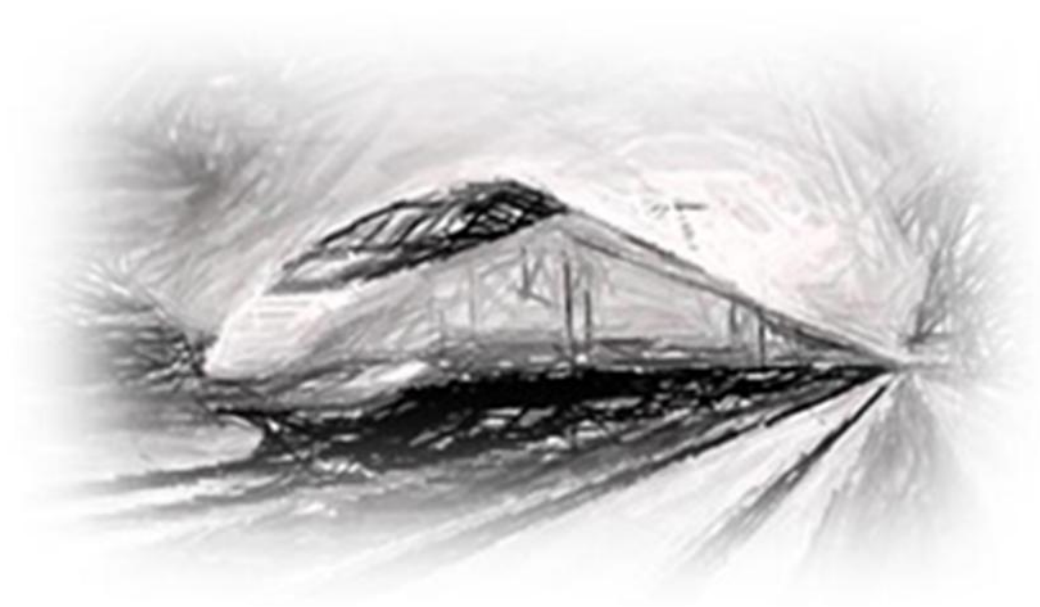


**LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE
PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA**
TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ
SUBTROÇO A5 – ESTAÇÃO DE CAMPANHÃ



PROJECTO DE EXECUÇÃO
V08 – EDIFICAÇÕES
TOMO 8.1.1.00 – ESTAÇÃO DE CAMPANHÃ

Memória Descritiva e Justificativa

Controlo de Assinaturas

Realizado	Revisto	Aprovado Coordenador Projeto
Bruno Quelhas Tiago Figueiredo João Garcia Rui Garcia Alice Matos Dirceu Santos Jorge Varela Francisco Cima Gomes João Figueiras João Rodrigues Jorge Gomes Lourenço Fernandes Thais Paludeto Tiago Braga Abecasis Ricardo Justiniano Rui Tomásio	Mônica Ruffato	Mônica Ruffato
30-04-2026	30-04-2026	30-04-2026
Data e Assinatura	Data e Assinatura	Data e Assinatura

Não necessita de assinatura se aprovado eletronicamente

Informação Adicional	Informação do Documento	
O Gestor de Projeto -	Código Documento PF102A5.PR.08.01.01.00.MDJ.01.docx	
O Responsável Unidade -	Revisão [Comentários]	Data 30-04-2025
O Responsável Departamento -	Código Projetista	
O Diretor -	Nome do Ficheiro PF102A5.PR.08.01.01.00.MDJ.01.docx	

Registo de Alterações

Rev	Data	Autor	Secção Afetada	Alterações
00	10-09-2025	Vários	Edição inicial	-----
01	30-04-2026	Vários	Revisão Geral	-----

LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA**TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ****SUBTROÇO A5 – ESTAÇÃO DE CAMPANHÃ****PROJECTO DE EXECUÇÃO****V08 – EDIFICAÇÕES****TOMO 8.1.1.00 – ESTAÇÃO DE CAMPANHÃ****MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA****ÍNDICE**

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Projeto LAV Porto – Lisboa.....	1
1.2	Apresentação do Lote A	1
1.3	Estação de Campanhã	2
2	INPUTS DE PROJETO.....	4
3	DESCRIÇÃO GERAL DA INTERVENÇÃO	5
3.1	Área De Intervenção	5
3.2	Âmbito De Intervenção	5
4	CONDICIONANTES	6
4.1	Diagrama Funcional e Faseamento Construtivo	6
4.2	Plano De Urbanização De Campanhã (C.M. Porto) + Caderno De Encargos Da IP	6
4.3	Dados de Procura	7
4.3.1	Organização dos serviços.....	7
4.3.2	Procura atual serviços suburbanos + regionais: 3.500 Pax/hora (HPM).....	7
4.3.3	Procura atual serviços de longo curso.....	7
4.3.4	Reforço Oferta / Procura nos serviços suburbanos	8
4.3.5	Evolução da procura no horizonte de análise.....	8
4.3.6	Procura futura serviços convencionais: 15.000 Pax/hora (HPM)	8
4.3.7	Intermodalidade atual serviços suburbanos + regionais	8
4.3.8	Procura futura serviços AV: 6.000 Pax/hora.....	9
4.3.9	Plano de evacuação para as plataformas da AV e dos serviços suburbanos	9
5	OBJETO DA INTERVENÇÃO.....	10
5.1	Inserção urbana (Área de Intervenção de Implantação)	10
5.2	Edifício de passageiros LAV – Passagem Superior Pedonal.....	11

5.3	Plataformas de Passageiros – Existentes e Alta Velocidade	15
5.4	Passagens Inferiores Pedonais – PIP Norte e PIP Sul	15
5.5	Arranjos Exteriores – Praças da Estação e Interfaces Multimodais	16
5.5.1	Praça da Estação AV (Praça Nascente)	16
5.5.2	Praça da Estação Existente (Praça Poente)	17
6	ARQUITETURA	18
6.1	Conceitos E Princípios Orientadores	18
6.2	Materiais	18
6.3	Iluminação + Painéis Solares E Fotovoltaicos	21
6.4	Mobiliário	21
7	ESTRUTURAS	23
7.1	Elementos Base	23
7.2	Escavação e Contenção Periférica	23
7.2.1	Considerações Iniciais	23
7.2.2	Principais Condicionamentos	23
7.2.3	Solução Proposta	26
7.2.4	Processo / Faseamento Construtivo	30
7.2.5	Materiais	32
7.2.6	Ações	33
7.2.7	Combinações De Ações	33
7.2.8	Verificação Da Segurança	36
7.2.9	Modelos De Cálculo	42
7.2.10	Verificação Da Segurança	45
7.2.11	Regulamentação	50
7.2.12	Considerações Finais	51
7.3	Estruturas e Fundações	52
7.3.1	Considerações Iniciais	52
7.3.2	Principais Condicionamentos	52
7.3.3	Descrição Das Soluções Propostas	52
7.3.4	Faseamentos Construtivos	67
7.3.5	Materiais	67
7.3.6	Ações	71
7.3.7	Combinações de Ações	75
7.3.8	Verificação Da Segurança	79

7.3.9	Modelos de Cálculo	93
7.3.10	Normas e Regulamentos	98
7.3.11	Considerações Finais	99
8	AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO (AVAC)	100
8.1	Instalações e equipamentos a considerar	100
8.2	Condições exteriores	100
8.2.1	Zona climática	100
8.3	Condições internas desejadas	100
8.4	Condições internas da qualidade do ar QAI	101
8.5	Cargas internas consideradas	101
8.6	Bases de dimensionamento	101
8.6.1	Critérios gerais de setorização e dimensionamento	102
8.6.2	Previsão de espaços técnicos	102
8.6.3	Estratégias de redução dos consumos de energia e de utilização de fontes renováveis ...	102
8.6.4	Estratégia de contagem de energia térmica	103
8.6.5	Descrição geral da instalação	103
8.7	Interligação com outras especialidades	104
8.8	Normas e Regulamentos aplicáveis	104
9	REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	107
9.1	Instalações e equipamentos a considerar	107
9.2	Bases de dimensionamento dos sistemas	107
9.2.1	Critérios de dimensionamento	107
9.2.2	Tubos de queda	107
9.2.3	Ramais prediais e de ligação	108
9.2.4	Condições de auto-limpeza	108
9.2.5	Velocidade de escoamento	109
9.2.6	Inclinação da tubagem	109
9.3	Configurações propostas para os diferentes sistemas	109
9.4	Sistemas de bombagem e tratamento	110
9.5	Critérios de dimensionamento das instalações e equipamentos	110
9.6	Medidas propostas para aumentar a eficiência hídrica	111
9.7	Interligação com outras especialidades	111
9.8	Normas e Regulamentos Aplicáveis	112
10	REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS	113

10.1	Instalações e equipamentos a considerar	113
10.2	Bases de dimensionamento dos sistemas	113
10.2.1	Critérios de dimensionamento	113
10.2.2	Caudais de descarga	113
10.2.3	Caudal de cálculo	113
10.2.4	Diâmetros	114
10.2.5	Velocidade de escoamento.....	115
10.2.6	Inclinação da tubagem	115
10.2.7	Condições de auto-limpeza	115
10.3	Configurações propostas para os diferentes sistemas	116
10.4	Sistemas de bombagem e tratamento	116
10.5	Critérios de dimensionamento das instalações e equipamentos	116
10.6	Medidas propostas para aumentar a eficiência hídrica	116
10.7	Interligação com outras especialidades.....	117
10.8	Normas e Regulamentos Aplicáveis	117
11	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS	118
11.1	Instalações e equipamentos a considerar	118
11.2	Bases de dimensionamento dos sistemas	118
11.2.1	Critérios de Dimensionamento.....	118
11.2.2	Velocidade	119
11.2.3	Caudais instantâneos	119
11.2.4	Fórmulas de Cálculo	120
11.3	Configurações propostas para os diferentes sistemas	120
11.4	Sistemas de bombagem, aquecimento e tratamento	121
11.5	Critérios de dimensionamento das instalações e equipamentos	121
11.6	Medidas propostas para aumentar a eficiência hídrica	121
11.7	Interligação com outras especialidades.....	122
11.8	Normas e Regulamentos Aplicáveis	122
12	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	124
12.1	Instalações e equipamentos a considerar	124
12.2	Bases de dimensionamento.....	124
12.2.1	Cabos e Proteções	124
12.2.2	Correntes de curto-circuito.....	124
12.2.3	Quedas de tensão.....	126
12.3	Discriminação e justificação das necessidades de energia elétrica.....	126

12.3.1	Descrição geral da instalação.....	127
12.4	Interligação com outras especialidades.....	128
12.5	Normas e Regulamentos aplicáveis	129
12.5.1	Produção de Energia Elétrica com fontes renováveis	129
12.6	Proteção Contra Descargas Atmosféricas.....	130
13	SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS	131
13.1	Caracterização da Estação.....	131
13.2	Enquadramento (UT & Categoria de Risco)	131
13.3	Compartimentação Corta-Fogo	132
13.4	Cálculo Efetivo	132
13.4.1	Conformidade com RT-SCIE:	132
13.5	Método de Evacuação	134
13.5.1	Cais	134
13.5.2	Estacionamento	135
13.5.3	Escritórios/Comércio	135
13.6	Ascensores	136
13.7	Meios de Intervenção.....	137
13.8	Sistemas de Controlo de fumo.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Carta Geológica – Excerto da Folha 9-C - Porto	24
Figura 2 - Planta de localização das sondagens efetuadas.....	25
Figura 3 – Vista 3D da escavação e contenção periférica	28
Figura 4 – Vista 3D Berlim provisório PIP Norte	29
Figura 5 – Vista 3D Berlim provisório PIP Sul.....	29
Figura 6 – Modelo Plaxis - Corte da estrutura de contenção paralela às linhas do comboio	44
Figura 7 – Modelo Plaxis - Corte da estrutura de contenção lateral do edifício nascente	44
Figura 8 – Modelo Plaxis - Corte da PIP zona das escadas	45
Figura 9 – Modelo Plaxis - Corte da PIP zona do túnel	45
Figura 10 – Edifício Ponte: Corte longitudinal cais corrente.	55
Figura 11 – Edifício Ponte: Corte transversal cais corrente.....	56
Figura 12 – Edifício Ponte: Corte longitudinal praça nascente.	56
Figura 13 – Edifício Ponte: Corte transversal praça nascente.....	57
Figura 14 – Bloco de acessos verticais a ponte: Corte longitudinal.	58
Figura 15 – Bloco de acessos verticais a ponte: Corte transversal.	59
Figura 16 – Passadiço de acesso à estação do Metro: Corte longitudinal.	60
Figura 17 – Passadiço de acesso à estação do Metro: Corte transversal.....	61
Figura 18 - Vista 3D do edifício Nascente.....	62

Figura 19 – Vista 3D da PIP Sul.....	65
Figura 20 – Vista 3D PIP Norte	66
Figura 21 – Modelo de cálculo Edifício Ponte: Predominância da Fachada Sul.	94
Figura 22 – Modelo de cálculo Edifício Ponte: Predominância da Fachada Norte.....	94
Figura 23 – Modelo de cálculo Edifício Ponte: (a) Secção Cais Corrente; (b) Secção Praça Nascente.....	95
Figura 24 – Modelo de cálculo Bloco Poente: Predominância da Fachada Sul.	95
Figura 25 – Modelo de cálculo Bloco Poente: Predominância do lado Nascente.	96
Figura 26 – Modelo de cálculo Passadiço: Predominância do lado Sul.	96
Figura 27 – Modelo de cálculo Passadiço: Predominância do lado Norte.....	97
Figura 28 – Modelo Robot da estrutura do edifício Nascente	97

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1– Coeficientes parciais de segurança para as ações.....	35
Quadro 2– Coeficientes parciais de segurança para o solo	35
Quadro 3 – Coeficientes parciais de segurança para as capacidades resistentes	35
Quadro 4 – Parâmetros do solo adotado para o modelo	43
Quadro 5 – Quadro de sapatas	62
Quadro 6 – Quadro de Pilares	63
Quadro 7 – Quadro de Vigas	64
Quadro 8 – Retração do Betão.	73
Quadro 9 – Valores de pressão dinâmica e coeficientes de força/pressão adotados.	74
Quadro 10 – Valores de pressão dinâmica e coeficientes de atrito adotados.....	74
Quadro 11 – Parâmetros para definição da ação sísmica.	74
Quadro 12 – Coeficientes parciais de segurança – situações permanentes de projeto – ELU.....	75
Quadro 13 – Coeficientes de combinação – situações permanentes de projeto.....	75
Quadro 14 - Coeficientes parciais de segurança para as ações	77
Quadro 15 – Coeficientes parciais de segurança para o solo	77
Quadro 16 – Coeficientes parciais de segurança para as capacidades resistentes	78
Quadro 17 – Coeficiente de forma para secções quadradas / retangulares	89

ANEXOS

ANEXO I. ANÁLISE MACRO DOS FLUXOS

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROJETO LAV PORTO – LISBOA

O projeto da Nova Linha de Alta Velocidade entre Porto e Lisboa (LAV Porto-Lisboa), faz parte do Plano Nacional de Investimentos (PNI) 2030, cujo objetivo é reduzir o tempo de percurso entre estas duas cidades, aumentando a qualidade dos serviços de médio e de longo curso e libertar capacidade da Linha do Norte para o tráfego de passageiros regional, suburbano e de mercadorias.

A LAV Porto-Lisboa terá uma extensão total de aproximadamente 295 km, visa atingir um tempo de percurso direto entre Porto e Lisboa na ordem da 1h15, estará preparada para tráfego de passageiros a uma velocidade máxima de 300 km/h. Desenvolver-se-á em bitola ibérica (1668 mm), de forma a permitir a articulação com a Linha do Norte, com ligações diretas entre linhas ferroviárias e disponibilização do serviço AV nas estações ferroviárias existentes e para tal adaptadas (Porto - Campanhã e Aveiro).

A linha servirá 6 estações: uma nova estação será construída em Vila Nova de Gaia; as outras cinco estações, nomeadamente Porto (Campanhã), Aveiro, Coimbra-B, Leiria e Lisboa (Oriente), são estações já existentes, que serão adaptadas para receber os novos serviços de alta velocidade (AV).

A LAV Porto-Lisboa será ligada à rede convencional, nomeadamente à Linha do Norte e à Linha do Oeste, a norte e a sul das referidas estações existentes, para permitir o acesso dos comboios de AV às mesmas e o acesso dos comboios de longo curso convencionais à LAV Porto-Lisboa. Esta integração entre as duas redes, AV e convencional, possibilita, ainda, que a construção da LAV seja faseada no tempo. A LAV Porto-Lisboa será, assim, construída em 3 fases:

- Fase 1, subdividida nos troços entre Porto (Campanhã) e Oiã (a que se refere o presente anúncio indicativo) e entre Oiã e Soure (com ligação à Linha do Norte);
- Fase 2, entre Soure e o Carregado (com ligação à Linha do Norte);
- Fase 3, entre o Carregado e Lisboa (Oriente).

Nesse sentido, a Fase 1 da Nova Linha de Alta Velocidade entre Porto e Lisboa, inicia-se pelo troço Porto – Soure, onde a Linha do Norte se encontra mais congestionada e com pouca capacidade de resposta, estando dividida em dois lotes:

- Lote A, entre Aveiro (Oiã) e Porto (Campanhã), e
- Lote B, entre Soure e Aveiro (Oiã), desenvolvido de forma integrada com o Lote A.

1.2 APRESENTAÇÃO DO LOTE A

O Lote A compreende o troço norte da Fase 1 da LAV Porto-Lisboa, referente a linha ferroviária de alta velocidade entre Porto (Campanhã) e Oiã (LAV Porto-Oiã). Com uma extensão aproximada de 71 km, desenvolve-se em território de 10 concelhos, nomeadamente, Oliveira do Bairro, Aveiro, Albergaria-a-Velha, Estarreja, Ovar, Oliveira de Azeméis, Espinho, Santa Maria da Feira, Vila Nova de Gaia e Porto. Segundo a Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUT), os

concelhos em causa integram as NUTII Centro e Norte, mais especificamente a Região de Aveiro e Área Metropolitana do Porto (NUTIII).

O projeto incluirá as travessias rodo e ferroviária do rio Douro, a adaptação da atual Estação de Porto (Campanhã) às necessidades da AV, a construção, de raiz, de uma nova Estação em Vila Nova de Gaia, e uma subestação de tração elétrica. Incluirá, também, ligações desniveladas e nos dois sentidos à Linha do Norte, cada uma com, aproximadamente, 8,5 km de extensão, a materializar nas proximidades de Canelas, visando servir a atual Estação de Aveiro.

1.3 ESTAÇÃO DE CAMPANHÃ

No âmbito do projeto da Linha de Alta Velocidade Porto-Lisboa (LAV), a Cidade do Porto passará a dispor dos serviços de alta velocidade diretamente na Estação de Campanhã, que será objeto de intervenção visando, simultaneamente, integrar os referidos serviços e reforçar a sua centralidade.

A intervenção na Estação de Campanhã deverá, assim, responder às necessidades de um sistema ferroviário de dupla natureza, convencional e de alta velocidade (AV).

A intervenção ampliará o seu caráter multimodal, agregando várias valências, e constituir-se-á como o centro de um novo polo de atividade social e económica da Cidade do Porto, sendo um projeto de relevante interesse local, regional e nacional, com impacto na esfera de responsabilidades das entidades com jurisdição no território direta ou indiretamente influenciado pelo projeto da LAV. A conceção desta intervenção deverá seguir uma estratégia de integração do sistema ferroviário com os vários modos de transporte públicos em presença (p.e. metro, autocarros, táxis/TVDE, mobilidade suave), assim como de valorização da LAV.

Esta intervenção deverá integrar-se, igualmente, na estratégia de desenvolvimento pensada pela Câmara Municipal do Porto para o vale de Campanhã, que se encontra plasmada nos estudos urbanísticos em curso no âmbito do Plano de Urbanização de Campanhã.

No essencial, a adaptação do layout ferroviário da Estação de Campanhã tem como objetivo, por um lado, permitir a paragem de comboios de AV de 400 m de comprimento e, por outro, assegurar a ligação entre as linhas que irão receber os serviços AV e as Linhas do Norte e do Minho.

Trata-se da adaptação à AV da atual linha VIII e das linhas a nascente desta, mediante o prolongamento, para 420 m, da plataforma existente (entre as linhas VIII e IX) e a instalação de uma plataforma nova, também com 420 m de extensão e com 10 m de largura (entre as linhas X e XI). Assim, a estação compreenderá duas plataformas principais para a entrada e saída de passageiros.

Na parte sul da Estação Porto (Campanhã), a via dupla proveniente da nova travessia do rio Douro será ligada à Linha do Norte, visando assegurar o acesso de sul à estação atual (até à linha VI). De igual modo, na parte norte da Estação Porto (Campanhã) será assegurada a articulação das linhas VIII a XI com a Linha do Minho, para permitir o acesso a Contumil e a ligação a Braga e Valença, assim como a futura ligação ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro em AV. Na oportunidade, serão instalados, no “miolo” da estação, aparelhos de mudança de via que visam otimizar o seu funcionamento global.

Adicionalmente, será construído um novo edifício de passageiros a nascente da atual estação, ligado à atual estação, a ponte, por uma passagem superior as vias. Este edifício será dotado de estacionamento e de interface com outros modos de transporte, implicando a reformulação da rede

viária imediatamente adjacente e a execução de arranjos exteriores. A torre do edifício de passageiros inclui pisos superiores destinados aos serviços da IP, que ficarão em tascos.

Pretende-se que a Estação de Campanhã seja um espaço emblemático da cidade, marcando a chegada de um novo serviço ferroviário de excelência. A organização espacial da Estação será estruturada de modo a garantir uma funcionalidade otimizada e sustentável, oferecerá ao passageiro um espaço com enquadramento agradável, confortável e acolhedor, quer do ponto de vista físico, quer visual, através da adoção de uma imagem moderna e de uma distribuição otimizada do espaço.

2 INPUTS DE PROJETO

O presente estudo teve como dados de entrada:

- Programa do procedimento e Caderno de Encargos IP
- Estudo Prévio da IP
- Estudo de Impacte Ambiental e conclusões APA
- Normativo aplicável

3 DESCRIÇÃO GERAL DA INTERVENÇÃO

3.1 ÁREA DE INTERVENÇÃO

A área de intervenção do atual Projeto da Estação de Campanhã é limitada a poente pelo lancil da praça existente (praça poente) à cota 68.50, incluindo o interface de autocarros locais dos STCP e o novo atravessamento sobre a linha de metro.

Excluindo o atual edifício principal da estação (edifício novecentista), abrange a ampliação da PIP Sul, reformulação dos acessos existentes na PIP Norte e as 5 plataformas das linhas 1 a 11. Compreende também uma vasta área a nascente da plataforma dos cais, onde se implantam a nova praça intermodal (praça nascente) à cota 64.00, albergando o acesso principal ao novo edifício de passageiros, dois acessos ao novo parque de estacionamento e percurso-coberto de ligação entre esta e as duas PIPs. Inclui ainda uma zona mais a nascente a uma cota inferior, 52.00, onde se preveem os acessos ao pátio de escritórios que inclui a previsão de ligação à futura “Via Corniche”, prevista no plano de Urbanização de Campanhã que se encontra excluída do âmbito do presente contrato.

Este limite da área de intervenção, proposta no âmbito do projeto de arquitetura da Estação de Campanhã, encontra-se representado a linha tracejada verde nos desenhos das plantas do projeto de arquitetura.

3.2 ÂMBITO DE INTERVENÇÃO

No âmbito do projeto da linha de Alta Velocidade Porto-Lisboa (LAV), a Estação de Campanhã passa a incorporar, simultaneamente, plataformas de embarque para comboios ditos convencionais e, dois novos cais que servem 4 linhas de comboios de alta velocidade.

No seguimento deste desafio fundamental pretende-se ainda, concentrar num novo edifício de estação, todos os programas públicos e de apoio ao seu funcionamento assim como os serviços administrativos da IP, que hoje se encontram dispersos por vários edifícios e locais.

