido de não virem a ser surpreendidos com o facto dos espaços deixados virem a ser insuficientes, quer a nível de alturas alocadas para condutas sob os tetos falsos, quer a nível de courettes de passagem de condutas, canalizações, cabos, etc., bem como de áreas próprias. É também nesta fase que os diferentes projetistas dimensionam os seus equipamentos em função dos espaços previstos, ou a serem cedidos obrigatoriamente face ao equipamento pretendido.

2.7.3 PROJETO DE ESTRUTURAS

O projeto de estruturas é um dos elementos fundamentais, além do projeto de arquitetura, para a definição da obra. Na conceção e dimensionamento dos vários elementos estruturais foram tidos em conta os aspetos de segurança estrutural, economia, qualidade e

durabilidade da solução. [Catalão J. - **Memória Descritiva e Justificativa do Projeto de Escavação e Contenção Periférica do edifício Castilho 15, Quadrante - Engenharia e Consultadoria, S.A., 2008**]

Na proposta arquitetónica, foi imposta pela Câmara Municipal de Lisboa, a manutenção das paredes de fachada, assim sendo para a solução estrutural o projeto prevê uma estrutura reticulada de betão armado constituída por pilares, paredes, núcleos, vigas e lajes de betão. [Catalão J. - **Memória Descritiva e Justificativa do Projeto de Escavação e Contenção Periférica do edifício Castilho 15, Quadrante - Engenharia e Consultadoria, S.A., 2008**]

Conforme o projeto, as fundações dos elementos verticais (pilares, núcleos de elevadores) são diretas, mediante sapatas de betão armado. O comportamento da estrutura às ações horizontais, em particular de natureza sísmica, é assegurado pelos elementos estruturais localizados nos núcleos de acesso vertical que se prolongam, sem alteração de geometria, até às fundações. Na figura 2.21 é apresentada uma peça do projeto de estruturas onde estão representados os elementos constituintes de uma sapata da fundação, em betão armado, e a interação da mesma com o terreno.

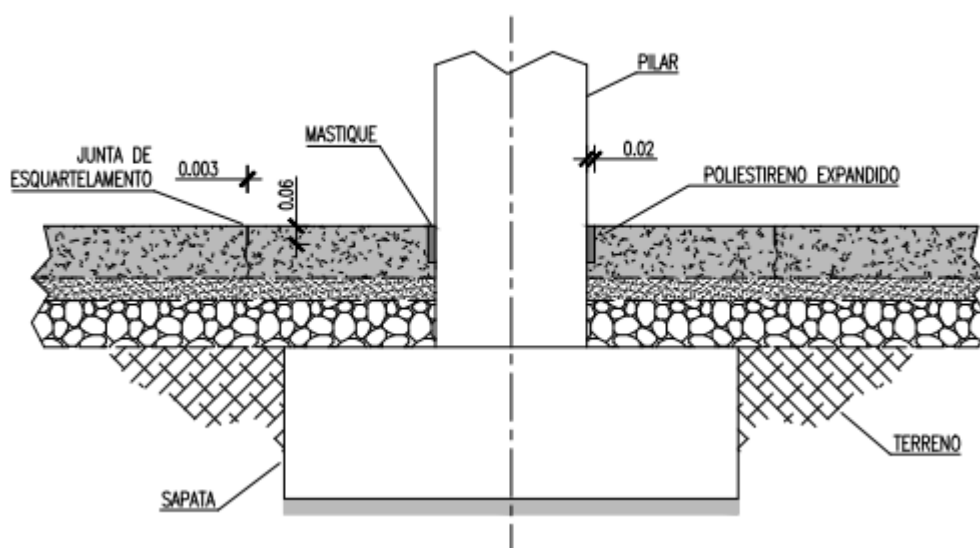


Figura 2.61 - Sapata do pilar P2 [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Estruturas]

Foram adotados sistemas de ligação entre as paredes de contorno de alvenaria de pedra com a nova estrutura de betão armado, através de ferrolhos de $\varnothing 16$ espaçados 0,50 m e selados com EPOXI em furo de $\varnothing 25$ mm. Este sistema foi dimensionado tendo por base o peso das paredes de alvenaria existente e o coeficiente sísmico para a zona onde esta localizada a obra. Na figura 2.22 pode ser observado o sistema de ligação em cima descrito.

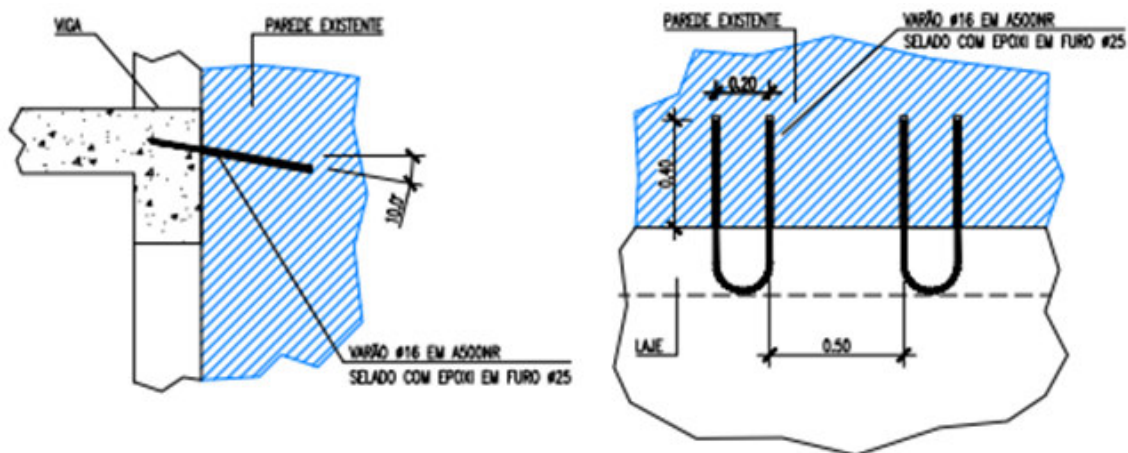


Figura 2.22 – Ligação Parede existente – nova estrutura [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Estruturas]

Esta solução conta ainda com uma malha de aço distendido com a função de malha de reforço na face interior da parede. Como mostra a figura 2.23, a malha é colocada em ambas as direções e tem uma área superior a 0.70 m, a malha é em aço distendido galvanizado e grampeada em quincôncio com varões \varnothing 12 também em aço galvanizado.

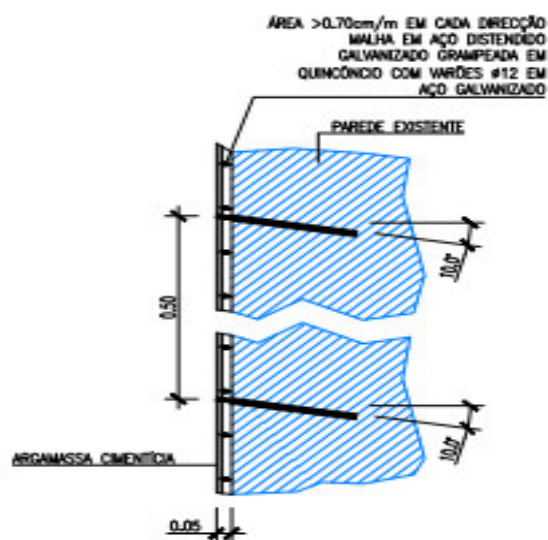


Figura 2.23 – Malha de reforço da face interior da parede. [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Estruturas]

Lajes

A estrutura ao nível dos pisos de estacionamento é constituída por lajes fungiformes maciças em betão armado, de espessura igual a 0.18 m.

No piso 0 adotou-se uma laje de espessura igual a 0.22 m, uma vez que neste caso a verificação ao Estado Limite de Utilização de deformação não era condicionado pela existência de paredes divisórias.

Para os pisos de habitação elevados adotou-se uma espessura de 0.24 m.

Em termos de vigas de bordo, estas foram dimensionadas tendo em consideração as dimensões das caixilharias constantes do projeto de arquitetura. Dado que nos pisos 6, 7 e 8 não se dispunha de altura suficiente para poder adotar vigas de bordo, optou-se por acrescentar pilares na zona do bordo, os quais arrancam sobre a viga de bordo ao nível do piso 5.

Relativamente à laje de cobertura inclinada da zona tipo águas furtadas ao nível do piso 7, adotou-se uma laje de espessura 0.18 m com vigas nos bordos.

Quanto à laje de cobertura do piso 8, optou-se por uma solução com uma espessura de 0.20 m.

Finalmente, para a cobertura da zona de escadas, adotou-se uma espessura de laje de 0.15 m.

Em termos de dimensões adotadas para as vigas dos pisos de estacionamento, condicionou-se a altura destas de forma a garantir o pé-direito na zona de portas de acesso a elevadores e escadas. Desta forma, as dimensões de algumas vigas nesta zona são variáveis, de forma a assegurar a transição de cotas entre as duas zonas de estacionamento de cada piso.

Nos pisos -2 e -1 existem vigas de 0.25 m x 0.50 m na zona onde não existe muro de contenção.

No piso 0 existe uma viga de dimensões 0.40 m x 0.66 m que assegura a transição de cotas entre as lajes situadas às cotas +0.34 m e -0.10 m.

Quanto às vigas de bordo que se encontram entre os pisos 1 e 5, estas variam de dimensões entre 0.25 m x 0.50 m e 0.25 m x 1.22 m, consoante as alturas previstas para as caixilharias no Projeto de Arquitetura e cintam as lajes ao nível de cada piso. **[Memória Descritiva e Justificativa do Projeto de Arquitetura do edifício Castilho 15 - 3G Office, S.L., 2008]**

Pilares

A localização e geometria dos pilares foi escolhida em consonância com o projeto de arquitetura, tendo presente a necessidade de se obter uma estrutura regular e com princípios de funcionamento simples e inteligíveis.

O edifício possui pilares interiores de 0.25 m x 3.40 m, os quais reduzem de secção até 0.25 m x 1.25 m, e pilares de dimensões 0.25 m x 1.20 m em todo o desenvolvimento do edifício na zona das escadas de circulação.

Dado o facto de a fachada existente ser mantida, na zona do contorno do edifício adotaram-se pilares de largura igual à largura de alvenaria entre zonas de abertura de janelas, com espessuras variando entre 0.25 m e 0.20 m.

Ao nível do piso 5, arrancam pilares na periferia da laje com dimensões 0.20 m x 0.50 m os quais vão apoiar os bordos livres das lajes dos pisos superiores.

No piso 7 arrancam pilares indiretos 0.20 m x 0.30 m que vão apoiar a cobertura. **[Memória Descritiva e Justificativa do Projeto de Arquitetura do edifício Castilho 15 - 3G Office, S.L., 2008]**

3. CAPÍTULO 3 – ATIVIDADES ACOMPANHADAS DURANTE A OBRA

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas todas as atividades acompanhadas no período de tempo em que decorreu o estágio. Durante a realização do estágio a obra encontrava-se na fase de escavação e contenção periférica e estendeu-se até à execução de fundações e de elementos que assentam diretamente nas mesmas. Assim sendo, o presente capítulo abordará atividades como escavação, contenção periférica, acompanhamento de ensaios *in situ*, análise de compatibilidades entre as varias especialidades e a arquitetura para a segunda fase da obra. É efetuada uma referência acerca da prospeção e estudo geológico e geotécnico realizado, e as consequências de não executar estes estudos de forma adequada. Serão também referidos todos os relatórios e procedimentos para uma correta fiscalização de obra.

3.2 SOLUÇÃO CONSTRUTIVA PARA A CONTENÇÃO DE FACHADA

3.2.1 INTRODUÇÃO

Apesar de não ter sido uma das operações acompanhadas durante o período de estágio, este é um dos pontos dos quais devem ser mencionados e a razão pelo qual é mencionado nas atividades acompanhadas em obra é apenas para que se entenda o raciocínio construtivo e que se estabeleça uma ideia sobre as etapas percorridas e a ordem de execução das mesmas.

As paredes da fachada principal serão mantidas por serem classificadas como património arquitetónico, tendo esta classificação sido atribuída pela Direção Geral do Património Cultural.

De forma a conter as paredes de fachada foi utilizada uma estrutura de suporte metálica do tipo pórtico, estando esta assente em muros em betão armado que por sua vez estão assentes em microestacas. Após as paredes de fachada estarem devidamente contidas, foi iniciado o processo de demolição parcial do edifício (processo não acompanhado). Esta técnica

construtiva tem-se tornado uma prática cada vez mais corrente, pois adapta o edifício a novas exigências funcionais não retirando por sua vez algum do seu carácter histórico.

3.2.2 ELEMENTOS CONSTITUINTES

3.2.2.1 MICROESTACAS

3.2.2.1.1 CONDICIONANTES

O levantamento das redes de serviços de água, esgotos, energia elétrica, gás e outros, que poderiam de alguma forma interferir com a zona de intervenção deveriam ser devidamente identificados, para, eventualmente se poder compatibilizar a atual solução em fase de obra, de modo a garantir o bom funcionamento da mesma, mas tal não se verificou, não sendo necessária qualquer tipo de intervenção.

No que respeita a condicionantes geológico-geotécnicas são consideradas as condições hidrogeológicas constantes no relatório geotécnico. Em resumo, a zona é caracterizada por uma camada superficial de aterro seguida de uma camada de argila, caracterizadas por valores de N_{SPT} entre 10 a 30 pancadas. Posteriormente aparece uma camada de calcário muito alterado caracterizado por valores de N_{SPT} entre 50 e 60 pancadas. **[Ribeiro, P. - Memória descritiva e cálculos justificativos do projeto de contenção/projeto de microestacas de fundação do edifício Castilho 15, PAR, 2014]**

3.2.2.1.2 SOLUÇÃO PRECONIZADA

Pesando os condicionamentos supra mencionados, em particular os de ordem geológica-geotécnica, a solução apresentada envolve a realização de microestacas de diâmetro de furação $\phi 8''$ e armaduras com tubo de aço, classe N80, de diâmetro 88.9 mm e 6.5 mm de espessura de parede, prevendo-se para cada microestaca um comprimento de cerca de 16.0 m, até penetrarem cerca de 6,0 metros em formações compactas com SPT superiores a 50/60 pancadas.

Estas microestacas são encabeçadas por maciços de fundação em betão armado com dimensões de forma a serem considerados rígidos e com geometrias de distribuição das microestacas de acordo com as usuais recomendações de bibliografias da especialidade.

O dimensionamento e pormenorização das microestacas e dos maciços de fundação baseou-se nos esforços resultantes da análise do mapa de cargas.

Processo construtivo:

No enquadramento atrás descrito e atendendo às cotas de nível que interessam à escavação, as operações a executar são:

- a) Estabelecimento da plataforma de trabalho da máquina, com adequadas dimensões e condições de resistência por forma a que os trabalhos de execução decorram normalmente e sem impedimentos;
- b) Perfuração à rotação com trado de diâmetro ϕ 8” a 10” com comprimentos da ordem dos 16.0 metros;
- c) Realização das injeções de selagem e formação do bolbo de selagem, para o que será utilizado equipamento adequado constituído por unidade misturadora/agitadora de alta turbulência e bomba/injetor de duplo efeito munidos de manómetros para controlo efetivo das pressões;
- d) Serão realizadas injeções, repetida e sob pressão, para a formação do bolbo de selagem, até se atingirem pressões radiais finais no contacto solo-microestaca compatíveis com os critérios habituais.

Materiais:

Os materiais aplicados foram Betão C25/30, armaduras em geral A400NR, armaduras para microestacas N80 e calda de cimento, com características apropriadas à selagem das microestacas, definida em função dos tipos de terrenos interessados e do valor das cargas a suportar. **[Ribeiro, P. - Memória descritiva e cálculos justificativos do projeto de contenção/projeto de microestacas de fundação do edifício Castilho 15, PAR, 2014]**

A localização das microestacas encontra-se evidenciada na figura 3.1.

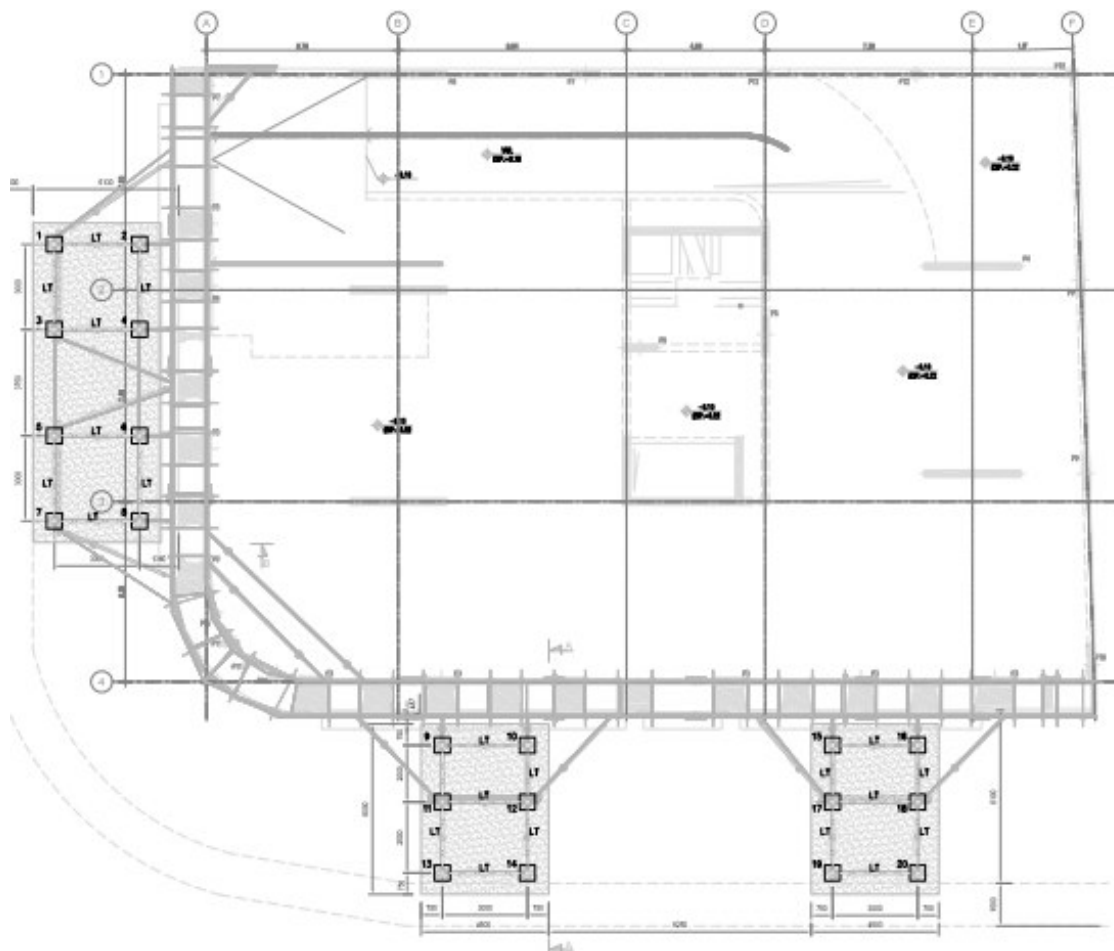


Figura 3.1 – Planta da localização das microestacas. [Fonte: Projeto de Fundações]

3.2.2.2 ESTRUTURA METÁLICA DE CONTENÇÃO DE FACHADA (EMCF)

Após a execução das microestacas é necessário executar o maciço de encabeçamento das estacas não só para unificar as microestacas mas também para suportar os esforços e movimentos da estrutura metálica da contenção de fachada assim como da grua. As dimensões dos maciços encontram-se evidenciadas na figura 3.2.

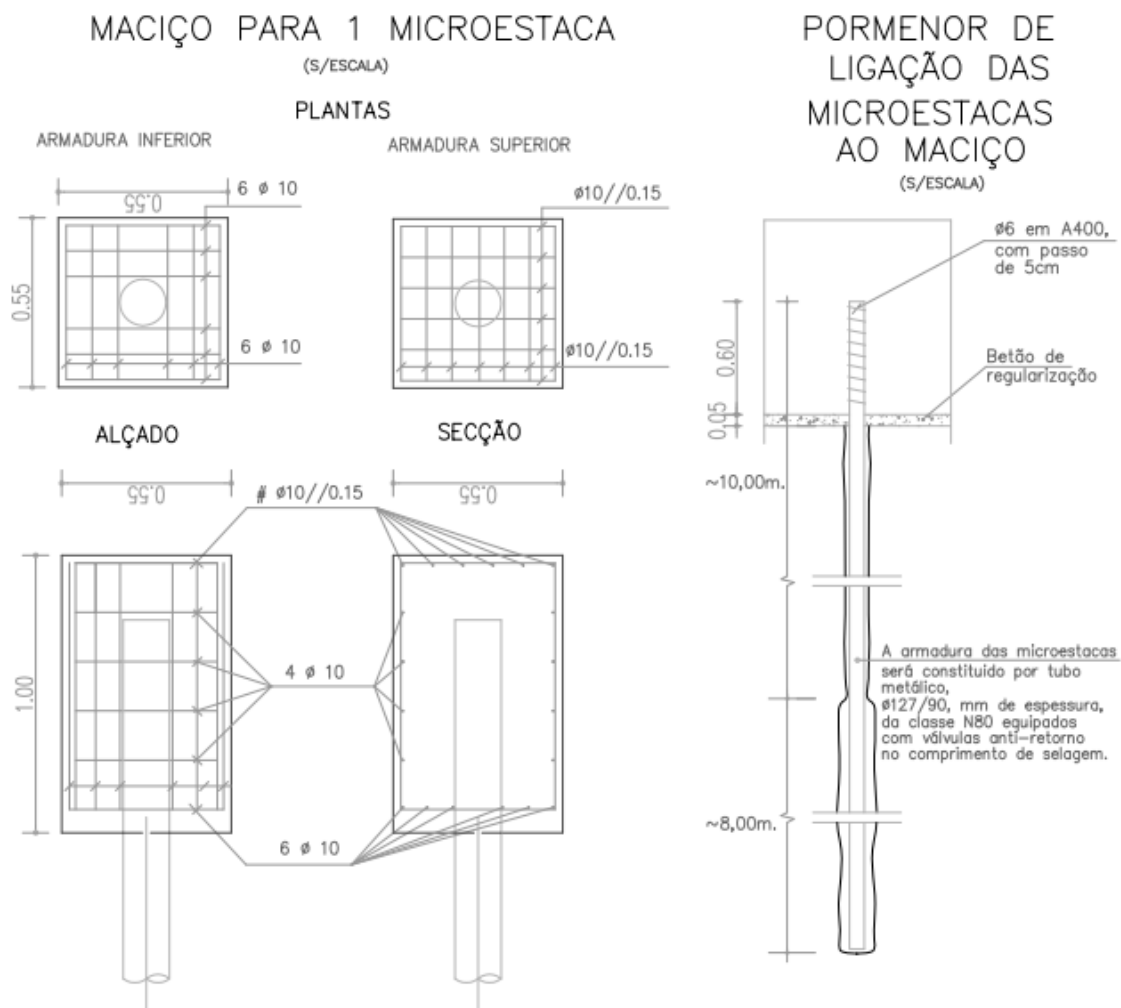


Figura 3.2 – Pormenor dos maciços de encabeçamento. [Fonte: Projeto de Fundações]

A estrutura metálica a utilizar na contenção das paredes de fachada principal e tardoz será uma estrutura designada por tipo “pórtico” (figura 3.3. e 3.4). Esta estrutura é basicamente constituída por duas fiadas de perfis verticais, contraventados por uma série de barras horizontais e diagonais. As ligações entre os diversos perfis são realizadas através de aparafusamento e colocação de buchas metálicas. Em Anexo D apresenta-se o projeto da estrutura metálica.

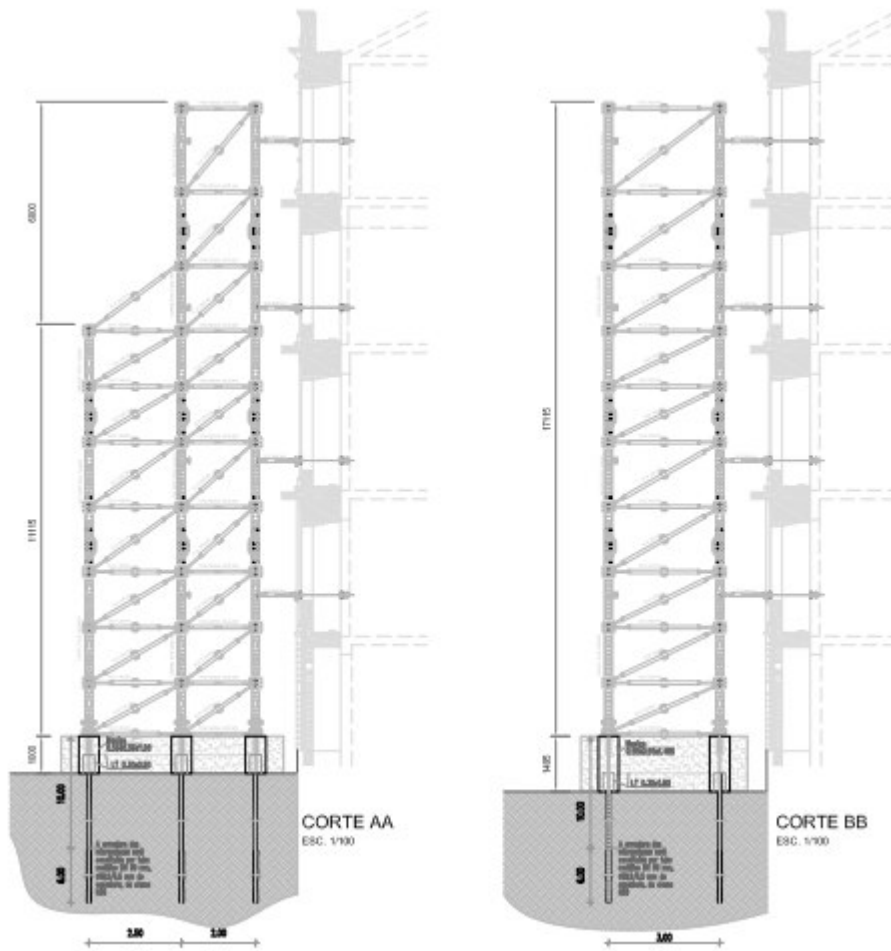


Figura 3.3 – Corte EMCF. [Fonte: Projeto de fundações]



Figura 3.4 - EMCF vista do interior do edifício.

3.3 PROSPECÇÃO E ESTUDO

3.3.1 INTRODUÇÃO

É neste ponto que se começa por tentar perceber um evento de movimentos horizontais, que levou à paragem da obra durante dois meses e ao aumento do custo final da construção deste edifício. A comparação entre os cenários geotécnicos da fase de projeto e da fase de execução surge na sequência de se ter detetado, no dia 12 de setembro de 2014 um deslocamento, considerado como nível de alerta, na empena do edifício contíguo (sede do ACP) ao lote, confrontamento à escavação no alçado D.

3.3.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS LOCAIS

Em termos geológicos, de acordo com a Carta Geológica do Concelho de Lisboa (figura 3.5), Folha 4 – na escala 1:10.000, editada pelos Serviços Geológicos de Portugal, o local situa-se na formação das argilas e calcários dos Prazeres (M 11), datada do miocénico. Esta formação, no local em estudo, é caracterizada por alternâncias de argilas margosas, argilas siltosas, siltes argilo-arenosos, margas, calcários margosos e calcários, com tonalidades que variam entre o esbranquiçado, o acastanhado e o acinzentado.

Cobrindo parte da área em estudo, e não referenciados na carta indicada anteriormente, ocorrem aterros de natureza argilo-silto-arenosa com fragmentos de natureza variada dispersos.

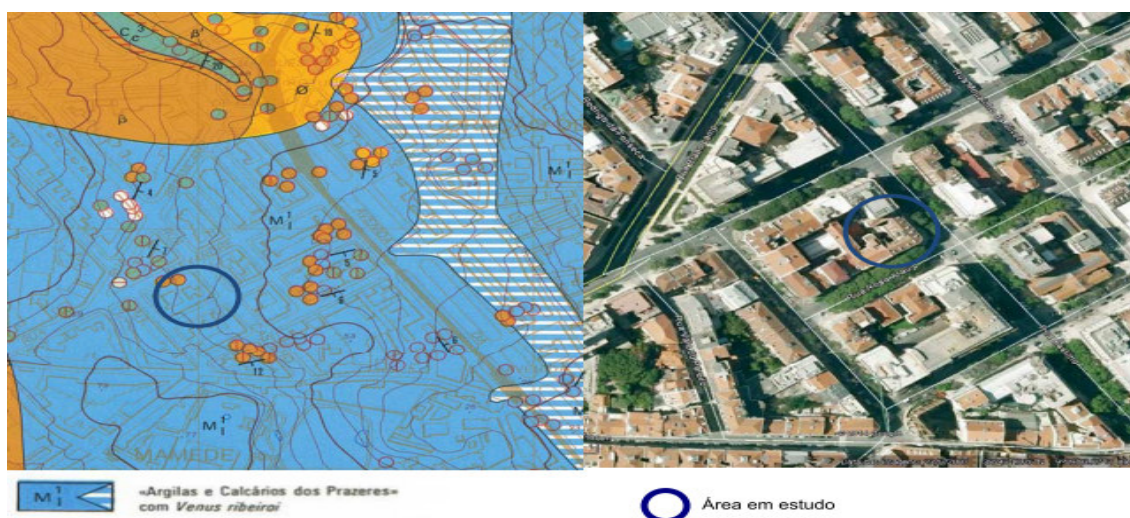


Figura 3.5 – Carta Geológica de Lisboa e fotografia aérea da área em estudo [Fonte: Relatório SPT]

3.3.3 SISMICIDADE

A distribuição de ocorrências sísmicas permite a realização de um zonamento sob a forma de isossistas (curvas que delimitam, em redor de um epicentro, zonas onde se registaram intensidades sísmicas idênticas durante o mesmo sismo). Assim sendo, e de acordo com a Carta de Isossistas de Intensidade Máxima, do Instituto de Meteorologia, o local em questão situa-se numa zona de intensidade 9, como podemos verificar na figura 3.6.

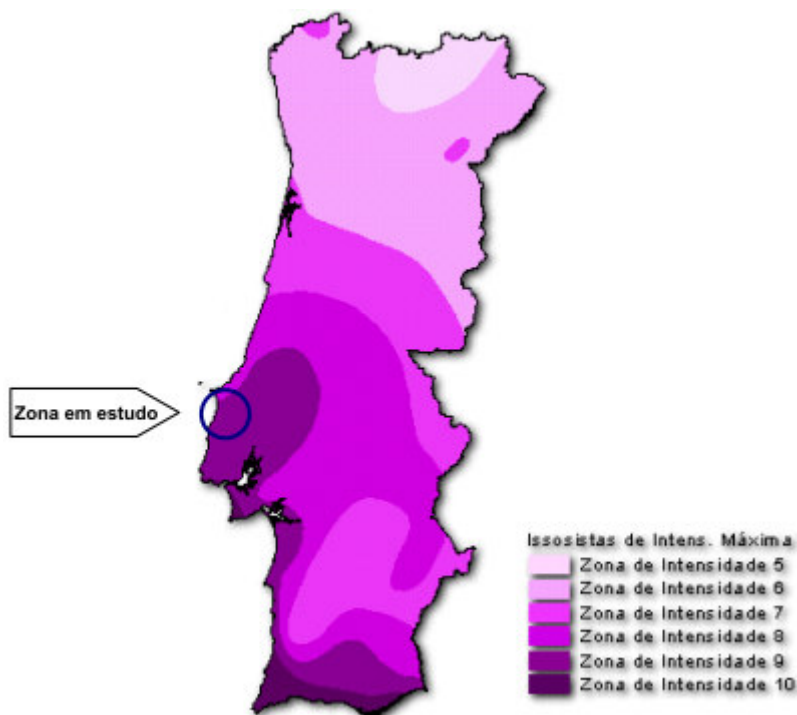


Figura 3.6 – Carta de Isossistas de Intensidade Máxima [Fonte: Instituto de Meteorologia]

A sismicidade ocorrida em Portugal Continental não é uniforme aumentando, de um modo geral, de norte para sul. Posto isto, e considerando que a ação sísmica depende de fatores como o zonamento do território, o tipo de solo interessado e a fonte sismogénica, o Eurocódigo 8, que substitui o Regulamento de Segurança e Ações (RSA), dividiu o território continental em 5 tipos de terrenos de fundação, designados por A, B, C, D e E.

Para o zonamento do território, prevê-se a diferenciação geográfica em função da natureza e intensidade sísmica de cada região. Deste modo, houve a necessidade de se considerar dois tipos de ação sísmica, devido, ao facto de haver dois cenários de geração dos sismos que podem afetar Portugal:

- Um cenário designado de “afastado” referente, em geral, aos sismos com epicentro na região Atlântica e que corresponde à ação sísmica tipo 1;
- Um cenário designado de “próximo” referente, em geral, aos sismos com epicentro no território Continental, ou no arquipélago do Açores, e que corresponde à ação sísmica tipo 2.

O zonamento sísmico para Portugal Continental é estabelecido por concelhos, conforme ilustrado na figura 3.7.

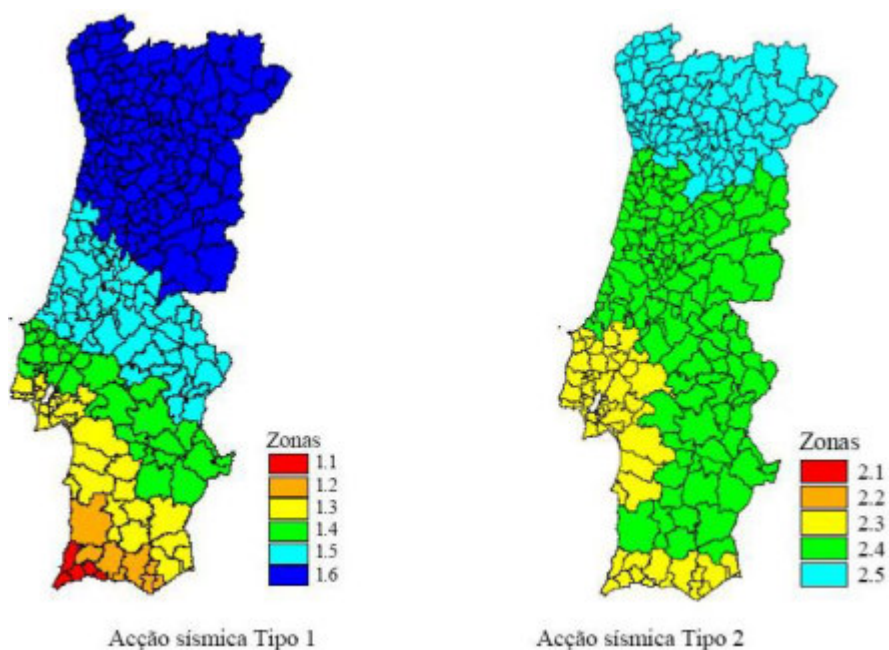


Figura 3.7 – Zonamento Sísmico em Portugal Continental [Fonte: Instituto de Meteorologia]

Em Portugal os valores de aceleração máxima de referência, a_{gR} , para as várias zonas sísmicas e para os dois tipos de ação sísmica a considerar são indicados no quadro 3.1.

Ação sísmica Tipo 1		Ação sísmica Tipo 2	
Zona Sísmica	a_{gR} (m/s ²)	Zona Sísmica	a_{gR} (m/s ²)
1.1	2,5	2.1	2,5
1.2	2,0	2.2	2,0
1.3	1,5	2.3	1,7
1.4	1,0	2.4	1,1
1.5	0,6	2.5	0,8
1.6	0,35	---	---

Quadro 3.1 – Aceleração máxima de referência [Fonte: Instituto de Meteorologia]

Segundo a pré-norma europeia NP EN 1998-1:2010 (Eurocódigo 8), o local em estudo situa-se na zona sísmica 1.3 para ações sísmicas do tipo 1, onde são expectáveis acelerações sísmicas máximas referência, a_{gR} , da ordem de 1.5 m/s^2 , e 1.7 m/s^2 para a ação sísmica tipo 2, visto o local em questão situar-se na zona sísmica 2.3. **[Relatório de prospeção geológico-geotécnica complementar, Tecnasol-FGE, fundações e geotécnica, S.A., 2014]**

3.3.4 TRABALHOS REALIZADOS E RESULTADOS OBTIDOS

3.3.4.1 PROSPECÇÃO MECÂNICA

No programa de reconhecimento geológico-geotécnico proposto pelo Cliente, constava a realização de 6 furos de sondagem, com recurso a equipamento de rotação, acompanhadas da realização de ensaios de penetração dinâmica SPT, espaçados de 1.5 m ou sempre que as características dos terrenos ocorrentes o permitissem. Foram ainda instalados 3 piezómetros de modo a detetar possíveis níveis freáticos existentes.

Como critério de paragem das sondagens, foi definida a obtenção de 3 ensaios SPT consecutivos com N_{SPT} superior a 60 pancadas.

As sondagens foram implantadas topograficamente pelo empreiteiro.

3.3.4.2 SONDAGENS

Conforme referido, a campanha de prospeção consistiu na realização de 6 sondagens à rotação, SC1 a SC6, todas verticais e com profundidades entre 10.5 m (sondagem SC1) e 16.5 m (sondagem SC5), num total de 81.0 m de furação.

Estes trabalhos apresentam-se localizados na planta em anexo A.

No quadro 3.2 indicam-se, para cada sondagem realizada, as respetivas coordenadas locais, cotas de início e as profundidades atingidas.

Sondagem	Coordenadas ¹		Cota de Início	Profundidade atingida (m)
	X	Y		
SC1	1005.916	513.397	-11.08	10.5
SC2	1026.722	501.244	-5.93	12.0
SC3	1013.322	501.278	-5.84	15.0
SC4	1023.773	484.268	0.74	15.0
SC5	1000.378	492.482	0.10	16.5
SC6	1001.610	481.787	0.22	12.0

Quadro 3.2 – Coordenadas X e Y locais.

As sondagens foram realizadas com recurso a sonda rotativa acionada por motor a diesel de avanço hidráulico, com carotagem contínua, utilizando para o efeito amostradores de parede dupla equipados com coroas de prismas e diamantadas, adequadas às características petrográficas e estados de fracturação dos maciços ocorrentes, sempre com o objetivo de assegurar a melhor qualidade da amostragem. O diâmetro de furação utilizado foi de 86mm, com os respetivos tubos de revestimento 98 mm. O fluido de circulação utilizado foi a água doce corrente.

As amostras recuperadas foram dispostas por ordem de obtenção em caixas de madeira, devidamente compartimentadas e referenciadas, de forma a facilitar a sua análise e classificação.

3.3.4.3 SPT

Durante a execução das sondagens, sempre que os terrenos apresentavam características adequadas, foram efetuados ensaios de penetração dinâmica (SPT) visando a caracterização geotécnica dos terrenos interessados. Os ensaios foram realizados com recurso a um amostrador normalizado (amostrador de Terzaghi), em intervalos de 1.50 m, num total de 49 ensaios.

Os ensaios de penetração dinâmica, tipo SPT, têm como objetivo a determinação da resistência do solo à penetração de um amostrador normalizado (figura 3.8), bem como a obtenção de amostras representativas. São realizados dentro dos furos de sondagem a profundidades previamente definidas, e sempre que ocorrer uma mudança de litologia.

O ensaio consiste na cravação de uma ponteira normalizada, através da aplicação de uma energia dinâmica, produzida pela queda de um pilão. A altura de queda e o peso do pilão são igualmente medidas standard: pilão tem um peso de 63,5 kg, sendo a altura de queda de 76 cm. O pilão é libertado através de um dispositivo automático.

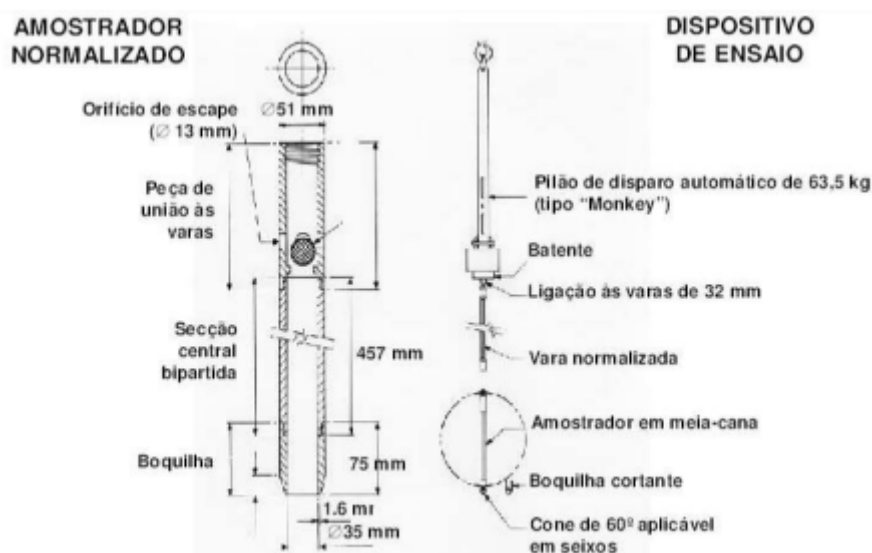


Figura 3.8 – Amostrador Normalizado e Dispositivo de Ensaio de SPT [Fonte: ISEL]

O ensaio inicia-se anotando o número de pancadas necessárias para a penetração de 15 cm, registando-se seguidamente o número de pancadas necessárias para a penetração de 30 cm. Quando o amostrador não penetrar 30 cm com 60 pancadas, anota-se a penetração conseguida para as 60 pancadas. Em linguagem corrente diz-se que se obteve uma “nega”. Após concluído o ensaio, o amostrador é aberto pelo operador, sendo registada a caracterização visual da amostra, eventuais zonas de transição, comprimento da amostra, etc. Os 15 cm finais de amostra são acondicionados em recipientes fechados, sendo anotado, em etiquetas colocadas no interior do recipiente, o número, e a designação da obra, a data e designação da sondagem (ou número) e a profundidade de recolha da amostra, bem como os resultados do ensaio (número de pancadas nas diferentes fases e respetivas penetrações).

Nos descritivos de sondagem e perfis interpretativos (anexo A e B) indicam-se os ensaios SPT realizados, a profundidade de execução dos mesmos, o número de pancadas em cada fase e o correspondente valor de N_{SPT} . **[Relatório de prospeção geológico-geotécnica complementar, Tecnasol-FGE, fundações e geotécnica, S.A., 2014]**

Na figura 3.9 é possível observar o modo de execução do ensaio SPT, relacionando fases e profundidades do método.

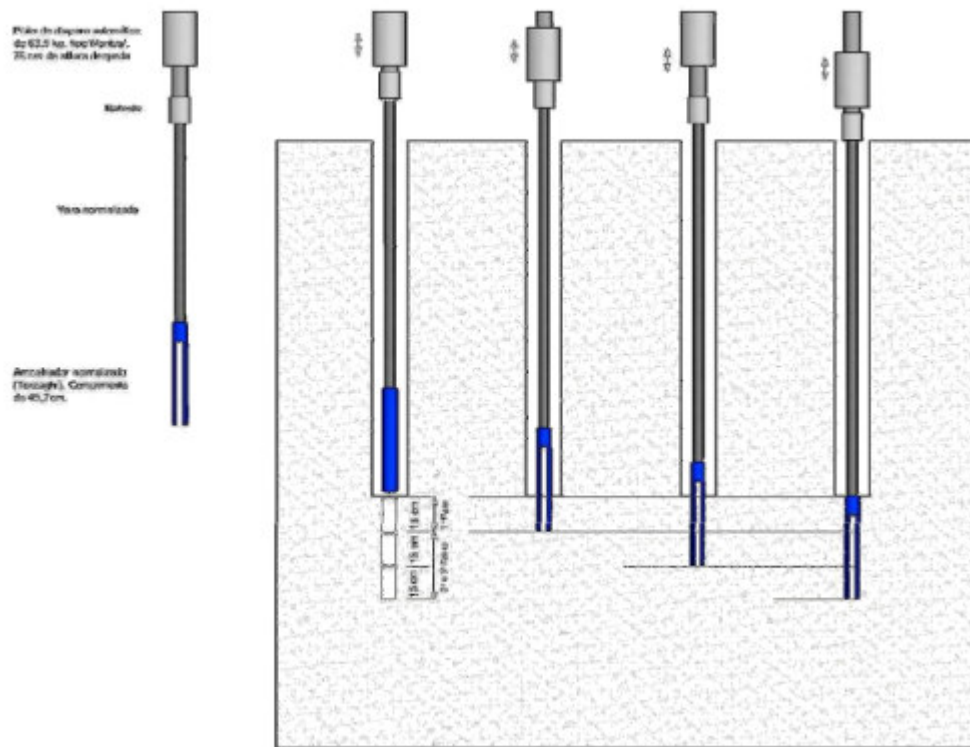


Figura 3.9 – Profundidade dos Ensaio SPT [Fonte: Tecnasol FGE]

3.3.4.3.1 COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS GEOTÉCNICOS – FASE DE PROJETO VS FASE DE EXECUÇÃO

Dadas as limitações de espaço e impossibilidade de realizar prospeção na via pública, aquando da realização do projeto de execução, apenas foi possível realizar uma sondagem na zona do logradouro do edifício, no local indicado na figura 3.10. Neste relatório a designação da sondagem S1 de 2007 passará a sondagem S0, por forma a distinguir a mesma da sondagem S1 de 2014.



Figura 3.10 - Localização da sondagem realizada em fase de Projeto de Execução

[Fonte: Aditamento do projeto de Execução]

A sondagem realizada no local permitiu confirmar as indicações da carta geológica, apenas os níveis de aterro, não estão referenciados na carta geológica.

Embora o local apresentasse uma litologia relativamente complexa, geotecnicamente os terrenos em estudo puderam ser divididos em três zonas geotécnicas (ZG):

- **Zona Geotécnica 3 (ZG3) – (At):** Corresponde aos solos de aterro, compostos por fragmentos de calcário envoltos numa matriz argilo-arenosa, de características geomecânicas fracas. Desenvolve-se até uma profundidade de 2.0 m.
- **Zona Geotécnica 2 (ZG2) – (M 11):** Corresponde aos solos datados do Miocénico, composto por solos argilosos com material carbonoso e fragmentos de calcário de características geomecânicas fracas a médias, com valores no ensaio SPT entre 2 e 20 pancadas. Desenvolve-se entre os 2.0 e 10.5 m de profundidade.
- **Zona Geotécnica 1 (ZG1) – (M 11):** Corresponde aos solos datados do Miocénico, composto por solos argilosos e calcários de características geomecânicas boas, com valores no ensaio SPT superiores a 50 pancadas, predominantemente 60. Desenvolve-se a partir dos 10.5 m de profundidade.

Este cenário, dadas todas as condicionantes, foi idealizado com base em apenas uma sondagem deixando muitas questões quanto à sua variabilidade espacial, pelo que este deveria ser confirmado aquando do início dos trabalhos. [Catalão J., Aditamento à memória descritiva e justificativa do projeto de escavação e contenção periférica do edifício Castilho 15, Quadrante - Engenharia e consultadoria, S.A., 2015]

Após a paragem dos trabalhos foi realizada prospeção complementar, através da realização de seis sondagens no local, três na periferia da obra, uma no centro da escavação e duas no logradouro do edifício do ACP.

No que se refere à litologia encontrada, as novas sondagens confirmaram o tipo de materiais ocorrentes ao local, ou seja, uma primeira camada de solos de aterro (alguns dos quais referentes aos solos colocados no processo de reaterro da obra) seguindo-se uma litologia relativamente complexa de intercalações de argilas siltosas, argilas margosas e calcários e calcários margosos.

- **Zona Geotécnica 3 (ZG3)** :Esta é a zona de piores características geotécnicas. Foi definida em todas as sondagens, exceto na sondagem SC1, desde a superfície até à profundidade máxima de 6.0m (sondagens SC5), correspondendo ao aterro de natureza argilo-silto-arenoso de tons acastanhados e acinzentados. Nesta zona foram realizados ensaios de penetração dinâmica SPT, a que corresponderam valores N_{SPT} entre 2 e 14 pancadas, sendo os valores mais frequentes inferiores a 14 pancadas.
- **Zona Geotécnica 2B (ZG2B)**: Foi definida em todas as sondagens, subjacentemente à zona geotécnica anterior. Corresponde às argilas siltosas e argilas margosas a ligeiramente margosas, por vezes com intercalações de natureza carbonatada, dispersas. Apresenta espessuras entre 3.0 m (sondagem SC6) e 6.5 m (sondagem SC4). Nesta zona os ensaios SPT revelaram valores compreendidos entre 7 e 30 pancadas, sendo o intervalo compreendido entre as 11 e 30 pancadas, aquele onde os valores são mais frequentes.
- **Zona Geotécnica 2A (ZG2A)**: Foi identificada em apenas nas sondagens SC1, SC3 e SC6, subjacentemente à zona geotécnica anterior. Corresponde às argilas siltosas e argilas margosas, por vezes com intercalações de natureza carbonatada, dispersas, onde os ensaios SPT apresentam valores compreendidos entre 36 e 43 pancadas, sendo o intervalo de valores mais frequentes compreendido entre as 36 e 40 pancadas. As espessuras desta zona variam entre 1.05 m (sondagem SC1) e 4.5 m (sondagem SC3).
- **Zona Geotécnica 1B (ZG1B)**: Foi definida em todas as sondagens, exceto na sondagem SC1, subjacente, quer à zona geotécnica 2B, quer à zona geotécnica 2ª, desenvolvendo-se até às profundidades máximas prospetadas nas sondagens SC2, SC4, SC5 e SC6. Corresponde às argilas siltosas, argilas margosas a

ligeiramente margosas e siltes argilo-arenosos, por vezes com intercalações de natureza carbonatada e pontualmente com restos de fósseis, e ainda zonas de calcários margosos muito desagregáveis e friáveis onde predomina a fração argilosa. Os valores de NSPT desta zona são sempre superiores a 60 pancadas. Apresenta espessuras compreendidas entre 0.55 m (sondagem SC3) e 6.0 m (sondagem SC5).

- **Zona Geotécnica 1A (ZG1A):** Trata-se da zona geotécnica mais profunda, detetada apenas nas sondagens SC1 e SC3 e de melhores características geotécnicas. Está representada pelos calcários e calcários margosos, fraturados, com fraturas muito próximas a medianamente afastadas (F 5 a F 3). Quando foi possível calcular o índice de qualidade R.Q.D. do maciço, este apresenta valores entre 25 % e 40 %, para percentagens de recuperação entre 70 e 100 %.

No que se refere ao zonamento geotécnico realizado, praticamente todas as formações encontradas se enquadram na divisão realizada para o projeto de execução, exceto uma pequena camada de solos de argilas margosas e argilas siltsosas caracterizadas por resultados no ensaio SPT entre as 36 e 43 pancadas (ZG2A). Na figura 3.11 estão evidenciadas as profundidades atingidas nas diversas zonas geológicas.

	S1	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6
ZG3	-2.0	ND	-10.2	-10.2	-4.7	-4.4	-4.3
ZG2	-10.5	-17.0	-15.0	-13.5	-11.0	-10.5	-7.3
ZG2A	ND	-18.5	ND	-18.0	ND	ND	-8.8

Nota 1: ND- Camada não detectada.

Nota 2: Cotas relativas em relação à cota zero da obra.