Igualmente se sentiu a necessidade de ampliar e reestruturar os espaços públicos da estação propondo a construção duma nova passagem pedonal superior, com o fim de reformular a organização geral do interface de Campanhã, o qual à data se encontra um pouco desarticulado.

Finalmente pretende-se integrar e melhorar as conexões entre os vários edifícios envolventes da estação que acolhem os diferentes modos de transporte:

- Público (metro, autocarros locais e regionais, táxis e TVDE),
- Privado (automóvel, motociclos, bicicletas, etc.),

reforçando a centralidade da estação de Campanhã como principal polo intermodal de transportes da Área Metropolitana do Porto.

4 CONDICIONANTES

4.1 DIAGRAMA FUNCIONAL E FASEAMENTO CONSTRUTIVO

O presente projeto considerou como principal condicionante o diagrama funcional futuro da Estação de Campanhã (documento Apêndice 3 à parte A do Anexo 5 do Caderno de Encargos) assim como o documento de Faseamento construtivo da Estação de Campanhã (documento Anexo 6 ao Caderno de Encargos).

4.2 PLANO DE URBANIZAÇÃO DE CAMPANHÃ (C.M. PORTO) + CADERNO DE ENCARGOS DA IP

O atual anteprojeto da estação de Campanhã tem por base o “Programa Preliminar do Caderno de Encargos” definido no concurso público lançado pela IP no ano de 2024 e nos estudos urbanísticos preliminares aí apresentados e elaborados pelo Arq. Joan Busquets.

Enquadra-se igualmente nos princípios reguladores definidos no “Plano de Urbanização de Campanhã” (plano à data em fase de desenvolvimento na C. M. do Porto) e nas orientações urbanísticas informadas nas diversas reuniões de trabalho que o Consorcio e os Projetistas realizaram nos últimos meses com a Autarquia.

O Plano de Urbanização abrange uma área de intervenção alargada da freguesia de Campanhã, em que a Estação é o equipamento principal e centro estruturante de todo o plano.

As estratégias gerais para a futura Estação de Campanhã, definidas quer pelos estudos urbanísticos em curso, quer pelo programa e objetivos da IP, estabelecem uma série de princípios de intervenção que foram adotados para a elaboração do presente projeto:

- A instalação de novos equipamentos nas 4 plataformas existentes (linhas 1,2,3,4,5,6,7 a par da remodelação e ampliação da 5ª plataforma (linhas 8 e 9) e a construção de uma nova plataforma, mais a nascente, para albergar as linhas 10 e 11. Estas 4 últimas linhas servirão os comboios de alta velocidade;
- A construção de um novo edifício de passageiros, com acessos por ambos os lados da cidade (poente-nascente), incluindo a passagem superior sobre todas as plataformas, interligando a praça a poente e a nova praça intermodal a nascente;
- A construção de passagem pedonal sobre a atual linha de metro e o terminal dos STCP a poente;
- A concentração de novas instalações administrativas da IP e de escritórios no interior do edifício de passageiros;
- A construção de um novo parque de estacionamento coberto, com 620 lugares, a nascente.
- A extensão para nascente da Passagem Inferior Pedonal (PIP) Sul, ao eixo do edifício de estação novecentista, e a construção das duas novas ligações à PIP Norte;
- O restabelecimento da Rua Pinheiro de Campanhã e a inclusão do estudo de viabilidade para a futura via estruturante de Campanhã, Via Corniche, esta última a construir pela CM Porto.

Uma outra condicionante, que interferirá com o normal desenvolvimento dos trabalhos em fase de obra, com implicações determinantes nos princípios construtivos e na filosofia de elaboração do

projeto da estação em geral, e da passagem pedonal superior em particular, decorre do faseamento construtivo estabelecido pela IP e Gestor da Infraestrutura - como definido no Anexo 6 do CE da IP.

Neste documento são impostas uma série de regras restritivas (espaciais e temporais) a prever durante todo o período de obra na zona das 14 linhas em exploração, dotadas de plataformas de embarque em pleno funcionamento.

Sendo compreensível esta imposição, pelo Gestor da Infraestrutura, nesta área central das linhas e plataformas, de condicionamento dos trabalhos de execução da obra, tem, no entanto, natural reflexo na definição de soluções construtivas do projeto, as quais deverão ser naturalmente mais “leves”, pré-fabricadas, de forma a proporcionar trabalhos de mais fácil “encaixe” no local de obra e requerendo menores períodos de tempo.

É importante mencionar ainda como condicionante, a escala e o dimensionamento dos edifícios e dos seus espaços interiores, assim como de todos os átrios públicos, circulações e acessos horizontais e verticais, que seguiram em tudo quer o definido no Programa Preliminar da IP, quer o dimensionamento que advém de princípios arquitetónicos de conforto espacial, quer ainda resultado dos dados de procura patentes no Apêndice 3 do CE.

Foram ainda cumpridas as condicionantes e disposições legais em vigor, assim como normas aplicáveis a este tipo de equipamento.

4.3 DADOS DE PROCURA

4.3.1 ORGANIZAÇÃO DOS SERVIÇOS

Em Campanhã realizam-se atualmente diversos serviços ferroviários que podem ser organizados em três tipologias: serviços suburbanos, serviços regionais e serviços de longo curso (que inclui o serviço do Alfa-Pendular e o Intercidades). O conjunto destes serviços constitui o serviço convencional.

O serviço de AV (Alta Velocidade) será viabilizado futuramente, na sequência do investimento previsto em infraestrutura (dos quais faz parte a presente estação) e material circulante, a cargo dos futuros operadores ferroviários deste serviço.

4.3.2 PROCURA ATUAL SERVIÇOS SUBURBANOS + REGIONAIS: 3.500 PAX/HORA (HPM)

Atualmente, na estação de Campanhã circulam cerca de 3.500 passageiros/hora na Hora de Ponta da Manhã (7:30h-8:30h) de dia útil (época escolar), segundo dados observados e recolhidos durante o mês de março de 2024. Concluiu-se ainda, fruto das recolhas efetuadas no terreno que, nas atuais circunstâncias, Campanhã representa cerca de 25% das entradas na cidade do Porto durante a Hora de Ponta da Manhã, no global das estações do Porto (Campanhã e São Bento). No fluxo contrário, de saída da cidade, que ocorre sobretudo na parte da tarde, esta distribuição altera-se, representando Campanhã cerca de metade dos movimentos de saída, a par de São Bento.

No período de análise não se realizaram serviços de longo curso.

4.3.3 PROCURA ATUAL SERVIÇOS DE LONGO CURSO

Foram analisadas algumas circulações de serviços de longo curso com o objetivo de conhecer a taxa de ocupação dos atuais serviços. Verificou-se que, em algumas circulações, os comboios

chegam/partem de Campanhã próximos da lotação máxima, indicando um subdimensionamento da oferta.

Adicionalmente, estimou-se o recurso à compra online face à compra na bilheteira (através de um estudo comparativo entre os bilhetes vendidos cerca de 1 hora e 30 minutos antes do início da viagem e os bilhetes vendidos 30 minutos antes) oscilando entre 15 a 25%.

4.3.4 REFORÇO OFERTA / PROCURA NOS SERVIÇOS SUBURBANOS

Tendo em conta os investimentos já consolidados ou previstos a curto/médio prazo em termos de infraestrutura e equipamento ferroviário, existe um aumento potencial da oferta de serviços suburbanos no Porto (nomeadamente a quadruplicação do troço Contumil/ Ermesinde e a aquisição de novos comboios para os suburbanos). A par disso, é importante dar nota, que muitos dos atuais serviços suburbanos chegam/partem de Campanhã na sua lotação máxima, o que revela uma procura latente que não está a ser servida de forma eficiente, dado o subdimensionamento da oferta.

4.3.5 EVOLUÇÃO DA PROCURA NO HORIZONTE DE ANÁLISE

Nos investimentos em infraestrutura é considerado um horizonte de análise de, normalmente, 30 anos, pelo que as estimativas de procura devem acomodar a evolução nesse período.

O sistema de transporte público da Área Metropolitana do Porto tem vindo a consolidar-se nos últimos anos, com a entrada em funcionamento do Metro do Porto e, mais recentemente, a nova rede metropolitana de transporte público rodoviário (UNIR). Encontram-se em curso e/ou previstas expansões na rede do Metro do Porto que vão ter fortes impactos na distribuição da procura. Desta forma, admite-se que, num horizonte de 30 anos, podem ocorrer alterações relevantes na procura justificando que se considerem estimativas de crescimento mais ambiciosas.

Segundo os dados disponíveis no INE para os passageiros transportados nos serviços suburbanos da ferrovia pesada a nível nacional, no período entre 2004 e 2023 verificou-se um aumento de 36% (de 135 680 em 2004 para 184 028 em 2023). Se admitirmos a mesma progressão para 30 anos o crescimento seria de 56%.

4.3.6 PROCURA FUTURA SERVIÇOS CONVENCIONAIS: 15.000 Pax/HORA (HPM)

Sob estas premissa pode ser possível, tendo garantido o necessário aumento de frequência e/ou capacidade dos serviços convencionais, alcançar valores de procura que se aproximariam dos 15.000 passageiros/hora no horizonte de análise.

4.3.7 INTERMODALIDADE ATUAL SERVIÇOS SUBURBANOS + REGIONAIS

Em termos de dinâmicas intermodais com os serviços suburbanos + regionais, registadas na Hora de Ponta da Manhã de dia útil escolar, cerca de 65% dos fluxos totais do comboio são de interação com o metro e 20% com o modo pedonal (em que mais de 85% se dão do lado poente da estação). Ao nível dos fluxos do Terminal Intermodal de Campanhã (neste caso foi analisada a Hora de Ponta da Tarde de sexta-feira, que constitui um pico na procura dos serviços rodoviários “expresso” de longo curso), do lado nascente, quase 60% do fluxo interage com o metro, mas um fluxo representativo de quase 20% prende-se com os táxis, TVDE e Kiss & Ride do lado nordeste do TIC.

O conhecimento da atual dinâmica intermodal foi fundamental para estimar a distribuição dos fluxos entre a Passagem Superior, a Passagem Inferior Sul e a Passagem Inferior Norte.

4.3.8 PROCURA FUTURA SERVIÇOS AV: 6.000 PAX/HORA

Ao nível da procura futura para a AV, com os 6.000 passageiros/hora ponta admite-se uma distribuição de 750 passageiros em 8 comboios, com 80% da procura de/para sul e 20% de/para norte (i.e. nos comboios com destino a sul 80% do fluxo é de entrada e 20% do fluxo é de saída e, nos comboios com destino a norte, 80% é de saída e 20% do fluxo é de entrada). Isto resulta numa média de 50/50 para as partidas e chegadas a Campanhã com destino a sul.

Como pressuposto, admitiu-se que os comboios nunca param em simultâneo na plataforma, já que existem três linhas específicas/dedicadas em Campanhã (IX, X e XI) para a AV. Nestas três linhas haverá 2 a 3 comboios por hora por linha (média de 2,66 comboios/hora e uma headway de 22,5' no pior cenário).

Na estação de Campanhã, os serviços suburbanos distribuem-se atualmente por 8 linhas com uma média de 2 a 3 comboios por hora, em hora de ponta, e com uma headway por plataforma de 60'. Atualmente a oferta em hora de ponta perfaz cerca de 20 comboios/hora, mas dado o nível de investimento que se irá executar, considera-se que seja possível aumentar em pelo menos 20% a oferta atual. Isso representa na hora de ponta da manhã um aumento de 13 para 16 comboios a chegarem ao Porto e de 7 para 8 comboios a saírem do Porto (com uma headway por plataforma de 13' nas chegadas e 24' nas partidas).

4.3.9 PLANO DE EVACUAÇÃO PARA AS PLATAFORMAS DA AV E DOS SERVIÇOS SUBURBANOS

Em termos de plano de evacuação para os comboios de AV consideraram-se 750 pessoas na plataforma a embarcar para uma capacidade de 1.600 passageiros nos comboios (admitindo a procura máxima de dois comboios, de acordo com a NFPA 130). Para os comboios suburbanos, admitindo-se 4 comboios por plataforma (2 no sentido mais pressionado e 2 no sentido contrário), consideraram-se cerca de 1.000 passageiros a embarcar para uma capacidade de 3.200 passageiros nos comboios.

5 OBJETO DA INTERVENÇÃO

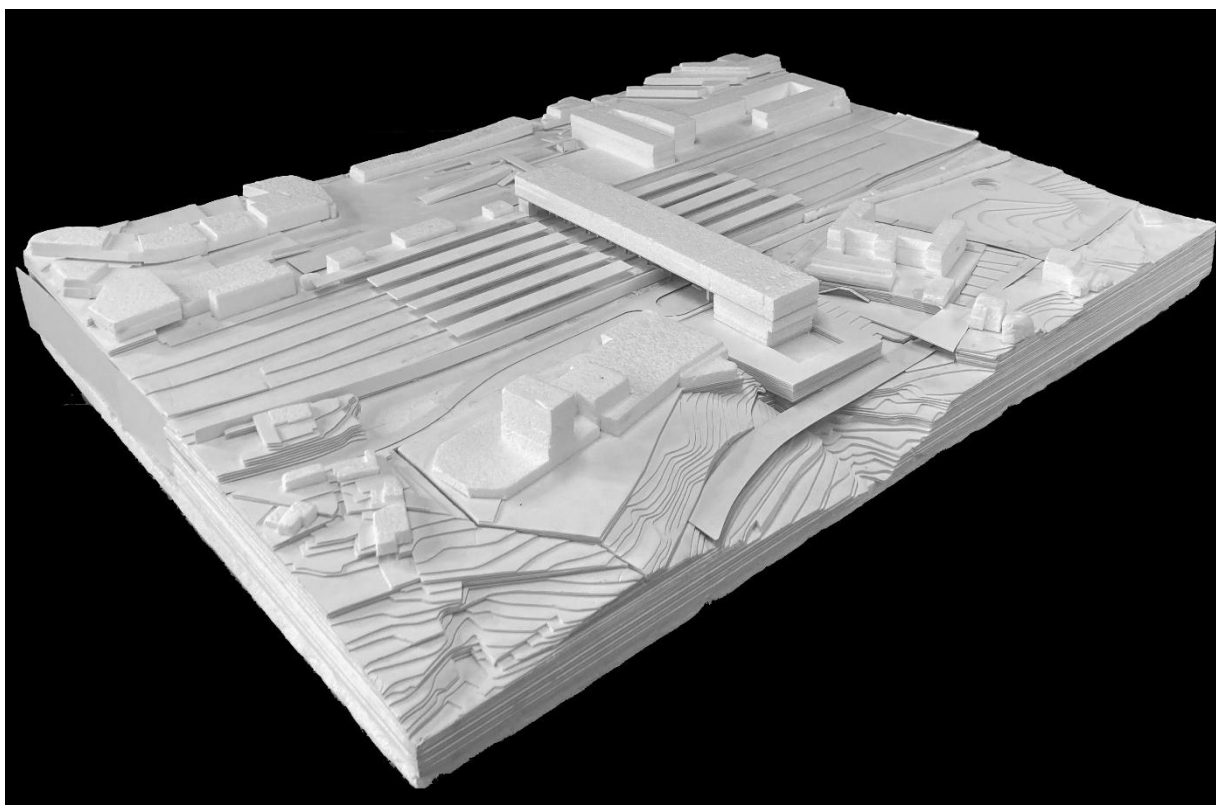
5.1 INSERÇÃO URBANA (ÁREA DE INTERVENÇÃO DE IMPLANTAÇÃO)

A inserção urbana desenvolvida pelo atual projeto seguiu na generalidade os princípios orientadores dos estudos urbanísticos apresentados na proposta preliminar do PU de Campanhã.

No entanto foram feitas pontuais alterações conceptuais à proposta que julgamos não desvirtuar, antes valorizar a intervenção geral, dando melhor resposta a desafios funcionais e de conforto da Estação de Campanhã e sua área urbana envolvente.

Refira-se a este propósito:

- A intenção de arborizar a praça poente frente ao edifício de estação novecentista, e de condicionar o trânsito apenas a veículos autorizados, táxis e acesso ao parque de estacionamento;
- A demolição do edifício “torre do relógio” existente e implantado em diagonal, que dava acesso ao terraço sobre a estação das linhas regionais de Douro e Minho;
- A proposta de não construir em altura o volume dos escritórios, propondo localizá-los em volta do pátio nascente, a par da distribuição do programa das instalações administrativas da IP num piso em mezanino ao longo da passagem superior pedonal, tendo como objetivo essencial, desenhar um “Edifício-Ponte” mais unitário, construindo um edifício com valor emblemático e de clareza conceptual no conjunto urbano envolvente.



5.2 EDIFÍCIO DE PASSAGEIROS LAV – PASSAGEM SUPERIOR PEDONAL

O novo edifício de passageiros, procura interligar, de forma mais confortável e funcional, todas as “pontas soltas” que atualmente compõem o extenso e disperso programa de interface de transportes de Campanhã. A construção do novo edifício visa concentrar e reorganizar racionalmente os diferentes programas que servem e apoiam os espaços públicos da estação.

Este novo “Edifício-Ponte” agrafa as duas “margens” da cidade, pousando e articulando de forma mais clara as duas praças intermodais, a poente e a nascente, de acesso à estação.

Implantado transversalmente ao traçado norte-sul das 11 linhas férreas, paralelo e ao centro das duas passagens inferiores existentes (PIP Norte e PIP Sul), o novo “Edifício-Ponte”, desenvolve o fácil acesso às 5 plataformas da estação, por uma série de escadas fixas, mecânicas e elevadores, pousando nos seus dois extremos:

- na nova praça a nascente (64.00), a uma cota 4.5 metros inferior à do pavimento dos cais de embarque;
- na praça existente a poente (68.50), entre o edifício da estação novecentista e o edifício das linhas regionais do Douro e Minho, dispondo ainda duma galeria aérea sobre a linha de metro, promovendo a ligação direta ao terminal de autocarros urbanos dos STCP e ao cais de metro a poente.

O novo edifício de passageiros organiza-se em vários pisos, garantindo um melhor funcionamento da estação e respondendo com clareza ao complexo programa definido pela IP.

Os vários programas que compõem o novo edifício de passageiros são organizados e distribuídos em diferentes espaços:

- A Estação propriamente dita, com áreas públicas, de apoio e de prestadores de serviços, áreas técnicas e comércio;
- As Instalações administrativas da IP;
- O novo centro de Escritórios;
- O Parque de Estacionamento coberto para 620 veículos;
- As Galerias cobertas das praças poente e nascente.

A partir da nova Praça Nascente encontra-se, a entrada reservada e autónoma, de acesso controlado, e que serve de receção conjunta quer ao edifício de escritórios, distribuídos ao longo dos 3 pisos inferiores, organizados em torno do pátio público nascente e quer às instalações administrativas da IP, concentradas num só lugar e localizadas no piso superior.

Igualmente nesta Praça Nascente, à cota 64.00 e a coberto da passagem pedonal superior, localiza-se a entrada principal da estação. Daqui acede-se a um amplo átrio de receção da nova estação, onde se distribuem espaços de apoio, um espaço comercial e os diversos acessos verticais (públicos e de serviço) que permitem confortavelmente alcançar os diferentes programas públicos e de apoio à estação.

É a partir deste átrio público, que passageiros, diferentes operadores e prestadores de serviço têm acesso, por escadas e elevadores, aos 5 pisos inferiores de estacionamento.

ESTAÇÃO DE CAMPANHÃ - MEDIÇÕES (área bruta) 2026-03-31_V01

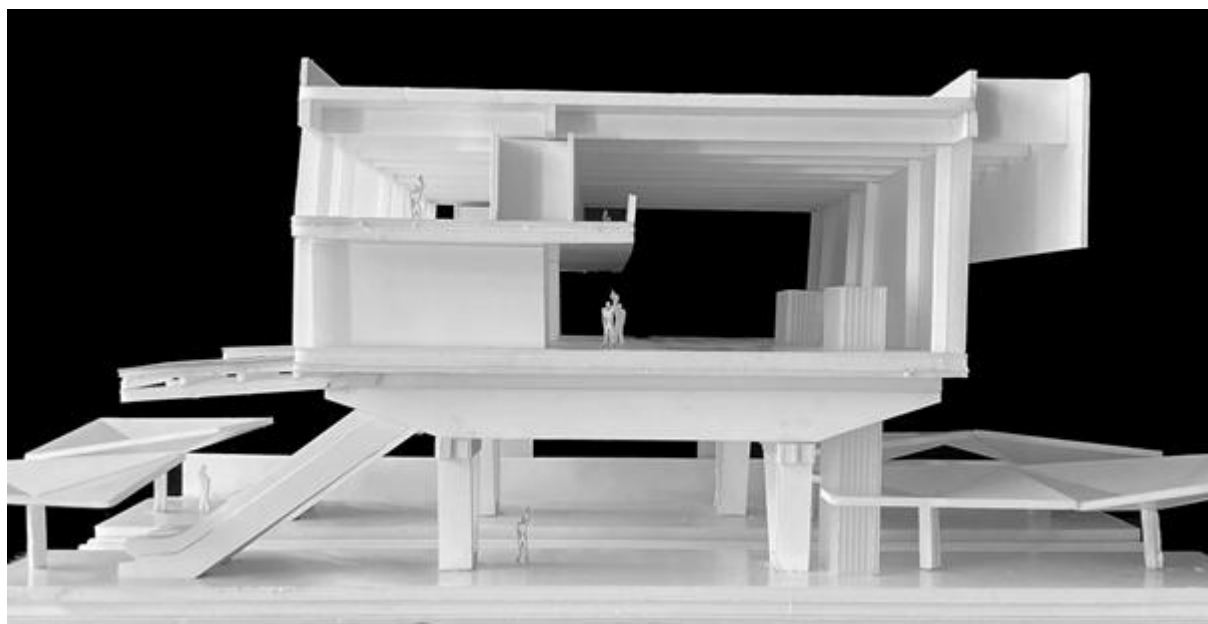
nº	código	Instalações / Programa	Área Bruta (m2)
1	6.1	Estação de Passageiros	10 073 m2
1.1	6.1.1	Estação - Espaços Públicos + Átrios + Salas de Espera + Circulação + I.S.	5 697 m2
1.2	6.1.2	Instalações Operacionais para Gestor Infraestrutura (AT da Estação)	714 m2
1.3	6.1.7	Espaços Comerciais	1 314 m2
1.4	6.1.4	Prestadores de Serviço	746 m2
1.5	6.1.5 / 6.1.6	Instalações de Operadores Ferroviários	1 461 m2
1.6	6.1.9	Esquadra de Polícia	141 m2
2	6.1	Escritórios e Administração da IP	10 105 m2
2.1	6.1.3	Instalações Administrativas do Gestor Infraestrutura (IP) (inc. AT)	4 856 m2
2.2	6.1.10	Escritórios (inc. AT)	5 250 m2
3	6.4	Parque de Estacionamento público	21 606 m2
3.1	6.4.11	Estacionamento Nascente - Circulação Rodoviária+Lugares + Cabine de Controlo	19 058 m2
3.2	6.4.11	Estacionamento Nascente - Espaços Públicos + Circulação (inc. AT)	2 110 m2
3.3	6.1.12	Cargas e Descargas +RSU (piso à cota 52.00)	120 m2
3.4		Novos Acessos Pedonais ao Parque de Estacionamento Poente	318 m2
4	6.2	PIP's	2 257 m2
4.1	6.2.8	PIP norte – ampliação (acesso público aos cais 5 e 6)	1 027 m2
4.2	6.2.7	PIP sul – ampliação (acesso público aos cais 5 e 6)	761 m2
4.3	6.1.5 / 6.1.6	PIP sul – ampliação (apoio de catering e lixos)	267 m2
4.4	6.1.7	PIP sul – ampliação (espaço comercial)	203 m2
TOTAL DE ÁREA BRUTA DE CONSTRUÇÃO EDIFICADA			44 042 m2

Desenvolvido sob a nova Praça Nascente e com capacidade para 620 lugares é servido ainda pelas áreas técnicas, zonas de cargas-descargas e espaços comerciais de rent-car. O novo parque de estacionamento é acedido por automóvel através de duas rampas, ambas com os dois sentidos viários, localizadas, uma à cota intermédia (52.00) com acesso pela futura rua “Corniche” e outra, à cota superior (64.00) a partir da praça intermodal nascente.

Com um total de área bruta de construção de 41.785m2, o novo edifício de passageiros tem em quase metade da sua área bruta total de construção, o parque de estacionamento enterrado (21.606m2).

O acesso público principal ao “edifício em ponte” faz-se a partir do amplo átrio térreo, por onde se acede ao piso da passagem pedonal superior (76.50). O percurso vence 12.5 metros de altura e é realizado através de três escadas rolantes e uma fixa, em dois lanços sucessivos, com patamar intermédio de descanso e mudança de direção, no seu extremo nascente à cota 69.70, com vistas para a paisagem, o vale de Campanhã, o rio Douro e as Serras do Porto.

A longa rua aérea estende-se em ponte sobre a praça intermodal nascente e as 11 linhas férreas, com pavimento à cota 76.50 (a cota de piso da PSP decorre do gabarito necessário para a passagem inferior da linha de contacto e dos comboios).



Aqui organizam-se sucessivamente, por elevador do lado norte ou escadas fixas e rolantes a sul, os acessos às diferentes plataformas de embarque, duas para as 4 linhas de alta velocidade e quatro para as restantes 7 linhas de comboios convencionais, localizadas mais a poente e mais próximas do edifício novecentista.

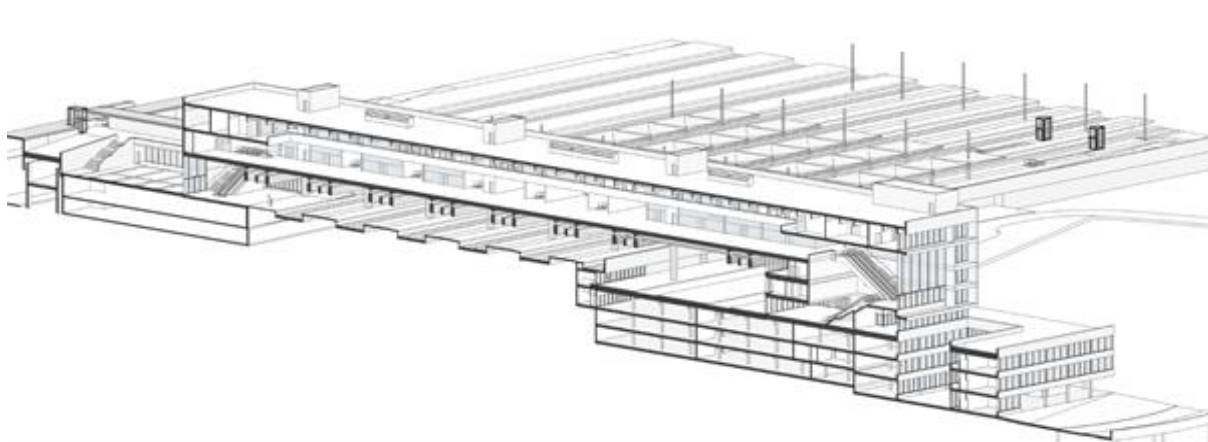
É também nesta rua aérea que se localizam, ocupando preferencialmente o lado norte, a maioria dos espaços comerciais, as bilheteiras e os blocos de instalações sanitárias, que servirão os passageiros nos tempos de espera.

No piso superior em mezanino, com acesso controlado e distribuição através de corredor fechado, mas com vistas sobre o espaço público, localizam-se as instalações administrativas da IP, que disfrutaram de vistas privilegiadas sobre a rua interior elevada e sobre todas as linhas, plataformas de embarque e zona envolvente da estação.

Fazem igualmente parte da organização espacial do novo edifício de passageiros as duas galerias exteriores cobertas, uma transversal a nascente, implantada ao longo do muro de suporte da plataforma de comboios e uma outra galeria coberta a poente elevada passando sobre a entrada no edifício de comboios regionais de Douro e Minho e a linha de metro, que articulam e protegem os acessos do Edifício-Ponte com outros edifícios e espaços do interface de Campanhã.

A Galeria Nascente enquadra os acessos exteriores por escada e ascensores do parque de estacionamento; esta galeria nascente gera ainda a ligação pedonal coberta do TIC e PIP Norte em direção à Estação e desta em direção à nova entrada de nível da remodelada PIP Sul.

A Galeria Poente é fundamental no bom funcionamento e articulação do Edifício-Ponte, permitindo uma acessibilidade direta ao cais poente do Metro do Porto, ao terminal dos STCP, às 3 plataformas das linhas regionais e, através da nova praça pedonal poente, ao edifício existente novecentista.



5.3 PLATAFORMAS DE PASSAGEIROS – EXISTENTES E ALTA VELOCIDADE

Nas 4 plataformas existentes serão realizados trabalhos de compatibilização com o novo Layout para continuar a receberas 7 linhas de comboios convencionais. A 5ª plataforma de embarque será ampliada e uma 6ª, mais a nascente, será construída de raiz, ambas para receberem os novos comboios de alta velocidade.

Nas 5 plataformas que servem as linhas 2 a 11 serão construídos 20 volumes fechados (4 por plataforma) equipados com bancos de madeira, para acolher, cada um dos volumes, confortavelmente e protegido da intempérie, cerca de 20 passageiros.

Com a exceção dos cobertos de betão “cogumelos” localizados sob a implantação do Edifício-Ponte, que serão faseadamente demolidos, propomos a reabilitação da totalidade dos restantes cobertos “cogumelos” existentes (módulos quadrados de betão com 11x11m e pilar central) e a construção de novos, de igual materialidade e geometria, por forma a cobrirem uma extensão de 220 metros nas 5 plataformas mais a nascente.

Esta proposta, de reabilitar os cobertos modulares em betão e construir novos iguais, permite poupar o difícil e exigente trabalho de demolição destas estruturas em betão construídas ao centro das plataformas de embarque em funcionamento diário, e possibilita ainda unificar a imagem global da estação. Para além desta intervenção, a compatibilização da arquitetura com o existente exige que se intervenha em parte do coberto metálico do primeiro cais. Demolir-se-á parte desta cobertura, na zona onde o novo edifício será implantado.

Todas as 6 plataformas serão acedidas, através de escadas e elevadores, nos seus extremos norte e sul pelas duas PIPs aí existentes e ao centro pelos acessos superiores do novo edifício de passageiros.

5.4 PASSAGENS INFERIORES PEDONAIS – PIP NORTE E PIP SUL

A atual estação de Campanhã já dispõe de duas passagens inferiores, uma mais antiga e estreita localizada a Sul, ao eixo do edifício novecentista e uma mais recente de maior dimensão localizada a Norte, fazendo a ligação da estação de metro e dos comboios regionais e o edifício de transportes intermodais de Campanhã (TIC).

O presente projeto prevê a ampliação da PIP Sul na direção nascente, para acolher os acessos verticais de público às novas linhas de alta velocidade. Neste novo extremo nascente, e com acesso autónomo propomos a construção de espaços de serviço e apoio (espaços de apoio ao catering e recolha de lixos), com acesso direto ao cais 5 e 6, permitindo fácil e direta comunicação para os serviços de limpeza e abastecimento dos comboios.

Prevê igualmente a abertura de um grande vão público na PIP Sul: entrada da estação a nascente, ligando de nível e com toda a acessibilidade a PIP Sul à galeria nascente e a nova praça intermodal nascente.

O projeto prevê ainda a construção de novos túneis de acesso, da PIP Norte às plataformas LAV e a conclusão dos acessos verticais, na ligação desta às plataformas de embarque existentes.

5.5 ARRANJOS EXTERIORES – PRAÇAS DA ESTAÇÃO E INTERFACES MULTIMODAIS

A nova Estação de Campanhã passará a dispor de duas praças, uma nova, do lado nascente, onde “pousa” e se faz a entrada principal do novo edifício de passageiros e uma outra, existente e remodelada, no lado poente, onde também “pousa” o novo “Edifício-Ponte”.

Ambas as praças serão arborizadas com alinhamentos de “Acer Monspessulanum”, árvore comum da região do Douro que se desenvolve com baixas alturas de terra, permitindo a sua plantação sobre os dois parque de estacionamento.

5.5.1 PRAÇA DA ESTAÇÃO AV (PRAÇA NASCENTE)

A nova praça da Estação AV, praça nascente, será construída de raiz sobre os 5 pisos do parque de estacionamento e desenvolve-se transversalmente ao traçado norte-sul das linhas ferroviárias, segundo a implantação altimétrica definida no Plano de Urbanização de Campanhã.

O seu desenho alongado teve em consideração que os edifícios envolventes do plano não serão construídos imediatamente, sendo considerados os limites de propriedade e de construção das cotas altimétricas da Fábrica Ceres em funcionamento.

A praça nascente, caracteriza-se pela passagem superior do Edifício-Ponte, criando um grande espaço coberto que protegerá e marcará a entrada principal da nova estação.

No seu lado nascente “pousa” o Edifício-Ponte com os acessos aos programas da estação, o principal e público aberto na fachada poente e norte e o de acesso controlado, ao centro de escritórios e instalações administrativas da IP, na fachada sul, junto ao aberto do pátio de escritórios. A partir da praça nascente, por uma escada pública exterior, que liga a cota da praça, 64.00, à cota inferior do pátio dos escritórios, 52.00, tem-se acesso à nova via panorâmica, Rua “Corniche”, a construir futuramente pela C. M. Porto.

No seu lado poente, uma extensa galeria coberta, acolhe os acesos ao novo parque de estacionamento e protege o percurso entre a galeria existente do TIC a norte e a nova e mais ampla entrada na PIP Sul, onde se localiza um espaço exterior de cargas e descargas para apoio aos espaços de catering.

5.5.2 PRAÇA DA ESTAÇÃO EXISTENTE (PRAÇA POENTE)

A praça da estação existente, localizada a poente do edifício novecentista, no remate axial da Rua Pinto Bessa e definida pelo terminal regional de Douro-Minho e o terminal de autocarros urbanos dos STCP encontra-se hoje muito descaracterizada, resultado do somatório de diferentes intervenções que comprometeram a funcionalidade e a clareza de praça, “que esta em tempos quis ser”.

nº	código	Instalações / Programa	Area Bruta (m2)
5	6.2	Cais - Plataformas e Cobertos (Cogumelos)	24 322 m2
5.1		Plataforma existente - CAIS 1 – comboios (L1)	1 528 m2
5.2		Plataformas existentes - CAIS 2,3,4 – comboios (L2,L3,L4,L5,L6,L7)	14 215 m2
5.3		Plataforma existente - CAIS 5 – AV (L8,L9)	3 860 m2
5.4		Plataforma nova - CAIS 6 – AV (L10,L11)	4 718 m2
6	6.4	Interface intermodal + Arranjos Exteriores Públicos (CMP)	26 597 m2
		- <i>Espaço Público a Nascente</i>	
6.1		Praça Nascente (inc. galeria coberta e Rua Pinheiro de Campanhã)	14 793 m2
6.2		Terraço Público, Escadas e Pátio dos Escritórios	2 712 m2
6.3		Escadas públicas e Áreas Ajardinadas	1 173 m2
		- <i>Espaço Público a Poente</i>	
6.4		Praça Poente (inc. terminal dos STCP)	7 396 m2
6.5		Passadiço de Acesso sobre o canal do Metro	523 m2
TOTAL DE ÁREA DE CONSTRUÇÃO DESCOBERTA			50 919 m2

A proposta prevê a arborização, repavimentação com diferentes tons de granito, restrição automóvel a táxis e viaturas autorizadas, unificando o largo retângulo que interliga os diversos edifícios do interface de Campanhã. Por coerência formal e bom funcionamento desta praça é fundamental prever as seguintes intervenções:

- Demolição da “torre em diagonal” para aí “pousar” o novo Edifício-Ponte de passageiros;
- Construção do passadiço “Galeria Poente”, pórtico sobre a entrada do edifício das linhas regionais Douro-Minho que liga diretamente o terminal dos STCP e o cais poente da linha amarela da Metro do Porto.

6 ARQUITETURA

6.1 CONCEITOS E PRINCÍPIOS ORIENTADORES

Os conceitos gerais e princípios orientadores do projeto seguiram de uma forma crítica os primeiros estudos urbanísticos que visam a elaboração do Plano de Urbanização de Campanhã:

- A construção de um Edifício-Ponte, “pousado” em ambos os lados, nascente-poente do Interface de Campanhã, que concentre e reorganize as várias funções e programas numa grande estação intermodal;
- O redesenho das interligações urbanas a poente - para o acesso fluído na circulação entre a estação e os terminais de comboios regionais, metro e terminal dos STCP;
- O redesenho das interligações urbanas a nascente - criação da nova praça nascente, num plano 4.5 metros abaixo dos cais de embarque, e o traçado de uma nova via urbana a nascente da estação, num plano inferior, nova via “Corniche”.

Somos críticos de alguns dos pressupostos do plano no que diz respeito à integração da volumetria do Edifício-Ponte com a envolvente e à adequação da sua imagem com a função de equipamento excecional. Desta forma, procurando manter os índices de construção mínima definidos, propomos:

- A eliminação do volume de escritórios em altura, construindo-o em 3 pisos inferiores organizados em volta do pátio nascente e com vistas sobre o vale de Campanhã;
- A construção dum novo piso superior, em mezanino e localizado do lado norte, ao longo da nova rua aérea com pé direito duplo.

Estas alterações permitem o desenho dum edifício horizontal em forma de ponte, com total clareza conceptual. Este novo edifício deve destacar-se dos vários edifícios em altura propostos na sua envolvente mais próxima, marcando, pela sua horizontalidade, uma imagem emblemática, como uma nova porta da cidade do Porto.

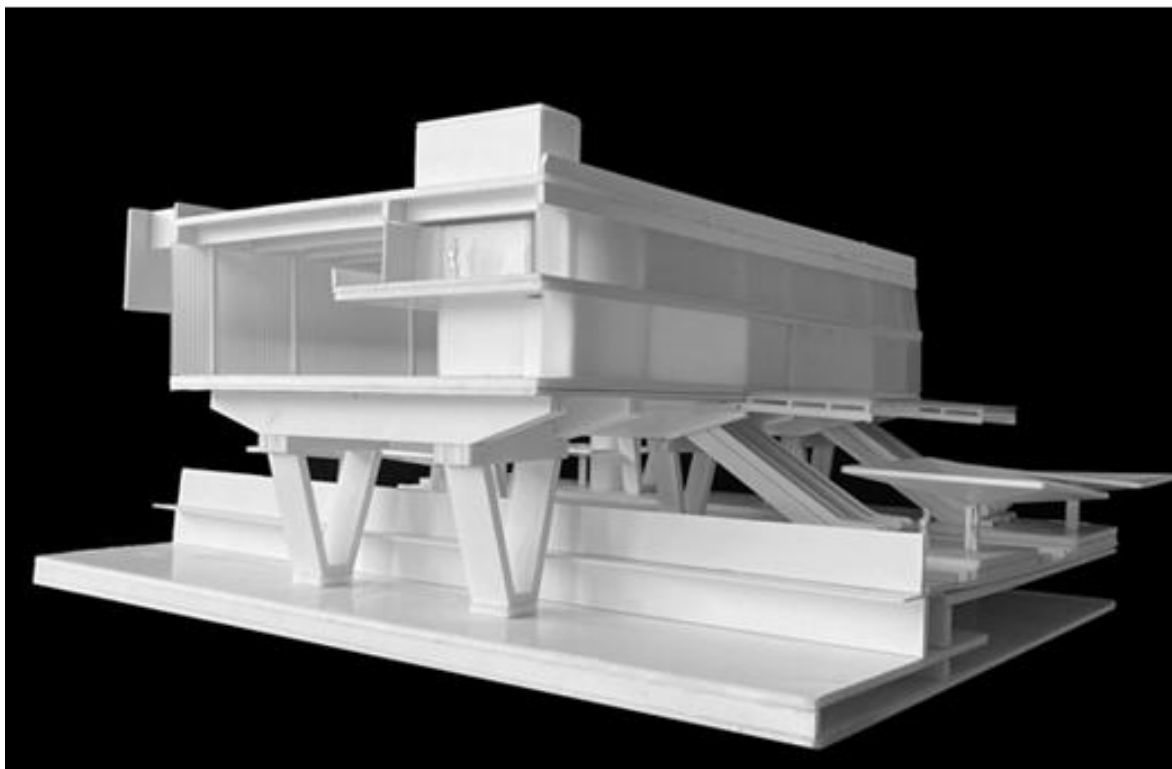
É um equipamento urbano fundamental e estruturante da cidade que “cose malhas urbanas” que se encontram hoje muito desestruturadas.

6.2 MATERIAIS

Para uma melhor compreensão dos acabamentos da nova estação deverão ser consultados os dois desenhos dos cortes construtivos do Edifício-Ponte que fazem parte do conjunto de desenhos de arquitetura. Nestes desenhos pode ser analisada a adequação das soluções construtivas e dos materiais propostos às atividades mais desgastantes e de uso público da arquitetura e quanto à sua qualidade de conservação, manutenção, renovação e limpeza.

Foi nossa preocupação uma seleção de materiais duráveis e de fácil manutenção assim como a adequação das soluções construtivas propostas relativamente à sua função, tanto ao nível dos espaços interiores como exteriores, valorizando-se as soluções que contribuem para o conforto, comodidade e condições de segurança dos passageiros/utentes e que melhor respondam ao tipo e

intensidade do uso, à localização geográfica da estação e às condições atmosféricas ao longo do ano.



A escolha dos materiais foi também orientada do ponto de vista energético e ambiental: utilização de materiais renováveis e de origem local sempre que possível, com baixas emissões poluentes e disponibilizados em quantidade suficiente pela produção local e sustentável.

Os materiais apresentados neste capítulo são indicativos podendo ser substituídos por outros de características técnicas equivalentes.

Os pavimentos públicos da estação são em granito amaciado, com 3 cm espessura, tom cinza-escuro, tipo 'SPI-Alpalhão' de Portalegre.

Os pavimentos interiores de espaços técnicos e de estacionamento são em betonilha afagada a helicóptero sobre laje de betão.

O pavimento das escadas fixas públicas é em granito amaciado nas escadas interiores e serrado e bujardados a pico fino nas exteriores tipo 'SPI-Alpalhão', tendo o cobertor uma espessura de 4 cm e o espelho de 2 cm.

O pavimento das escadas técnicas é em betão aparente.

As guardas e corrimãos das escadas públicas são executadas em aço inox AISI 316.

As guardas interiores do desvão de espaços públicos são executadas em alvenaria de granitos cinza-escuro 3cm espessura tipo 'SPI-Alpalhão'.

Os tetos são acabados a gesso cartonado hidrófugo e/ou betão aparente.

As paredes estruturais são em betão aparente e os tabiques de compartimentação são em alvenaria de bloco de betão aparente da ACL, “Cimenteira do Louro” e/ou em estrutura perfilada metálica acabada a gesso cartonado hidrófugo.

As portas corta-fogo são tipo “TRIA”, em chapa de aço electrozincado, série RF, modelo P1 60 e P2 60, grau corta-fogo e para-chamas 30/60 minuto, de uma ou duas folhas, devendo ser previstos vedantes para a completa estanquicidade à passagem do ar.

Para uma boa performance da acústica nos grandes espaços públicos interiores da estação, recorreremos a tetos acústicos tipo “Baswaphon” e paredes com acabamento a bloco de betão perfurado tipo “Bloco Acustico Silence”, 500x200x200mm, da ACL, “Cimenteira do Louro”.

Nas casas de banho públicas, os pavimentos são em granito amaciado com 3 cm espessura cinza-escuro ‘SPI-Alpalhão’ com aplicação no granito de uma impermeabilização hidrófuga tipo “Disocret” executada segundo normas do fabricante.

O teto é em gesso cartonado hidrófugo de 15mm espessura tipo ‘Knauf D112’, aparafusado a uma estrutura metálica de aço galvanizado de maestras primárias 60x27x0.6mm, e fixas à laje mediante suspensões reguláveis cada 900mm. As maestras secundárias 60/27/0.6mm são fixas perpendicularmente e a distinto nível as primeiras, mediante cavaletes e moduladas a 400mm.

Paredes acabadas a lambrins em azulejo 14x14 tipo ‘1414F16’ da Cerbran até à cota 2,10 e acima deste acabamento, acabadas com monomassa.

Os elevadores quando não são “fechados” em caixa de betão são acabados como objetos autónomos “soltos no meio do espaço”: constituídos por perfis de aço metalizado pintado e revestidos a vidro temperado laminado.

Os panos cegos da fachada do Edifício-Ponte são revestidos a painéis pré-fabricados de betão incluindo isolamento térmico no interior da composição da parede. Os vãos das fachadas serão em caixilharia de alumínio de qualidade superior, com corte térmico, vidros duplos e todas as ferragens necessárias serão de aço inox.

Os volumes aparentes na cobertura do Edifício-Ponte, para os acessos verticais, serão revestidos a chapa perfil grego (3x3cm) de zinco. Os muretes da cobertura serão rufados a chapa de zinco e construída uma guarda metálica.

Os cobertos “cogumelo” dos cais preveem um rufo de zinco em todo o seu perímetro (11x11m). O betão aparente será pintados, com tintas tipo Sika protetoras do betão, em todas as suas faces, interiores e exteriores.

As coberturas do terminal dos STCP e da Galeria Poente e Galeria Nascente, assim como a nova cobertura metálica sobre o cais 1, serão revestidas e acabadas a camarinha de zinco.

A galeria nascente, na parede e teto, será de betão aparente bujardado. O seu pavimento, assim como o da rampa sobre a linha do metro, são acabados a cubo serrado de granito Montemuro.

A galeria Poente, passadiço elevado sobre a linha de metro, será construída em estrutura metálica, pavimento em gradil de aço zincado e guardas opacas em chapa de aço pintado e corrimãos igualmente de aço pintado a cor Ral 9006 (cinza alumínio).

Os acabamentos dos pavimentos das duas praças exteriores serão em cubos 11x11cm de granito, cubos serrados de granito e guias e contraguias de granito tipo Montemuro e Alpalhão.

Os muros de betão (por exemplo o extenso muro de suporte que acompanha a praça nascente e a linha 11) preveem um chapim superior de remate em betão prefabricado, com 10cm de espessura.

6.3 ILUMINAÇÃO + PAINÉIS SOLARES E FOTOVOLTAICOS

A iluminação exterior faz-se com recurso a postes de alumínio com 9m de altura “Technic-AI” da “Schreder” com luminárias “Prado” igualmente da “Schreder.

Na praça nascente sob o Edifício-Ponte propomos a utilização de focos para luz indireta da “Sylvania” tipo “CONCORD Raiden - ALUMIN street_uplight”.

Nas galerias nascente e poente utilizamos iluminação linear, tipo modelo “Tupoli 70” surface 2898mm, IP65, da “Climar”.

Estes dois últimos modelos, acima apresentados, servirão também para iluminar os espaços dos cais de embarque localizados sob os cobertos “cogumelo”, novos e existentes, de betão aparente pintado.

Para a iluminação interior, nas zonas públicas da estação, propomos utilizar os modelos “Tupoli 70” da “Climar” e também da “Climar”, o modelo externo, de fixação ao tecto, “Astra” surface 90 white 400mm e o modelo “SINO, circular de embutir no tecto falso.

Nos espaços técnicos e de parque de estacionamento, utilizaremos, da “Climar, o modelo tipo “ATE BASIC” surface, com 1274mm.

A iluminação de emergência prevê a utilização do modelo “EME TUBE” surface da OM.

De referir ainda que o nosso projeto da Estação de Campanhã prevê a colocação de painéis solares, expostos a sul, com uma inclinação de aproximadamente 30 graus, ocupando todo o espaço disponível da cobertura do Edifício-Ponte.

6.4 MOBILIÁRIO

Prevemos para mobiliário urbano de exterior, em ambas as praças, o recurso a grelhas de caldeira de árvore em ferro fundido, circulares com dimensão de 2.25m, modelo tipo “Aliados” da “Larus”.

As papeleiras serão em aço pintado a forja Dupont tipo “IETA” modelo “Izato”, incluindo balde interior amovível em PVC, fechadura, dobradiça e pé em aço para suporte próprio.