Figura 3.11 - Zonas Geológicas e sondagens. [Fonte: Aditamento projeto de Execução]

Como é possível verificar, embora a sequência estratigráfica e geotécnica dos materiais seja relativamente constante em toda a obra e tendo-se obtido indicações semelhantes nas duas campanhas de prospeção, a possança das camadas apresenta dimensão variável espacial quer horizontal quer verticalmente, verificando-se um aumento da espessura das camadas de menores características geomecânicas de oeste para este, pelo que o cenário demonstrado pela sondagem S0 (sondagem inicial) em grande parte do perímetro da obra é mais favorável que o efetivamente encontrado. O cenário geotécnico apresenta fortes divergências com o estimado na fase de projeto, pelo que necessariamente a progressão dos trabalhos teria que ser adaptada. [Catalão J., Aditamento à memória descritiva e justificativa do projeto de escavação e contenção periférica do edifício Castilho 15, Quadrante - Engenharia e consultadoria, S.A., 2015]

A classificação litológica dos terrenos atravessados foi efetuada macroscopicamente, utilizando-se para o efeito os critérios definidos pela Classificação Triangular de Solos (granulométrica) e da S.I.M.R. - Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas, apresentados em anexo C. **[Relatório de prospeção geológico-geotécnica complementar, Tecnasol-FGE, fundações e geotécnica, S.A., 2014]**

Na figura 3.12 apresenta-se um resumo dos resultados dos ensaios SPT em três profundidades distintas:

- ✓ Cota -13.50 – nível médio das fundações do novo edifício;
- ✓ Cota -10.00 – nível de referência considerado em projeto para SPT > 50 pancadas;
- ✓ Cota -6.00 – nível médio das fundações do edifício do ACP e fachada existente.

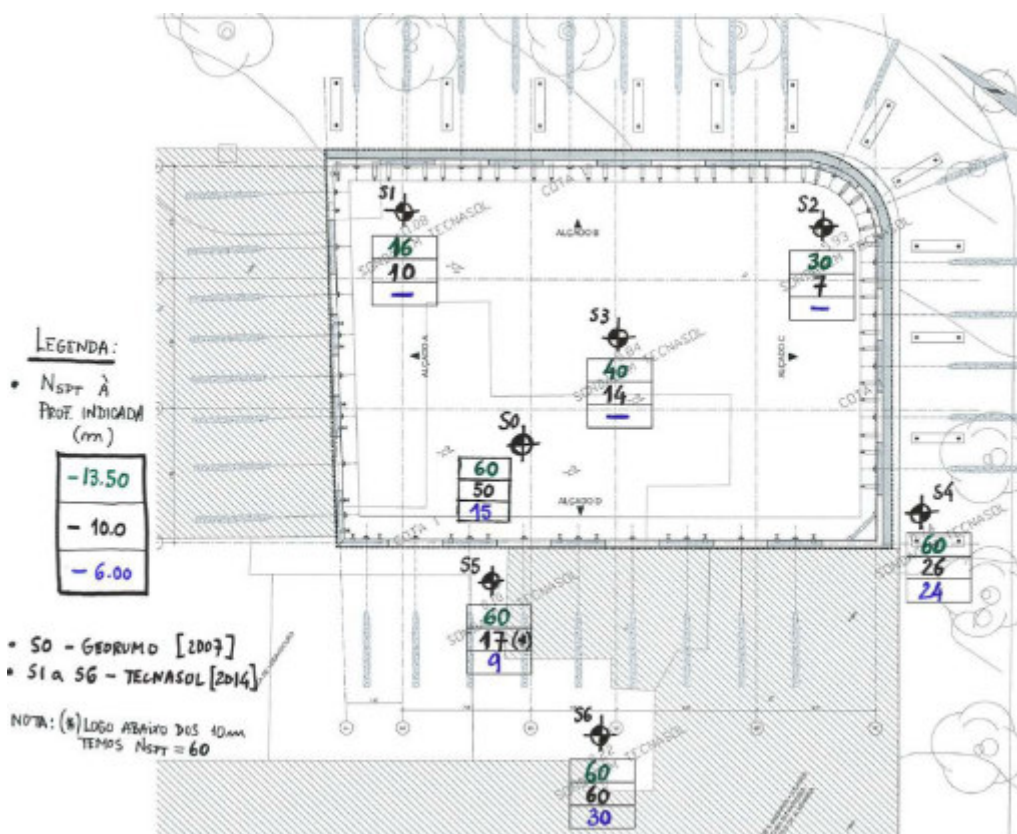


Figura 3.12 - Síntese dos resultados SPT em Profundidade. [Fonte: Aditamento projeto de Execução]

Com base nos resultados foram tecidas as seguintes notas:

- O número de pancadas SPT tem tendência decrescente no sentido NE, isto é em direção à rua Castilho.

- O quadrante norte da obra apresenta resultados muito inferiores ao esperado, sendo caracterizado por $SPT = 16$ ao nível médio da cota das fundações do muro.
- Assumindo válida e uniforme a informação que se possui relativa à cota de fundação do edifício do ACP, infere-se que a zona das traseiras e logradouro do edifício do ACP está fundada num terreno com piores características mecânicas, do localizado na zona adjacente à fachada principal.
- Verifica-se uma clara redução dos resultados dos ensaios N_{SPT} ao nível da cota -10.0 m. Em projeto esta cota foi tomada como referência, como o nível a partir do qual era estimado encontrar um solo com $N_{SPT} > 50$ pancadas.
- Na imagem 3.13 ilustram-se as divergências agora evidenciadas pela prospeção complementar.

Sondagem	nSPT à cota -10.0m	Profundidade com nSPT>50	Diferença da profundidade prevista em projecto e a efectiva para nSPT>50
S1	10	-18.50m	+8.50m
S2	7	-14.20m	+4.20m
S3	14	-13.25m	+3.20m

Figura 3.13 – Diferença entre profundidade prevista e efetiva. [Fonte: Aditamento projeto de Execução]

- Verifica-se, junto ao alçado D a existência de dois níveis de água, um superficial, suspenso que afeta a escavação e um nível profundo instalado nas formações miocénicas que não interessa à escavação. **[Catalão J., Aditamento à memória descritiva e justificativa do projeto de escavação e contenção periférica do edifício Castilho 15, Quadrante - Engenharia e consultadoria, S.A., 2015]**

Executando a decisão tomada, a obra foi parcialmente aterrada, tendo-se promovido o aterro da mesma até aproximadamente à cota -3.0 m junto ao alçado D (confrontamento com a sede do ACP como podemos verificar na figura 3.14) e nos restantes alçados até à cota -6.0 m.



Figura 3.14 - Aterro na zona do Alçado D até à cota -3.00 m. [Fonte: Aditamento projeto de Execução]

3.3.4.3.2 CONDIÇÕES HIDROGEOLÓGICAS

Da análise dos níveis de água nos três piezómetros colocados junto ao alçado D e no logradouro do edifício do ACP, verifica-se uma grande discrepância nos valores registados, tanto no que se refere ao nível de água como na variação dos mesmos. Verifica-se que o piezómetro instalado no logradouro do edifício do ACP, mais afastado da escavação (Pz3), apresenta um nível de água muito mais elevado comparativamente com os outros dois colocados mais próximos da escavação (Pz1 e Pz2), que neste momento convergem para um valor muito semelhante próximo da cota -11.0 m. Também se verifica uma variação muito mais acentuada dos níveis de água no Pz3, com uma variação máxima de 2,6 m comparado com os demais que apresentam, respetivamente para o Pz1 e Pz2, uma variação de 1,6 e 1,3 m. Também de notar que os valores variam de uma forma muito mais suave nos Pz1 e 2 do que no Pz3, como é possível verificar na figura 3.15.

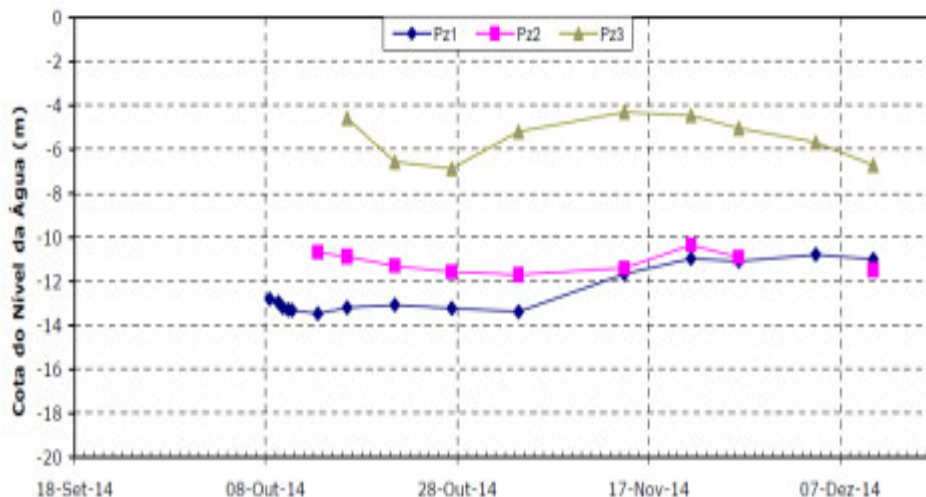


Figura 3.15 – Cota do nível de água..

Observa-se que o nível de água nos Pz1 e Pz2 se encontra bem instalado dentro do maciço das formações miocénico, muito consolidadas com valores de SPT superiores a 60 pancadas e no Pz3 na zona de interface entre as formações recentes e as argilas miocénicas, a uma cota mais elevada. Sendo inverossímil uma perda de carga tão súbita numa distância tão curta, será de considerar a existência de dois níveis de água. Um primeiro, suspenso entre a cota -4 e -7, alimentado por fontes próximas (por exemplo, área permeável do logradouro do ACP), mais sujeito ao regime das chuvas e que está neste momento a drenar para a escavação e que não está a ser detetada nos Pz1 e Pz2 e um segundo no interior do maciço, a um nível mais profundo, circulando nas zonas de maior permeabilidade do maciço.

3.4 PROCESSOS E FASEAMENTOS CONSTRUTIVOS

3.4.1 ESCAVAÇÃO

3.4.1.1 TRABALHOS PREPARATÓRIOS

Os trabalhos prévios à escavação preveem a limpeza e arrumação da zona de trabalho que garanta o fácil acesso ao armazenamento dos materiais a serem utilizados nas valas, que por sua vez devem estar vedadas/sinalizadas na zona envolvente às mesmas.

A escavação foi executada, tendo por base a consulta dos cadastros das infraestruturas, de modo a prevenir que as mesmas fossem atingidas durante o processo, o que iria atrasar a realização dos trabalhos de escavação.

3.4.1.2 DESCRIÇÃO DAS DIFERENTES TAREFAS

A área de escavação é balizada em todo o perímetro da escavação. A escavação é efetuada por níveis onde uma giratória efetua a escavação, uma segunda giratória retira a terra e a coloca em cima de uma laje em anel já criada, no local seguidamente demonstrado e balizado para tal, e uma terceira giratória retira as terras e carrega os diversos camiões, tal como demonstra a figura 3.16.



Figura 3.16 - Escavação.

A escavação foi executada tendo em conta os seguintes condicionalismos:

- Acompanhar regularmente a estabilidade dos edifícios envolventes, de modo a que não se verifiquem oscilações significativas, através de monitorização topográfica;
- Considerar a possibilidade de existência de redes/infraestruturas enterradas uma vez que junto à obra existem zonas públicas;
- Efetuar previamente, uma sondagem para verificar as reentrâncias das fundações dos edifícios adjacentes e da própria fachada do edifício uma vez que as mesmas devem ser respeitadas e salvaguardadas;

A escavação foi efetuada de acordo com os processos construtivos, no interior da contenção periférica, desde a cota do pavimento existente até às fundações, de acordo com os desenhos de projeto, incluindo também drenagens e esgotos de águas, fornecimento e instalação de estação de bombagem de águas pluviais e execução de valas de condução de águas e respetivo poço de bombagem, perfazendo um total de 7745,40 m³.

Em seguida será demonstrado na figura 3.17, um exemplo da fase de escavação a partir da qual os trabalhos em obra foram acompanhados.

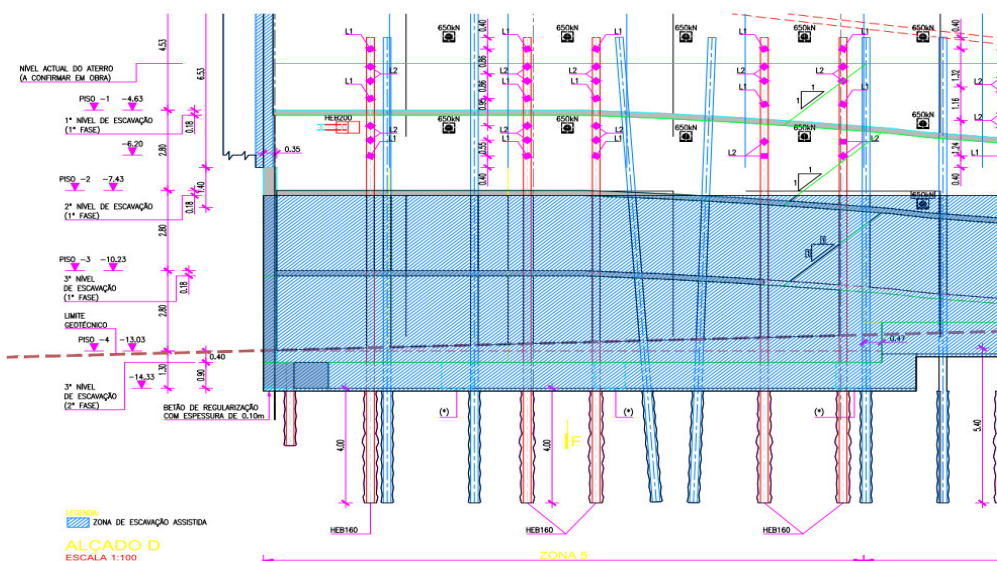


Figura 3.17 – Exemplo de área de escavação assistida [Fonte: Peças desenhadas, Projeto de Arquitetura]

3.4.2 CONTENÇÃO PERIFÉRICA

3.4.2.1 INTRODUÇÃO

Atendendo à localização do edifício e à zona onde está inserido (Av. da Liberdade) a solução construtiva adotada para a contenção de fachadas teve de ser condicionada à ocorrência de vibrações e ruídos. Considerou-se indispensável que estas soluções minimizassem o impacto no normal funcionamento das estruturas e das infraestruturas vizinhas, em particular os serviços em funcionamento nos edifícios adjacentes.

A contenção periférica ficou a cargo de estruturas metálicas de contenção de fachada, muros de Berlim divididos em painéis primários e secundários, lajes em anel e ancoragens cujos

métodos de execução e condicionantes impostas para a execução dos mesmos é apresentada já de seguida.

As estruturas de contenção, com exceção da EMCF, viriam a sofrer alterações devido a movimentos excessivos das estruturas que na altura se encontravam a ser executadas. Todo o processo será apresentado no próximo ponto. Durante o período de estágio, nem este evento de movimentos excessivos da estrutura de contenção nem o processo de contenção de fachada foi acompanhado.

3.4.2.2 ECP INICIAL VS ECP FINAL

Á luz dos novos dados obtidos por observação do comportamento da obra até à fase em que se registam os movimentos, apresenta-se seguidamente toda uma descrição das condicionantes, opções, soluções adotadas e metodologia seguida na elaboração do aditamento ao projeto de execução, por parte da equipa de projetistas desta estrutura.

A revisão ao projeto surge na sequência de se ter detetado, no dia 12 de setembro de 2014 um deslocamento, considerado como nível de alerta, na empena do edifício contíguo ao lote (sede do ACP), confrontamento com a escavação no alçado D. Esta situação pode ser verificada no gráfico abaixo, que mostra os deslocamentos horizontais registados nos alvos colocados no alçado de escavação que confronta com o edifício do ACP.

Para melhor análise dos elementos gráficos apresentados na figura 3.18, refere-se:

- ✓ Hora 300 – corresponde às medições realizadas no dia 09-09-2014.
- ✓ Hora 400 – corresponde às medições realizadas no dia 12-09-2014 (recebidas em 15/09).
- ✓ Hora 500 – corresponde às medições realizadas no dia 15-09-2014. **[Catalão J., Aditamento à memória descritiva e justificativa do projeto de escavação e contenção periférica do edifício Castilho 15, Quadrante - Engenharia e consultadoria, S.A., 2015]**

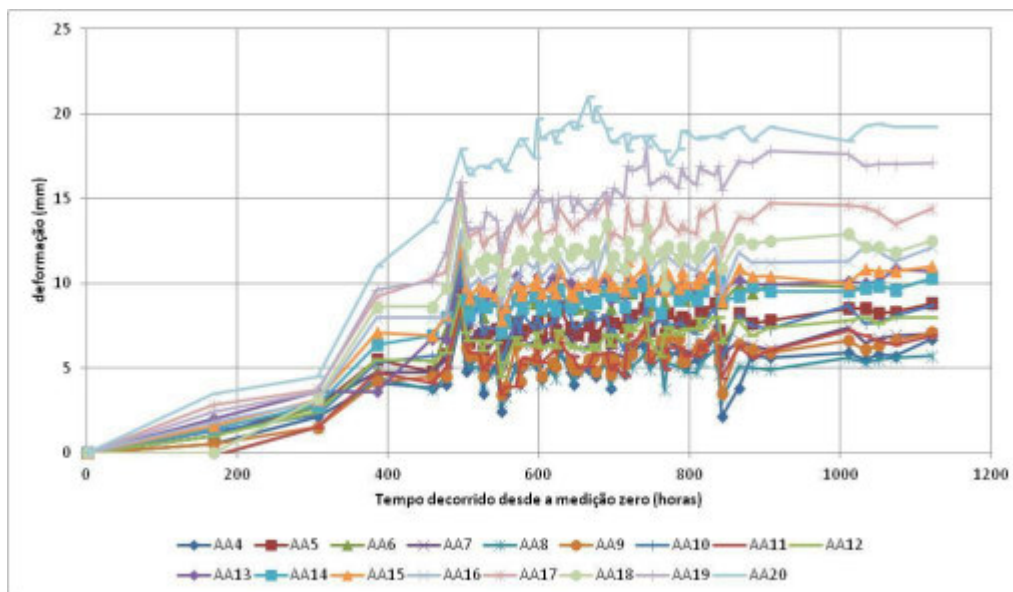


Figura 3.18 - Deslocamentos horizontais alçado confrontante com o edifício do ACP.

[Fonte: Aditamento ao projeto de Execução]

Como podemos verificar no gráfico, regista-se um aumento dos deslocamentos até à hora 500, altura em que é detetado o alerta nas medições. Após esse momento, foram tomadas as medidas corretivas que se consideraram necessárias, tendo como consequência a estabilização dos deslocamentos como é visível a partir da deteção do nível de alerta.

Como reação normal ao sucedido, iniciou-se posteriormente, um processo de averiguações para determinar a origem do comportamento menos competente da escavação, da qual resultou uma nota técnica, na qual é realizada um estudo das causas dos deslocamentos verificados.

Apresenta-se, nos parágrafos seguintes, as principais conclusões dessa nota técnica:

“O presente documento apresentou as causas dos movimentos verificados, à luz da nova informação geotécnica.” [Catalão J., **Aditamento à memória descritiva e justificativa do projeto de escavação e contenção periférica do edifício Castilho 15, Quadrante - Engenharia e consultadoria, S.A., 2015**]

Aos primeiros sinais de alerta, ocorridos na leitura de 12-09-15, houve uma rápida e diligente reação, tendo-se tomado as devidas medidas corretivas, tal como previsto em caderno de encargos, tendo sido possível controlar a tendência de acréscimo de deslocamentos em tempo útil, prevenindo-se danos de maior na envolvente à obra.

Para que fosse perceptível qual a causa destes deslocamentos, foi necessário recolher novos dados que identificaram um cenário geotécnico distinto do que conduziu à elaboração do projeto. As diferenças verificadas são substanciais conforme apresentado já de seguida.

“O distinto cenário geotécnico, por um lado, aliado à falta de capacidade de transmissão das cargas aos perfis verticais da contenção por outro, permitiu a existência de movimentos verticais na estrutura de contenção.” [Catalão J., **Aditamento à memória descritiva e justificativa do projeto de escavação e contenção periférica do edifício Castilho 15, Quadrante - Engenharia e consultadoria, S.A., 2015**]

Estes movimentos conduziram a uma redução do comprimento das ancoragens, diminuindo a sua capacidade de retenção e conseqüentemente verificaram-se movimento horizontais, os quais descomprimaram o solo passando assim a não ter a devida capacidade de suporte, induzindo assentamentos nas fundações das paredes adjacentes à contenção (fachada a manter e empena do ACP). Por sua vez, este movimento das paredes incrementou a carga nas paredes de betão e nos perfis verticais, os quais, por falta de suporte vertical, criaram condições para a instalação de um mecanismo de colapso. [Catalão J., **Aditamento à memória descritiva e justificativa do projeto de escavação e contenção periférica do edifício Castilho 15, Quadrante - Engenharia e consultadoria, S.A., 2015**]

Como solução de estabilização deste mecanismo, a solução possível seria executada mediante o aterro da escavação, medida que imediatamente foi tomada e implementada em obra.

Estabilizados os movimentos e compreendidas as suas causas, propõem-se medidas para arranque dos trabalhos. As medidas que se seguem têm em conta os antecedentes ocorridos, bem como a intolerância para se verificarem deslocamentos e danos nos edifícios vizinhos.

Assim, é proposto no aditamento ao projeto de execução, uma adaptação do processo construtivo, que permita:

- ✓ Aumentar a capacidade de suporte vertical da parede.
- ✓ Cortar o fluxo de água afluente à escavação.
- ✓ Aumentar o controlo dos deslocamentos horizontais.

3.4.2.2.1 SOLUÇÃO ADOTADA E FASEAMENTO CONSTRUTIVO

De seguida são apresentados os desenhos dos Alçados existentes (figura 3.19, 3.20, 3.21 e 3.22) e em que fase se encontravam os mesmos aquando dos deslocamentos e quais as alterações de reforço que estes viriam a sofrer, adequadas a cada zona de construção.

Alçado A

 Já executado (bitomado) 16/9/2014

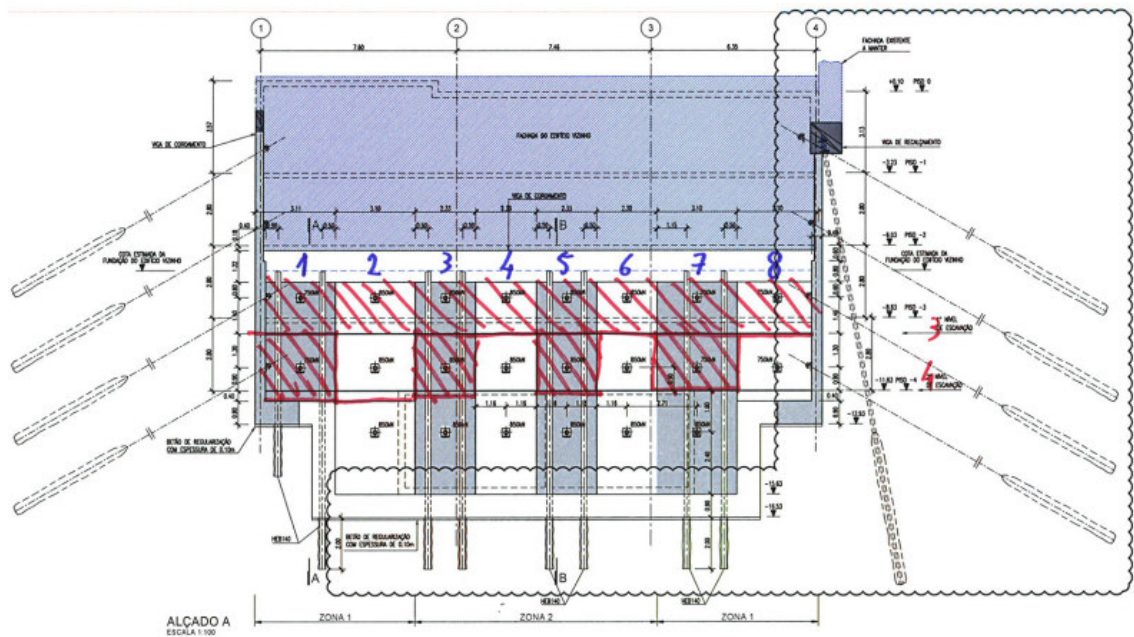
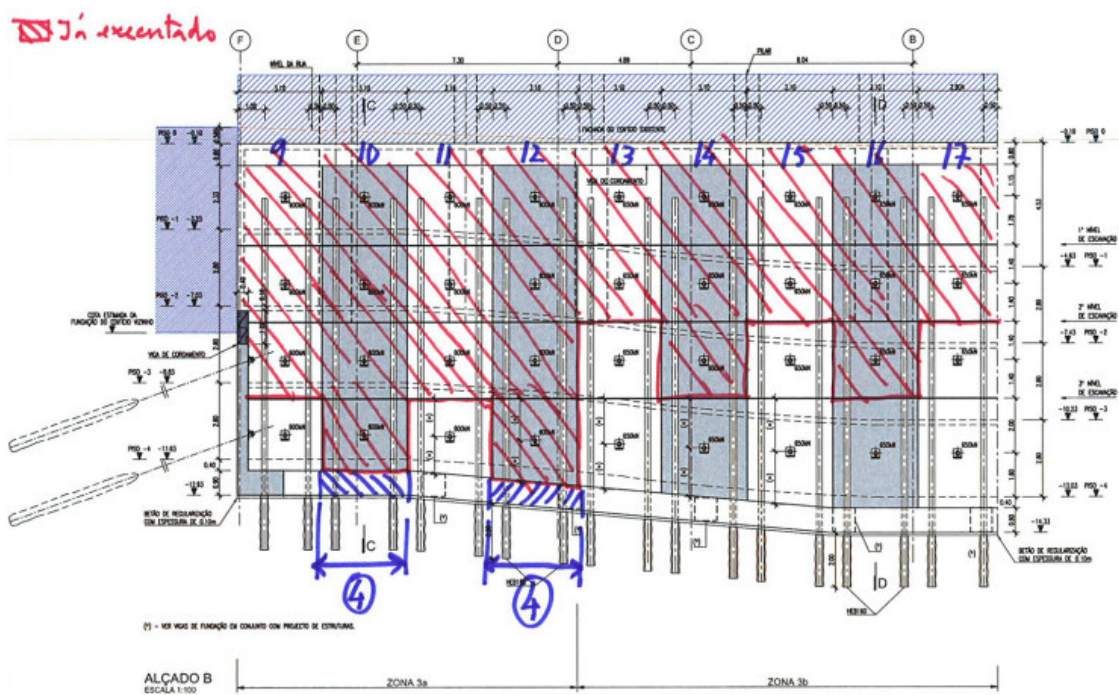


Figura 3.19 - Alçado A, elementos já executados e elementos a executar. [Fonte: Aditamento projeto de Execução]

No alçado A foram adicionados perfis verticais de suporte da parede de contenção, com selagem a ser executada num estrato competente para a mesma, assim como foi executado um reforço da rigidez do dispositivo de contenção, através da substituição parcial das ancoragens pela construção de uma parte da laje definitiva ao nível -1/-2 e -2/-3, com uma largura de cerca de 3.5 m (laje em anel apresentada anteriormente).