Os bancos exteriores serão maciços em granito e/ou betão.

Ecopontos enterrados tipo “SITAPE - modelo OPORTO – SIZA VIEIRA/SOUTO MOURA”.

Papeleiras de jardim - Papeleira tipo “Larus - Serralves” 70L (ø505x950mm).

Marcos de incêndio, modelo em ferro fundido da “Alba” tipo “Alba Porto”.

Para estacionamento de bicicletas recorreremos ao suporte de bicicletas tipo “Larus”, modelo “Cotínuo”.

No interior da estação propomos utilizar nos espaços de circulação e salas de espera as cadeiras longarina de 4 lugares da “Vitra”, modelo “AirLine”.

As papeleiras interiores são em aço inox modelo “auweco citybox temptation 2004” da “OTTO”, com recolha seletiva de lixo.

7 ESTRUTURAS

7.1 ELEMENTOS BASE

Os elementos de base que serviram de apoio ao desenvolvimento do presente estudo foram os seguintes:

- Programa e Caderno de Encargos fornecido pela Infraestruturas de Portugal;
- Projeto de Arquitetura;
- Levantamento topográfico;
- Implantação geral;
- Estudo geológico-geotécnico, desenvolvido pela empresa *GEONORTE*, em setembro de 2025.
- Estudo geológico-geotécnico, desenvolvido pela empresa *TEIXEIRA DUARTE*, em novembro de 2001.

7.2 ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA

7.2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O objetivo do presente capítulo é o de descrever as soluções adotadas para escavação e contenção periférica, indicando os principais condicionamentos existentes, as metodologias e pressupostos considerados na conceção, dimensionamento e verificação de segurança das soluções desenvolvidas para a realização da escavação dos pisos enterrados e o respetivo faseamento construtivo.

Tendo em consideração os principais condicionamentos existentes, optou-se pela conceção de uma solução de contenção periférica recorrendo maioritariamente a cortinas de estacas moldadas ao longo de todo o perímetro do futuro parque de estacionamento. Estas serão estabilizadas, numa fase provisória, através de ancoragens e escoras e, na fase definitiva, pela própria estrutura dos edifícios.

Face à informação disponibilizada, considera-se que este tipo de solução será adequado para terrenos com características às previstas e para os interessados pela presente escavação.

Caso algum dos elementos de base e informações atualmente disponíveis não se venham a confirmar, nomeadamente a geometria das estruturas e as cotas dos pisos, as soluções agora propostas, deverão ser atempadamente reanalisadas e ajustadas ao cenário real.

7.2.2 PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

7.2.2.1 **Condicionamentos Geológico-Geotécnico**

LITOLOGIA

A área a ser intervencionada encontra-se caracterizada geologicamente na carta geológica do Porto e na respetiva nota explicativa da folha 9-C (Figura 1). São identificados terrenos constituídos

maioritariamente por Granito alcalino de grão médio a grosseiro, conhecido por Granito do Porto (Ym), pertencente ao Pós-complexo xisto grauváquico ante Vestefaliano.



Figura 1 – Carta Geológica – Excerto da Folha 9-C - Porto

TRABALHOS DE PROSPEÇÃO GEOLÓGICA- GEOTÉCNICA

O reconhecimento geológico-geotécnico e hidrogeológico da área em estudo foi realizado através de uma campanha de prospeção em setembro de 2025. Esta campanha contemplou a execução de 6 sondagens mecânicas à rotação, conforme localização apresentada na Figura 2.

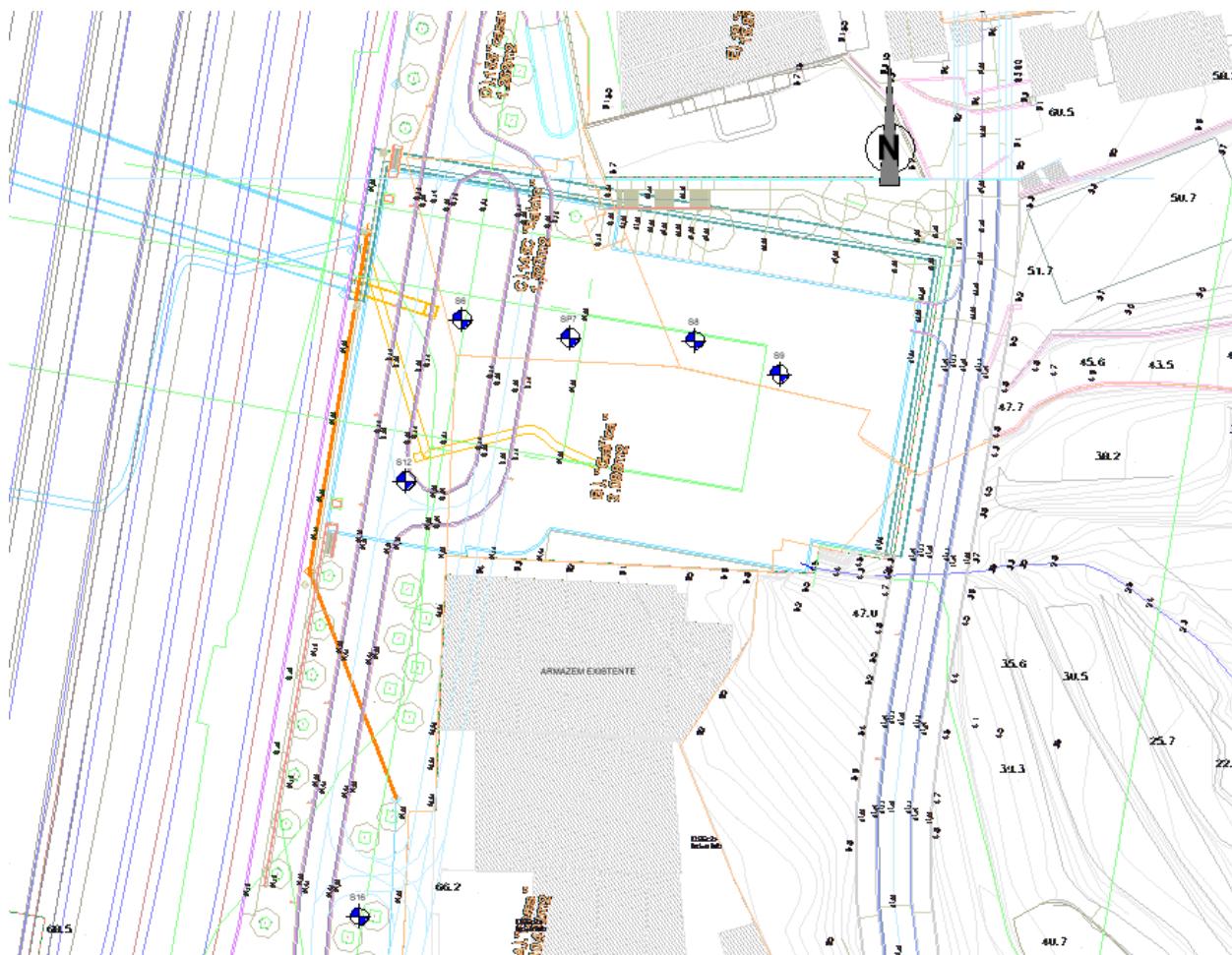


Figura 2 - Planta de localização das sondagens efetuadas.

Os trabalhos de prospeção geológico-geotécnica existente na área a ser intervencionada consistem em:

- 1 sondagem (C1) realizada em novembro de 2001, na sequência de um primeiro prolongamento da PIP;
- 6 sondagens (S6, S7, S8, S9, S12 e S16) realizadas no âmbito do desenvolvimento do projeto de adaptação da Estação de Campanhã à Linha de Alta Velocidade Porto-Lisboa.

Com base nos trabalhos de prospeção e da carta geológica foram definidas as seguintes zonas geotécnicas:

- **ZG4** – Depósitos de aterro $N_{SPT} < 10$
- **ZG3** – Solo residual $N_{SPT} < 30$
- **ZG2** – Granitos do Porto W5/W4
- **ZG1** – Granitos do Porto W3/W2

CONDICIONAMENTOS HIDROGEOLÓGICOS

A observação e medição das condições hidrogeológicas locais constituem uma componente essencial da campanha de prospeção. O reconhecimento do nível freático é um dado fundamental para o desenvolvimento de qualquer projeto geotécnico.

No presente caso, foi instalado um piezómetro na sondagem S6, tendo-se registado o nível de água a cerca de 13 m de profundidade, correspondente aproximadamente à cota 52.00, ou seja, ao nível do piso -3 do Edifício Nascente.

7.2.2.2 Condicionamentos relativos às condições de vizinhança

Tratando-se de uma obra de requalificação e ampliação, a área de intervenção insere-se numa zona bastante infraestruturada e urbanizada. As soluções desenvolvidas foram por isso bastante condicionadas pela proximidade à linha férrea, arruamentos, construções vizinhas e estruturas existentes.

A proximidade da via ferroviária impõe condicionamentos adicionais ao nível de deslocamentos admissíveis, vibrações e fases construtivas, exigindo a adoção de soluções compatíveis com a manutenção das condições de segurança e exploração da linha, que se irá manter em funcionamento, assim como a estação e respetivos acessos.

7.2.2.3 Condicionamentos relacionados com serviços afetados

O levantamento e o eventual desvio das redes de serviços que possam vir a interferir com a zona de intervenção, em especial: coletores unitários e pluviais, rede de gás, rede de telecomunicações, rede de eletricidade e rede de águas, deverá ser realizado antes do início da obra, de forma a garantir o seu normal funcionamento durante e após a realização da mesma.

7.2.2.4 Condicionamentos relativo à criação e manutenção de plataformas de trabalho

Dadas as condições geológicas e geotécnicas locais e a necessidade de circulação de equipamentos de grande porte, torna-se imprescindível a criação de plataformas de trabalho estáveis que permitam a operacionalidade e movimentação de todos os equipamentos nas necessárias condições de segurança.

7.2.2.5 Condicionamentos relacionados com o prazo de execução

As soluções propostas deverão permitir a execução da obra dentro dos prazos inicialmente previstos e, se possível e do interesse do Dono da Obra, abreviando-os, sem, contudo, comprometer a segurança da obra e de todas as estruturas e infraestruturas vizinhas.

7.2.3 SOLUÇÃO PROPOSTA

7.2.3.1 Considerações Gerais

Na conceção das soluções preconizadas, no âmbito do presente Projeto, procurou-se, para além da necessária contenção dos terrenos a escavar, respeitar os seguintes pressupostos de base:

- Controlar as deformações nos terrenos envolventes à escavação, permitindo ainda a fácil adaptação da solução a eventuais singularidades de natureza geológica e geotécnica;
- Garantir a menor interferência possível com todas as estruturas e infraestruturas adjacentes;
- Procurar garantir facilidade, rapidez e segurança de execução;
- Definir soluções que equilibrem da melhor forma o trinómio segurança / prazo de execução / custo.

7.2.3.2 Cortina de Estacas – Edifício Nascente

De acordo com a prática corrente neste tipo de intervenções e tendo por base a avaliação dos principais condicionamentos existentes, propõe-se que a contenção periférica seja efetuada através da técnica de “cortina de estacas em betão armado” para a execução dos pisos enterrados.

Relativamente à solução do tipo cortina de estacas, esta técnica de contenção consiste na execução de uma cortina de estacas secantes, constituída por estacas de betão armado com 600 mm de diâmetro, espaçadas a cada um metro entre eixos e comprimentos variáveis, intercaladas com estacas plásticas, igualmente com 600 mm de diâmetro, espaçadas a cada um metro entre eixos e comprimentos variáveis.

As estacas não armadas são executadas apenas até à camada ZG2 – Granitos do Porto W5/W4. No restante comprimento, o espaço entre as estacas armadas será preenchido com betão projetado.

A cortina de estacas é horizontalmente travada por soluções de escoras metálicas, ancoragens provisórias e ou tirantes provisórios.

As ancoragens provisórias serão constituídas, por 5 ou 6 cordões de 0.60” e deverão ser seladas em formações competentes e geologicamente estáveis em relação à geometria total da escavação por meio do sistema IRS, recorrendo a obturador duplo e tubo multi-válvulas. O respetivo diâmetro de furação não deverá ser inferior a 200mm.

Em fase definitiva será desativada as ancoragens, ficando o travamento da cortina de estacas pelas lajes enterradas.

Durante a fase de escavação e contenção periférica, deverá ser monitorizado o nível freático e, caso se considere necessário, deve existir em obra equipamento de bombagem a fim de escorar qualquer água que, eventualmente, aflua ao fundo de escavação.

De igual modo, durante todo o processo de escavação e contenção periférica será instaurado um plano de instrumentação e observação, constituído por dispositivos do tipo alvos topográficos, inclinómetros, piezómetros e células de carga, de modo a acompanhar o comportamento dos elementos de contenção periférica e validar os pressupostos de projeto.

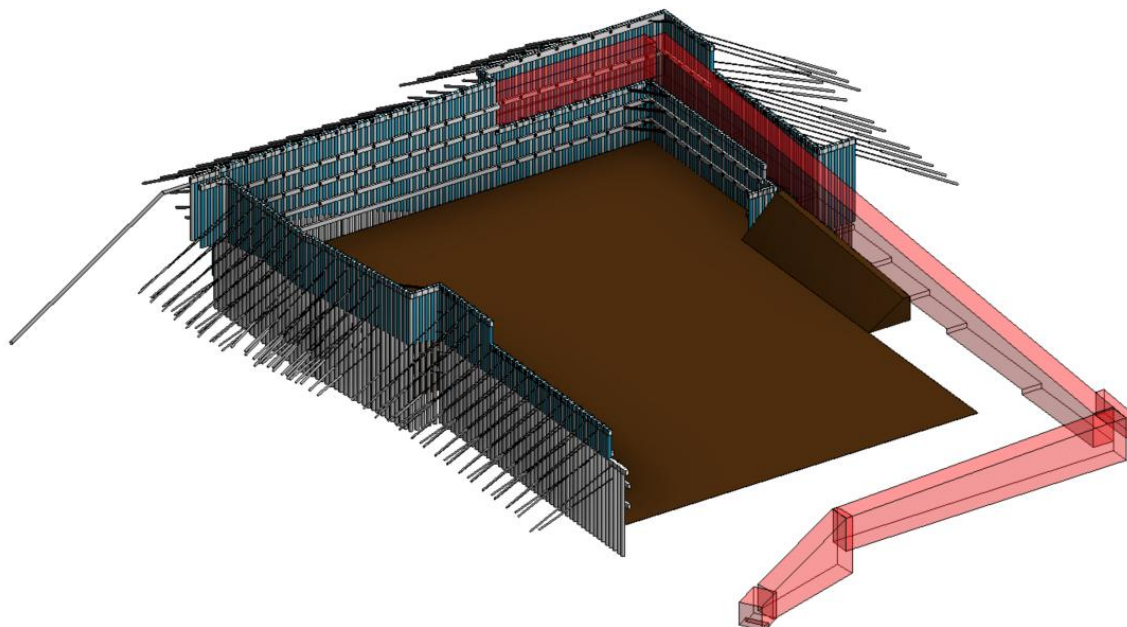


Figura 3 – Vista 3D da escavação e contenção periférica

7.2.3.3 Berlim provisório – PIP Norte/Sul

Com o objetivo de executar a estrutura enterrada da PIP Norte/Sul e considerando todos os condicionamentos relevantes, nomeadamente o geológico-geotécnico, propõe-se que a escavação seja realizada ao abrigo de uma contenção, provisoriamente ancorada, executada segundo a metodologia tradicionalmente designada “Berlim Provisório”.

A tecnologia denominada “Berlim provisório” consiste na instalação prévia de perfis metálicos verticais, selados no terreno, seguida da colocação de pranchas de madeira e vigas metálicas de distribuição horizontais, onde apoiarão as ancoragens pré-esforçadas previstas.

Os perfis verticais HEB 140, previamente colocados em furos de 200mm de diâmetro, serão instalados com um afastamento médio de 1.50m, e deverão apresentar um comprimento mínimo de selagem de 6m, recorrendo à calda de cimento, injetada através de sistema IRS.

Na Figura 3, Figura 4 e Figura 5, apresentam-se as vista 3D que ilustram as soluções de contenção descritas.

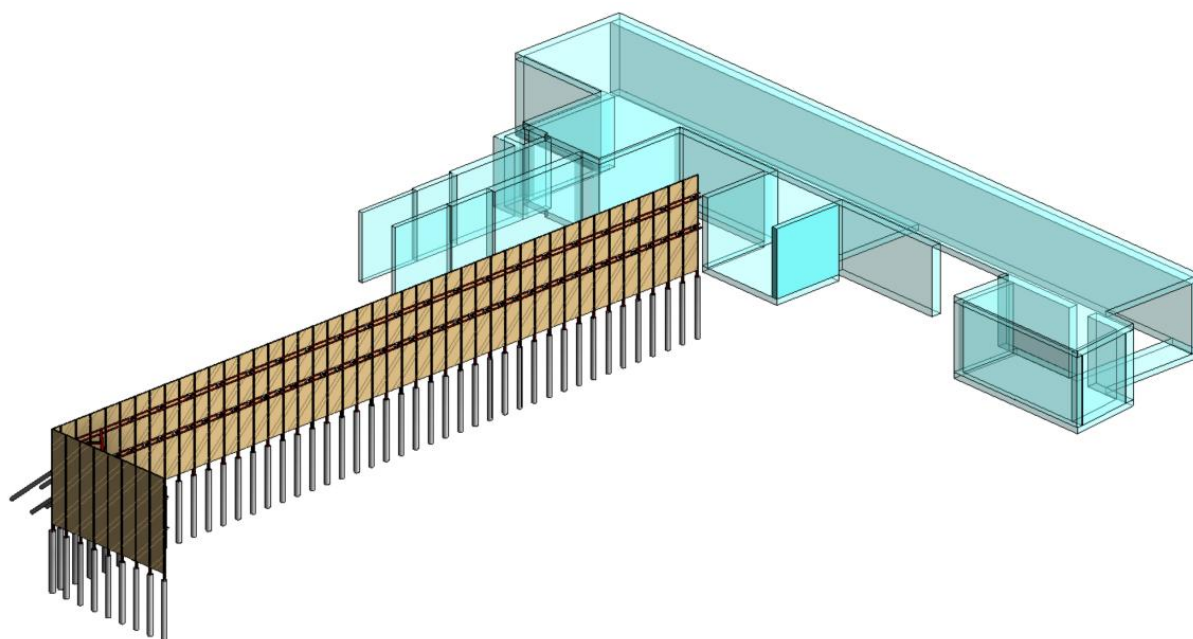


Figura 4 – Vista 3D Berlim provisório PIP Norte

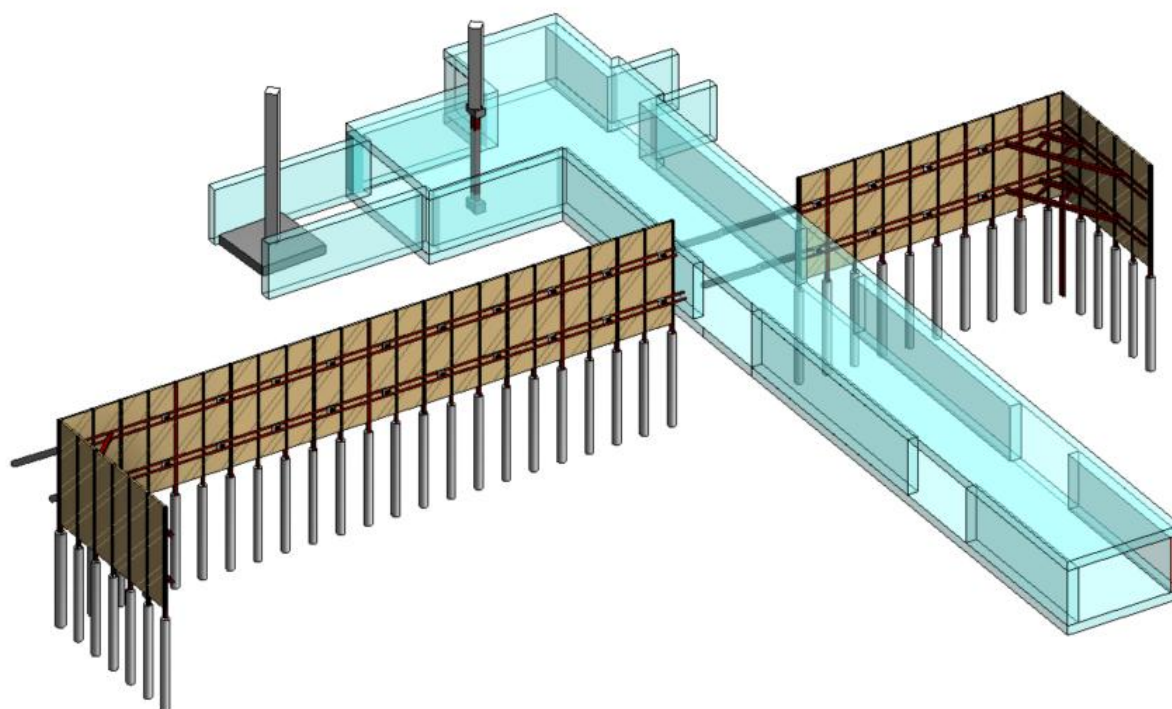


Figura 5 – Vista 3D Berlim provisório PIP Sul

7.2.4 PROCESSO / FASEAMENTO CONSTRUTIVO

7.2.4.1 **Cortina de Estacas – Edifício Nascente**

No âmbito da solução estudada para a contenção periférica, e atendendo à necessária compatibilização entre a execução desta com as restantes soluções propostas para a obra e com a manutenção da integridade e funcionalidade dos edifícios adjacentes, propõe-se o seguinte faseamento, associado à cortina de estacas ancorada/escorada:

1. Realização de vistoria a todas as estruturas e infraestruturas a preservar, vizinhas ao recinto da escavação. O Relatório deverá ser reconhecido notarialmente;
2. Levantamento e eventual desvio dos serviços que possam vir a ser afetados pela intervenção;
3. Preparação da plataforma de trabalho e dos respetivos acessos, devidamente compatibilizada com a topografia do local e com as características dos equipamentos de furação;
4. Execução das estacas com a profundidade necessária com comprimentos totais compatíveis com as fichas definidas nas peças desenhadas, recorrendo a tecnologia adequada, a partir da cota da plataforma de trabalho. Inclui as operações de furação, limpeza do fundo do furo, colocação da armadura e betonagem. A furação das estacas na proximidade de edifícios existentes no limite do lote deverá ser realizada com os métodos apropriados, de forma a não introduzir vibrações nessas estruturas. A furação no atravessamento de materiais com comportamento rochoso deverá ser à rotação. Inclui as operações de furação, limpeza do fundo do furo, colocação da armadura e betonagem;
5. Saneamento da cabeça das estacas;
6. Escavação e execução da viga de coroamento que solidariza todas as estacas da cortina, betonada, na face de extradorso, contra o terreno;
7. Instalação e zeragem dos dispositivos de instrumentação definidos no âmbito do plano de instrumentação e observação;
8. Instalação das escoras provisórias e execução de ancoragens, onde indicado. Inclui as operações de furação, limpeza, colocação da armadura, selagem com calda de cimento e reinjeção, recorrendo ao sistema de válvulas manete e obturador duplo (IRS). As ancoragens dos primeiros níveis deverão, em função das condições geológicas e de vizinhança, ser realizadas com recurso a tubo TM. O comprimento total das ancoragens deverá ser compatível com a localização do respetivo bolbo de selagem em terrenos competentes (N_{SPT} superior a 60 pancadas) e geologicamente estáveis em relação à geometria da escavação.
9. Realização dos ensaios de receção em todas as ancoragens, conforme NP EN ISO22477-5. Deverão no caso das ancoragens instrumentadas com células de carga, ser realizados ensaios de adequabilidade, de modo a comprovar a sua eficácia para as cargas de projeto. Blocagem da ancoragem;
10. Instalação das células de carga das ancoragens, onde previsto;
11. Escavação do primeiro nível de contenção até à cota da base da viga de distribuição, acompanhada da execução do betão projetado entre estacas;
12. Projeção da primeira camada de betão, com uma espessura total de 5 cm e execução dos geodrenos onde aplicável. Inclui as operações de furação, limpeza e colocação;
13. Aplicação da camada final de betão projetado, com uma espessura total de 5 cm;

14. Execução dos ferrolhos para ligação da viga de distribuição. Inclui as operações de furação, limpeza, colocação e selagem com recurso a bucha química;
15. Execução da viga de distribuição, onde indicado;
16. Instalação de escoras e execução de ancoragens provisórias, onde indicado, seguindo o descrito anteriormente nas alíneas 8 e 9;
17. Instalação e zeragem dos restantes dispositivos de instrumentação, definidos no âmbito do plano de instrumentação e observação, em particular os alvos topográficos e as células de carga em ancoragens;
18. Repetição da sequência 7 a 16 para o restante desenvolvimento da contenção e para os restantes níveis de escavação, até à cota final de Projeto;
19. Execução da restante estrutura dos pisos enterrados, de baixo para cima até ao nível da cobertura, acompanhado da desativação faseada das ancoragens e remoção das escoras de canto, incluindo selagem dos furos nas vigas de coroamento e de distribuição, através dos quais foram executadas as ancoragens.