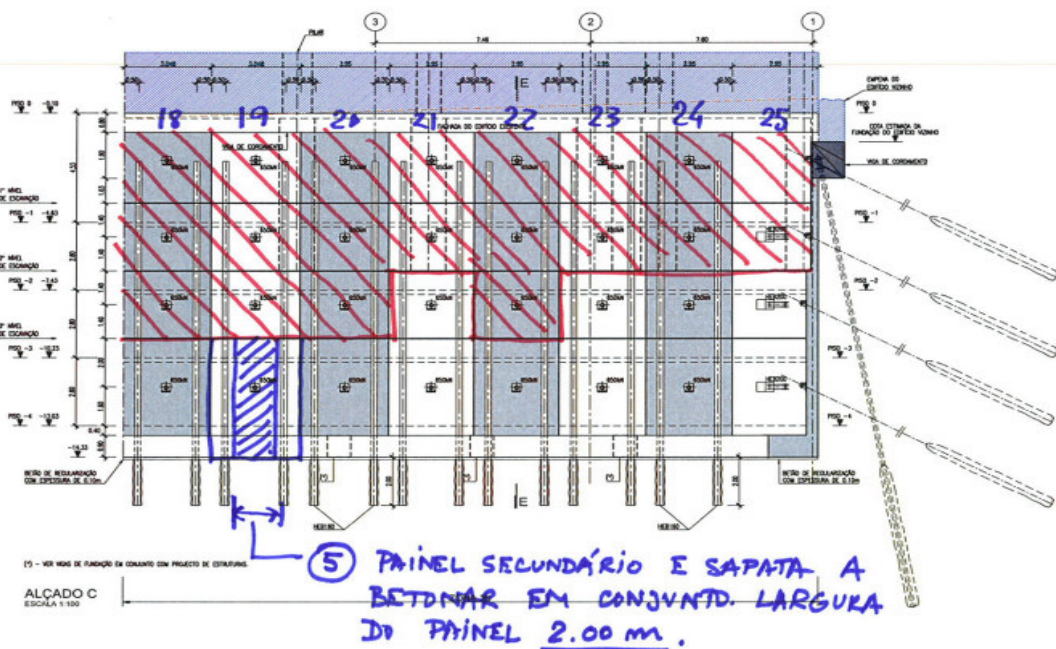


④ EXECUÇÃO DA SAPATA CONFORME PROJECTO

Figura 3.20 - Alçado B, elementos já executados e elementos a executar. [Fonte: Aditamento projeto de Execução]

No alçado B apenas foram adicionados perfis verticais de suporte da parede de contenção, com selagem a ser executada num estrato competente para a mesma.

Já executado à data (16/9/2014)



⑤ PAINEL SECUNDÁRIO E SAPATA A BETONAR EM CONJUNTO. LARGURA DO PAINEL 2.00 m.

Figura 3.21 - Alçado C, elementos já executados e elementos a executar. [Fonte: Aditamento projeto de Execução]

No alçado C foram adicionados perfís verticais de suporte da parede de contenção, com selagem a ser executada num estrato competente para a mesma, assim como foi executado um reforço da rigidez do dispositivo de contenção, através da substituição parcial das ancoragens pela construção de uma parte da laje definitiva ao nível -1/-2 e -2/-3, com uma largura de cerca de 3.5 m (laje em anel apresentada anteriormente).

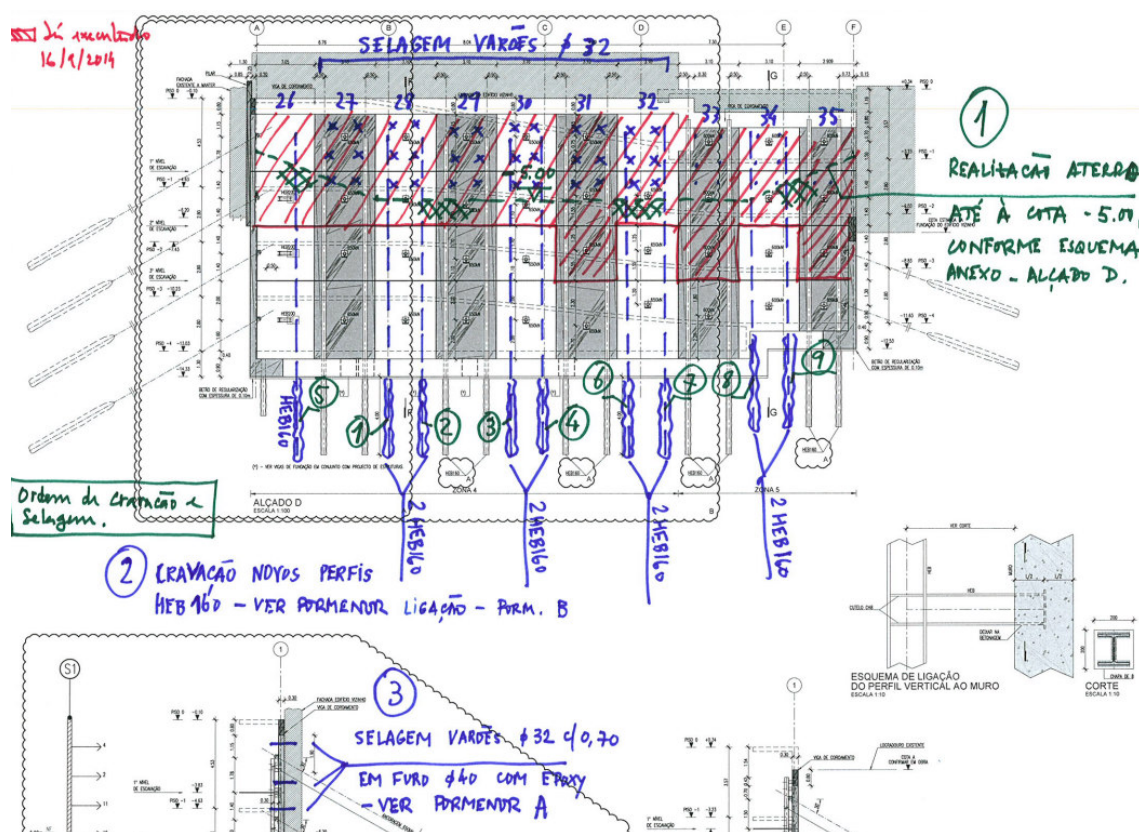


Figura 3.22 - Alçado A, elementos já executados e elementos a executar. [Fonte: Aditamento projeto de Execução]

No alçado D foram adicionados perfís verticais de suporte da parede de contenção, com selagem a ser executada num estrato competente para a mesma, assim como foi executado um reforço da rigidez do dispositivo de contenção, através da substituição parcial das ancoragens pela construção de uma parte da laje definitiva ao nível -1/-2 e -2/-3, com uma largura de cerca de 3.5 m (laje em anel apresentada anteriormente).

Faseamento Construtivo:

Foi proposto o seguinte faseamento construtivo geral para a escavação, que foi usado tendo em conta também as dimensões e armaduras dos painéis, usados em cada zona geotécnica anteriormente definida.

- 1- Furação, colocação e selagem de perfis metálicos.
- 2- Escavação, construção da laje e estabilização do primeiro nível de escavação, primeira fase, cumprindo o faseamento específico de cada zona tipo.
- 3- Escavação, construção da laje e estabilização do primeiro nível de escavação, segunda fase, cumprindo o faseamento específico de cada zona tipo.
- 4- Escavação, construção da laje e estabilização do segundo nível de escavação, primeira fase, cumprindo o faseamento específico de cada zona tipo.
- 5- Escavação, construção da laje e estabilização do segundo nível de escavação, segunda fase, cumprindo o faseamento específico de cada zona tipo.
- 6- Escavação, construção da laje e estabilização do terceiro nível de escavação, primeira fase, cumprindo o faseamento específico de cada zona tipo.
- 7- Escavação, estabilização do terceiro nível de escavação, segunda fase, cumprindo o faseamento específico de cada zona tipo.
- 8- Construção faseada da sapata do muro e das fundações do edifício. Após construção integral de toda a estrutura abaixo do piso, poderão ser desativadas as ancoragens e removidos os perfis verticais.

De notar que só se considera uma fase de escavação como terminada quando esta foi realizada em todas as zonas tipos. Não era permitido o desenvolvimento da escavação em mais de uma fase em simultâneo, assim, a segunda fase do primeiro nível só poderia ser realizada quando fosse terminada integralmente a primeira fase do primeiro nível e assim sucessivamente. **[Catalão J., Aditamento à memória descritiva e justificativa do projeto de escavação e contenção periférica do edifício Castilho 15, Quadrante - Engenharia e consultadoria, S.A., 2015]**

3.4.2.3 EXECUÇÃO DOS MUROS DE BERLIM

3.4.2.3.1 TRABALHOS PREPARATÓRIOS

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO

- Terrenos suportados pela cortina e onde ela se apoia (resistência, peso volúmico, teor de água, nível freático)

PROJETO DE CONTENÇÃO

- Planta do terreno, definição da contenção, fases da escavação, definição das ações de cálculo;
- Relatório de reconhecimento geotécnico do local;
- Levantamento de obstáculos, do estado de degradação de construções vizinhas.

PREOCUPAÇÕES A TER DURANTE A CONSTRUÇÃO

- Condições meteorológicas;
- Modificações do regime da água no solo;
- Risco de esforços anormais;
- Condições de segurança das construções vizinhas;
- Interferência de trabalhos uns com os outros.

3.4.2.3.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- ✓ Balde;
- ✓ Vibrador;
- ✓ Grua;
- ✓ Martelo Pneumático para saneamento de excessos de pós-betonagem.

3.4.2.3.3 PROCESSO CONSTRUTIVO

Realizadas as operações prévias é estabelecida a plataforma de trabalho e dá-se início à construção da parede de berlim. As fases construtivas desenvolvidas durante este tipo de contenção são descritas nos parágrafos seguintes, apresentando-se igualmente, sempre que possível, fotografias tiradas em contexto real da obra.

Assim sendo, a primeira etapa para a construção de uma parede de Berlim, consiste na execução de furos para colocação dos perfis verticais metálicos, como evidenciado na figura 3.23. A distância entre furos pode variar com o terreno ou com as solicitações das construções vizinhas.

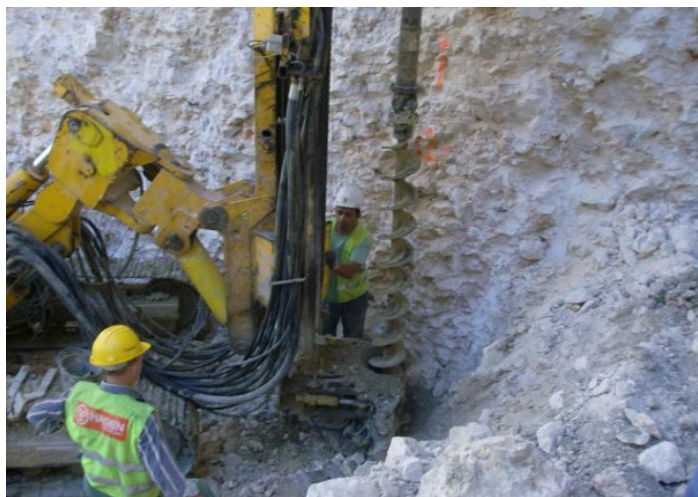


Figura 3.23 – Furação para cravação de perfis metálicos.

Após a execução dos furos, procede-se à colocação dos perfis metálicos (figura 3.24), soldados topo a topo, com ajuda de uma grua e fundo faz-se a selagem com calda de cimento para garantir o encastramento no fundo. Serão os perfis metálicos que resistirão ao esforço vertical produzido pelas ancoragens, peso das entivações, peso dos muros, peso das lajes em anel, pela componente vertical do impulso das terras e eventualmente a sobrecarga provinda de edifícios vizinhos. A disposição dos perfis metálicos pode ser consultada na figura 3.25.



Figura 3.24 – Colocação dos perfis metálicos.

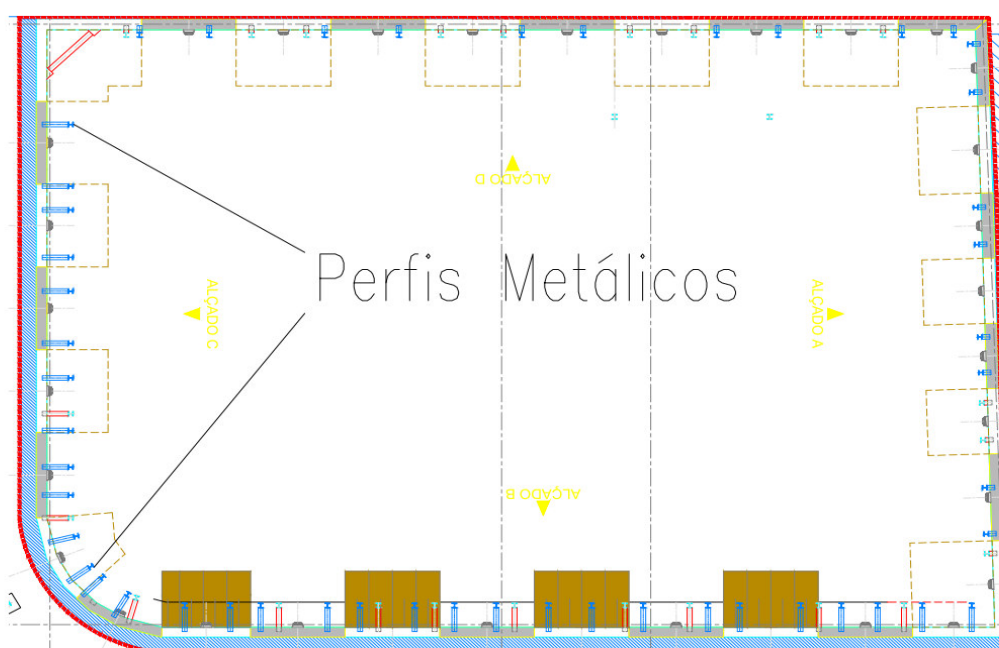


Figura 3.25 – Disposição em planta da localização dos perfis metálicos.

Colocados os perfis verticais metálicos, é realizada a escavação da vala para a execução da viga de coroamento. A execução da referida viga de coroamento, tem por objetivo ligar os diversos perfis já cravados no terreno, devido a criar uma estrutura que se movimente como um todo. A figura 3.26 demonstra a execução e a armadura de uma viga de coroamento.



Figura 3.26 – Execução da viga de coroamento.

Findada a execução da viga de coroamento dos perfis, procede-se à escavação geral para a execução do primeiro nível de painéis primários. Esta escavação é realizada deixando apenas a área correspondente à execução dos painéis primários acrescida do espaço necessário à implantação dos varões de espera para os painéis secundários (laterais) e painel primário seguinte (cota inferior). Nas zonas dos painéis secundários são deixadas banquetas, de forma a garantir a estabilidade da escavação (ver figura 3.27 e 3.28).

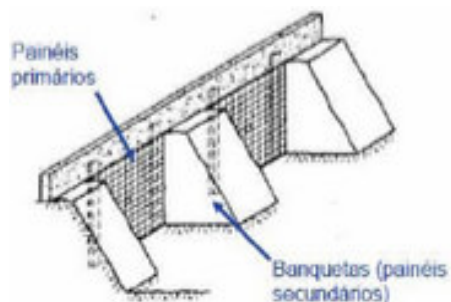


Figura 3.27 – Método de escavação dos painéis primários e banquetas dos painéis secundários [Fonte: PTRE's]



Figura 3.28 – Escavação de painéis primários e banquetas (painéis secundários).

Segue-se a execução dos painéis primários (figura 3.29), etapa em que é montada a armadura dos painéis, seguida de cofragem e, por fim, betonagem dos painéis. Assim, relativamente à montagem da armadura, é importante fazer referência à amarração dos varões superiores da viga de coroamento à armadura dos painéis e ao facto de que na zona inferior do painel é usual e aconselhável deixarem-se varões de espera dentro de uma caixa de areia, a qual após a escavação do nível seguinte se desmorona por ação da gravidade deixando visíveis os varões para amarração do painel seguinte. Relativamente à cofragem, para permitir a entrada do betão a parte superior desta deve ser inclinada (“bico de pato”), resultando restos (“cachimbos”) de betão que são demolidos de imediato aquando da execução das lajes. Previamente às operações de betonagem devem ser deixados negativos da ancoragem (utilização de, por exemplo, um tubo de pvc), de forma a que exista um furo que permita localizar o posicionamento da futura ancoragem (ver um negativo em pormenor na Figura 3.30).

Nas zonas onde se realizam as ancoragens as armaduras podem ser reforçadas por meio de contrafortes e adição de mais armadura para evitar que se dê o fenómeno de punçoamento. Este procedimento adota-se, por exemplo, junto a avenidas de grande movimento onde qualquer assentamento teria consequências bastante graves. No caso da Castilho 15, o projetista não achou necessário que nas zonas das ancoragens fosse necessário um reforço de armadura.



Figura 3.29 – Painel principal para betonar.

Figura 3.30 – Armadura do painel e tubagem para negativo.

A armadura dos painéis varia de nível para nível desde o piso 0 até ao nível das fundações, aumentando o diâmetro do aço à medida que se desce de nível. A armadura das diferentes dos painéis varia também de acordo com a zona geológica em que estes se

encontram. No anexo E são apresentadas as armaduras por zona geológica e por nível de escavação.

Aquando da execução dos painéis, algumas condicionantes colocadas pelo projetista tiveram que se tidas em conta uma vez que na zona do terceiro nível de escavação, era claramente visível que as argilas se apresentavam pouco consolidadas e também existia nível freático a esta cota. Assim sendo, as condicionantes foram as seguintes:

- A abertura do painéis primários, sempre que identificadas as condições geológicas anteriormente referidas, não deveria ultrapassar os 3 m de largura, sendo que os empalmes seriam realizados para dentro destes perímetros e a faixa a betonar não deveria ultrapassar os 2 m de largura;
- No caso de no início da escavação do painel ser detetada afluência de águas à escavação, deveria um técnico especializado avaliar se este fluxo era constante ou se este reduzia a quantidade de água que afluía e assim concluir se se deveria aguardar até ao esgotamento deste;
- Deveriam ser consideradas medidas de estabilização da frente de escavação que impedissem o acesso descontrolado das águas à escavação, através da aplicação de um geotêxtil ou uma tela *enkadrain* acoplada com geotêxtil;
- A obra deveria ter um sistema montado para remoção rápida das águas afluentes à frente de escavação. Sistema esse que se tratava de uma pequena bomba;
- O tempo de exposição das terras face ao painel deveria ser reduzido ao mínimo, sendo que era expressamente proibido deixar faces expostas de um dia para o seguinte ou durante o fim de semana.

Devido a esta última condicionante, todos os painéis teriam que ser escavados, armados, cofrados e betonados no mesmo dia, o que veio aumentar claramente o número de horas de trabalho por dia, requerendo um esforço extra da parte de todos os intervenientes na construção do Castilho 15 que atuavam nesta fase da obra.

A escavação ocorreu por fases, onde só se considerava uma fase de escavação como terminada quando esta fosse realizada em todas as zonas tipo. Não era permitido o desenvolvimento da escavação em mais de uma fase em simultâneo. Assim, a segunda fase do primeiro nível só poderia ser realizada quando terminasse integralmente a primeira fase do primeiro nível e assim sucessivamente.

A ligação dos perfis metálicos HEB aos painéis de betão, são executadas de duas maneiras diferentes, uma delas pós-betonagem e outra pré-betonagem. No caso da ligação pré-betonagem é necessário fazer uma soldadura para que após a conclusão da betonagem haja ligação entre os perfis metálicos HEB 160 e os painéis de betão, como evidenciado na figura 3.31. Esse modo de execução consiste em soldar um “cachorro” ao perfil vertical HEB, a 90º, de comprimento suficiente para que após a betonagem este fique embutido no betão que enche o painel.

Na figura 3.32 encontramos uma ligação através de aparafusagem.



Figura 3.31 – Ligação perfis – painéis antes e após a betonagem.

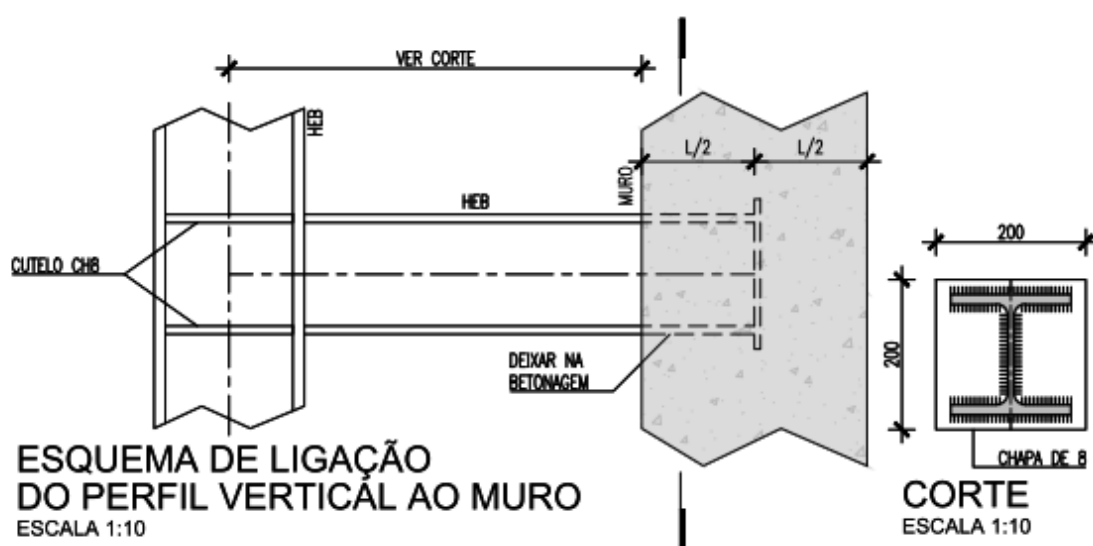


Figura 3.32 – Esquema de Ligação perfil – muro. [Fonte: Projeto de Estruturas de Contenção Periférica]

Outra forma de ligação dos perfis metálicos aos painéis é feita através de aparafusagem, após betonagem dos painéis de betão. No painel já executado, são feitos 4 furos de \varnothing 22 onde são inseridas 4 buchas metálicas M 20 (uma em cada orifício). É colocada uma chapa de 20 alinhada com os orifícios e são colocados os parafusos e apertados. Na chapa em questão é então soldado um “cachorro” que faz a ligação entre esta e o perfil metálico vertical, como ilustra a figura 3.33.

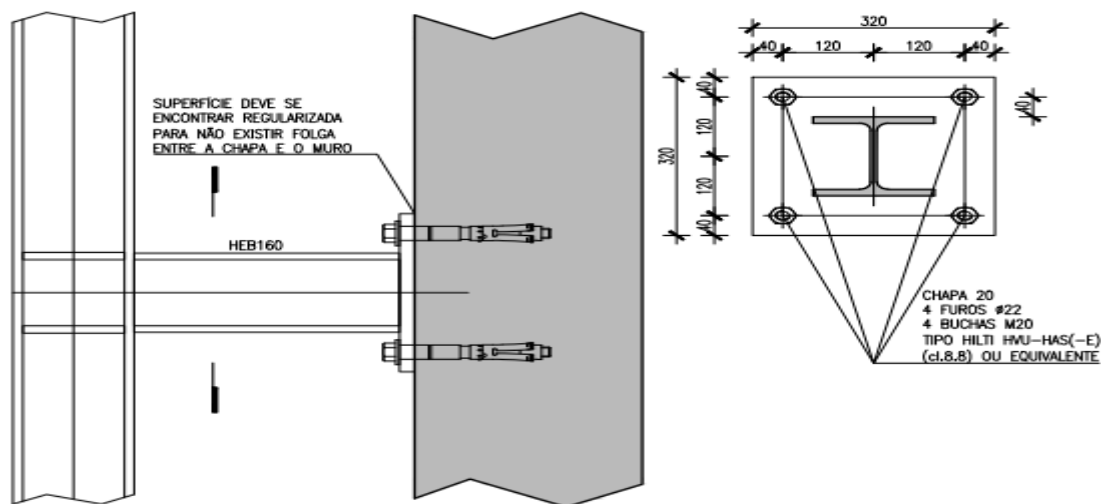


Figura 3.33 – Esquema de Ligação perfil – muro. [Fonte: Projeto de Estruturas de Contenção Periférica]

3.4.2.3.4 PROBLEMAS NA EXECUÇÃO

Na execução dos muros de Berlim, devido à fraca coesão do terreno, além dos movimentos já referidos, por várias vezes e ainda que com um processo de construção em que a abertura dos painéis e a conclusão dos mesmo ocorria no mesmo dia, ocorreu várias vezes um aluimento de terras devido à descompressão dos terrenos, o que implicaria um maior volume de terras a remover, atrasos nas tarefas diárias planeadas no que respeita à otimização temporal e principalmente um aumento de custos principalmente na quantidade de betão necessária para executar o muro.

3.4.2.4 ANCORAGENS

3.4.2.4.1 INTRODUÇÃO

Após a execução dos muros de Berlim, é retirado o tubo corrugado para que se proceda á furação do painel para se executarem as ancoragens.

Na conceção do processo construtivo da contenção periférica foram adotados critérios de segurança durante as fases provisórias tendo sempre em atenção o objetivo de minimizar custos e prazos de execução, sem prejuízo de ser garantida a máxima segurança das infraestruturas circundantes do terreno, nomeadamente as das ruas e edifícios adjacentes.

Embora, grande parte da contenção periférica, seja travada pelas próprias lajes em anel, executadas à medida que a escavação ia avançando, em toda a zona da obra, devido à falta de coesão dos terrenos circundantes. Onde não se evidenciavam condicionantes que impedissem a realização de ancoragens, devido à ausência de fundações dos edifícios vizinhos e inexistência da possibilidade de intersecção de microestacas que suportam os maciços de fundação das gruas e EMCF, o travamento da contenção foi feito por ancoragens provisórias, que seriam desativadas á medida que a totalidade das lajes ia sendo executada (preenchimento do anel). No total, foram executadas cerca de 94 ancoragens, um valor talvez elevado tendo em conta a dimensão da obra.

Estas ancoragens foram realizadas com recurso a um método de injeção que garantia evitar pressões excessivas que pudessem provocar levantamento do terreno e danos em terrenos vizinhos, principalmente nas fundações dos edifícios adjacentes

3.4.2.4.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- ✓ Equipamento de roto-percussão;
- ✓ Misturadora móvel;
- ✓ Gerador móvel a gasóleo;
- ✓ Trados;
- ✓ Tubagem e bombas de injeção;
- ✓ Armadura.

3.4.2.4.3 PROCESSO CONSTRUTIVO

DESCRIÇÃO GERAL

Executaram-se ancoragens provisórias de 500, 550, 600, 750 e 850 Kn, com inclinações de 20 a 25º e com comprimento entre 12 e 22.5 m, atendendo à localização de terreno com valores de N_{SPT} superiores a 50 pancadas.

Para um maior controlo e facilidade de acesso a informações como a tensão aplicada nas ancoragens, data de injeção da calda e data de puxe da ancoragem, foi efetuado um registo de execução das ancoragens que se encontra no anexo F.

O comprimento, inclinação e carga da ancoragem varia de alçado para alçado e dentro do próprio alçado varia de zona para zona, de acordo com o tipo de terreno encontrado nas sondagens e relatado anteriormente neste relatório. Na imagem 3.34, será apresentado um dos alçados com informação sobre a localização e carga de cada ancoragem.

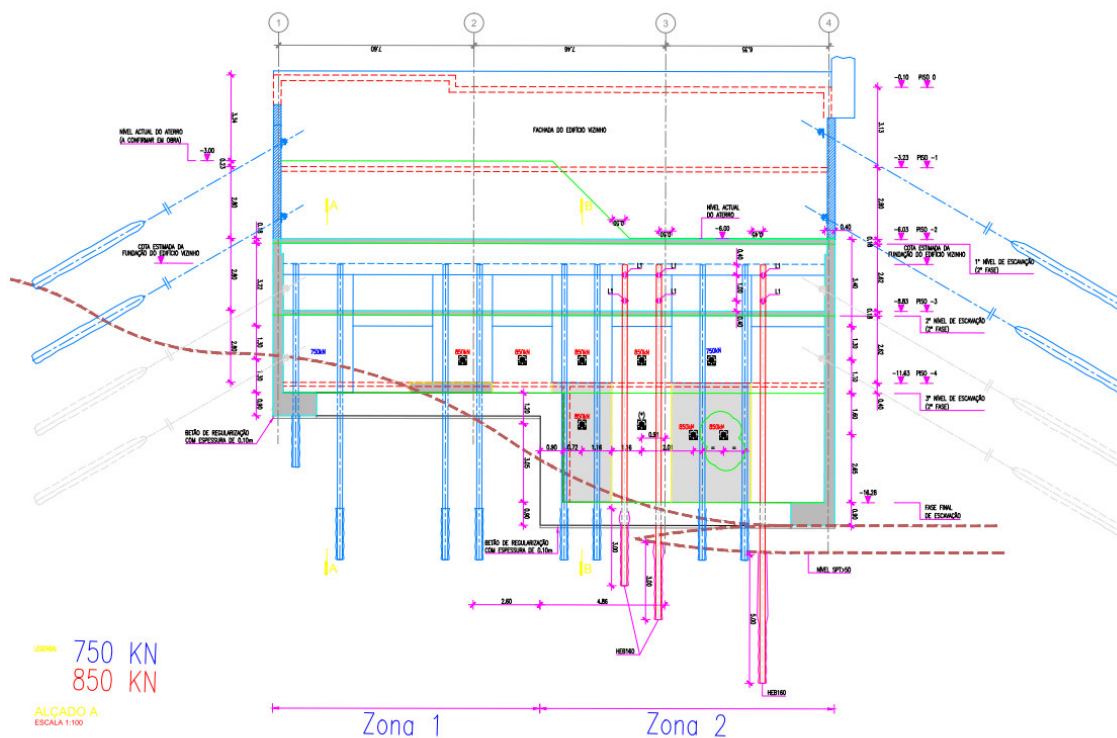


Figura 3.34 – Alçado A, representação da localização e tensão das ancoragens.

Como descrito anteriormente, no desenvolvimento de cada alçado nem sempre foi encontrado o mesmo tipo de terreno, sendo necessário adaptar as ancoragens ao tipo de terreno. Assim, em cada zona geotécnica é apresentado um comprimento e inclinação. Referente ao alçado A, como podemos verificar na figura 3.35, que existem 2 zonas diferentes no mesmo alçado, tendo cada uma delas um diferente número de pisos que é acompanhado pela contenção, diferentes níveis de ancoragem e diferentes inclinações das mesmas. Na imagem 3.35 é ainda apresentado um exemplo para comparação das duas zonas constituintes do alçado A, confronto com o edifício da Cimpor.

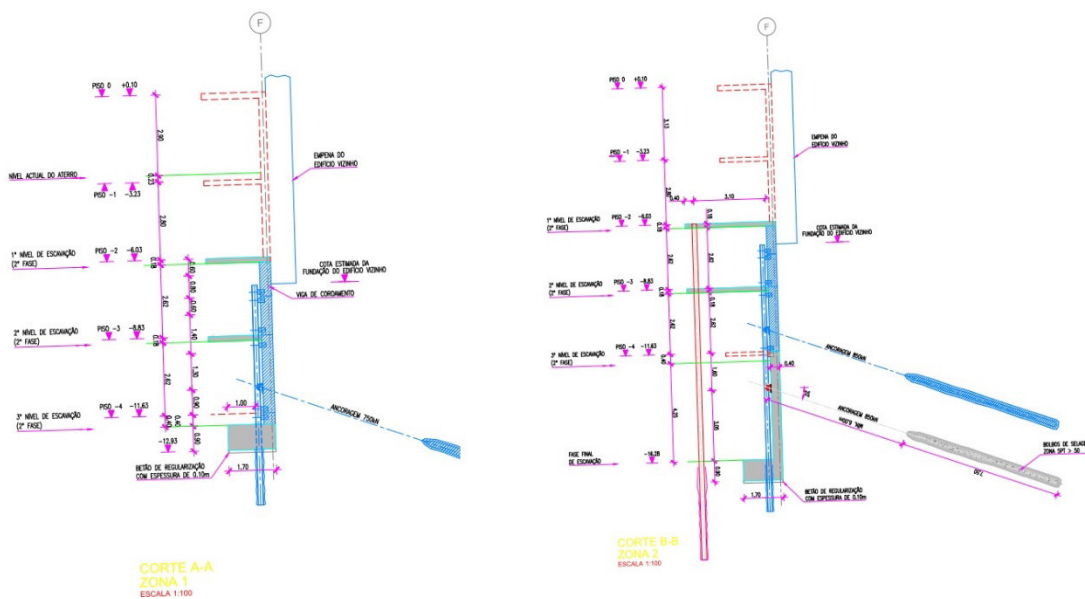


Figura 3.35 – Comparação Zona 1 com Zona 2 do Alçado A. [Fonte: Peças desenhadas, Projeto ECP]

PROCESSO DE EXECUÇÃO

O processo de execução compreendeu as seguintes fases:

- a) Implantação
- b) Posicionamento
- c) Furação
- d) Colocação da armadura
- e) Injeção
- f) Tensionamento

a) IMPLANTAÇÃO

Antes da execução das ancoragens, a equipa responsável pela armação e cofragem dos painéis de betão, deixa um tubo (negativo, como podemos verificar na imagem 3.36) que possua pelo menos a largura do painel a executar em cada local da futura ancoragem, uma vez que também foram deixados negativos na armadura dos muros, estes negativos são o local onde o trado será introduzido para iniciar a furação para posterior introdução dos elementos que constituem a ancoragem.



Figura 3.36 – Tubo (negativo).

b) POSICIONAMENTO

Após adaptação da ponteira à cabeça de rotação da máquina, teremos que obter a inclinação idealizada (20° e 25°) através da justaposição de um nível inclinométrico sobre a torre da máquina.

c) FURAÇÃO

Esta operação consistiu na extração do terreno à rotação através da introdução sucessiva de troços de trado contínuo (figura 3.37), com o comprimento de 1,5 m, unidos entre si por “ferrolhos” metálicos. O primeiro troço era munido de uma ponteira que fazia o ataque ao terreno. Atingindo o comprimento desejado e após a limpeza do furo com uma furação mais demorada no último troço (incluía a limpeza do furo), procedeu-se à extração dos troços pela ordem inversa à da furação.



Figura 3.37 – Furação para introdução da armadura das ancoragens.

d) COLOCAÇÃO DA ARMADURA

Imediatamente após a conclusão da furação foi introduzido no furo a armadura pré-fabricada com os comprimentos (livre, de selagem e total) definidos no projeto, acrescido de 1 metro para efeitos da futura conexão do macaco hidráulico de pré-esforço, responsável por aplicar a tensão pretendida em cada ancoragem. Na figura 3.38 podemos observar um dos furos de ancoragem com armadura colocada e outro que aguarda a colocação da armadura.

Componente de montagem e funcionalidade:

- Espaçadores plásticos montados de 1,5 em 1,5 m ao longo do comprimento de selagem para garantir que os cabos ficassem transversalmente equidistantes entre si.
- Tubo polietileno de revestimento dos cabos no comprimento livre para permitir a transmissão ao bolbo de selagem da carga aplicada pelo macaco (equipamento ligeiro).
- Tampões de poliuretano na zona de transição entre o comprimento livre e o comprimento de selagem para prevenir a entrada de calda de cimento para os tubos de polietileno do comprimento livre.

Componente para injeção:

- Tubo PEAD de 16 mm no comprimento total da ancoragem para injeção primária/selagem (baixa pressão).

- Tubo PEAD de 16 mm (alta pressão) no comprimento total da ancoragem, furado de 1,0 em 1,0 m no comprimento de selagem para injeções repetidas.
- Manchetes em borracha instaladas sobre os furos do tubo de PVC para funcionarem como válvulas antirretorno nas injeções repetidas.

Componentes anti corrosão:

- Massa consistente no interior do tubo PEAD de 16 mm do comprimento livre.



Figura 3.38 – Ancoragem sem e com armadura.

e) INJEÇÃO

Imediatamente após a colocação da armadura passava-se à injeção. Operação que era composta por três fases:

- Fabrico da calda de cimento - A calda obtinha-se pela mistura da água e cimento sem que fossem utilizados aditivos. A preparação da calda iniciou-se vertendo a quantidade total de água no compartimento da mistura. Em seguida, e já com a mistura em movimento foi-se adicionando o cimento, até se atingir a correta relação água/cimento (o cimento foi adicionado a uma cadência que não produzisse o seu acaroçamento). Depois da totalidade dos componentes se encontrarem juntos deixou-se misturar e transfere-se a calda para o agitador. Dependendo da quantidade de calda a utilizar, o processo repetiu-se as vezes que fossem necessárias.

Inicialmente fazia-se a lavagem do furo de ancoragem, injetando calda de cimento, até que saísse à boca do furo com a mesma aparência com que entrou, processo que permitia sustentar provisoriamente as paredes do furo.

- Injeção Primária - A calda fabricada foi posteriormente bombada a baixa pressão para o interior do furo através de mangueiras acopladas ao tubo de injeção primária (PEAD 16 mm). O enchimento foi feito do fundo para a boca do furo dando-se por concluído quando a calda refluiu com um aspeto limpo e consistente, semelhante ao do que era fabricada no sistema (misturador/agitador), como pode ser verificada na imagem 3.39.
- Injeções repetidas (por multiválvulas) - Passadas no mínimo seis horas de concluída a injeção primária ou selagem dava-se a injeção secundária ou reinjeção. Através do tubo de PEAD bombeava-se a calda à boca do furo. A pressão no circuito aumentava até atingir o ponto de abertura das “manchetes” e rotura da calda da injeção primária. Com as “manchetes” abertas continuava-se a bombagem com volumes controlados/fixos. Na hipótese de se verificar um consumo de calda superior a 200 kg de cimento, sem aumento significativo de pressão, suspendia-se a injeção e lavava-se o interior do tubo PEAD de modo a poder a repetir a operação anterior passado no mínimo seis horas. Este procedimento era repetido as vezes necessárias até atingir as pressões pretendidas ou, no caso de se verificar consumos exagerados de cimento tendo em conta o comprimento da ancoragem e as características geotécnicas do terreno, interrompiam-se as reinjeções e informava-se a Fiscalização para que fosse reanalisada a situação. Não foi verificada nenhuma anomalia em reinjeções em obra tendo no máximo sido executadas 3 reinjeções e no mínimo 2.



Figura 3.39 – Fim de reinjeção com derrame de calda de cimento.

f) TENSIONAMENTO

O tensionamento era aplicado utilizando um macaco multi-strand, 7 dias após a última reinjeção, ou seja, quando a calda tivesse no mínimo uma resistência aproximada de 25 MPa. Começa-se por encostar à parede, uma mesa compensadora com 20 ou 25º de inclinação, munida de uma chapa de degradação de carga onde a armadura passa pelo furo no centro da mesa. Sobre a mesa sobrepôs-se a cabeça de ancoragem e seguidamente, com o auxílio da grua fez-se o encosto do macaco à cabeça da ancoragem fazendo passar os seus cabos pelo seu interior. Finalmente, faz-se o tensionamento respeitando os patamares de carga definidos para o ensaio de receção, sendo estes controlados através de um manómetro e os alongamentos com uma craveira manual. Concluído o ensaio, retirou-se o macaco e colocaram-se as cunhas na cabeça da ancoragem repetindo a operações c) e d), sendo nesta última o tensionamento aplicado diretamente até à carga de projeto adicionado de cerca de 10 % (carga de blocagem).

Após aplicada a carga necessária fazia-se a cravação de cunhas.

Em anexo G são apresentados os boletins de puxe assim como os boletins de verificação que eram preenchidos pela fiscalização.

Numa das ancoragens (figura 3.40), anteriormente ao processo de tensionamento foi introduzida uma célula de carga (figura 3.41) de forma a que se tornasse possível o controlo da variação de carga ao longo do faseamento de obra e durante o período de vida útil numa amostra representativa de ancoragens de modo a monitorizar e o tensionamento e evitando fenómenos como os que levaram à paragem da obra e redimensionamento das estruturas de contenção periférica. No caso da Castilho 15, foi colocada apenas uma célula de carga no local definido pelo responsável pelo projeto.

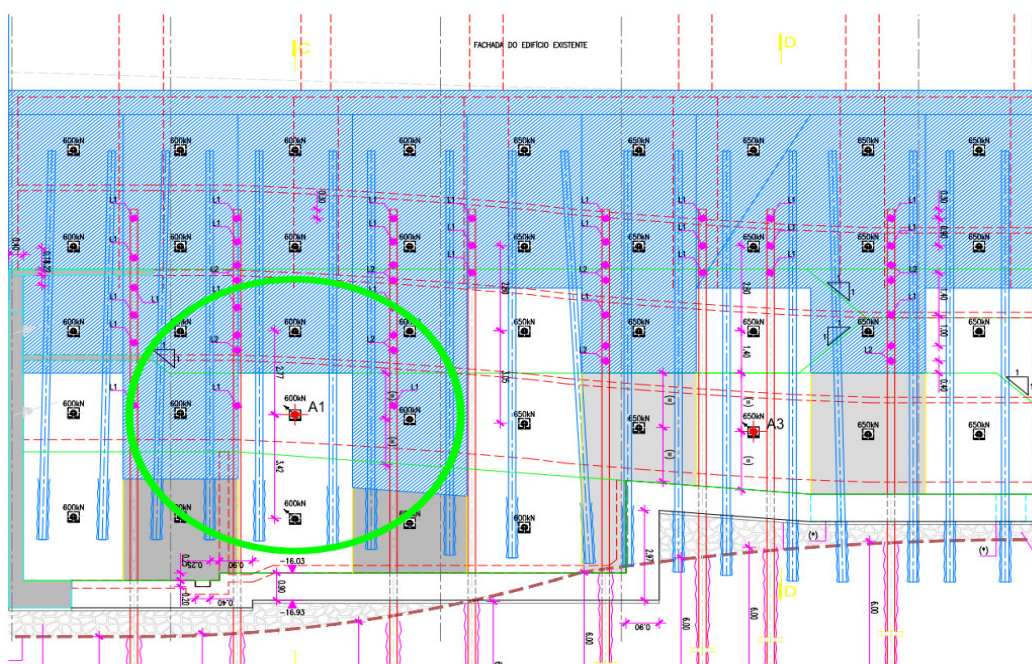


Figura 3.40 – Alçado B, localização da célula de carga. [Fonte: Peças desenhadas, Projeto ECP]



Figura 3.41 – Célula de carga, 600 kN.

3.4.2.4.4 PROBLEMAS NA EXECUÇÃO

Tal como na execução dos muros, a coesão do terreno não é algo que possa ser controlável tendo em conta o número de sondagens executadas no primeiro estudo geológico-geotécnico e características do mesmo podem variar bastante em poucos metros de distância (como foi o caso). O maior problema encontrado na execução das ancoragens teve lugar aquando das injeções, uma vez que a injeção termina quando a calda sai pelo furo da ancoragem, em alguns casos a calda de cimento necessária para selar a armadura era muito superior à utilizada em outros furos devido aos maior volume de vazios no interior do furo. Mais uma vez, esta

situação faz com que estas tarefas se tornem mais morosas e mais dispendiosas quer a nível de mão-de-obra quer a nível de equipamento, influenciando o custo final da obra.

3.4.3 LAJES EM ANEL

3.4.3.1 INTRODUÇÃO

Estas lajes (figura 3.42) são uma das medidas implementadas após a ocorrência dos deslocamentos e constituem parte das lajes definitivas ao nível -1/-2 e -2/-3 com uma largura de 3,5 m nos alçados A,C e D e reforçam a rigidez do dispositivo de contenção, substituindo parcialmente as ancoragens no que respeita a contenção periférica.



Figura 3.42 – Lajes em Anel.

3.4.3.2 PROCESSO CONSTRUTIVO

Estas lajes construídas em duas fases diferentes da obra, uma primeira fase em que apenas é construída uma faixa com 3,5 m de largura à medida que vamos descendo no nível de escavação e uma segunda fase onde se conclui a restante laje à medida que a estrutura será construída e se atingem as alturas a que estas estão construídas (ver na figura 3.43 abaixo os dois diferentes tons de cinzento), acompanhando assim a evolução dos níveis de escavação uma vez que as lajes dos pisos de estacionamento se encontram ligadas entre si por uma rampa, permitindo assim a circulação para acesso aos diversos pisos

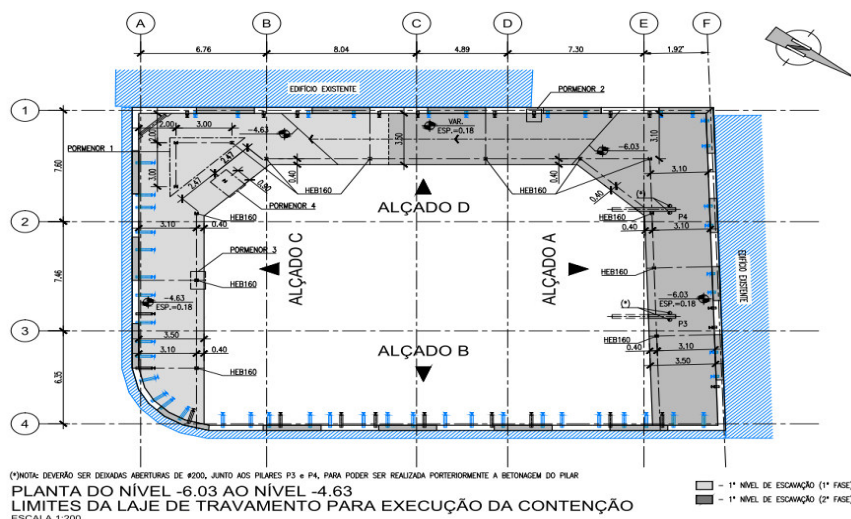


Figura 3.43 – Laje de contenção. [Fonte: Projeto ECP]

Uma vez que estas porções de lajes definitivas iriam suportar o peso das terras escavadas para posterior remoção das mesmas, era necessário que existisse um reforço na zona onde as terras iriam ser colocadas. Esse reforço é constituído por uma estrutura metálica com perfis HEB 160 ligados entre si formando uma estrutura triangular. Em auxílio a essa estrutura são ainda utilizadas escoras para que não ocorra fluência da laje já que esta é definitiva, como evidenciado na figura 3.44).

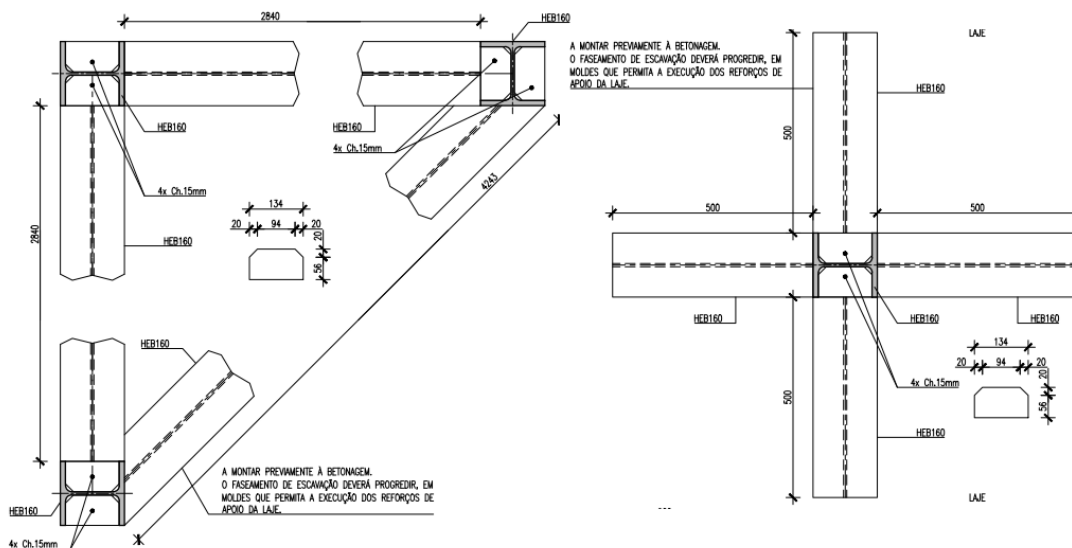


Figura 3.44 – Reforço das lajes na zona de descarga de terras e Reforço inferior. [Fonte: Projeto ECP]

De forma a sustentar o peso próprio destas lajes e ao mesmo tempo evitar o fenómeno de punçoamento, enquanto as mesmas não seriam executadas completamente, foi necessário

projetar também um reforço metálico em forma de cruzeta, que se localiza na face inferior das lajes em causa (ver figura 3.45).



Figura 3.45 – Cruzeta soldada a perfil metálico para sustentação de laje.

1ª Fase:

- Escavação e nivelamento do terreno;
- Colocação de um plástico de proteção para evitar o contacto direto do betão da laje com o terreno;
- Armação da laje e amarração da armadura aos muros de berlim;
- Colocação de espaçadores que garantem o recobrimento necessário;
- Colocação de cofragem periférica e betonagem;
- Acabamento da superfície da laje;
- Proteção da superfície da laje.

3.4.3.3 PROBLEMAS NA EXECUÇÃO

Devido às elevadas temperaturas (temperaturas > 25°C) que se faziam sentir na altura da betonagem e devido a uma falha de comunicação que levou ao atraso da equipa de acabamento do pavimento, uma das lajes apresenta um acabamento deficiente onde ao invés de ter uma superfície lisa esta apresenta uma superfície rugosa, como pode ser verificado a imagem 3.46.



Figura 3.46 – Deficiente acabamento de laje.

3.4.4 FUNDAÇÕES

As fundações de um edifício são as estruturas responsáveis por suportar o peso próprio, o peso da construção e todas as cargas que irão atuar ao longo da vida útil do edifício. A segurança de uma fundação de características correntes passa, entre outras verificações, por avaliar a carga admissível relativamente à rotura e por avaliar a carga admissível em relação aos assentamentos.

A solução mais corrente de fundações é a que encontramos nesta obra Castilho 15, solução por fundações diretas ou superficiais, como é o caso, por exemplo, de sapatas isoladas ligadas a pilares como podemos ver na imagem 3.47.



Figura 3.47 – Sapata Isolada S1 e arranque de pilar P2

As solicitações (cargas) são transmitidas ao terreno exclusivamente pela face inferior do elemento de fundação e a pequenas profundidades. Este tipo de solução estrutural é definido na fase de projeto após uma análise da informação geotécnica e geológica recolhida nas sondagens previamente recolhidas contendo a informação referente a ao reconhecimento do local e região de implantação da obra, prospeção geotécnica (espessura e propriedades das diferentes formações do terreno até uma que se saiba ter uma boa capacidade de carga sem que ocorra deformação excessiva), estudo dos níveis de águas subterrâneas, ensaios “*in situ*” e ensaios laboratoriais sobre amostras recolhidas no local.