7.2.4.2 Berlim Provisório – PIP Norte/Sul

O processo / faseamento construtivo proposto poderá, em termos gerais, ser resumido nas seguintes fases:

1. Execução de vistorias a todas as estruturas e infraestruturas vizinhas;
2. Execução de furos dos perfis verticais ($\varnothing$ mín. de 200mm), seguindo-se a introdução dos mesmos nos furos realizados e, posteriormente, a respetiva selagem. Para a consecução deste objetivo, deverá ser adotada calda de cimento de características apropriadas e a injeção de selagem deverá ser executada com recurso ao sistema IGU;
3. Execução, de cima para baixo e por níveis, da parede de contenção. À medida que a escavação prossegue na contenção tipo “Berlim provisório”, deverão ser instaladas em simultâneo as pranchas de madeira entre perfis verticais;
4. Instalação da viga de distribuição, devidamente soldada aos perfis verticais;
5. Instalação e zeragem dos alvos topográficos e células de carga, colocados ao nível da viga de distribuição, conforme definido no Plano de Instrumentação e Observação e indicado nas Peças Desenhadas;
6. Tensionamento das ancoragens, realização do respetivo ensaio de receção de acordo com o disposto na EN 1537 e correspondente blocagem, instalando-se células de carga quando previstas no âmbito do Plano de Instrumentação e Observação. A furação para a execução das ancoragens deverá realizar-se com diâmetro mínimo de 200mm e através de metodologia que perturbe o menos possível o terreno. A selagem das ancoragens deverá realizar-se e com calda de cimento de características apropriadas, com recurso ao sistema de injeção IRS, recorrendo a válvulas antirretorno e a obturador duplo, em terrenos competentes e geologicamente estáveis em relação à geometria da escavação;
7. Repetição dos passos 3 a 6 até ao fundo de escavação.

7.2.5 MATERIAIS

Os materiais que se prevê aplicar na execução da obra são os apresentados nos seguintes subcapítulos.

7.2.5.1 Generalidades

De acordo com os dispostos nas normas NP EN 206 e NP ENV13670-1, a presente estrutura de reforço respeita os seguintes critérios:

- Categoria de Vida Útil: Categoria 5: 100 anos (NP EN 1990:2009)
- Classe de Inspeção: 3 (NP 13670)
- Classe Estrutural: S5 - Vida útil de 100 anos (NP EN 1992-1-1:2010)

7.2.5.2 Betão

- Regularização e enchimento: C12/15; X0; Dinf20; Dsup32; S3; Cl1.0
- Muros guia: C16/20; XA2; Dinf 20; Dsup 25; S5; Cl0.4
- Estacas armadas: C40/50; XA2; Dinf 20; Dsup 25; S5; Cl0.4
- Estacas não armadas: C12/15; X0; Dinf20; Dsup32; S3; Cl1.0
- Vigas de Coroamento / distribuição: C40/50; XA2; Dinf 20; Dsup 25; S5; Cl0.4

7.2.5.3 Armaduras

- Armaduras ordinárias, em geral: A 500 NR-SD
- Aço de alta resistência para ancoragens: 1860/1680 - Grade 270 k (ASTM A416)

7.2.5.4 Aço em Elementos de Construção Metálica

- Perfis metálicos e chapas metálicas: S 275 JR
- Parafusos e buchas: Classe 8.8

No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado na NP 1515 e Eurocódigo 3.

7.2.5.5 Calda de Cimento

A calda de cimento que constitui o bolbo de selagem das ancoragens deverá ser injetada através de técnica adequada: IRS (válvulas antirretorno e obturador duplo) e deverá apresentar as seguintes características:

- Injeção de selagem: A/C = 1/2.5
- Injeção a alta pressão (> 2MPa): A/C = 1/2.3
- Resistência à compressão simples (7 dias): 27 MPa

- Cimento: CEM I 42.5 R

7.2.5.6 Geodrenos

- $\varnothing 50\text{mm}$ em tubos PEAD envoltos em geotêxtil 150gr/m^2

7.2.6 AÇÕES

A contenção periférica irá estar sujeitas aos impulsos provocados pelas terras e pelas sobrecargas provenientes da linha existente.

Neste âmbito, foram estimados os valores dos impulsos a transmitir pelo terreno à contenção de acordo com as metodologias convencionais.

No que se refere às sobrecargas provenientes das áreas envolventes a linha existente, estimou-se, para as mesmas, o valor regulamentar de 10 kN/m^2 . E para o comboio foi considerado uma sobrecarga de 80kN/ml .

Neste enquadramento, foram avaliados os valores dos impulsos a transmitir pelos terrenos às paredes de acordo com a estimativa dos valores dos parâmetros geomecânicos que governam o comportamento dos referidos terrenos. Esta estimativa deverá ser validada durante os trabalhos de cravação e de escavação, em função da análise das características dos terrenos interessados.

O comportamento das estruturas de contenção, em termos de esforços e de deformações, foi analisado, para todas as fases construtivas, através dos programas de elementos finitos *Plaxis 2D* vocacionado para o efeito.

7.2.6.1 Fase Provisória

Nesta fase da obra, o travamento da maioria da contenção é garantido através de ancoragens e escoramentos metálicos de canto. Todos estes elementos correspondem aos pontos de apoio que irão acomodar os impulsos do solo e das sobrecargas.

7.2.6.2 Fase Definitiva

Após a execução da estrutura interior do edifício, fase definitiva, o travamento da contenção é garantido pela estrutura dos pisos enterrados. Estes elementos correspondem aos pontos de apoio que irão acomodar os impulsos do solo e das sobrecargas. No dimensionamento da contenção periférica, foram consideradas as cargas provenientes da estrutura do edifício.

7.2.7 COMBINAÇÕES DE AÇÕES

7.2.7.1 Estado Limite Último

COMBINAÇÃO FUNDAMENTAL

A combinação de ações fundamental relativa aos ELU, é dada pela seguinte equação:

$$\gamma_{g,j} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{q,1} Q_{k,1} + \gamma_{q,i} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

em que,

- $Q_{k,1}$ – Valor característico da ação variável de base da combinação;
- $\psi_{0,i}$ – Coeficiente para a determinação do valor de combinação da ação variável, conforme EN 1990 – 2 – Anexo Nacional – Tabela A2.3;
- $Q_{k,i}$ – Valor característico da ação variável acompanhante i ;
- $\gamma_{g,j}$, $\gamma_{q,1}$ e $\gamma_{q,i}$ – Coeficientes parciais de segurança referentes a cada ação.

COMBINAÇÕES GEOTÉCNICAS

As combinações de ações a empregar na verificação de segurança de estruturas geotécnicas, baseiam-se nas disposições da norma EN 1997-1, a qual preconiza que, no tocante aos estados limite últimos importa avaliar a não ocorrência das seguintes situações:

- rotura interna ou deformação excessiva da estrutura ou de elementos estruturais (STR);
- rotura ou deformação excessiva do terreno (GEO);
- rotura por levantamento global da estrutura (UPL).

De uma forma geral, deverá ser garantida a seguinte verificação (STR, GEO e UPL)

$$E_d \leq R_d$$

Em que

$$E_d = E\{\gamma_F F_{REP}; X_k / \gamma_M; a_d\} \text{ ou } E_d = \gamma_E E\{F_{REP}; X_k / \gamma_M; a_d\}$$

Segundo a EN 1997-1, para a análise dos estados limites STR e GEO, foi adotada a abordagem de cálculo 1, de acordo com as seguintes combinações de conjuntos de coeficientes parciais:

- Combinação 1: A1 + M1 + R1;
- Combinação 2: A2 + M2 + R1.

em que “+” significa “combinado com”

Onde:

- A_i corresponde aos coeficientes parciais das ações ou efeitos das ações que têm os valores indicados no Quadro 1;
- M_i corresponde aos coeficientes parciais para os parâmetros do solo, cujos valores estão indicados no Quadro 2;
- R_i corresponde aos coeficientes parciais para as capacidades resistentes, cujos valores estão indicados no Quadro 3.

Quadro 1– Coeficientes parciais de segurança para as ações

Ação		Símbolo	Conjunto		
			A1	A2	A (UPL)
Permanente	Desfavorável	γ_G	1.35	1.00	1.00
	Favorável		1.00	1.00	0.90
Variável	Desfavorável	γ_Q	1.50	1.30	1.50
	Favorável		0	0	0.00
Acidente/Sismo		γ_E	0	0	-

Quadro 2– Coeficientes parciais de segurança para o solo

Ação	Símbolo	Conjunto		
		M1	M2	M (UPL)
Ângulo de atrito do solo*	γ_ϕ	1.00	1.25	1.25
Coesão efetiva	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.25
Coesão não drenada	γ_{cu}	1.00	1.40	1.40
Resistência compressão uniaxial	γ_{qu}	1.00	1.40	0.00
Peso Volúmico	γ_γ	1.00	1.25	1.00

*Este coeficiente é aplicado à tg ϕ

Quadro 3 – Coeficientes parciais de segurança para as capacidades resistentes

Ação	Símbolo	Conjunto	
		R1	R (UPL)
Ponta	γ_b	1.25	0.00
Lateral	γ_s	1.00	0.00
Compressão (P+L)	γ_t	1.15	0.00
Tração (L)	$\gamma_{s,t}$	1.25	1.40

ESTADO LIMITE DE SERVIÇO

Para a verificação da segurança ao estado limite de utilização / serviço, foi considerada a combinação quase-permanente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

7.2.8 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

7.2.8.1 Generalidades

Na verificação da segurança dos elementos constituintes da solução de fundações foi adotada a regulamentação nacional e internacional em vigor ou, em situações não previstas regulamentarmente, metodologias de cálculo reconhecidamente comprovadas. Este procedimento permitiu a aferição das dimensões médias dos elementos dimensionados, cujos valores se encontram, naturalmente, condicionados pela validade das premissas consideradas.

7.2.8.2 Estados Limites

Com vista ao dimensionamento dos diversos elementos de fundação, as ações foram agrupadas nas seguintes combinações:

- Estados limites últimos: combinações fundamentais de ações;
- Estados limites de utilização: combinações raras de ações.

Para a verificação da segurança aos estados limites foram considerados os esforços presentes no plano de cargas resultantes das combinações atrás referidas, e as propriedades dos materiais reduzidas segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes. Neste âmbito, foram efetuadas as verificações a seguir indicadas.

ESTACAS MOLDADAS

- Estado limite último de resistência à flexão;
- Estado limite último de resistência ao esforço transversal;
- Estado limite último de capacidade de carga do terreno;
- Estado limite de utilização – deformação horizontal e vertical.

ANCORAGENS PROVISÓRIAS

- Estado limite último de resistência à tração;
- Estado limite último de capacidade de carga do terreno.

PERFIS METÁLICOS HORIZONTAIS/ESCORAS

- Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento;
- Estado limite de utilização – deformação horizontal.

VIGAS DE DISTRIBUIÇÃO

- Estado limite último de resistência à flexão;
- Estado limite último de resistência ao esforço transversal.

MUROS DE CONTENÇÃO EM BETÃO ARMADO

- Estado limite último de resistência à flexão;
- Estado limite último de resistência ao corte;
- Estado limite de serviço (deformações horizontais e verticais).

TALUDE PROVISÓRIO

- Estado limite último de estabilidade global.

7.2.8.3 Estados Limites de utilização

Apresenta-se no presente capítulo, o resumo das principais verificações de segurança realizadas, fazendo referência para tal, às situações mais condicionantes do ponto de vista do dimensionamento.

A verificação de segurança será garantida através da metodologia descrita no Eurocódigo 7. Esta última será obtida desde que se cumpra a seguinte condição:

$$E_d \leq C_d$$

Onde:

- E_d - valor de cálculo do efeito das ações. Neste caso deslocamentos horizontais da estrutura de contenção e sua vizinhança;
- C_d - valor limite do efeito das ações.

Os coeficientes parciais de segurança para o Estado Limite de Utilização serão tomados iguais à unidade.

7.2.8.4 Estados Limites Últimos

ELEMENTOS EM BETÃO ARMADO

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO

De acordo com o Eurocódigo 2, a verificação ao Estado Limite Último de resistência à flexão foi assegurada através da seguinte condição:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1$$

Onde:

- M_{Ed} valor de cálculo do momento fletor actante;
- M_{Rd} valor de cálculo da resistência máxima do elemento estrutural.

A área da armadura longitudinal de flexão necessária para respeitar a condição acima descrita pode ser determinada relacionando a fórmula do momento reduzido com a da percentagem mecânica de

armadura. Assim, a área de armadura mínima pode ser determinada com recurso às seguintes equações:

$$\mu \geq \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$\omega = \frac{A_s}{b \times d} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

Onde:

- μ valor reduzido do valor de cálculo do momento fletor resistente;
- ω percentagem mecânica de armadura, definida através de ábacos (função de μ);
- b largura da secção;
- d altura útil da secção do elemento estrutural;
- A_s área da secção transversal da armadura;
- f_{cd} valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão aos 28 dias;
- f_{syd} valor de cálculo da tensão de cedência à tração do aço das armaduras de betão armado; neste caso $f_{syd}=435\text{MPa}$ – A500NRSD.

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA AO ESFORÇO TRANSVERSO

De acordo com o Eurocódigo 2, no âmbito da verificação do Estado Limite Último de resistência ao esforço transversal, deverá satisfazer-se a seguinte condição:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,S};$$

Onde:

- V_{Ed} valor de cálculo do esforço transversal atuante;
- $V_{Rd,S}$ valor de cálculo do esforço transversal que pode ser suportado por um elemento com armadura específica de esforço transversal.

A armadura de esforço transversal é calculada de forma a satisfazer $V_{Ed} \leq V_{Rd,S}$. De entre os métodos de cálculo disponíveis optou-se por se seguir o disposto no método das bielas de inclinação variável, para elementos com armadura de esforço transversal constituída por estribos verticais.

$$V_{Rd,S} = \frac{A_{sw}}{s} \times z \times b \times f_{ywd} \times \cot \theta$$

Onde:

- θ ângulo das bielas de betão com o eixo do elemento; neste caso foi admitido $\theta = 30^\circ$;
- A_{sw} área da armadura de esforço transversal;
- s espaçamento da armadura de esforço transversal;

- z indica, para um elemento de altura constante, o binário das forças interiores correspondente ao momento fletor máximo no elemento que está a ser considerado. Usualmente pode recorrer-se ao valor aproximado $z=0,9d$;
- f_{ywd} valor de cálculo da tensão de cedência da armadura de esforço transversal; neste caso $f_{ywd}=435\text{MPa}$ – A500NR.

Da aplicação desta expressão resultam, para verificação da condição $V_{Ed} \leq V_{Rd,s}$, as áreas de armadura transversal a adoptar nos elementos de betão armado.

ELEMENTOS EM AÇO ESTRUTURAL

Descrevem-se abaixo as verificações realizadas no âmbito do dimensionamento das escoras metálicas de canto.

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA DA SECÇÃO

De acordo com o Eurocódigo 3, a verificação ao estado limite último de resistência da secção, na situação em que o esforço normal é predominante sobre os outros, pode ser assegurada através da seguinte condição:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1$$

Onde:

N_{Ed} Valor de cálculo do esforço axial atuante;

N_{Rd} Valor de cálculo da resistência máxima do elemento estrutural.

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA À ENCURVADURA POR VAREJAMENTO

De acordo com o Eurocódigo 3, a verificação da segurança ao estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento pode ser assegurado de acordo com a seguinte condição:

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

Onde:

N_{Sd} Valor de cálculo do esforço axial atuante.

$N_{b,Rd}$ Valor de cálculo da resistência à encurvadura global.

A resistência à encurvadura global por varejamento é definida pela seguinte expressão:

$$N_{b,Rd} = \chi \times A_s \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

Sendo:

- As Área da secção transversal;
- f_y Tensão de cedência do aço;
- γ_{M1} Coeficiente parcial de segurança, considerado igual a 1.0;
- χ Factor de redução para o modo de encurvadura;

ANCORAGENS PROVISÓRIAS

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE TRAÇÃO

A força aplicada à armadura de pré-esforço durante o processo de puxe não deve exceder o valor de P_{max} , determinado por:

$$P_{max} = A_p \cdot \sigma_{p,max}$$

Em que:

- A_p é a área da secção transversal da armadura de pré-esforço;
- $\sigma_{p,max}$ é a tensão máxima aplicada à armadura de pré-esforço com valor $\min(k_1 f_{pk}; k_2 f_{p0,1k})$.

Adicionalmente, a força de pré-esforço instalada após as perdas instantâneas não deve exceder o valor de P_{m0} , determinado por:

$$P_{m0}(x) = A_p \cdot \sigma_{pm0}(x)$$

Em que:

- A_p é a área da secção transversal da armadura de pré-esforço;
- $\sigma_{pm0}(x)$ é a tensão máxima aplicada à armadura de pré-esforço com valor $\min(k_7 f_{pk}; k_8 f_{p0,1k})$.

Para a estimativa do valor das perdas por reentrada das cunhas, por cordão, tem-se a seguinte relação:

$$\Delta P_{cordão} = (EA/L) \cdot \Delta d$$

Sendo:

E – Módulo de elasticidade do aço;

A – Área dos cordões da ancoragem;

L – Comprimento livre da ancoragem;

Δd – Reentrada das cunhas com valor de 6mm.

Salienta-se que, dado o carácter provisório destes elementos, não se consideraram as perdas de pré-esforço diferidas, que envolvem, entre outros fenómenos, o relaxamento das armaduras e a fluência do bolbo de selagem. Considera-se que o tempo de vida útil deste tipo de elementos (2 anos) não é suficiente para que tais fenómenos se revelem importantes para o dimensionamento. Desta forma, foram consideradas as perdas instantâneas, tendo sido considerada na sua contabilização uma reentrada das cunhas de 6mm (função do comprimento livre das ancoragens), a confirmar por ensaios de blocagem em obra.

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE CAPACIDADE DE CARGA DO TERRENO

Conservativamente e dado que as características atribuídas à resistência de ponta são pouco significativas, considerou-se que o bolbo de selagem dos perfis verticais funcionará, essencialmente, por resistência lateral. Segundo o Eurocódigo 7 a verificação da segurança é garantida pela condição:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1$$

Onde:

N_{Ed} valor de cálculo das ações axiais correspondentes à combinação rara.

N_{Rd} valor médio da resistência do bolbo de selagem, determinado de acordo com a metodologia de Doix e Bustamante.

A resistência média do bolbo de selagem é dada pela expressão seguinte:

$$N_{Rd} = (\pi \times \alpha \times D_d \times \tau_s \times L_{selagem}) / Y / \xi$$

Em que:

- α Coeficiente de expansibilidade do furo do perfil. Foram considerados os valores recomendados pelo fabricante, para os terrenos de selagem dos perfis;
- D_d Diâmetro de furacão. Foi tomado o valor recomendado pelo fabricante para os perfis adotados;
- q_s Valor médio da resistência unitária última da interface calda-terreno, obtido a partir dos ábacos de Bustamante e Doix (1985) em função do tipo de terreno e do tipo de re-injeção;
- $L_{selagem}$ Comprimento do bolbo de selagem;
- Y Coeficiente parciais para as capacidades resistentes;
- ξ Coeficiente de correlação para a determinação de valores característicos.

MÉTODO DE BISHOP PARA AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE GLOBAL DE TALUDES

A estabilidade do talude foi realizada recorrendo a métodos de equilíbrio-limite. Estes métodos consistem num processo iterativo no qual:

- Admitem um mecanismo de rotura, correspondente a uma massa de terras limitada por uma superfície de deslizamento (curvilínea, plana ou mista);
- Determinam o conjunto de forças instabilizadoras, S;
- Determinam o conjunto de forças estabilizadoras, M, na mesma superfície para equilibrar aquele efeito;
- Determinam o conjunto de forças tangencias resistentes na superfície de deslizamento, para o mecanismo de rotura admitido, R;
- Determinadas as forças atuantes e resistentes, estas são comparadas por forma a avaliar qual o fator de segurança global existente.

No presente caso, o cálculo da estabilidade global do talude foi realizado através da versão simplificada do método proposto por Bishop (1955), o qual admite que as forças de interação entre as fatias são horizontais:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (c'_i \Delta x_i + (W_i - u_i \Delta x_i) \tan(\varphi'_i)) (1/M_i(\alpha))}{\sum_{i=1}^n W_i \sin(\alpha_i)}$$

Em que:

$$M_i(\alpha) = \cos(\alpha_i) \left(1 + \left(\frac{\tan(\alpha_i) \tan(\varphi'_i)}{F} \right) \right)$$

Verifica-se assim que o método de Bishop simplificado não conduz a uma solução explícita do coeficiente de segurança, já que F aparece nos dois membros da equação. É, pois, indispensável recorrer a um processo iterativo para a resolução do problema

7.2.9 MODELOS DE CÁLCULO

7.2.9.1 **Considerações Gerais**

O comportamento das estruturas de contenção, em termos de esforços e de deformações, foi analisado, para todas as fases construtivas, através do programa de elementos finitos PLAXIS 2D.

A análise recorrendo aos modelos apresentados de seguida permitiu apurar a envolvente de esforços e deformações, utilizadas na análise e dimensionamento da parede de contenção, bem como as reações obtidas nos travamentos da contenção. Os dados obtidos tiveram em consideração as diferentes fases associadas ao processo construtivo definido.

A análise realizada consistiu no estudo das secções mais representativas para o comportamento da contenção, com o intuito de avaliar as deformações, estados de tensão e a estabilidade do maciço a conter, bem como estimar os incrementos de deformação em estruturas e infraestruturas vizinhas à escavação.

Não obstante, alguns elementos, tais como as vigas de distribuição, foram analisados com base em modelos simplificados, recorrendo, para tal, aos conceitos associados à teoria das peças lineares.

Na modelação desenvolvida, simulou-se o comportamento dos terrenos através do modelo constitutivo, Hardening Soil (Quadro 4). A cortina de estaca-prancha foi modelada através de

elementos do tipo “plate”, com comportamento elastoplástico, enquanto as ancoragens foram modeladas através de elementos tipo tirante “node-to-node anchor”, tendo os respetivos comprimentos de selagem sido modelados com recurso a elementos do tipo “embedded beam row”.

Quadro 4 – Parâmetros do solo adotado para o modelo

Zona Geotécnica	Solos	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	E_{50ref} [Mpa]	E_{oedref} [MPa]	E_{urref} [MPa]
ZG4	Depósito de Aterros	18	27	1	12.5	12.5	37.5
ZG3	Solo Residual	19	30	5	30	30	90
ZG2	Granito do Porto W5/W4	21	37	10	80	80	240
ZG1	Granito do Porto W5/W4	22	40	50	200	200	600

Salienta-se, no entanto, que os valores estimados para os parâmetros do solo adotados para o dimensionamento das soluções de escavação e contenção periférica deverão ser confirmados, de forma expedita, em fase de obra, no decorrer dos trabalhos de furação e de escavação.

Nos modelos elaborados considerou-se a fase provisória, na qual o travamento da contenção é materializado pelo sistema de ancoragens ou com funcionamento em consola.