Uma vez alcançado um diagnóstico, há que confirmá-lo em obra antes de se dar início à colocação de betão de regularização e logo após a escavação das fundações, nos locais onde ficarão apoiadas as bases das sapatas, tal como foi efetuado com a realização dos ensaios PDL, um ensaio de penetração dinâmica ligeira utilizado para aferir a resistência do terreno, e se verificou que as cotas onde iriam ser colocadas as sapatas não eram favoráveis, levando à execução de pegões para se atingir a resistência do terreno pretendida e evitando uma situação futura de assentamentos que poderiam ter graves consequências.

Nesta obra estão presentes dois tipos de sapatas, contínuas e isoladas que serão apresentadas já de seguida.

3.4.4.1 SAPATAS CONTÍNUAS EM FUNDAÇÕES DOS MUROS DE BERLIM

No que respeita às fundações dos muros de berlim, devido aos resultados do ensaio PDL na cota de fundação, assiste-se a uma alteração na estrutura das fundações. Estas alterações acontecem nas zonas 3A, 3B e 3C do alçado A e na zona 4 do alçado C onde são alteradas a altura e a largura das sapatas devido às más características de resistência do terreno de fundação aquando da realização do ensaio de penetração ligeira. As sapatas das zonas em causa, deixam de ter 1,70 m x 0,90 m e passam então a ter 2,10 m x 0,90 m, aumentando a área de contacto das mesmas e possibilitando uma maior distribuição dos esforços. Existiram também alterações na armadura, como demonstrado na figura 3.48 e figura 3.49.

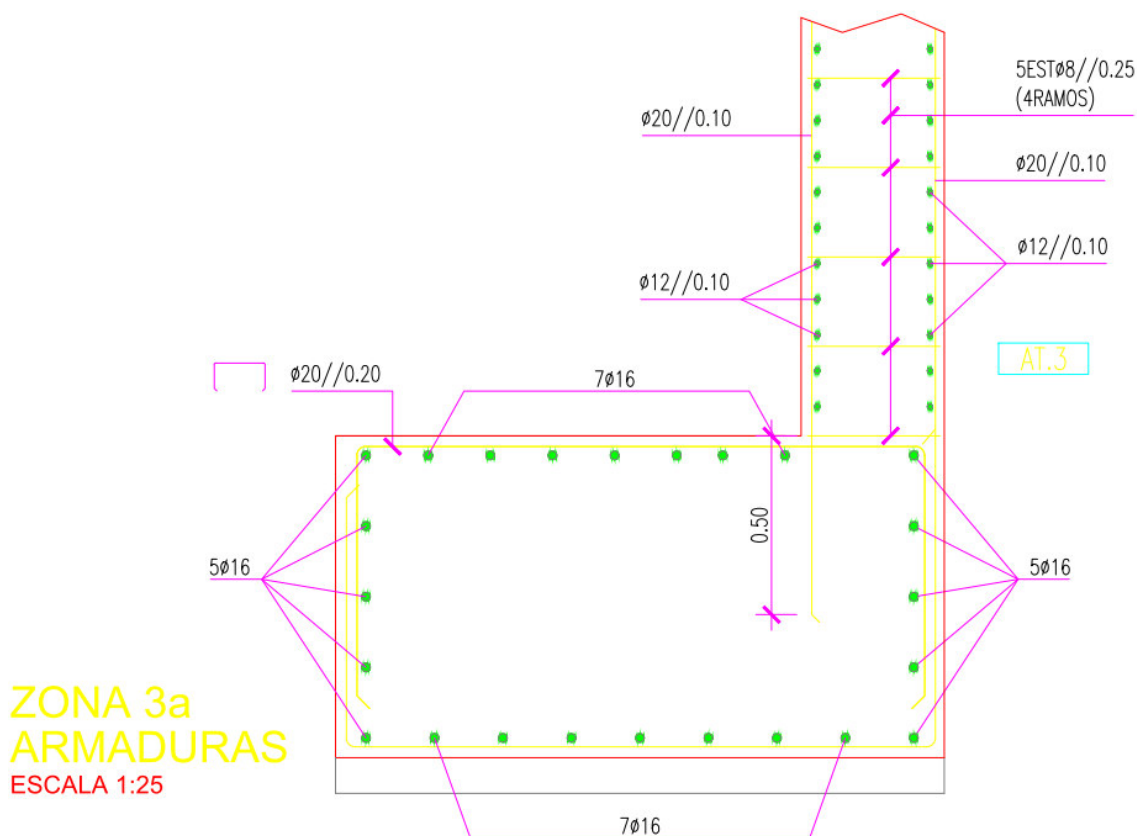


Figura 3.48 – Armadura sapata do muro de Berlim. [Fonte: Peças Desenhadas, projeto ECP]

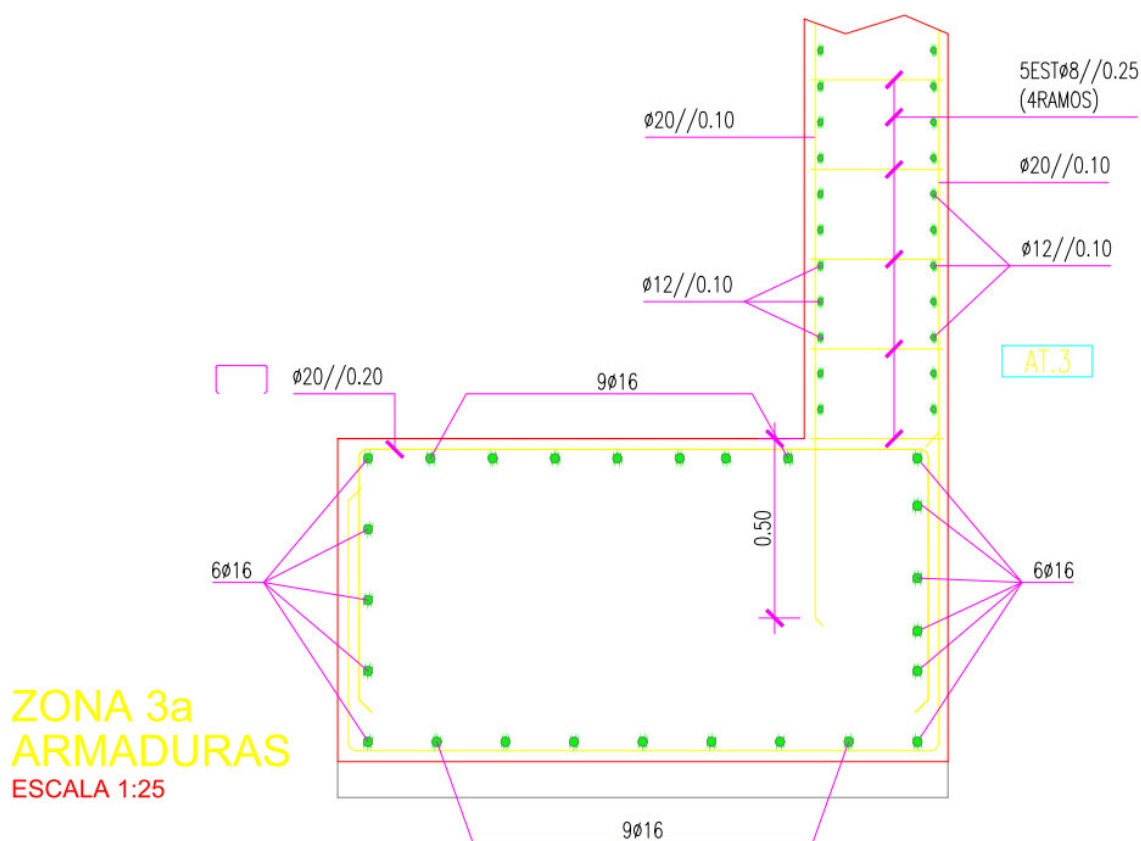


Figura 3.49 – Armadura alterada da sapata do muro de Berlim. [Fonte: Peças Desenhadas, projeto ECP]

3.4.4.2 FUNDAÇÕES ISOLADAS

3.4.4.2.1 INTRODUÇÃO

Tal como as fundações contínuas, também as fundações isoladas sofreram alterações devido à confirmação das características do terreno. Em relação às sapatas S5 e S3, uma vez que a cota de fundação com a resistência pretendida se encontrava mais abaixo que a inicialmente prevista, foi necessário recorrer ao uso de pegões.

3.4.4.2.2 PROCESSO CONSTRUTIVO

Devido aos resultados dos ensaios PDL que confirmam que a cota a que deveriam ser colocadas as fundações se encontrava a maior profundidade que aquela inicialmente projetada, foi necessário alterar também o processo construtivo das fundações. Na figura 3.50 está evidenciada a localização da realização dos ensaios PDL.

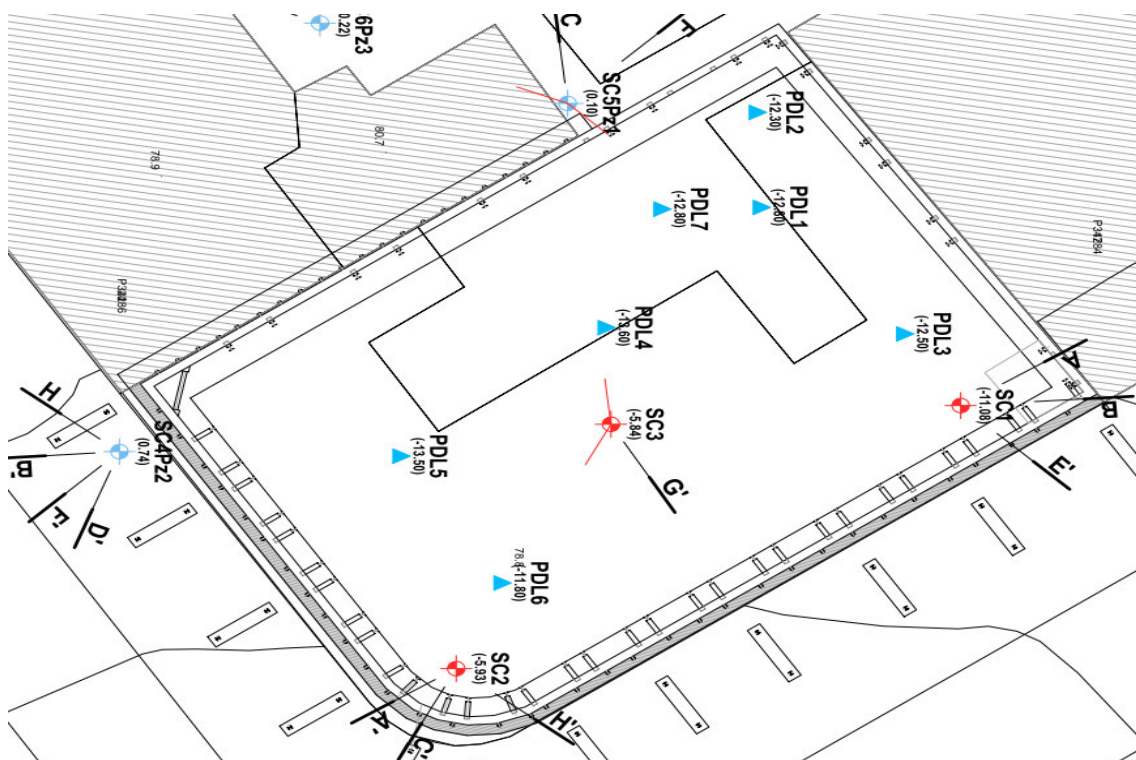


Figura 3.50 – Localização ensaios PDL. [Fonte: Tecnasol FGE]

Escavação – Nas sapatas isoladas S1, S2, S4 e S6 apesar das cotas de fundação se situarem também a uma profundidade maior, não existiu qualquer alteração de projeto. No caso da sapata S5, a cota de fundação era inicialmente -12.8 m e após o ensaio passou a ser -17.29 m sofrendo uma alteração de 4.49 m de profundidade, com 5.45x3.70m². No caso da sapata S3, a cota inicial era -13.6m e a cota final após o ensaio -18.06, com uma diferença de 4.46 m de profundidade como podemos verificar no quadro 3.3 e com as dimensões de 7.74 x 6.77 m². Isto implica uma escavação adicional de 324.24 m³. [Relatório de prospeção geológico-geotécnica complementar, Tecnasol-FGE, fundações e geotécnica, S.A., 2014]

Ensaio	Profundidade atingida (m)	Cota de início do ensaio	Cota final do ensaio
PDL 1	4.49	-12.8	-17.29
PDL 2	4.19	-12.3	-16.49
PDL 3	4.66	-12.5	-17.16
PDL 4	4.46	-13.6	-18.06
PDL 5	1.38	-13.5	-14.88
PDL 6	4.28	-11.8	-16.08
PDL 7	4.72	-12.8	-17.52

Quadro 3.3 – Profundidade atingida com ensaios PDL. [Fonte: Tecnasol FGE]

Betonagem – Após as escavações dos pegões retangulares escavados com as dimensões indicadas no ponto anterior e cuja localização pode ser consultada na imagem 3.51, procede-se à betonagem dos pegões. Essa betonagem foi executada com recurso a bomba de betão uma vez que as quantidades a betonar eram elevadas e o processo de bombagem é mais rápido que o recurso ao balde de grua. O betão utilizado foi o betão C12/15 que possui uma qualidade inferior ao betão utilizado na estrutura e permite maior facilidade de bombagem.

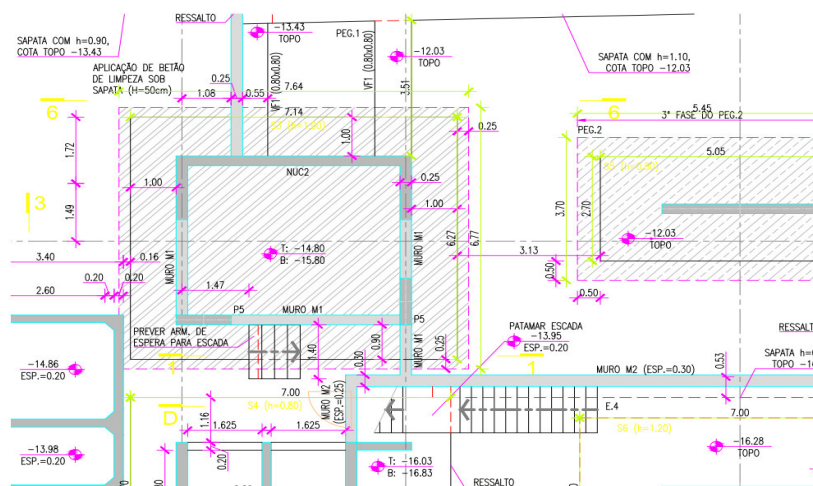


Figura 3.51 – Localização dos pegões. [Fonte: Projeto de Estruturas]

Cura do Betão – Após a betonagem, o tempo de cura do betão foi bastante curto, tendo os pegões entrado em serviço na manhã seguinte à betonagem.

Após todo o processo de execução dos pegões, segue-se o processo de execução das sapatas seguindo as convencionais etapas de armação, cofragem e betonagem, sempre considerando as armaduras de arranque dos elementos que a elas ficarão fixados, como é o caso dos pilares ou muros.

3.4.5 VIGAS DE FUNDAÇÃO

Os diferentes elementos que constituem uma solução de fundação desempenham um papel muito importante, uma vez que são responsáveis, no seu conjunto, pela transmissão dos esforços da superestrutura aos terrenos. A não utilização de elementos como vigas de fundação, que efetuam a ligação dos elementos verticais, tais como pilares e paredes, favorecendo o travamento da estrutura e a transmissão das forças da estrutura ao solo, pode originar um funcionamento não adequado do conjunto, originando deslocamentos diferenciais

na base dos diversos pilares e o não aproveitamento do efeito benéfico que estes elementos produzem na redistribuição dos esforços nos diferentes elementos que constituem a estrutura e a fundação propriamente dita.

O processo de execução das vigas de fundação era bastante simples, baseava-se apenas em deixar os varões de espera nas sapatas isoladas e posteriormente fazer a ligação dos mesmo, colocar os estribos e seguidamente colocar cofragem para por fim betonar. A armadura das vigas de fundação é apresentada na figura 3.52 e a execução das mesmas não contou com nenhum percalço.

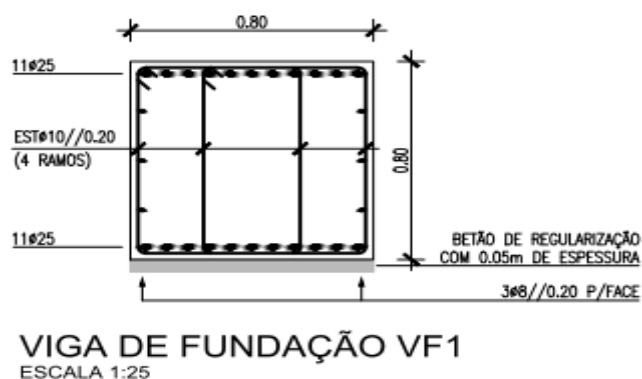


Figura 3.52 – Viga de Fundação. [Fonte: Projeto de estruturas]

3.5 ANÁLISE DE COMPATIBILIDADES ENTRE OS VÁRIOS PROJETOS DE ESPECIALIDADES E A ARQUITETURA

A grande preocupação da coordenação de projetos está ligada à gestão, racionalização, métodos, técnicas e produção da obra.

Cada projeto conta com a participação de vários profissionais, cada um com particularidades e condutas administrativas diferentes que estabelecem relações temporárias para a execução de determinadas tarefas. Os sistemas e métodos que utilizam são determinados pelo seu papel no empreendimento e práticas estabelecidas.

A falta de circulação da informação, os fluxos do processo do projeto, a formalização e documentação e as estratégias competitivas, poderiam minimizar, dessa forma, as

incompatibilidades, a re-execução de trabalhos, os atrasos nos cronogramas e os desperdícios que comprometem a qualidade.

Nota-se um número crescente de intervenientes no processo do projeto. Espera-se que esse grupo, formado por organizações temporárias, constituídas por empresas ou indivíduos, com características individuais próprias, e que muitas vezes nunca trabalharam juntos em situações anteriores, executem um trabalho que atenda as satisfações e expectativas de todos e ainda que possuam foco individual diferente, mas com objetivo final comum. Para isso, precisam de um efetivo entrosamento, um trabalho em equipa, predominando o intercâmbio de informações entre esses profissionais, o que no caso da Castilho 15 foi talvez a principal falha e causa de um grande número de alterações de projeto.

3.5.1 EXEMPLO DE INCOMPATIBILIDADE

Cabe então à fiscalização a análise destas incompatibilidades e para tal, é necessário ter algum conhecimento sobre todas as especialidades inerentes à obra. Em alguns casos, a simples sobreposição dos mais variados projetos e do projeto da arquitetura, é suficiente para que se encontrem várias incompatibilidades.

No caso que é seguidamente apresentado, poderemos notar que nas cozinhas tipo 9 preconizadas pela arquitetura, eram previstos 1 lava-loiças e 1 arca congeladora e no entanto a revisão B do projeto de águas, nomeadamente o de águas residuais, contava com a existência de 2 lava-loiças e não contava com a existência de arca congeladora, como podemos verificar na imagem 3.53 e 3.54.

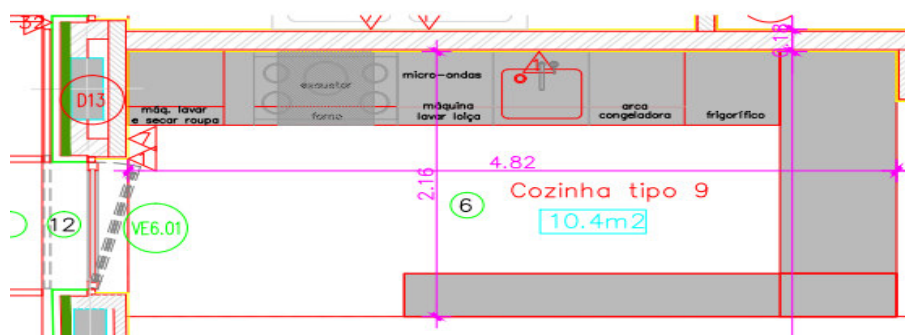


Figura 3.53 – Cozinha tipo 9. [Fonte: Projeto de Arquitetura]

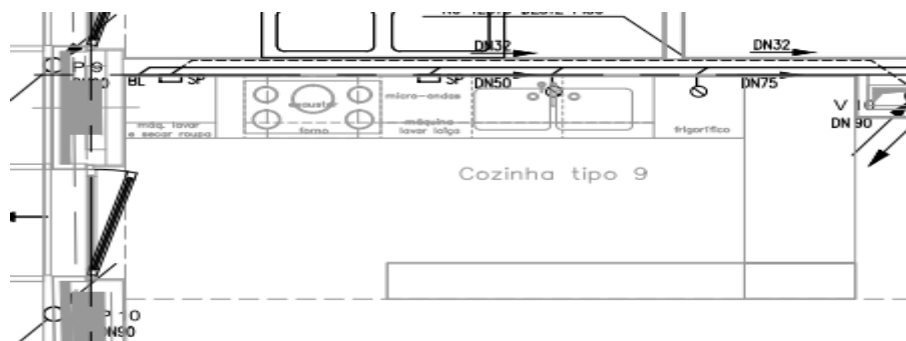


Figura 3.54 – Cozinha tipo 9 revisão B. [Fonte: Projeto Hidráulica]

Após enviado o respetivo relatório de análise de projeto a situação foi alterada (como demonstrado na figura seguinte) dando lugar a projetos compatibilizados e por sua vez a uma nova revisão do projeto de águas residuais, a revisão C como demonstra a figura 3.55. Como descrito anteriormente estas situações podem ocorrer por uma simples falha de comunicação entre a arquitetura e neste casos os projetista do projeto de águas.

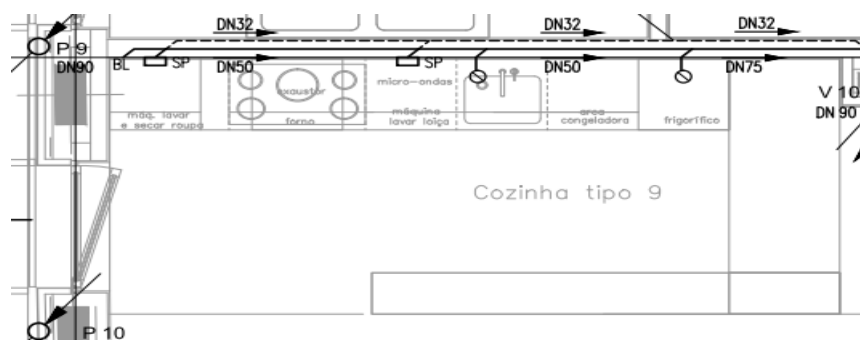


Figura 3.55 – Cozinha tipo 9 revisão C. [Fonte: Projeto de Hidráulica]

3.6 SEGURANÇA EM OBRA

3.6.1 PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE EM OBRA

O plano de segurança e saúde é um instrumento fundamental na segurança do trabalho em obra, devendo o mesmo ser elaborado quando a obra começa a ser projetada. O dono de obra é a entidade responsável por mandar executar o plano de segurança e saúde em obra durante a fase de projeto e requerer o seu desenvolvimento ao longo de toda a obra.

Segundo o n.º 2 do Art.º 6º do Dec. Lei n.º273/03 de 29 de Outubro, o plano de segurança e saúde deve concretizar os riscos evidenciados e as medidas preventivas a adotar, tendo em consideração os seguintes aspetos:

- Os tipos de trabalho a executar;
- A gestão da segurança e saúde em obra, especificando os domínios da responsabilidade de cada interveniente;
- As metodologias relativas aos processos construtivos, bem como os materiais e produtos que sejam definidos no projeto ou no caderno de encargos;
- Fases da obra e programação da execução dos diversos trabalhos;
- Riscos especiais para a segurança e saúde dos trabalhadores (referidos no artigo seguinte).

De forma a facilitar a informação acerca dos trabalhadores e entidades envolvidas na obra foi criado um arquivo onde consta a seguinte documentação:

- Fichas de aptidão médica de todos os trabalhadores envolvidos em obra, quer do empreiteiro, quer de eventuais subempreiteiros contratados;
- Fotocópias do seguro de acidentes de trabalho (Apólice + Recibo), de responsabilidade civil e certificado do INCI, devidamente atualizados de todos os empreiteiros, e subempreiteiros, presentes em obra;
- Folhas de distribuição dos Equipamentos de Proteção Individual;
- Comprovativos dos descontos efetuados à segurança social de todos os trabalhadores em obra;
- Comprovativo de vínculo, dos trabalhadores com as entidades empregadoras, (Contrato de trabalho ou declaração comprovativa).

3.6.2 SINALIZAÇÃO NO ESTALEIRO

A sinalização no estaleiro é obrigatória, constituindo uma primeira abordagem para o cumprimento de regras de segurança em obra.

Na figura abaixo está apresentada a placa de informação afixada na entrada do estaleiro da obra em questão. Esta placa informa todos os intervenientes da obra para o cumprimento de regras de segurança, nomeadamente para o uso obrigatório de calçado

adequado, capacete e colete refletor. Também são referenciadas atividades que podem originar perigo, como é o caso da circulação de objetos suspensos dentro do estaleiro.

As proibições como o consumo de bebidas alcoólicas e a entrada de pessoas estranhas na obra contribuem igualmente para maximizar as regras de segurança no estaleiro.

Durante todo o faseamento construtivo a sinalização foi colocada de forma perceptível em todo o estaleiro informando as atividades que estão em curso e os riscos inerentes as mesmas.

Na imagem 3.56 é apresentada um exemplo de regras de estaleiro de obra.



Figura 3.56 – Regras de Segurança a cumprir no estaleiro e obra.

3.6.3 PLANO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA E INDIVIDUAL

O objetivo da implementação do plano de proteções coletivas e individuais é assegurar dentro do estaleiro equipamentos de proteção adequados às atividades realizadas dentro do mesmo.

Como tal foram adotadas medidas de proteção coletivas tais como:

- Colocação de guarda corpos na bordadura dos pavimentos;
- Proteger aberturas nos pavimentos e caixas de escadas com guardas;
- Sinalização das zonas de circulação;

- Não obstruir as zonas de passagem;
- Colocação de passadiços adequados;
- Carregamentos de materiais com a grua devidamente amarrados.

O equipamento de proteção individual é todo o tipo de equipamento que se destina a uso pessoal dos trabalhadores no sentido de o proteger contra riscos que possam ocorrer.

Os equipamentos utilizados durante o processo de demolição foram:

- Calçado adequado (botas com biqueira e palmilha de aço);
- Utilização de capacetes;
- Utilização de Luvas resistentes;
- Auriculares;
- Óculos de proteção;
- Máscaras;
- Arnês;
- Colete refletor.

Muitas das vezes, aquando da chegada à obra, deparamo-nos com trabalhadores em situações de risco por falta de uso de EPC's ou EPI's e por vezes de ambas. Algumas vezes é necessário repreender os intervenientes para que sejam tomadas as devidas medidas de segurança e por vezes é necessário o levantamento de não conformidades e aplicação de coimas. A despreocupação dos trabalhadores em relação à condições de risco a que se expõem é de facto preocupante.

3.6.4 REGRAS DE SEGURANÇA NO MANUSEAMENTO DE FERRAMENTAS

No decorrer da fase de obra acompanhada nestes 4 meses de estágio, principalmente duas ferramentas foram bastante utilizadas, como é o caso do martelo pneumático e do maçarico, e logicamente, existem algumas regras de segurança a que se devem obedecer no manuseamento das mesmas, como falado nos pontos seguintes.

3.6.4.1 MARTELO PNEUMÁTICO

Para a demolição de certos elementos mais resistentes, como é o caso do saneamento dos “bicos de pato” (imagem 3.57) dos muros de berlim, foi necessário recorrer ao martelo pneumático ou martelo demolidor. Os trabalhadores que manuseiam estas ferramentas também devem ter atenção a algumas regras de segurança como é caso da proteção auricular. O martelo pneumático emite um nível de intensidade sonora na ordem dos 100 decibéis. Com uma exposição constante a uma intensidade desta ordem o trabalhador tem de utilizar proteção auricular. A proteção adequada são os protetores auriculares do tipo “concha”, estes auscultadores são colocados externamente sobre os pavilhões auriculares (orelhas) e conseguem atenuar até 40 decibéis.

Contudo outras proteções individuais devem ser utilizadas: os óculos são necessários para proteger contra a projeção de fragmentos, a máscara contra a poeira, as luvas contra a vibração, complementando o uso do capacete e do calçado apropriado que são de uso obrigatório em qualquer ponto da obra. Outro dos aspetos a ter em conta para a uso deste utensílio, se no local houver a possibilidade de queda por parte do trabalhador, é a utilização de um arnês devidamente amarrado a um elemento estrutural. Outra das preocupações a ter, é que o trabalhador seja substituído por outro, se o trabalho a executar for muito prolongado. Cada trabalhador não deve operar mais do que uma hora com uma ferramenta deste tipo.



Figura 3.57 – Bico de pato a sanear com martelo pneumático. [Fonte: Projeto ECP]

3.6.4.2 MAÇARICO

O manuseamento do maçarico requereu pessoal especializado e com certificação pois estamos a trabalhar com garrafas de oxigénio (O_2) e acetileno ($H_2 C_2$). O oxigénio é um elemento comburente, como tal, sempre que é associado quimicamente a um combustível é capaz de fazê-lo entrar em combustão. Um dos cuidados a ter, é na abertura das válvulas, estas muitas vezes são difíceis de manusear, o trabalhador nunca deve lubrificar as válvulas uma vez que o oxigénio provocaria a combustão dessa mesma gordura, provocando uma explosão. Por sua vez o acetileno é um elemento combustível com alto poder calorífico e extremamente inflamável, tendo o seu armazenamento cumprido regras de segurança tais como a colocação em zonas distintas os cilindros cheios e os cilindros vazios evitando também sítios onde haja perigo de queda de objetos. Na figura 3.58 pode ser observado um trabalhador a cortar com um maçarico os perfis metálicos do edifício na zona onde serão construídos os reservatórios de combate a incêndio.

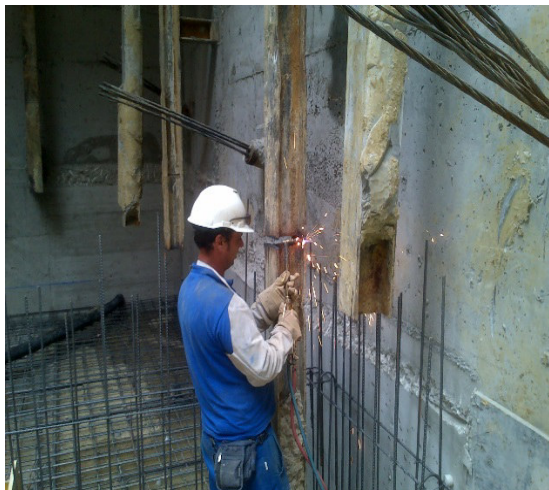


Figura 3.58 – Corte de perfis metálicos.

3.7 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

O plano de instrumentação e observação tem como objetivo analisar o comportamento das estruturas a manter (paredes de fachada) assim como das infraestruturas vizinhas durante os trabalhos relativos às demolições, contenção, escavação e execução de estruturas.

3.7.1 GRANDEZAS A MEDIR

O Plano de Instrumentação e Observação proposto terá de possibilitar a medição, das seguintes grandezas:

- a) Deslocamentos horizontais e verticais da estrutura de contenção e das paredes;
- b) Deslocamentos horizontais no interior do maciço;
- c) Medição do nível freático.

3.7.2 MEIOS DE MEDIÇÃO

As Grandezas descritas no ponto anterior serão medidas recorrendo aos seguintes meios

- Alvos topográficos para medição das grandezas a);
- Inclínómetros para medição da grandeza referida em b);
- Piezómetros para medição da grandeza referida em c).

3.7.3 CARACTERÍSTICAS DOS APARELHOS

Nesta secção será feita uma breve descrição acerca dos aparelhos utilizados na monitorização da fachada a preservar.

3.7.3.1 ALVOS TOPOGRÁFICOS

Os alvos topográficos foram fixados diretamente à estrutura, por colagem. Após a colagem, a orientação do mesmos foi corrigida, facilitando as pontarias do equipamento topográfico reduzindo assim eventuais erros. As medições trigonométricas absolutas sem contacto de convergências e deformações previstas são realizadas utilizando uma estação total com hardware e software indicados para o efeito. As campanhas consistem na leitura de ângulos e distâncias para alvos instalados nos elementos cujos deslocamentos se pretendem determinar.

As precisões finais do sistema de observação estão estimadas em aproximadamente ± 1.0 mm, quer planimetricamente, quer em altimetria. Na figura 3.59 estão ilustrados uma estação total e um alvo topográfico.



Figura 3.59 - Estação Total e alvo topográfico. [Fonte: ISEL]

3.7.3.2 TUBOS INCLINOMÉTRICOS

O objetivo da utilização dos tubos inclinométricos prende-se com a deteção atempada de deformações excessivas do muro durante a fase construtiva e ao longo da vida útil da obra, que possam, para o primeiro caso, afetar a estabilidade da escavação, ou induzir nas secções mais solicitadas um acréscimo de esforços não expectáveis em fase de cálculo. No caso de se verificar um comportamento normal da parede, permite aferir e validar os parâmetros considerados no cálculo.

Os tubos inclinométricos instalados eram em “ABS plastic”, cujas ligações deveriam ser devidamente seladas com mastique por forma a garantir a sua estanqueidade. Os tubos foram colocados no terreno natural, num furo executado por rotação, permanentemente entubado, seguido da introdução do tubo e respetiva selagem do espaço anelar com calda de cimento.

Por forma a garantir a integridade do topo dos tubos inclinométricos e não permitir a entrada de impurezas, deveria ser colocado nessa extremidade uma tampa, a extrair apenas durante os períodos de leitura e, caso necessário, prever a colocação de tampas metálicas adequadas a esse fim.

Para permitir controlar a posição em planta do topo do inclinómetro, foi colocado um alvo topográfico junto à respetiva tampa.

3.7.3.3 FREQUÊNCIA DAS LEITURAS

Durante a realização do estágio foi realizado um levantamento topográfico da fachada da rua Castilho e na rua Rosa Araújo, assim como nas estruturas vizinhas. Este levantamento foi

realizado antes e depois da aplicação da estrutura metálica de contenção pois, houve a necessidade de averiguar se as paredes de fachada sofreram alguma alteração aquando da ligação e aperto da estrutura metálica à fachada.

Atendendo às características da obra foi previsto que o conjunto de aparelhos instalados, ou a instalar, fossem lidos no decorrer dos trabalhos de escavação e de construção dos pisos enterrados, no mínimo, 2 vez por semana.

No anexo H e apresentada o resultado de medições topográficas já executadas.

3.8 RELATÓRIO SEMANAL DE OBRA

Durante a realização do estágio o aluno teve de ajudar a elaborar semanalmente um relatório com o intuito de informar o dono de obra acerca dos procedimentos que estavam a ser executados em obra. Este relatório era enviado todas as semanas contendo o registo fotográfico das atividades que tinham sido executadas durante a semana anterior. Eram focados aspetos como as regras de segurança em obra, dando a conhecer ao dono de obra se as mesmas eram respeitadas no decorrer dos trabalhos. Outro dos aspetos mais relevantes do relatório era a informação acerca andamento dos trabalhos como tal, era registado no relatório qualquer divergência entre o plano de trabalhos e o decorrer da obra. Juntamente com o relatório era anexado semanalmente o plano de trabalhos atualizado em formato digital (Microsoft Project).

4. CAPÍTULO 4 – CONTROLO DE PRODUÇÃO

4.1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo são abordados aspetos acerca do controlo e desenvolvimento da obra. Serão apresentados os procedimentos de aprovação de materiais e pedidos de esclarecimento de projeto solicitados por parte do empreiteiro ao projetista e dono de obra. Neste capítulo também será feita uma referência ao planeamento de obra, explicando a sua importância na mesma e identificando as atividades que proporcionaram um atraso da obra. É também analisado o controlo de custos, explicando o tipo de contrato da empreitada.

4.2 PEDIDOS DE APROVAÇÃO DE MATERIAIS

Todos os materiais e equipamentos a aplicar e utilizar em obra têm de ser submetidos pelo empreiteiro, à análise e aprovação por parte da fiscalização, tendo esta última a função de garantir que todos os materiais e equipamentos estejam de acordo com o determinado em projeto. No caso de serem apresentadas propostas alternativas, compete à fiscalização a sua análise técnica e financeira através da comparação com as especificações do material alternativo com as do material proposto pelo projetista. Este procedimento consiste na apresentação, com alguma antecedência, do pedido de aprovação de material e equipamento. O pedido de aprovação de materiais contém a informação do fabricante, fornecedor, local de aplicação e especificações necessárias, como ficha técnica, demonstração de conformidade, certificação e sempre que solicitado a apresentação de uma amostra. O procedimento de verificação inclui:

- ✓ Confirmação das especificações técnicas, referência, dimensão, tendo como padrão os elementos de projeto (caderno de encargos, peças desenhadas) e condições contratuais;
- ✓ Verificação de certificação;

- ✓ Análise da viabilidade do material tendo em conta o fim a que se destina, recorrendo-se em alguns casos ao contacto direto com o projetista;
- ✓ Avaliação de alternativas ao projeto sempre que estas sejam apresentadas pelo empreiteiro. Estas alternativas apenas são aprovadas se garantirem as características essenciais do projeto e não implicarem um aumento de custos, diminuição da qualidade e aumento do tempo de execução das mesmas.
- ✓ Apresentação de amostras de materiais ou equipamentos para aprovação dos projetistas e aval do Dono de Obra.

No anexo N encontra-se um exemplo de um boletim de aprovação de materiais.

4.3 ENSAIOS REALIZADOS DURANTE O ESTÁGIO

4.3.1 ENSAIO DE ABAIXAMENTO

Durante a realização do estágio foram executados ensaios de conformidade e qualidade do betão utilizado nos muros de Berlim e sapatas, tendo sido analisados os resultados obtidos.

O objetivo deste ensaio é determinar a consistência do betão fresco pelo ensaio de abaixamento e o mesmo é realizado *in situ* antes da autorização de descarga do betão para aplicação em obra. Este ensaio de abaixamento é sensível a mudanças de consistência do betão, que correspondem a abaixamentos entre 10 mm e 210 mm. Para além destes valores, a medição do abaixamento pode ser inadequada e outros métodos para a determinação da consistência deverão ser considerados. Durante todo o período de estágio, o ensaio de abaixamento foi o único ensaio realizado ao betão fresco, não sendo necessário recorrer a nenhum outro método.

O ensaio só é válido no caso de se verificar um abaixamento verdadeiro, no qual o betão permaneça substancialmente intacto e simétrico (ver figura 4.1 (a)). Se o provete deformar como apresentado na figura 4.1 (b), deve colher-se outra amostra e repetir o procedimento. Se em dois ensaios consecutivos se verificar deformação de uma porção de betão da massa do provete, o betão não apresenta a plasticidade e coesão adequadas ao ensaio de abaixamento.

Após realização do ensaio deve registar-se o abaixamento verdadeiro h , tal como indicado na figura 4.1 e 4.2, com aproximação aos 10 mm.



Figura 4.1 – Ensaio de Abaixamento [Fonte:ISEL]



Figura 4.2 – Ensaio de Abaixamento.

Após a execução do betão era permitida a descarga do betão em obra e enchiam-se 6 provetes (figura 4.3) que mais tarde seriam submetidos ao ensaio de compressão em laboratório sendo o resultado da resistência dos mesmos enviada para a fiscalização. O ensaio era realizado aos 3, 7, 14 e 28 dias após enchimento dos provetes, sendo que inicialmente era realizado apenas aos 3, 14 e 28 dias e após ocorrerem os movimentos registados, passaram a realizar ensaios aos 3, 7 e 28 dias por forma a verificar se ao fim de 7 dias o betão já teria a resistência necessária para que fosse possível executar painéis adjacentes.



Figura 4.3 – Enchimento dos provetes para ensaio à compressão.

Para que melhor se entendam as características do betão aplicado em obra, as características do mesmo e as suas propriedades são evidenciadas de seguida:

BETÃO

O betão é um material que resulta da mistura, em proporções adequadas e controladas, de ligante hidráulico, agregados (grosso – brita ou godo e areia) e água, podendo conter para além destes componentes, adjuvantes.

A composição do betão deve ser selecionada de forma a satisfazer os critérios de comportamento para o betão fresco e para o betão endurecido, incluindo a consistência, peso volúmico, resistência, durabilidade e proteção das armaduras contra a corrosão. **[Sousa Rodrigues dos Santos, João Nuno – Análise do Comportamento de Paredes Tipo Berlim Definitivo. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2011. Dissertação de Mestrado]**

Na execução de todos os elementos foi utilizado betão pronto, fabricado em centrais com controlo de produção. O betão foi transportado em camiões betoneira para a obra e o método utilizado para a sua aplicação foi com recurso a bombeamento e por vezes com recurso a um balde, próprio para a descarga, transportado pela grua.

Os betões a utilizar devem satisfazer todas as propriedades e características especificadas no projeto, de acordo com as exigências da regulamentação e normas aplicáveis, nomeadamente a norma NP EN 206-1 (2007), NP ENV 13670-1 (2007) e especificação LNEC E 464 (2007).

Segundo o projeto de estruturas, o betão utilizado é o seguinte:

- Fundações C25/30
- Muros C25/30
- Superestrutura C25/30
- Betão de regularização C12/15
- Nas fundações, muros e restantes elementos enterrados a classe de exposição ambiental era do tipo XC2, com vista a garantir-se a sua durabilidade. Nos restantes elementos estruturais era utilizado betão com classe de exposição ambiental tipo X0.

De acordo com o projeto foram analisadas as seguintes características do betão:

- ✓ Classe de resistência à compressão;
- ✓ Exposição ambiental;
- ✓ Teor em cloretos;
- ✓ Consistência;
- ✓ Durabilidade;
- ✓ Características dos seus agregados;

Seguidamente será apresentada uma breve descrição de cada uma destas características.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os betões devem respeitar os limites de resistência à compressão indicados para a classe especificada, que se baseia na resistência característica (f_{ck}) aos 28 dias obtida a partir de provetes cilíndricos de 150 mm de diâmetro por 300 mm de altura ($f_{ck,cyl}$) ou a partir de provetes cúbicos de 150 mm de aresta ($f_{ck,cube}$), de acordo com a EN 12390-3 (2003). **[Sousa Rodrigues dos Santos, João Nuno – Análise do Comportamento de Paredes Tipo Berlim Definitivo. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2011. Dissertação de Mestrado]**

No quadro 4.1 podemos verificar quais as classes de resistência à compressão utilizadas.

Classe de resistência à compressão	Resistência característica mínima em cilindros $f_{ck,cyl}$ (N/mm ²)	Resistência característica mínima em cubos $f_{ck,cube}$ (N/mm ²)
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60

Quadro 4.1 - Resistência do Betão à Compressão segundo a classe [Fonte: NP EN 206-1]

EXPOSIÇÃO A AÇÕES AMBIENTAIS

A classe de exposição ambiental do betão em projeto terá de garantir que o mesmo resiste às ações a que vai estar sujeito, protegendo as armaduras, minimizando assim o risco de degradação do mesmo mediante fenómenos de carbonatação ou por iões de cloreto. No quadro 4.2 apresentam-se a classe de exposição presente no projeto.

Corrosão induzida por carbonatação

Classe	Ambiente	Exemplos
XC1	Seco ou permanentemente húmido	Betão no interior de edifícios com baixa humidade do ar; Betão permanentemente submerso em água
XC2	Húmido, raramente seco	Superfícies de betão sujeito a longos períodos de contacto com água; Muitas fundações
XC3	Moderadamente húmido	Betão no interior de edifícios com moderada ou elevada humidade do ar; Betão no exterior protegido da chuva
XC4	Ciclicamente húmido e seco	Superfícies de betão sujeitas ao contacto com a água, fora do âmbito da classe XC2

Quadro 4.2 – Classe de Exposição Ambiental do Betão [Fonte: NP EN 206-1]

TEOR DE CLORETOS

O teor de cloretos de um betão, expresso em percentagem de iões cloreto por massa de cimento, não deve exceder o valor dado no quadro 4.3 para a classe seleccionada.

Classes de teor de cloretos do betão

Utilização do betão	Classe de exposição ambiental	
	XC, XF, XA	XS, XD
Betão sem armaduras de aço ou outros metais embebidos, com excepção de dispositivos de elevação resistentes à corrosão	Cl 1,0	Cl 1,0
Betão com armaduras de aço ou outros metais embebidos	Cl 0,40 ¹⁾	Cl 0,20 ¹⁾
Betão com armaduras pré-esforçadas	Cl 0,20 ¹⁾	Cl 0,10 ¹⁾

¹⁾ Estas classes podem deixar de se aplicar se foram tomadas medidas especiais de protecção contra a corrosão, como protecção do betão, ou recobrimentos, devidamente justificados, ou utilização de aço inox.

Quadro 4.3 – Classe de Teor de Cloretos do Betão [Fonte: NP EN 206-1]

CONSISTÊNCIA

A consistência do betão é influenciada segundo o método e forma de aplicação, o seu acabamento, tempo de transporte e clima. Este fator tem influência direta aquando da verificação da classe de consistência para um determinado elemento.

A classe de consistência de betão pode ser verificada em obra mediante vários ensaios, sendo o mais frequente, o ensaio de abaixamento, referido anteriormente no ponto 4.3.1. No quadro 4.4 apresentam-se as classes de consistência de acordo com a NP EN 206-1 (2007), tendo sido especificado no projeto de estruturas para os muros de berlim, sendo que para

C25/30 temos uma classe de consistência e para C30/37 (que são os utilizados em obra) temos uma classe de resistência diferente como apresentado no quadro 4.4 e 4.5.

Classes de abaixamento		Recomendação:	
Classe	Abaixamento (mm)	Betão para bombear	→ Classe ≥ S3
S1	10 a 40	Pavimentos com meios tradicionais de colocação e acabamento	→ Classe ≥ S3
S2	50 a 90	Superfícies com betão à vista	→ Classe ≥ S3
S3	100 a 150	Elevado tempo de transporte e/ou clima quente	→ Classe ≥ S3
S4	160 a 210	Betões de alta resistência	→ Classe ≥ S4
S5	≥ 220		

Quadro 4.4 - Classe de Consistência do Betão C25/30 [Fonte: NP EN 206-1]

Classes de abaixamento		Recomendação:	
Classe	Abaixamento (mm)	Betão para bombear	→ Classe ≥ S3
S1	10 a 40	Pavimentos com meios tradicionais de colocação e acabamento	→ Classe ≥ S3
S2	50 a 90	Superfícies com betão à vista	→ Classe ≥ S3
S3	100 a 150	Elevado tempo de transporte e/ou clima quente	→ Classe ≥ S3
S4	160 a 210	Betões de alta resistência	→ Classe ≥ S4
S5	≥ 220		

Quadro 4.5 - Classe de Consistência do Betão C30/37 [Fonte: NP EN 206-1]

DURABILIDADE

Para assegurar a durabilidade das estruturas, ou seja, para certificar que as estruturas de betão mantêm a satisfação dos requisitos de comportamento, de resistência e de estabilidade durante o período de vida útil, sem necessitarem de trabalhos de manutenção excepcionais, devem ser respeitados os limites de determinadas características do betão, consoante o ambiente envolvente a que a estrutura é sujeita.

CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES DO BETÃO

- Agregados: Os agregados para betões de ligantes hidráulicos devem obedecer, no que respeita as suas características e condições de fornecimento e armazenamento, ao estipulado na NP EN 206-1 (2007) e na Especificação LNEC E 467:2006 - Guia para a utilização de agregados em betões de ligantes hidráulicos.
- Ligante: Segundo o estipulado no caderno de encargos os ligantes a utilizar na formulação de argamassas e betões estruturais, serão de natureza hidráulica devendo satisfazer as disposições insertas na NP EN 197-1 (2001), cimento.
- Água: A água a utilizar na obra, tanto na confeção dos betões e argamassas como para a cura do betão, deverá, na generalidade, ser doce, limpa e isenta de matérias estranhas em solução ou suspensão, aceitando-se como utilizável a água que, empregue noutras obras, não tenha produzido eflorescências nem perturbações no processo de presa e endurecimento dos betões e argamassas com ela fabricados. A água terá obrigatoriamente de ser analisada e os resultados obtidos terão de satisfazer os limites indicados na NP EN 1008 (2003).
- Adjuvantes: Os adjuvantes a incorporar nos betões com o fim de melhorarem a trabalhabilidade, manterem esta, reduzindo a água de amassadura, aumentarem a resistência ou com outras finalidades como acelerar ou retardar a presa, não devem conter constituintes prejudiciais em quantidades tais que possam afetar a durabilidade do betão ou provocar a corrosão das armaduras. Estes adjuvantes devem satisfazer o conjunto de exigências expressas na NP EN 480.

O cimento utilizado é Portland (CEM I 42,5 R) e para avaliação da sua conformidade foram colhidos provetes cúbicos com secção 225 cm², preparados e curados. Posteriormente foram enviados para laboratório para verificar se estavam conforme as suas especificações.

Dos resultados examinados, não foi detetado nenhum valor abaixo do valor especificado. Os ensaios de compressão foram realizados aos 3 (caso do C30/37), 7,14 e 28 dias de idade. Verificou-se que a tensão de rotura era superior ao valor previsto (25/30 MPa) nos provetes analisados, concluindo-se assim que os betões estavam conforme as especificações técnicas.

No anexo I apresentam-se alguns dos resultados obtidos aos 28 dias.

4.3.2 ENSAIO PDL

Por solicitação do empreiteiro, a Tecnasol FGE realizou uma campanha de prospeção geotécnica complementar, com o objetivo de detalhar a informação existente referente aos terrenos que servirão de base à construção, em particular com o fim de avaliar o grau de compactação dos terrenos abaixo da cota de fundação. Para atingir os objetivos atrás definidos, realizaram-se ensaios com penetrómetro dinâmico ligeiro, PDL.

Na presente campanha de prospeção geotécnica, foi proposta pelo empreiteiro a realização de 7 ensaios com penetrómetro dinâmico ligeiro (PDL). Os locais de realização de cada um dos ensaios foram marcados pelo requerente e são apresentados na figura 4.4.

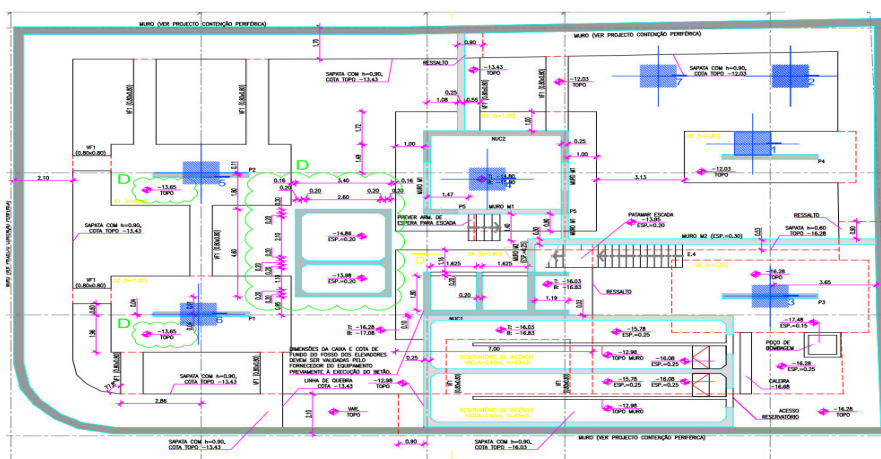


Figura 4.4 - Localização dos pontos de ensaio PDL [Fonte: Relatório Tecnasol FGE]

O ensaio PDL é um ensaio expedito de fácil e rápida execução, aplicável em solos e/ou materiais com comportamento de solo e para profundidades de penetração da ordem da dezena de metros.