7.2.9.2 Cortina de Estacas

A análise da estrutura de contenção em cortinas de estaca baseou-se em modelos de cálculo representativos das soluções de contenção. Apresenta-se nas Figura 6 e Figura 7 os modelos realizados.

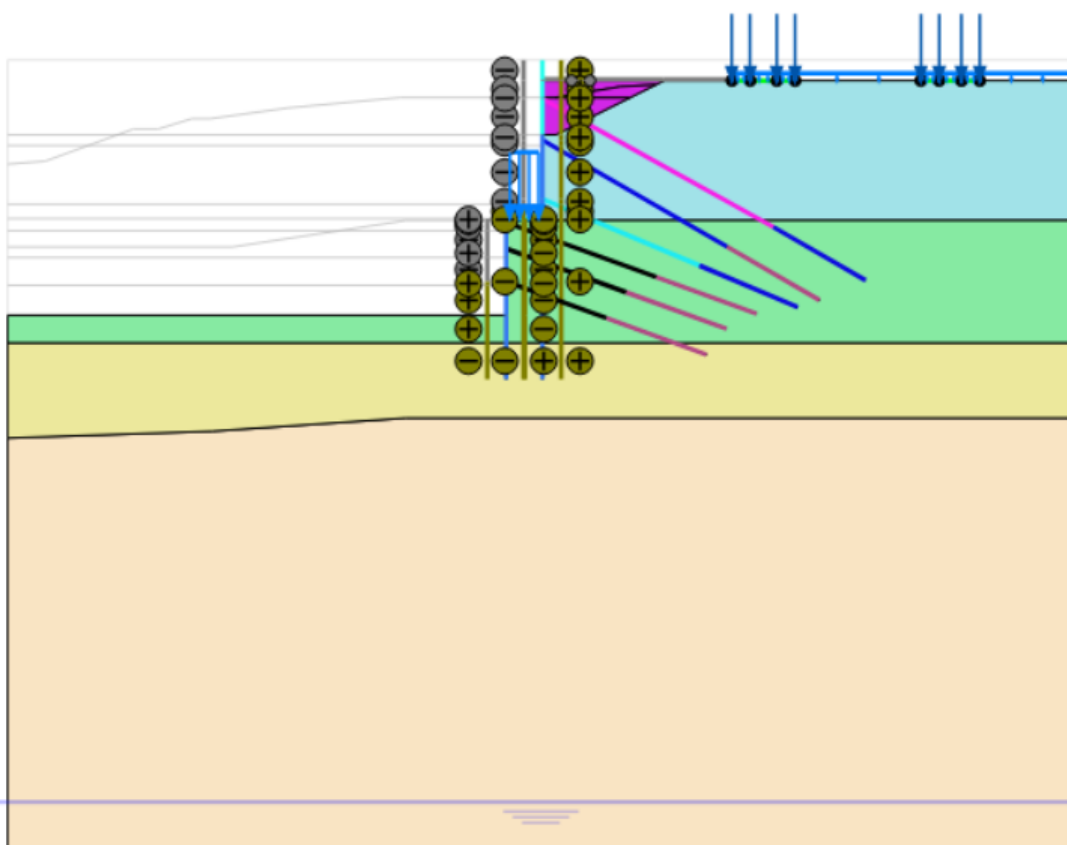


Figura 6 – Modelo Plaxis - Corte da estrutura de contenção paralela às linhas do combio

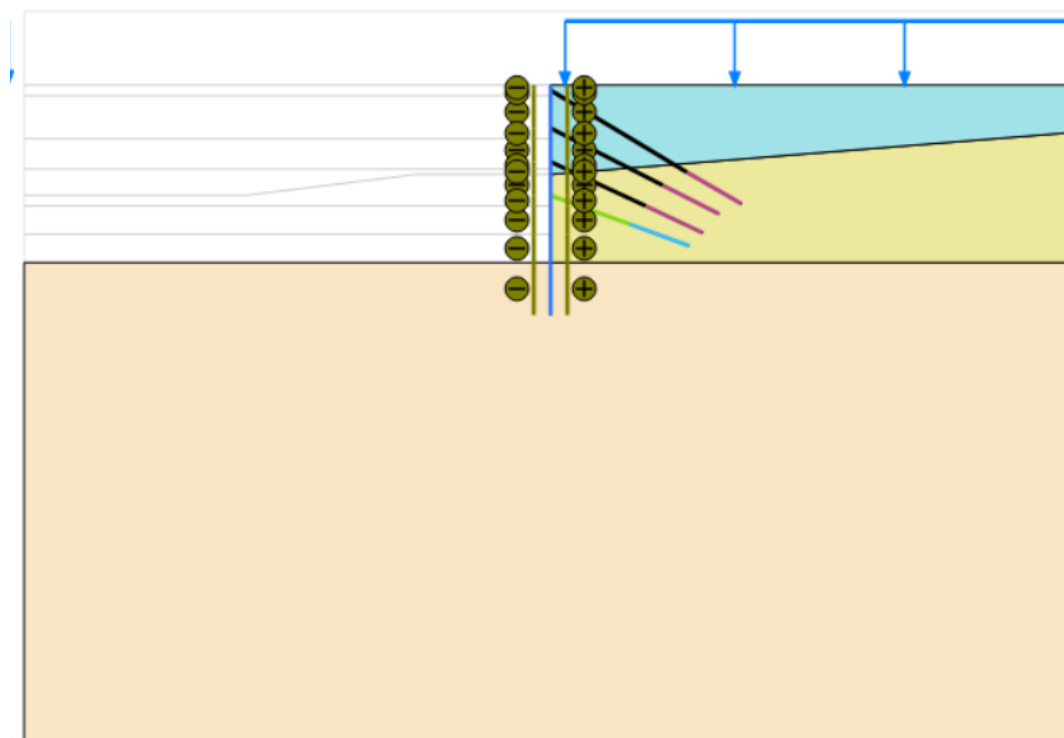


Figura 7 – Modelo Plaxis - Corte da estrutura de contenção lateral do edifício nascente

7.2.9.3 Contenção de Berlim Provisório da PIP Norte/Sul

A análise da estrutura de contenção em Berlim provisório baseou-se em modelos de cálculo representativos das soluções de contenção. Apresenta-se nas Figura 8 e Figura 9 os modelos realizados.

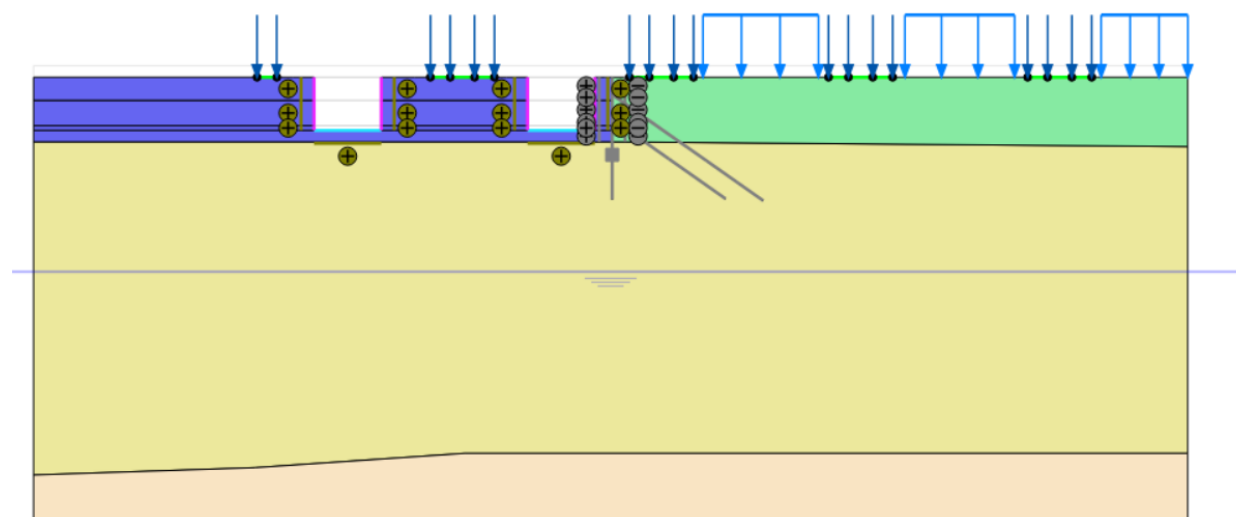


Figura 8 – Modelo Plaxis - Corte da PIP zona das escadas

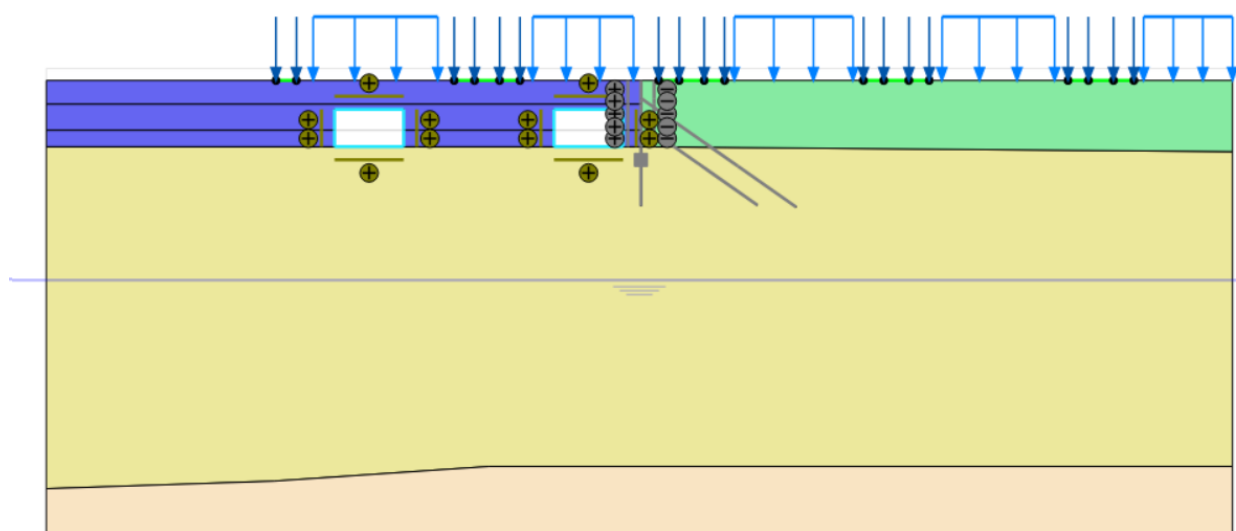


Figura 9 – Modelo Plaxis - Corte da PIP zona do túnel

7.2.10 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

7.2.10.1 Generalidades

O Plano de Instrumentação e Observação proposto tem como objetivo garantir a realização, em condições de segurança e de economia, dos trabalhos relativos à escavação e à contenção periférica dos pisos enterrados, assim como a análise do comportamento das estruturas e das infraestruturas vizinhas durante a execução desta em fase de obra.

O Plano de Instrumentação e Observação proposto foi definido a partir da análise dos principais condicionamentos que, nesta fase do estudo, se considera que, com maior probabilidade, poderão vir a afetar a intervenção. A análise destes condicionamentos permitiu a quantificação dos principais riscos associados à execução dos trabalhos.

7.2.10.2 Grandezas a Medir

O Plano de Instrumentação e Observação proposto deverá permitir a medição, durante os trabalhos relativos à escavação e à construção das estruturas de contenção e dos pisos enterrados, das seguintes grandezas:

- a) Deslocamentos horizontais e verticais das estruturas de contenção;
- b) Deslocamentos horizontais do terreno contido;
- c) Medição da carga instalada nas ancoragens;
- d) Deslocamentos horizontais e deslocamentos verticais das construções vizinhas;

Caso se venha a considerar como estritamente necessário, poderão vir a ser instalados sismógrafos para aferição de eventuais vibrações nas construções vizinhas durante os trabalhos de escavação.

7.2.10.3 Meios para Medição

As grandezas descritas no ponto anterior deverão ser medidas através dos seguintes dispositivos cuja instalação se propõe:

- i. Alvos topográficos para medição das grandezas referidas em a);
- ii. Calhas inclinométricas para medição das grandezas em b);
- iii. Células de carga em ancoragens para medição da grandeza referida em c);
- iv. Alvos topográficos para medição das grandezas referidas em d).

A localização proposta para os aparelhos e dispositivos de medição indicados está definida nas peças desenhadas. O seu número total, tipo e localização poderá vir a ser reformulado no decorrer e após a obra, em função da análise da evolução do seu comportamento global.

7.2.10.4 Características dos Aparelhos

Apresenta-se nos seguintes capítulos uma breve descrição dos aparelhos cuja utilização o presente plano prevê, na atual fase do estudo.

ALVOS TOPOGRÁFICOS

A instalação de alvos será realizada através da fixação às estruturas, por colagem e/ou selagem, de placas metálicas planas onde são colocados previamente os alvos. A orientação dos alvos pode ser corrigida de forma a facilitar as pontarias do equipamento topográfico e, conseqüentemente, reduzir os erros (da ordem de 1mm na direção horizontal e de 1.0mm na direção vertical). 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.

Os pontos de referência, de apoio à execução das leituras, deverão ser localizados em zonas fora da área de influência da obra.

Os alvos a utilizar deverão ser do tipo prisma de reflexão total, de forma a compensar a distância a que os mesmos se localizam dos pontos de leitura, instalados, como referido, em suportes adequados que permitam o ajuste da sua orientação.

As observações topográficas dos prismas que definem e materializam os pontos objeto a instrumentar deverão ser efetuadas com a maior redundância possível, quer angularmente, quer em distância. Sendo redundantes, dever-se-á, posteriormente a cada campanha de observação, proceder ao ajustamento das observações, através de modelo de cálculo adequado.

As precisões finais do sistema de observação estão estimadas em aproximadamente $\pm 1\text{mm}$, quer planimetricamente, quer em altimetria.

MARCAS TOPOGRÁFICAS

As marcas topográficas para medições da variação de cota altimétrica dos carris da ferrovia serão apoiadas na estrutura da soleira da ferrovia, possuindo na sua extremidade superior um suporte de mira protegido com uma tampa de proteção.

Os nivelamentos superficiais das marcas serão realizados utilizando um nível de precisão com lâminas de faces paralelas e mira de invar. As cotas serão referenciadas a pontos fixos, ou a pontos suficientemente afastados da obra, que possam ser considerados como efetivamente fixos.

Dentro das condições normais de operação, o erro associado à leitura das marcas deverá ser de $+ 0.5\text{mm}$.

INCLINÓMETROS

A medição de deslocamentos horizontais do maciço será efetuada através da instalação de calhas inclinométricas. O preenchimento entre as paredes dos furos e as calhas inclinométricas será executado dentro do possível com material de características deformacionais semelhantes às do terreno envolvente ou do betão das estacas. A selagem do ponto fixo na base do instrumento deverá ser feita a uma profundidade tal que não seja influenciada pelos trabalhos em execução ou movimentos deformacionais das estruturas adjacentes ao objeto de observação. Admite-se, em geral, uma profundidade de, no mínimo, 5m abaixo das cotas de influência dos trabalhos em execução.

As calhas inclinométricas serão em PVC-ABS $\varnothing 75\text{mm}$, permitindo a passagem de um sensor deslizante (torpedo) dotado de pontos de referência (roletes) espaçados de 0.5 ou 1m. O torpedo contém dois sensores do tipo servo-acelerómetros montados com desfasamento de 90° (graus). Uma vez dentro do tubo-calha, a profundidade a que se encontra o torpedo é controlada por uma escala graduada de 0.5m e impressa no próprio cabo elétrico que liga o torpedo à caixa de leituras à superfície. O resultado obtido em cada leitura é a distância na horizontal entre os roletes de referência. Com este valor, para cada profundidade instrumentada é possível construir um gráfico profundidade/deslocamento horizontal das calhas em qualquer das duas direções ortogonais.

Dentro das condições normais de operação, o erro de cálculo da deflexão estimado no topo de um tubo calha inclinométrica será, em geral, de aproximadamente de 1mm por cada 5m de tubo calha.

CÉLULAS DE CARGA EM ANCORAGENS

As células de carga em ancoragens permitem a monitorização da carga de pré-esforço instalada. Propõe-se a instalação de células de carga do tipo elétrico que permitam uma medição do pré-esforço até 600kN, com uma precisão associada ao equipamento de 0.5%. A leitura das células de carga será efetuada através de dispositivo elétrico de corda vibrante.

Com vista à sua correta colocação, cada célula deverá ser montada sobre placas metálicas de uniformização de esforços.

SISMÓGRAFOS

Caso se preveja a utilização de equipamento pesado de escavação ou de execução de estacas ou outro trabalho que possivelmente cause grandes vibrações, principalmente em situações de proximidade a edificações sensíveis, preconiza-se a instalação de sismógrafos. As medições das vibrações serão obtidas através de um geofone triaxial 2-250 Hz, com janela de calibração mínima de 1-160 Hz. A instalação e utilização deve respeitar o definido na Norma Portuguesa NP-2074/2015.

7.2.10.5 Frequência de Leituras

Atendendo às características da obra preconiza-se que o conjunto de aparelhos instalados, ou a instalar, sejam lidos, durante a execução dos trabalhos, até à construção das lajes dos pisos localizados acima das vigas de coroamento e à desativação das ancoragens (ou pregagens) / remoção de escoras, com uma frequência, à partida, não inferior a uma vez por semana. Atendendo à dimensão e duração da obra, sugere-se a implementação de um sistema automático de aquisição de dados.

Os resultados serão apresentados sobre forma gráfica e deverão ser atempadamente interpretados e analisados pelos técnicos projetistas das estruturas de contenção instrumentadas, em colaboração com os técnicos da obra.

Em qualquer dos instrumentos, caso os resultados das leituras o justifiquem, poderão ser realizadas leituras adicionais após a construção da estrutura dos pisos enterrados.

Propõe-se que o intervalo de tempo entre cada campanha de leituras e a entrega dos respetivos resultados, devidamente processados em forma gráfica, aos técnicos responsáveis pela respetiva análise e interpretação não seja, à partida, superior a 3 dias úteis.

7.2.10.6 Critérios de Alerta e de Alarme

ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

Tendo por base o tipo e solução propostos para a contenção a executar, assim como a geologia do local da intervenção, é possível estimar os seguintes critérios para a mesma contenção, a confirmar em fase de Projeto de Execução:

- i. Critério de alerta:

- a. Deslocamentos Horizontal: 10mm/5m de desnível de terras;
 - b. Deslocamento Vertical: 5mm/5m de desnível de terras;
 - c. Variação de carga nas ancoragens: +/-10%.
- ii. Critério de alarme:
- a. Deslocamentos Horizontal: 15mm/5m de desnível de terras;
 - b. Deslocamento Vertical: 10mm/5m de desnível de terras;
 - c. Variação de carga nas ancoragens: +/-20%.

A interpretação dos valores citados deverá ser realizada de forma comparativa com a dos valores obtidos nas leituras anteriores, pois, além da informação dada pelos valores absolutos, será importante a análise das tendências da respetiva evolução.

CONSTRUÇÕES VIZINHAS

Tendo por base o tipo e solução propostos para a contenção a executar, assim como a geologia do local da intervenção, é possível estimar, nesta fase, os seguintes critérios para as edificações vizinhas ao recinto de intervenção:

- a) Critério de alerta: deslocamentos máximos da ordem de 10mm no sentido horizontal, e de cerca de 15mm no sentido vertical;
- b) Critério de alarme: deslocamentos máximos da ordem de 15mm no sentido horizontal, e de cerca de 20mm no sentido vertical.

7.2.10.7 Relatório de Monitorização e Observação

Após a execução de cada campanha de leituras, toda a informação recolhida deverá ser compilada e apresentada sobre forma gráfica em relatório próprio e, entregue atempadamente a todos os intervenientes da obra. Desta forma, será possível adaptar o projeto em tempo útil, sempre que assim se justifique.

De forma a garantir a compreensão dos resultados por todos os intervenientes na obra, assim como uma correta análise dos mesmos, todos os relatórios de instrumentação deverão incluir, imperativamente, a seguinte informação:

- Localização dos dispositivos de instrumentação;
- Data de realização das leituras;
- Identificação e descrição dos trabalhos executados em obra durante os dias de realização das leituras, se possível, com recurso a fotografias;

- No caso particular dos alvos topográficos, instalados em edifícios e/ou estruturas de contenção, as leituras deverão ser realizadas perpendicularmente à face das paredes.

Por fim, salienta-se que, todos os dispositivos de instrumentação deverão ser instalados atempadamente, e de acordo com o indicado no faseamento construtivo definido em projeto, de forma a permitir a elaboração de um histórico ao longo do período da obra e assim, interpretar da melhor forma os resultados provenientes das leituras realizadas.

7.2.10.8 Medidas de Reforço

As medidas de reforço que tenham de vir a ser implementadas, por terem sido atingidos os critérios citados no ponto anterior, deverão ser analisadas individualmente, mas poderão compreender, entre outras, a título indicativo:

- a) Reforço do travamento horizontal da parede da contenção, através da realização adicional de escoramentos ou de ancoragens, eventualmente com maior comprimento livre e maior inclinação;
- b) Realização parcial da escavação e da contenção ao abrigo do método invertido;
- c) Tratamento dos terrenos descomprimidos, localizados a tardo da parede da contenção, em particular no caso da presença de eventuais materiais arenosos pouco compactos e saturados.

7.2.11 REGULAMENTAÇÃO

O Plano de Instrumentação e Observação proposto tem como objetivo garantir a realização, em condições de segurança e de economia, dos trabalhos relativos à escavação e à contenção periférica dos pisos enterrados, assim como a análise do comportamento das estruturas e das infraestruturas vizinhas durante a execução desta em fase de obra. No presente estudo foi adotada a regulamentação e especificações em vigor, nomeadamente:

- NP EN 206 – Norma Europeia - Betão - Comportamento, Produção, Colocação e Critérios de Conformidade;
- NP EN 1990: Eurocódigo 0 – Bases para o Projeto de Estruturas;
- NP EN 1991: Eurocódigo 1 – Ações em estruturas;
- NP EN 1992: Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão;
- NP EN 1993: Eurocódigo 3 – Projeto de Estruturas de Aço;
- NP EN 1998: Eurocódigo 7 – Projeto geotécnico;
- NP EN 1537: Execução de obras geotécnicas especiais - Ancoragens;
- NP ISO 22477-5: Ensaio de estruturas geotécnicas – Parte 5: Ensaio de ancoragens no terreno;
- NP EN 1090: Execução de estruturas de aço e de estruturas de alumínio.

Para os assuntos que não são tratados pela regulamentação em vigor foram seguidas as recomendações de organismos aplicáveis.

7.2.12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme prática corrente em intervenções com o enquadramento e a complexidade da presente, todos os pressupostos e todos os elementos de base considerados no presente documento deverão ser confirmados antes e durante a execução da obra. Caso algum destes pressupostos ou elementos não se venha a confirmar, deverão ser averiguadas as suas consequências na segurança da obra e das zonas envolventes e, se justificável, deverão ser efetuadas as necessárias revisões às soluções agora apresentadas. Entre os pressupostos e elementos que poderão carecer de confirmação e que deverão ser constantemente validados, podem ser destacados:

- a) A confirmação prévia da geometria e das cotas de fundação das estruturas e das infraestruturas localizadas junto ao perímetro exterior do recinto da escavação;
- b) O levantamento prévio de todos os serviços afetados, localizados na vizinhança do recinto de intervenção;
- c) A confirmação do zonamento geotécnico efetuado, o qual condicionou a conceção e a estimativa de quantidades realizada, sendo, para tal, fundamental a análise permanente das características dos terrenos durante todos os trabalhos de furação e de escavação;
- d) Atendendo ao carácter semiempírico do cálculo das ancoragens, o comprimento dos respetivos bolbos de selagem deve apenas ser considerado como indicativo e confirmado durante os trabalhos de furação. No mesmo enquadramento, o comprimento total das ancoragens deverá ainda ser confirmado através dos ensaios de receção e permitir que os respetivos bolbos de selagem se localizem em terrenos competentes e geologicamente estáveis em relação à geometria da escavação;
- e) A confirmação da viabilidade de durante as operações de escavação a água que eventualmente vier a afluir ao interior do recinto de escavação poder vir a ser bombeada através de dispositivos convencionais, localizando o cone de rebaixamento integralmente no interior do recinto de escavação, sem colocar em risco a integridade das estruturas e infraestruturas vizinhas;
- f) O cumprimento integral do faseamento construtivo indicado, em particular a minimização do intervalo de tempo entre a escavação e o tensionamento das respetivas ancoragens/colocação de escoramentos, em particular se sob condições atmosféricas adversas;
- g) A confirmação da compatibilização das soluções propostas com as definidas no âmbito dos trabalhos das restantes especialidades em particular: Demolições, Arquitetura, Estruturas e Drenagem.

Por último, no contexto do imprescindível acompanhamento de uma obra com as características da presente, destaca-se o papel do Plano de Instrumentação e Observação proposto, como ferramenta pró-ativa na implementação atempada de medidas que possam assegurar a execução e manutenção da obra em condições de segurança e de economia.

7.3 ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES

7.3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O objetivo do presente capítulo é descrever as soluções adotadas para as diferentes estruturas, e respetivas fundações, que constituem a obra de modernização e adaptação da Estação de Campanhã indicando os principais condicionamentos que estiveram na base das soluções estruturais apresentadas, assim como as metodologias e pressupostos considerados na conceção, dimensionamento e verificação de segurança.

7.3.2 PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

Para a definição das soluções apresentadas neste capítulo, foram tidos em consideração os condicionamentos apresentados anteriormente no capítulo 7.2.2.

7.3.3 DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS

7.3.3.1 **Edifício Ponte**

As áreas úteis do Edifício Ponte ocupam dois pisos ficando o inferior, de maior área, 8.00 metros acima do pavimento dos cais existentes e o superior 4.70 metros acima dele. Abrangendo toda a área do maior piso existe uma cobertura, quase horizontal, desnivelada de 4.80 metros, aproximadamente, do piso superior. O volume paralelepípedo do Edifício Ponte cobre toda a largura dos cais e das vias férreas à qual se soma a largura da praça situada a nascente dos cais. Desenvolve-se perpendicularmente aos eixos longitudinais das vias (orientação nascente-poente) e tem cerca de 29 metros de largura e 144 metros de comprimento.

Os dois pisos serão ocupados por zonas de circulação, salas de espera, serviços da estação, áreas comerciais e escritórios do IP. Acede-se a eles, quer a partir dos cais, quer a partir das edificações a construir do lado da estação (Bloco de Acessos a Poente) e do lado oposto (Edifício Nascente), por meio de escadas rolantes e fixas. Entre os pisos elevados a circulação é feita por escadas fixas.

O principal condicionamento com que se confrontou a conceção das fundações e estruturas do Edifício Ponte resultou da circunstância de ele se situar sobre os cais e as vias férreas. Os seus apoios teriam de ser obrigatoriamente implantados nas larguras dos cais e em zonas destes que não constrangessem os acessos às composições nem perturbassem os acessos verticais (escadas rolantes e fixas e elevadores). Por outro lado, sabia-se que a construção do edifício teria de ser feita, maioritariamente, a partir dos cais e tendo presente que a corrente elétrica das catenárias estará ligada durante quase todo o dia.

A solução a que se chegou e que se representa nas Peças Desenhadas do Projeto foi, portanto, objeto de um amplo intercâmbio de ideias, propostas e conversações, envolvendo os responsáveis pelo projeto de arquitetura e as empresas construtoras.

Nos dois cais situados mais a poente será necessário demolir os quatro módulos das coberturas de betão armado (“cogumelos”) existentes que estão implantados sob o edifício Ponte a construir.

Numa caracterização sumária pode descrever-se como tratando-se de uma estrutura cujos pilares e primeiro nível elevado é constituído por elementos de betão armado, sobre os quais apoiam as estruturas mistas do segundo piso e da cobertura. Todos os seus apoios e fundações situam-se nas

áreas dos cais e, na extremidade nascente (Praça), sobre o parque de estacionamento subterrâneo a construir.

Atendendo às limitações e dificuldades intrínsecas à execução de trabalhos nos cais e ao facto do terreno superficial existente não apresentar características para servir de apoio à estrutura, optou-se por uma solução de microestacas em tubo metálico injetado para a constituição das fundações que serão executadas nos cais. Algumas das microestacas serão inclinadas, em consonância com as intensidades das forças horizontais que os pilares e os fundos das caixas dos elevadores transmitem a cada um dos maciços de encabeçamento, e as restantes serão verticais.

Trata-se de uma solução tradicional de microestacas que consiste na execução da furação, montagem da armadura (tubos N80) e posterior selagem primária e injeção de alta pressão. Serão feitas com tubos manchete TM, constituídas por troços de tubos de coroa circular com 177.8mm de diâmetro e 9.5mm de espessura, em aço de alta resistência ($f_{syd} > 560$ MPa), com emendas feitas com mangas roscadas exteriores e devem ser seladas com calda de cimento injetada sob pressão em furos com cerca de 0.25m de diâmetro, dentro de um estrato com resistência adequada ($NSPT > 60$), com comprimento mínimo de 8.0m. O sistema de injeção deverá ser do tipo IRS (injeções repetitivas e seletivas). Após a injeção o bolbo de selagem deve apresentar um diâmetro médio da ordem dos 0.32m.

A ligação das microestacas aos maciços de encabeçamento será feita ao longo do comprimento de penetração dos tubos no elemento de betão armado, no qual são soldados aos tubos metálicos, varões $\varnothing 10/0.10$ em forma de hélice e chapas de aço circulares com 200mm de diâmetro e 16mm de espessura. De referir que as microestacas que necessitarem de atravessar os maciços de fundação das palas existentes dos cais, exigem que sejam executados previamente furos com carotadora, com cerca de 300mm de diâmetro, a preencher com Grout depois de instalados os tubos.

Os pilares que se sobrepõem ao novo estacionamento a nascente apoiam sobre a sua estrutura, prevendo-se a necessidade de executar bandas maciças invertidas na laje de cobertura e terão as fundações, em princípio, diretas implantadas abaixo do pavimento inferior do estacionamento.

Em cada um dos cais, existirão 2 pares de pilares alongados na direção longitudinal do cais, um lateral às escadas rolantes e o outro já próximo dos elevadores. Sobre o estacionamento subterrâneo a nascente os pilares mantêm-se nos mesmos alinhamentos, embora sejam consideravelmente mais altos em virtude de o pavimento da praça se situar a um nível inferior ao dos cais. Todos os pilares são inclinados na direção perpendicular às vias, mais distanciados um do outro no topo, cerca de 5.6 metros de comprimento livre entre os eixos de um par, do que na base, onde essa distância se reduz para cerca de um quarto.

Na zona da praça nascente (que se sobrepõe ao estacionamento) as distâncias entre pilares aumentam, embora eles se mantenham inclinados. São cerca do dobro das distâncias entre os eixos dos cais.

Ao nível do piso, os topos dos pilares estão ligados por duas vigas de betão armado paralelas aos cais. Essas vigas prolongam-se em consola para além dos pilares e a sua altura modifica-se ao longo do comprimento, acompanhando as necessidades de resistência à flexão. Prevê-se que tenham uma altura máxima de 2.30 metros sobre os pilares e nos extremos das consolas a sua altura diminua para 0.80 metros. No vão entre pilares a altura das vigas reduz de 2.30 metros sobre os pilares para 1.50 metros nas zonas centrais dos vãos. Sobre as duas vigas apoia uma laje com 0.40 metros de espessura, com aberturas por onde passam as escadas e os elevadores e que se estende

lateralmente 1.20 metros para o exterior de cada uma das vigas, mas com espessura de 0.65 metros de forma a dar apoio, na extremidade, aos painéis de laje alveolar adjacentes.

Os espaços remanescentes do primeiro piso elevado (que cobrem as vias férreas) estão preenchidos com pranchas alveolares pré-esforçadas. Estas apoiam-se nas bordaduras das lajes maciças e são revestidas com uma camada de betão armado complementar por meio do qual se confere continuidade às duas tipologias de lajes (betão in-situ e pré-fabricadas).

Sobre a praça nascente vão existir três pares de vigas transversais dispostas com orientação paralela às vias (sul/norte), dois ficam implantados sobre os pilares e o terceiro a meio vão entre eles. O par de vigas transversal central é suportado por duas vigas longitudinais de altura variável, entre 1.60m sobre os pilares e 2.60m a meio vão, onde descarregam as vigas em causa.

Nas vigas transversais e nestas longitudinais prevê-se a necessidade de utilizar cabos de pós esfoço a complementar as armaduras passivas.

A cobertura é suportada por três alinhamentos de pilares, dois situados nas bordaduras da laje do primeiro piso elevado e um terceiro colocado a 11 metros do alinhamento exterior norte. Sobre esses três alinhamentos desenvolvem-se vigas paralelas aos cais, compostas, soldadas de secção em I. Os intervalos, de 5.70 metros e de cerca de 12 metros (distâncias variáveis nos diferentes cais/vias férreas) entre as vigas principais de alma cheia são preenchidos por séries de vigas secundárias regularmente intervaladas. É nestas, constituídas por sequências de perfis IPE360 e HEA360 alternados, que se fixam as chapas colaborantes da laje mista da cobertura.

A estrutura do segundo piso elevado é idêntica à da cobertura. A única diferença relevante resulta de este piso ser mais estreito – tem 14.7 metros, somente – e apoiar apenas em dois dos alinhamentos de pilares, o exterior do lado norte e o interior. Será 0.15 metros a espessura das lajes mistas da cobertura e deste segundo piso. São formadas por chapas de aço colaborante com perfil trapezoidal, do tipo Haircol 59S (esp.=0.75mm) e lâmina superior em betão armado. Todas as vigas metálicas que suportam as lajes têm conetores soldados sobre o banzo superior, de forma a conferir-lhes um funcionamento mecânico misto (aço/betão).

Nas estruturas do piso e da cobertura existem ainda dispositivos de contraventamento temporário e de estabilização das vigas secundárias no período de tempo que antecede a presa do betão das lajes.

Os pilares são perfis HEB550. Longitudinalmente os pilares implantados junto às duas fachadas (sul/norte) do edifício são contraventados por diagonais feitas em perfis HEA300.

Há que referir as coberturas das extensões das escadas que ficam no exterior do volume do Edifício Ponte. Elas têm quase 9 metros de comprimento em balanço para o exterior do Edifício e 6.30 metros de largura. São suportadas por duas grandes consolas em viga de alma cheia, compostas, soldadas, laterais, encastradas na viga de bordadura (em betão) do primeiro piso nos alinhamentos de dois pilares metálicos, perfis HEB550. O encastramento é complementado por uma escora/tirante tubular que liga a viga metálica à zona superior da viga de betão.

Do lado sul a fachada do edifício é protegida da incidência solar por uma platibanda vertical com cerca de 6.20 metros de altura, montada a uma distância do envidraçado exterior do edifício, aproximadamente, 4.60 metros. Trata-se de uma estrutura metálica revestida com painéis ligeiros. É formada por montantes principais alinhados com as vigas transversais da cobertura, que se prolongam para fora do edifício até à platibanda, por duas vigas feitas em perfis HEA dispostos com

os banzos verticais e por um conjunto de diagonais e montantes secundários de travamento/contraventamento. Os montantes principais da platibanda, ficam alinhados com os pilares HEB550 da fachada e são travados horizontalmente contra eles através de escoras tubulares de secção circular.

Por fim, referir que as estruturas das caixas dos elevadores panorâmicos de acesso ao piso sobre os cais são formadas por montantes e travessas feitas em tubos de secção quadrada com 150mm de lado.

Em geral, nas estruturas metálicas a construir no âmbito deste projeto, as ligações entre os elementos metálicos feitas em oficina são soldadas e as executadas em obra são, maioritariamente, aparafusadas. Os pilares metálicos são fixados aos elementos de betão armado através de varões de aço nervurado, roscados nas extremidades e, sempre que possível, deixados na betonagem.

Nas figuras seguintes ilustram-se as estruturas descritas nos parágrafos acima.

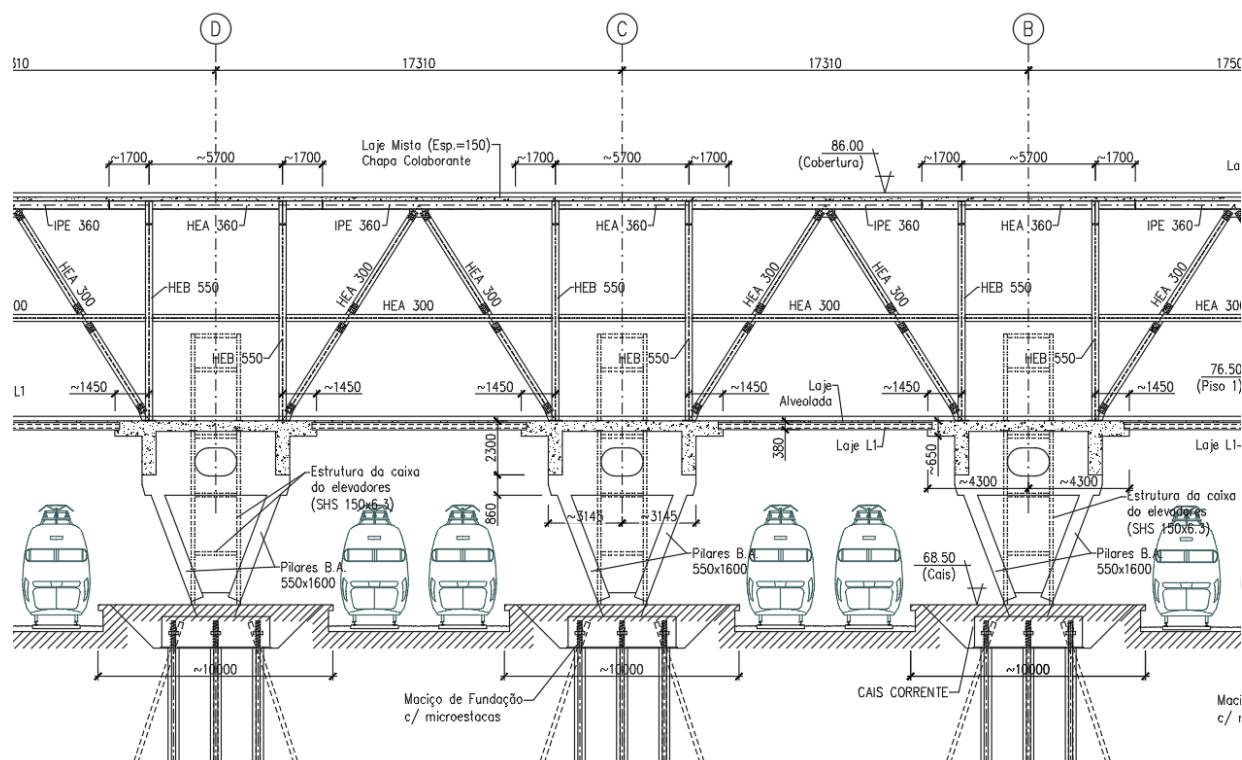


Figura 10 – Edifício Ponte: Corte longitudinal cais corrente.

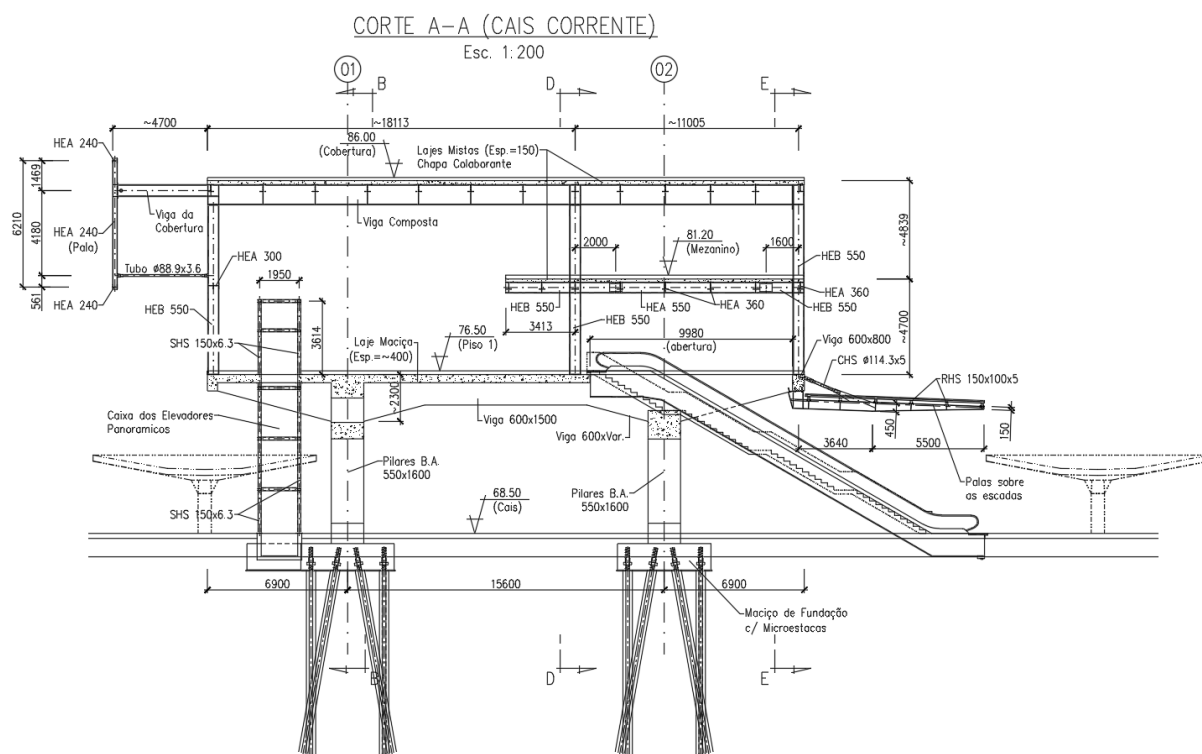


Figura 11 – Edifício Ponte: Corte transversal cais corrente.

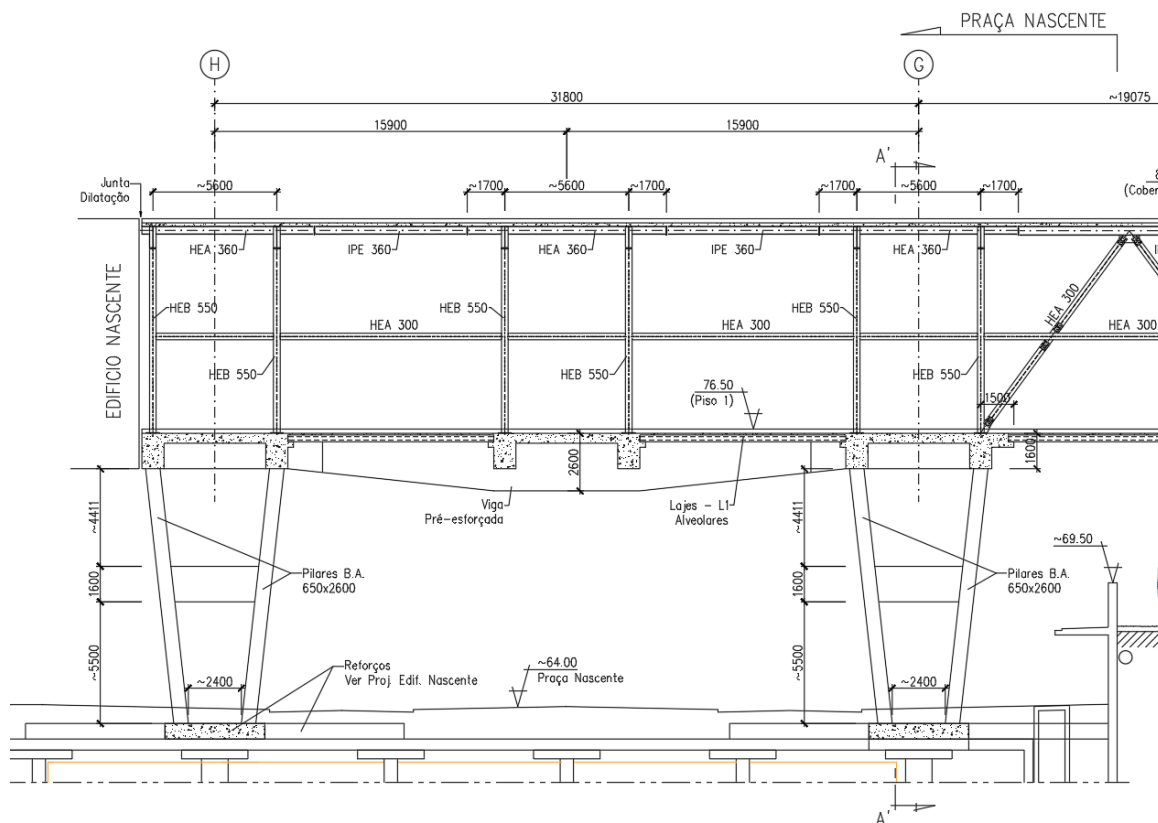


Figura 12 – Edifício Ponte: Corte longitudinal praça nascente.

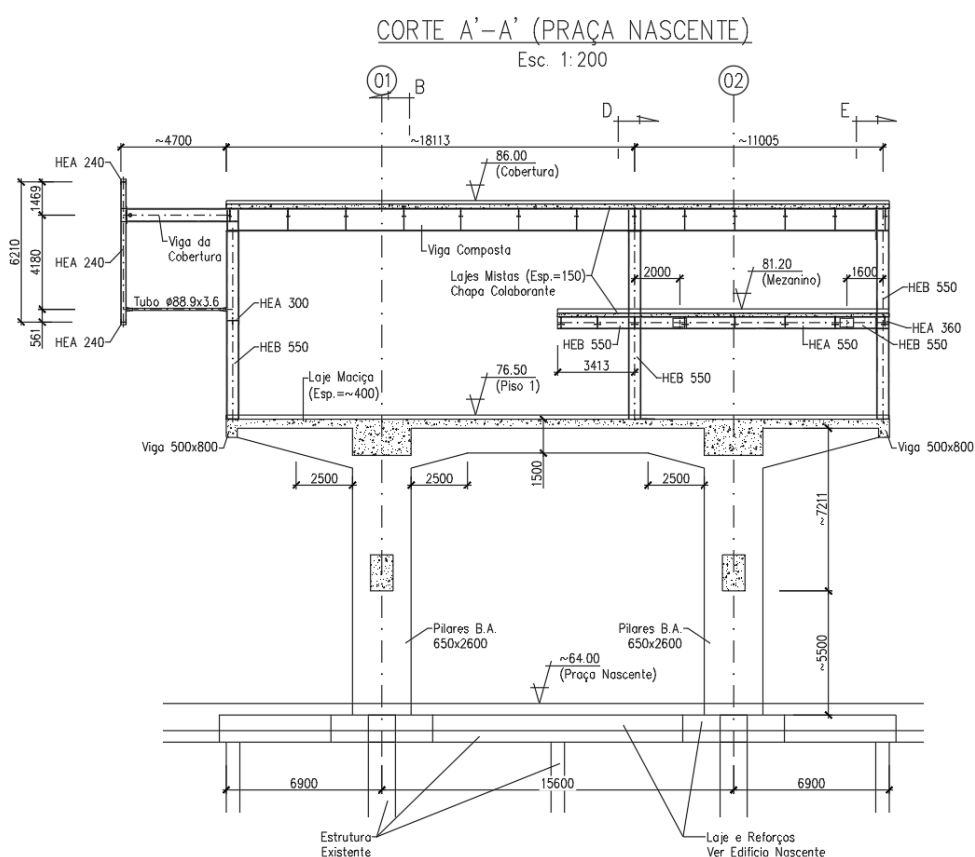


Figura 13 – Edifício Ponte: Corte transversal praça nascente.

7.3.3.2 Bloco de Acessos Poente

Este bloco será construído a norte da atual estação perfeitamente alinhado com o Edifício Ponte. Terá 29 metros de largura, 19.5 metros de comprimento e 3 pisos elevados, um no nível 72.50, outro no nível 76.50 e um terceiro no 81.20. Este último fica nivelado com o segundo piso do Edifício Ponte e o primeiro, que cobre apenas uma parte da área de implantação da edificação, situa-se no mesmo plano horizontal do primeiro piso desse edifício.