O penetrómetro dinâmico ligeiro (PDL) integra-se num grupo de penetrómetros dinâmicos cujo princípio básico é o da cravação de uma peça standard com características geométricas conhecidas, utilizando para o efeito uma quantidade de energia dimensionável.

O ensaio com este penetrómetro avalia a resistência oferecida pelo terreno à penetração de uma ponteira cónica, ligada à ponta de varas metálicas, que é acionada por uma força de choque, ou seja, pela ação de um pilão com peso e altura de queda normalizados.

O ensaio com o penetrómetro dinâmico ligeiro consiste em deixar cair de uma altura normalizada de 50 cm, um peso de 10 kg, contando-se o número de pancadas (n) necessárias para fazer penetrar no terreno, em cada 10 cm, uma ponteira de forma cónica ligada à ponta das varas. O pilão é libertado automaticamente e desloca-se ao longo da vara guia, por forma a bater na espera de aço que aciona a descida do conjunto de varas, em cuja ponta se encontra ligado o cone, até à profundidade de execução do ensaio.

De uma forma geral, dá-se por terminado o ensaio quando o número de pancadas atingir o valor de 120 pancadas, para penetrações iguais ou inferiores a 10 cm. A experiência na execução deste tipo de ensaios permite admitir que, para valores desta ordem de grandeza, se estará já em presença de formações compactas e/ou consistentes. **[Relatório de prospeção geológico-geotécnica complementar, Tecnasol-FGE, fundações e geotécnica, S.A., 2014]**

No caso presente efetuaram-se sete (7) ensaios PDL, apresentando-se no quadro 4.6, para cada ensaio, a profundidade atingida, a cota de início e final de cada ensaio.

Ensaio	Profundidade atingida (m)	Cota de início do ensaio	Cota final do ensaio
PDL 1	4.49	-12.8	-17.29
PDL 2	4.19	-12.3	-16.49
PDL 3	4.66	-12.5	-17.16
PDL 4	4.46	-13.6	-18.06
PDL 5	1.38	-13.5	-14.88
PDL 6	4.28	-11.8	-16.08
PDL 7	4.72	-12.8	-17.52

Quadro 4.6 - Dados PDL

✓ Resultados obtidos:

Os resultados dos ensaios PDL são expressos função da profundidade atingida pela ponteira cónica, através do número de pancadas correspondente a cada 10 cm. Assim sendo, para as diferentes profundidades, o valor da resistência à penetração do terreno (q_d) é determinado através da seguinte equação:

$$q_d = \frac{n \times M^2 \times H}{A \times E \times (M + P)} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

sendo:

M - peso do pilão;

H - altura de queda do pilão;

A - área da base do cone;

E – penetração;

P - peso do conjunto do cone, vara guia e da espera;

n – número de pancadas para o avanço E.

O resultado dos ensaios é expresso sob forma gráfica, em função da profundidade atingida pelo cone, através do número de pancadas para uma cravação de 10 cm, pelas correspondentes resistências dinâmicas aparentes e pela correlação entre o número de pancadas obtidas no ensaio PDL (N_d) e o número de pancadas N_{SPT} . Assim, em anexo apresentam-se, sob a forma gráfica, e em tabelas, os resultados dos ensaios realizados.

Os gráficos apresentados são:

- ✓ N.º pancadas (N_d) vs profundidade
- ✓ Resistência dinâmica (Q_d) vs profundidade
- ✓ Correlação N.º de pancadas PDL (N_d) vs N.º pancadas N_{SPT} ($N_{SPT} = 0.7N_d$)

A presente campanha de ensaios PDL, evidenciada na figura 4.5, foi realizada em condições diferentes das existentes aquando da execução da campanha de prospeção geológico-geotécnica (Outubro de 2014), dado que os ensaios PDL foram efetuados após a escavação do recinto da obra, facto que poderá contribuir para uma eventual descompressão nos terrenos existentes à cota de execução dos referidos ensaios.

Os resultados dos ensaios PDL efetuados nas condições anteriormente descritas são na generalidade, da mesma ordem de grandeza dos obtidos na campanha de prospeção geológico-geotécnica efetuada pela Tecnasol em outubro de 2014.

Nos perfis interpretativos inicialmente apresentados em outubro de 2014, foram agora incluídos os ensaios PDL realizados na presente campanha, de modo a serem perceptíveis os resultados obtidos nas duas campanhas realizadas.

Estes gráficos e resultados serão apresentados no Anexo J.



Figura 4.5 – Equipamento para realização do PDL (esquerda) e pormenor do contador de pancadas (direita).

4.3.3 ENSAIO DE SOLDADURAS – ENSAIO POR LÍQUIDOS PENETRANTES

O ensaio das soldaduras executou-se em obra com a finalidade de testar não só a qualidade das soldaduras efetuadas mas também a rotura das linhas de soldaduras após fenómenos de ocorrência de movimento do terreno e da estrutura em qualquer direção. Para isso, o ensaio escolhido foi o ensaio por líquidos penetrantes.

O ensaio por líquidos penetrantes é um processo não destrutivo de localização de defeitos superficiais que surgem à superfície nos materiais sólidos e não porosos, aproveitando o fenómeno de capilaridade. Trata-se, portanto, de um ensaio superficial de inspeção indireta já que utiliza um penetrante que se introduz nos defeitos superficiais, o qual após a aplicação de um revelador, mostra, de uma forma clara, esses defeitos.

Pelo facto de ser um ensaio não destrutivo este é utilizado para determinar características, propriedades (ensaios físico - químicos), dimensões (ensaios metrológicos) ou comportamento de peças ou equipamentos (ensaios funcionais).

Algumas vantagens dos ensaios não destrutivos:

- Permitem praticar a inspeção a 100%;
- Fornecem resultados relativamente a todo o volume de uma peça;

- Contribuem para melhorar o projeto de uma peça;
- Previnem a ocorrência de falhas em serviço;
- Permitem a deteção e caracterização de defeitos;
- Permitem fazer a caracterização de materiais;
- Permitem fazer a sua caracterização metrológica por verificação das Dimensões.

Este ensaio inicia-se com a limpeza das superfícies. Após a limpeza, aplica-se o líquido penetrante e remove-se o excesso do líquido. Segue-se a aplicação do revelador, de modo a possibilitar a inspeção e interpretação. Por fim, faz-se a limpeza final da peça inspecionada.

O equipamento necessário para este ensaio pode ser portátil ou fixo, sendo, este último, constituído por uma série de postos, correspondendo, cada um deles, a uma determinada fase do método. Na inspeção de peças de grandes dimensões ou em trabalhos de campo para as quais se torna impossível a utilização de equipamentos fixos, é usual utilizar este tipo de equipamentos, logo é o equipamento fixo o utilizado em obra.

Os penetrantes podem ser classificados de acordo com o tipo de pigmento ou processo de remoção utilizado.

O revelador tem a função de aumentar a nitidez das indicações dadas pelo penetrante e podem ser secos, húmidos de base aquosa e húmidos não aquosos.

O equipamento necessário para a aplicação do método é dos mais simples e de menor custo, quando comparado com outros métodos não destrutivos. No entanto, a escolha do equipamento mais adequado deve atender aos seguintes fatores:

- Dimensão da peça;
- Forma da peça;
- Quantidade de peças a inspecionar;
- Fatores económicos.

O equipamento portátil é constituído, essencialmente, pelas embalagens pressurizadas que contêm os materiais líquidos penetrantes, podendo, estes, ser coloridos ou fluorescentes. Estes também se encontram disponíveis a granel, para serem aplicados por pintura, por exemplo.

Um conjunto para ensaio por líquidos penetrantes, em que o penetrante, contém normalmente os seguintes elementos:

- Embalagem do agente de limpeza;
- Embalagem com o líquido penetrante;
- Embalagem do revelador não aquoso;
- Panos e escovas.

AS FASES DO MÉTODO

1º - Preparação da superfície - As superfícies a inspecionar devem estar completamente limpas e secas, porque o estado da superfície influencia a ação de entrada e saída do penetrante. Se necessário as zonas que vão ser alvo de aplicação deste tipo de produtos devem ser escovadas, obtendo um resultado final semelhante ao apresentado na figura 4.6;



Figura 4.6 - Limpeza da base.

2º - Aplicação do penetrante - O líquido penetrante é aplicado de modo a formar, sobre a superfície a inspecionar, um filme contínuo que se estende para além da área a inspecionar, tal como demonstrado na figura 4.7.

Este deve permanecer o tempo suficiente para permitir a atuação do penetrante (aprox. 10 min);



Figura 4.7 – Aplicação do penetrante.

3º- Remoção do excesso de penetrante - Esta fase tem por fim a remoção do excesso de líquido que não penetrou nas fendas e permaneceu na superfície da peça, as zonas onde o líquido não penetra são zonas em que o fio de soldadura está bem executado.

4º - Aplicação do revelador/revelação - A função do revelador consiste em melhorar a visibilidade das indicações dadas pelo penetrante, como evidenciado na figura 4.8.



Figura 4.8 – Aplicação do revelador.

5º - Inspeção e interpretação - A operação de inspeção constitui uma das fases mais importantes na aplicação do método pois a deteção e caracterização das discontinuidades dependerá do operador e da iluminação utilizada;

6º - Limpeza final - Após a operação de inspeção, é necessário proceder à limpeza das peças porque os resíduos dos materiais utilizados podem ter efeitos nocivos quer em operações posteriores de reparação quer no comportamento em serviço das peças.

Metodologia de Execução dos Painéis no Alçado D

“Relativamente à execução dos painéis no alçado D, para execução de painéis consecutivos, é necessário que o betão do painel antecedente atinja a resistência do betão definida em projeto, 30 MPa.” Pela análise dos resultados dos ensaios de resistência à compressão do betão verifica-se que aos 7 dias este tem atingido entre 23 e 28 MPa (conforme ACI em anexo), sendo que a Quadrante informou que se a resistência estiver um pouco abaixo da resistência do betão definida em projeto, 30 MPa, podemos solicitar esclarecimento para verificar a possibilidade de escavar o painel subsequente.

No anexo K, é apresentado o pedido de esclarecimento à proposta.

4.5 PLANEAMENTO DE OBRA

O planeamento de obra é uma ferramenta estratégica para gestão e controlo dos trabalhos inerentes à execução da empreitada. É através da análise periódica do planeamento geral da empreitada, que o ritmo dos trabalhos correntes é controlado, possibilitando assim a verificação dos prazos de execução e contrariar eventuais atrasos da obra.

No planeamento são definidos os prazos globais e parciais da empreitada, as datas de início e conclusão das atividades e o seu encadeamento para a execução da empreitada. Neste documento é também identificado o caminho crítico da obra, ou seja, as atividades cuja execução está sujeita a atividades precedentes e que o atraso das mesmas, tem consequências não recuperáveis na data de conclusão da obra.

Para a execução do edifício foi entregue pelo empreiteiro o plano geral de trabalhos em gráfico de Gantt, também conhecido por mapa de barras. Este planeamento foi elaborado contendo os prazos parciais das atividades a executar dentro do tempo estipulado para o cumprimento do prazo geral da empreitada (352 dias). Dentro destas podem destacar-se:

- Escavação e Contenção Periférica (251 dias)
 - Laje Piso -1 - 1ªfase (11 dias)
 - Laje Piso -1 - 2ªfase (13 dias)
 - Laje Piso -2 - 1ªfase (29 dias)
 - Laje Piso -2 - 2ªfase (19 dias)
 - Laje Piso -3 (35 dias)

- Fundo de Escavação (45 dias)
- Execução da Estrutura de Betão Armado (99 dias)
- Colocação das alvenarias ⇒ A definir pelo executante da 2ª fase;
- Conclusão das especialidades e Arquitetura de interiores desde a colocação de alvenarias até ao final da obra;

Para além do planeamento detalhado, foi entregue o mapa de carga de mão de obra, onde é observada a carga prevista e a carga real durante a execução dos trabalhos. Através deste mapa foi possível constatar se os prazos pré-estabelecidos eram cumpridos e se os rendimentos de mão obra eram os corretos.

Semanalmente foi realizada uma reunião de obra entre o empreiteiro, fiscalização e o Dono de Obra, com o objetivo de analisar as atividades a desenvolver e os respetivos prazos estabelecidos.

Durante o estágio os principais atrasos deveram-se a:

- Planeamento deficiente;
- Aluimento de terras;
- Falta de manutenção da EMCF;
- Falta de equipamento e de mão de obra.

De forma a recuperar o tempo perdido foi realizada uma revisão do planeamento com o intuito de atingir o prazo final inicialmente acordado.

Em anexo L apresenta-se o planeamento de obra.

4.6 CONTROLO DE CUSTOS

A empreitada geral, foi executada por preço global fixo, incluindo erros e omissões, tendo sido estabelecido um montante correspondente à realização de todos os trabalhos necessários na obra para cumprimento dos projetos adjudicados. O controlo de custos é efetuado por duas componentes diferenciadas, custos contratuais e custos suplementares.

CONTROLO DE CUSTOS CONTRATUAIS

O controlo dos custos contratuais envolveu a análise, discussão e aprovação dos autos de medição, apresentados mensalmente pelo empreiteiro e que após aprovados, garantem a faturação mensal da empreitada.

Os autos de medição foram apresentados pelo empreiteiro até ao dia 22 do mês a que se referem, tendo a fiscalização 5 dias úteis para efetuar a sua verificação, discussão e aprovação sobre o montante a faturar.

O auto de medição teve por base a lista de preços e quantidades da empreitada contendo as seguintes informações:

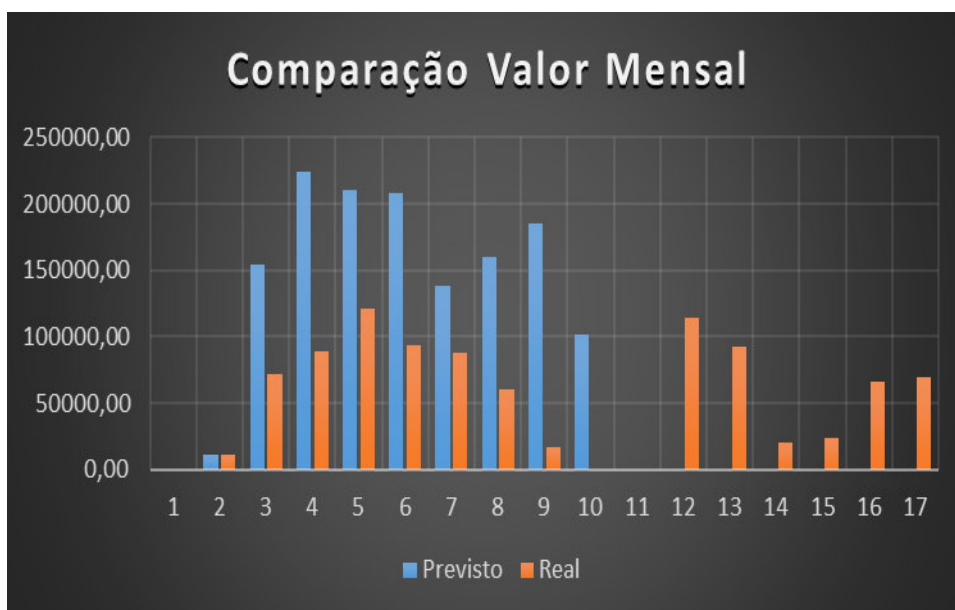
- Identificação da empreitada;
- Artigos da lista de preços unitários, com correspondente medição total;
- A quantificação do trabalho realizado de cada artigo;
- Preço líquido unitário;
- Quantidade faturada;
- Quantidades acumuladas: trabalho total realizado do artigo;
- Valor total;

No anexo M apresenta-se um exemplar de um auto de medição.

Mensalmente foram verificadas as quantidades de trabalho executadas pelo empreiteiro. Após serem verificadas, foi discutido com o empreiteiro o valor a faturar. Todos os meses foi fornecido ao Dono de obra o auto de medições aprovado e a atualização do cronograma financeiro. Uma vez que é possível ter acesso aos valores previstos e aos valores efetivamente gastos desde o início da obra.

Visto que o estágio foi realizado nos meses de março a julho e visto que nesses meses é impossível fazer uma comparação entre valores previstos e valores reais, será apenas feita uma análise geral dos custos utilizando os cronogramas apresentados de seguida, nunca esquecendo que se trata de uma análise de custos contratuais e que os custos acrescidos dos trabalhos não previstos serão analisados no ponto referente aos custos suplementares. Esta análise permite também verificar se o planeamento inicial foi ou não cumprido e se o mesmo estava a ser cumprido desde o início dos trabalhos.

Observando o gráfico de comparação entre o valor mensal previsto e o valor real efetivamente despendido, podemos verificar que desde o início dos trabalhos o valor previsto é em alguns casos bastante superior ao valor real, o que significa que as atividades que decorriam nesse período e o desenvolvimento das mesmas não correu como delineado no planeamento contratual, logo é registado um atraso na execução dos trabalhos como podemos verificar na gráfico 4.1.



.Gráfico 4.1 – Valor mensal previsto vs valor mensal real

Por observação do gráfico de comparação entre os valores acumulados previstos e reais, é possível chegar à conclusão que ao invés de estar concluída a empreitada em apenas 10 meses, devido ao registado anteriormente, a empreitada encontra-se ainda a já decorre há 17 meses e ainda se encontra apenas 67% concluída. O prolongamento do prazo de construção não tem qualquer efeito nos custos contratuais uma vez que todos os custos não previstos são contabilizados nos custos suplementares apresentados já de seguida no gráfico 4.2.



Gráfico 4.2 - % acumulada prevista vs % acumulada real.

CONTROLO DE CUSTOS SUPLEMENTARES

O controlo de custos suplementares consiste na análise de trabalhos extra contratuais apresentados pelo empreiteiro. A análise dos Trabalhos Não Previstos (TNP), após serem considerados válidos (não considerados erros e omissões de projeto), por refletirem trabalhos que não estavam previstos contratualmente, inicia-se pela análise das quantidades e preços apresentados. Quando existem trabalhos no contrato da empreitada, da mesma natureza dos trabalhos reclamados, estes terão os preços unitários de contrato. Por outro lado, se forem trabalhos ou materiais de natureza distinta, novos preços, referentes a trabalhos não incluídos na Lista de Preços Unitários, serão fixados por acordo entre o fiscalização e o empreiteiro. Estes preços serão determinados, desde que possível, pela comparação com preços similares incluídos na Lista de Preços Unitários, constantes da proposta do empreiteiro ou caso esta solução não se mostre viável, os preços serão fixados tendo em conta os preços praticados no mercado.

Foram apresentados pelo empreiteiro alguns trabalhos suplementares, quase todos relacionados com os deslocamentos ocorridos em Novembro, referentes a:

- Monitorização e contenção de paredes de edifícios contíguos;
- Revisão de projetos de ECP e Estrutura;

- Medidas preventivas – Aterro, reforço, célula de carga, injeções e ensaios.

Apresentada uma primeira proposta cabe à Fiscalização analisar essa proposta e dá-la a conhecer ao Dono de obra. Sendo solicitada pelo Dono de Obra uma revisão da mesma, a Fiscalização negocia com o empreiteiro uma nova proposta e uma vez alcançado um valor aceitável a mesma é incluída nos custos de trabalhos suplementares. Como é normal, os eventos ocorridos aumentaram substancialmente o valor dos custos suplementares.

5. CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O presente Trabalho Final de Mestrado teve o objetivo de apresentar as experiências adquiridas e vividas ao longo do estágio curricular, no acompanhamento da construção do edifício Castilho 15. O estágio compreendeu a integração na equipa responsável pela coordenação e fiscalização da obra, tendo desenvolvido várias atividades de fiscalização, por forma a conhecer e compreender os modos de funcionamento da mesma.

Ao longo dos 4 meses, foi possível acompanhar uma fase inicial da obra, tendo assistido e colaborado em todos os processos referentes à mesma. O acompanhamento dos processos construtivos não muito vulgares como a execução de microestacas e a montagem da estrutura metálica de contenção de fachada não foram acompanhados mas ao estudá-los permitiram relacionar os conhecimentos teóricos adquiridos durante o curso de engenharia civil com os aspetos práticos. A revisão do processo de demolição parcial do edifício permitiu a interação direta com o plano de segurança e saúde pois, dado o volume de demolição efetuado foi necessário fiscalizar se os processos eram executados garantindo a segurança de todos os intervenientes em obra.

As alterações e dúvidas de projetos como a alteração do projeto de contenção e escavação assim como a implantação das medidas preventivas devido aos deslocamentos registados neste projeto possibilitaram um relacionamento direto em obra entre os vários intervenientes da obra, como o empreiteiro, projetistas e Dono de Obra, e ao mesmo tempo permitiram ao estagiário aprender com os erros cometidos pelos intervenientes responsáveis.

Este contacto diário com a obra permitiu a aplicação dos conhecimentos teóricos anteriormente adquiridos, fazendo com que o estagiário aperfeiçoasse o seu sentido crítico e crescimento como engenheiro e ao mesmo tempo revelando a necessidade de existirem futuramente mais estágios durante a fase de formação de forma a que se consiga mais facilmente materializar o que nos é ensinado teoricamente.

Assim se pode concluir, que os objetivos traçados para o presente estágio, foram bem sucedidos, e tendo o estagiário a oportunidade de vir a integrar a equipa da DDN durante os próximos 9 meses na realização do estágio profissional.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Decreto-Lei n.º 18/2008. *D.R. Série I*. 20 (08-01-29)

Decreto-Lei n.º 220. *D.R. Série I*. 220 (08-11-12)

Decreto-Lei n.º 273. *D.R. Série I - A*. 251 (03-10-29)

NP EN 197.1: 2001 – Cimento – Parte 1: composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes, Norma Portuguesa, Instituto Português da Qualidade.

NP EN 206.1: 2007 – Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade, Norma Portuguesa, Instituto Português da Qualidade.

NP EN 1008: 2003 – Água de amassadura para betão – Especificação para a amostragem, ensaio e avaliação da aptidão da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para fabrico de betão, Norma Portuguesa, Instituto Português da Qualidade.

NP EN 1998-1:2010 - Projeto de estruturas para resistência aos sismos - Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios, Norma Portuguesa, Instituto Português da Qualidade.

NP EN 12390.3: 2003 – Ensaio de betão endurecido – Parte 3: Resistência à compressão dos provetes de ensaio, Norma Portuguesa, Instituto Português da Qualidade.

NP EN 480.1: 2007 (2ª Edição) - Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção LNEC E464. 2007 – Betões – Metodologia prescritiva para uma vida útil de projeto de 50 e de 100 anos face às ações ambientais, Norma Portuguesa, Instituto Português da Qualidade, Especialização do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

LNEC E464. 2007 – Betões – Metodologia prescritiva para uma vida útil de projeto de 50 e de 100 anos face às ações ambientais, Especialização do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

LNEC E467. 2006 – Betões - Guia para a utilização de agregados em betões de ligantes hidráulicos, Especialização do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Projetos do edifício Castilho 15:

Arquitetura Geral – Realizado por: 3G Office S.L.

Projeto de Execução de Estruturas e Fundações – Realizado por: Quadrante, Engenharia e Consultadoria, SA.

Projeto de Execução de Microestacas de Fundação – Realizado por: Quadrante, Engenharia e Consultadoria, SA.

Relatório de Prospeção Geotécnica – Realizado por: Tecnasol – FGE, Fundações e Geotecnia, S.A.

Projeto de Contenção de Fachada - PERI, Cofragens e Andaimes – PERIcofragens, Lda.

PDML - Plano Diretor Municipal de Lisboa (2013)

RGEU - Regulamento Geral das Edificações Urbanas, Edição Rei dos Livros, Lisboa 2000.

Memória Descritiva e Justificativa do Projeto de Arquitetura do edifício Castilho 15 - 3G Office, S.L., 2008.

Catalão, J - Memória Descritiva e Justificativa do Projeto de Escavação e Contenção Periférica do edifício Castilho 15, Quadrante, Engenharia e Consultadoria, S.A., Julho de 2008.

Ribeiro, P. - Memória Descritiva e Cálculos Justificativos do Projeto de Contenção de Fachadas a manter/Projeto de Microestacas de Fundação do edifício Castilho 15, PAR, Fevereiro de 2014.

Relatório de Prospeção Geológico-geotécnica complementar, Tecnasol – FGE, Fundações e Geotecnia, S.A, Outubro de 2014.

Catalão, J - Aditamento à Memória Descritiva e Justificativa do Projeto de Escavação e Contenção Periférica do edifício Castilho 15, Quadrante, Engenharia e Consultadoria, S.A., Janeiro 2015.

Sousa Rodrigues Dos Santos, João Nuno – *Análise do Comportamento de Paredes Tipo Berlim Definitivo*. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2011. Dissertação de Mestrado.

Sousa Miranda, Dino – *Acompanhamento da Construção do Hotel Europa Plaza*. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012. Dissertação de Mestrado.

Da Silva Cabral de Noronha, Luis Nuno – *Acompanhamento da Construção do Hotel Porto Bay Liberdade*. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2013. Dissertação de Mestrado.

Em Linha:

Fundações indiretas por Microestacas e Jet Grouting. Disponível em: http://www.civil.ist.utl.pt/~cristina/EBAP/DFA_FundacoesMicroestacasJet%20%5BCo%20compatibility%20Mode%5D, consultado em Agosto de 2015.

Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Disponível em: www.lnec.pt, consultado em Agosto de 2015.

Instituto da Construção e do Imobiliário. Disponível em: <http://www.inci.pt/Portugues/Paginas/INCIHome.aspx>, consultado em Agosto de 2015.

Procuradoria Geral Distrital de Lisboa, legislação. Disponível em:

http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=981&tabela=leis, consultado em Agosto de 2015.

Estruturas para contenção de fachadas. Disponível em:

<http://peri.pt/projectos.cfm>, consultado em Agosto de 2015.