Este edifício e o passadiço de acesso ao metro serão implantados sobre o parque de estacionamento subterrâneo existente por baixo e a poente do largo da estação. O parque tem dois pisos enterrados.

Atualmente existe um edifício designado por “Torre do Relógio” com altura considerável e uma construção térrea, na área onde se pretende construir o novo bloco de acessos verticais. Estas duas construções existentes serão, necessariamente, demolidas. Também interfere com a construção do novo edifício os dois módulos de extremidade do telheiro metálico existente no cais adjacente à estação e do passadiço elevado, em betão armado, existente a norte. Ambos serão demolidos.

Os elementos resistentes verticais da estrutura do novo edifício, toda ela em betão armado, resumem-se aos pilares periféricos, que se procurou alinhar com os do estacionamento subjacente, a 4 pilares interiores e a dois núcleos de paredes que, também, estão implantados no interior do volume do bloco. Para apoiar os novos pilares aproveitar-se-ão os pilares do estacionamento, eventualmente

necessitando de ser encamisados com betão armado e reforçar-se-ão as suas fundações¹. A construção dos núcleos e das suas fundações vai requerer que se proceda à demolição prévia das lajes (e escoramento das bordaduras remanescentes) e dos pilares que interferem com esses novos elementos estruturais.

As lajes dos pisos elevados ficam apoiadas, ou diretamente, nas paredes dos núcleos, ou em vigas que ligam os pilares uns aos outros e às paredes dos núcleos. Usam-se, maioritariamente, lajes planas de betão armado com espessuras de 0.26m e 0.35m, aligeiradas com peças plásticas do tipo Cobiax, ou equivalente.

Ilustra-se nas figuras seguintes o descrito anteriormente.

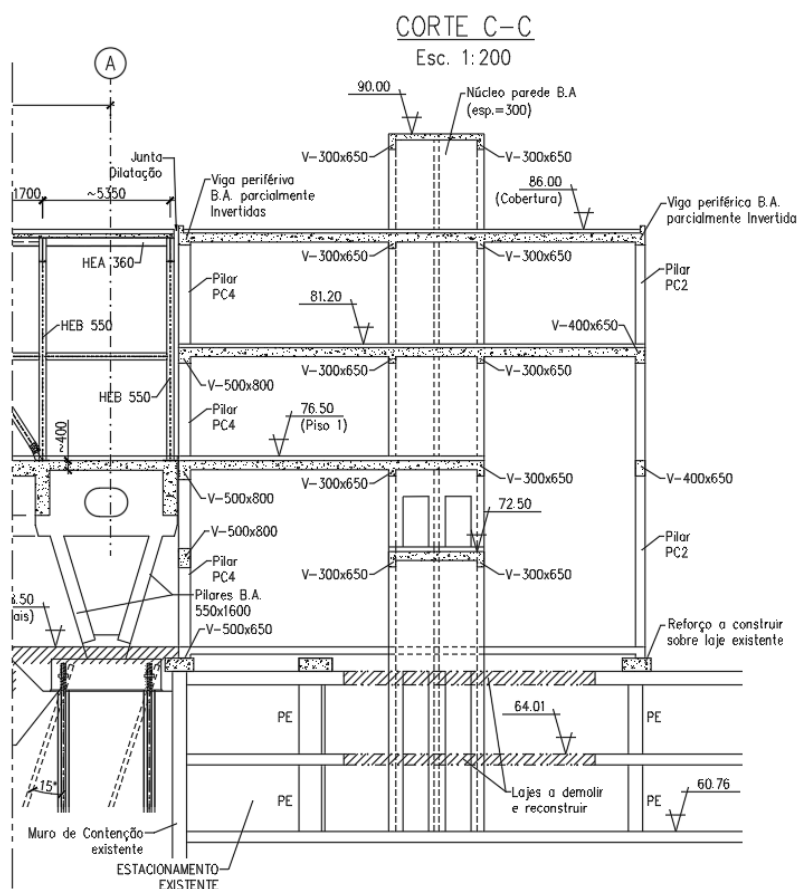


Figura 14 – Bloco de acessos verticais a ponte: Corte longitudinal.

¹ Desconhecem-se hoje as características dimensionais das atuais fundações e as secções das armaduras dos pilares, não sendo, portanto, possível dimensionar os seus reforços

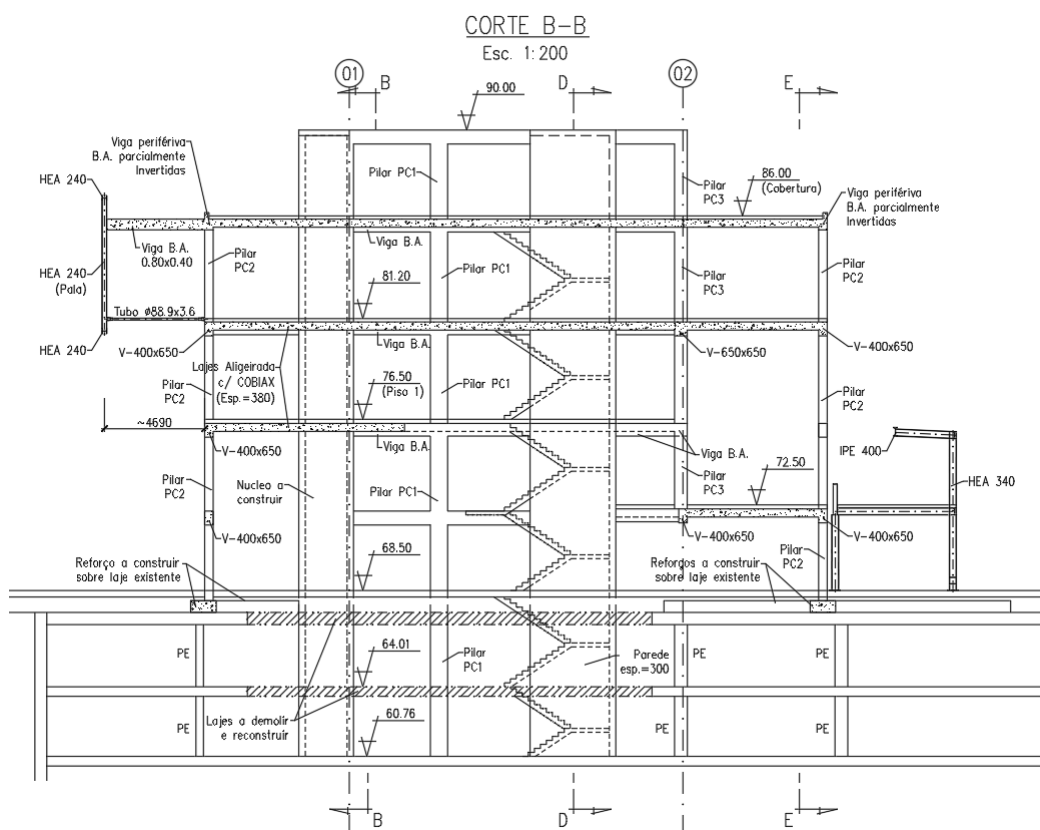


Figura 15 – Bloco de acessos verticais a ponte: Corte transversal.

7.3.3.3 Passadiço do Metro

O Passadiço de acesso à estação do metro estende-se por 65 metros, aproximadamente, desde a lado norte do primeiro piso elevado do Bloco de Acessos Poente até uma zona de acessos exterior na Praça da Estação. É uma passagem apenas parcialmente coberta com cerca de 5.5 metros de largura útil.

Este Passadiço é suportado por duas estruturas verticais laterais, uma triangulada, do lado norte, com 3.60 metros de altura e outra, em viga de alma cheia, com 1.45 metros de altura, do lado oposto. Estas vigas apoiam-se em pilares, igualmente metálicos, perfis H, com uma disposição irregular, por vezes emparelhados. Num único dos pares os pilares estão inclinados, mais afastados em cima de modo a conferirem apoio às vigas e mais próximos nas suas fixações da base.

Os vãos das vigas principais são muito variáveis, desde o mínimo de 3.60 metros até o máximo de 21.14 metros.

Apesar desta enorme variabilidade dos vãos procurou-se que a configuração da triangulação da alma da viga treliça não diferisse muito de uns vãos para os outros. As cordas são perfis IPE e as diagonais da triangulação tubos de secção quadrada. Do lado oposto, na viga de alma cheia, a alma está soldada às faces interiores dos banzos, ficando exposta apenas uma superfície plana do lado interior do passadiço.

Sob o pavimento existirá uma sequência de vigas transversais, perfis IPE e HEA, alinhadas com os nós inferiores da corda da viga lateral triangulada e com os meios dos intervalos entre eles. A laje mista do pavimento tem 0.14m de espessura e está apoiada diretamente nestas vigas. Na laje usa-

se uma solução construtiva idêntica à do edifício ponte, chapa metálica de perfil trapezoidal colaborante e lâmina superior em betão armado.

Os perfis das vigas que estão alinhadas com os nós da triangulação são mais robustos do que os restantes em virtude de eles terem de conferir aos montantes o grau de encastramento necessário para assegurar a sua estabilidade. Todas as vigas que suportam a laje têm conectores soldados sobre o banzo superior. Note-se, ainda, que é aos montantes que são fixadas as vigas em consola que suportam a cobertura do passadiço, a que se faz referência no próximo parágrafo.

A cobertura sobrepõe-se apenas a cerca de metade da largura do piso do passadiço. É suportada por vigas em perfil IPE330 lançados em balanço a partir dos topos dos montantes da viga triangulada. Na bordadura livre existirá um perfil de compatibilização de deslocamentos verticais, igualmente um IPE. Os revestimentos da cobertura serão ligeiros (chapa metálica e isolamentos).

Tanto a estrutura do pavimento como a da cobertura incorporam um contraventamento de estabilização lateral. O primeiro tem um carácter provisório, pois cessa a sua função quando o betão da laje adquirir a capacidade resistente característica requerida, mas o segundo cumpre uma importante função definitiva – garante a uniformidade dos deslocamentos horizontais da cobertura, gerados pela deformabilidade de flexão dos montantes da viga triangulada em que encastram as consolas da cobertura.

Tal como se referiu, a distribuição dos pilares que suportam o passadiço é muito irregular ao longo do seu comprimento. No entanto, por baixo deles situa-se o parque de estacionamento cujos pilares se inserem nos nós de uma grelha de eixos ortogonais bem regular. Para encaminhar as forças provenientes dos pilares metálicos até aos pilares do estacionamento subjacente serão construídas vigas de betão armado sobre a laje da cobertura do estacionamento.

O acesso ao passadiço através da Praça é feito por uma nova escada que fica próxima da sua extremidade poente, situada junto ao túnel do metro. Do lado oposto o acesso do novo passadiço ao atualmente existente também é feito por uma escada.

Nas figuras seguintes ilustra-se a estrutura do passadiço.

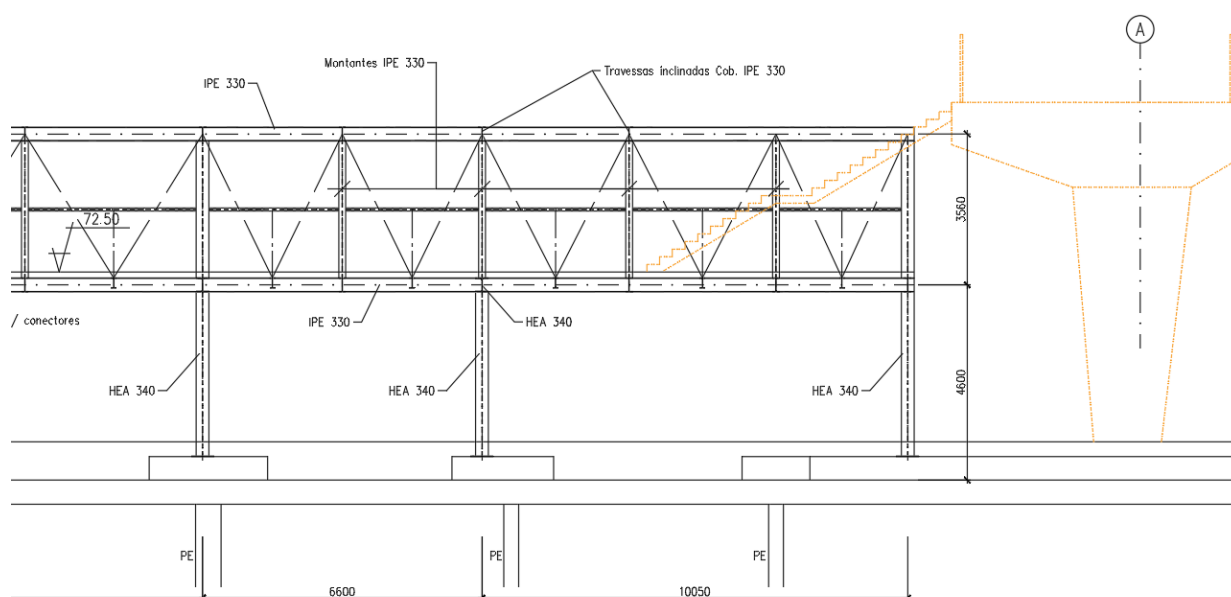


Figura 16 – Passadiço de acesso à estação do Metro: Corte longitudinal.

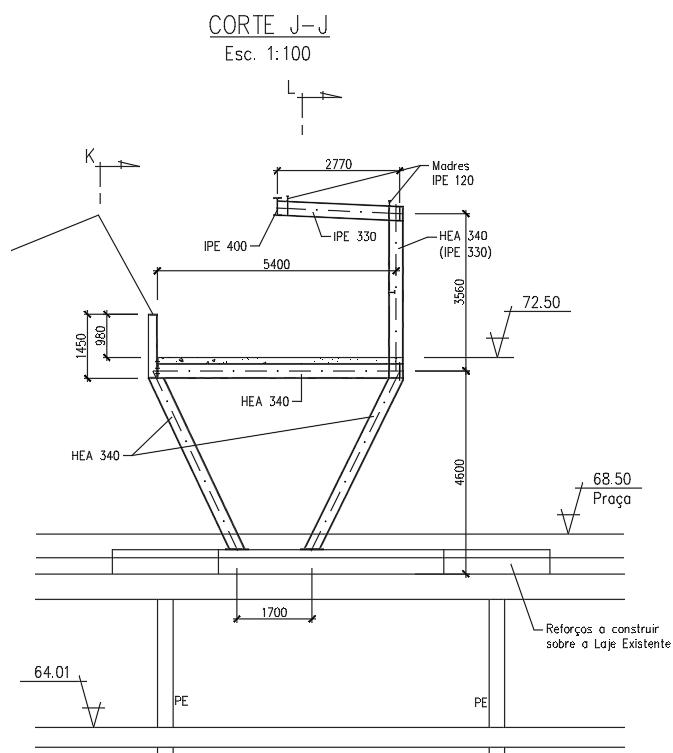


Figura 17 – Passadiço de acesso à estação do Metro: Corte transversal.

7.3.3.4 Edifício Nascente

Os pisos enterrados, designadamente os pisos -5 e -4, são maioritariamente destinados a estacionamento e áreas técnicas. No piso -3 coexistem áreas de estacionamento, zonas técnicas e, na zona nascente do edifício, áreas destinadas a escritórios. Nos pisos -2 e -3 mantêm-se funções mistas, incluindo estacionamento, áreas técnicas e escritórios.

O piso 0, correspondente à Praça Nascente, apresenta uma implantação de menor dimensão, sendo parcialmente desocupado de funções de estacionamento e integrado no arranjo paisagístico envolvente, contemplando acessos pedonais, viários e acessos ao átrio do edifício. Os pisos 1, 2 e 3 são destinados essencialmente a escritórios, áreas técnicas e circulação de utilizadores da estação, permitindo a ligação ao edifício ponte e à estrutura existente da estação a poente. No piso 4 mantêm-se funções de escritórios e áreas técnicas, sendo o piso 5 destinado ao acesso à cobertura e a instalações técnicas.

Na Figura 18 é ilustrado uma vista 3D do edifício Nascente.

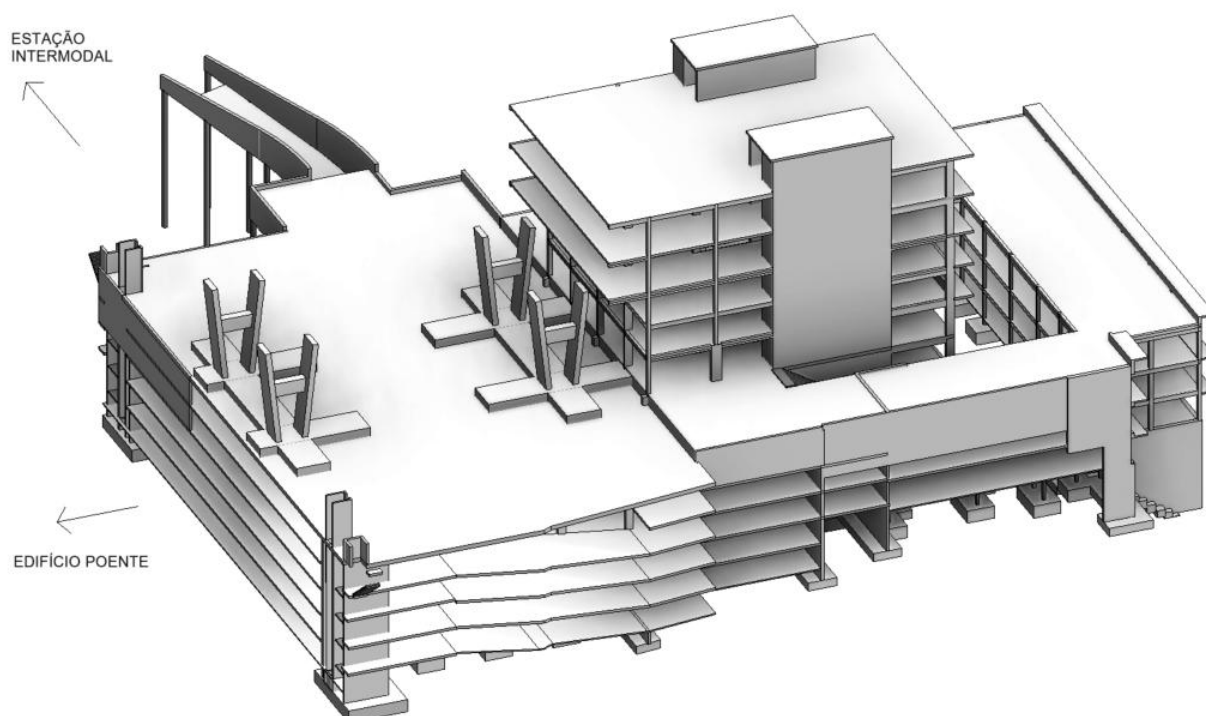


Figura 18 - Vista 3D do edifício Nascente

Atendendo a que o terreno à cota de fundação é maioritariamente rochoso, optou-se por uma solução de fundação direta, recorrendo a sapatas isoladas no caso dos pilares e núcleos e a sapatas corridas no caso dos muros executados de forma tradicional.

No Quadro 5 apresentam-se os diferentes tipos de sapatas isoladas e de sapatas corridas adotadas na estrutura do edifício nascente.

Quadro 5 – Quadro de sapatas

Elemento		Dimensão [cm]	Área [cm ²]
Sapata Isolada	S1	320 x 320 x 150	102400 cm ²
	S2	450 x 450 x 150	202500 cm ²
	S3	500 x 320 x 150	160000 cm ²
Sapata Corrida	SC1	200 x 100	20000 cm ² /m
	SC2	300 x 100	30000 cm ² /m
	SC3	150 x 100	15000 cm ² /m
	SC4	105 X 85	10500 cm ² /m
	SC5	400 X 100	40000 cm ² /m

A estrutura elevada é maioritariamente constituída por lajes fungiformes aligeiradas com recurso ao sistema tipo Cobiax, ou equivalente, com vazios incorporados no eixo das lajes, de modo a reduzir o seu peso e melhorar o comportamento estrutural. As referidas lajes serão apoiadas em elementos

verticais, nomeadamente pilares e núcleos de betão armado, sendo pontualmente complementadas por vigas igualmente em betão armado.

Na generalidade dos pisos, as lajes apresentam uma espessura de 30 cm. Ao nível do piso 0, que em grande medida corresponde à cobertura dos pisos enterrados, verificam-se soluções diferenciadas em função do uso à superfície: na zona mais a poente, correspondente à cobertura do estacionamento, adota-se uma laje com 50 cm de espessura, devido à significativa espessura de aterro sobre a mesma; na zona nascente, correspondente à cobertura dos escritórios, a espessura é de 40 cm, uma vez que a dimensão do aterro sobre a mesma é mais reduzida e a circulação automóvel também mais limitada. Em ambas as zonas, prevê-se uma solução aligeirada do tipo Cobiax, ou equivalente.

A solução adotada para o pavimento térreo do último piso enterrado será um massame armado com 15 cm de espessura, armado nas duas faces com malhasol AQ50 (A500EL), com o objetivo de minimizar os fenómenos de fendilhação associados à retração do betão. Esta solução é executada sobre uma camada constituída por geotêxtil, tout-venant compactado e tapete drenante.

Os elementos verticais são constituídos por pilares e núcleos em betão armado, responsáveis pela transmissão das cargas verticais às fundações e, no caso particular dos núcleos, responsáveis pela resistência do edifício às ações horizontais, nomeadamente sismo e vento. No total, existem cinco núcleos, cada um integrando caixas de escadas e elevadores: dois localizados a poente, assegurando a ligação entre o piso térreo e os pisos de estacionamento; um núcleo a nascente, servindo as áreas de escritórios entre os pisos -1 e -3; e dois núcleos principais localizados na zona central, desenvolvendo-se desde as fundações até à cobertura.

Nos casos excecionais em que o vão entre pilares ultrapasse os 10 m, não se preconiza a utilização de vigas de apoio, sendo em sua substituição adotada uma banda de laje pré-esforçada, com 3.00 m de largura e 0.45 m de altura.

No Quadro 6 e no Quadro 7 apresenta-se, respetivamente, os diferentes tipos de pilares e vigas adotados na estrutura do edifício nascente.

Quadro 6 – Quadro de Pilares

Elemento	Dimensão [cm]	Área [cm ²]
P1	Ø 130	13273
P2	35 x 35	1225
P3	35 x 70	2450
P4	35 x 90	3150
P5	50 x 90	4500
P6	50 x 120	6000
P7	55 x 140	7700
P8	50 x 140	7000
P9	40 x 50	2000
P10	50 x 60	3000

Quadro 7 – Quadro de Vigas

Elemento	Dimensão [cm]	Área [cm ²]
V1	35 x 55	1925
V2	35 x 60	2100
V3	35 x 85	2975
V4	35 x 125	4375
V5	35 x 150	5250
V6	50 x 130	6500
V7	100 x 160	16000

Tendo em consideração as limitações à manutenção de alguns alinhamentos de pilares ao longo de toda a altura do edifício, devido a constrangimentos resultantes da funcionalidade arquitetónica pretendida para os diferentes espaços, surge a necessidade de prever algumas bandas de laje pré-esforçadas, que permitirão vencer vãos da ordem dos 15m. Estas bandas mantêm uma espessura de 45cm. Deste modo, não limitam significativamente o pé-direito disponível.

7.3.3.5 Passagem Inferior Pedonal Sul (PIP Sul)

A Passagem Inferior Pedonal (PIP) de acesso ao cais é concebida para assegurar a ligação entre a zona exterior e as plataformas ferroviárias. A PIP é constituída por uma estrutura enterrada em betão armado, desenvolvida longitudinalmente sob a plataforma ferroviária, integrando troços em galeria fechada e zonas de transição com ligação à superfície através de escadas e/ou elementos verticais de circulação.

A solução estrutural baseia-se em elementos do tipo caixa (laje de fundo, paredes laterais e laje de cobertura), dimensionados para resistir às ações do terreno envolvente, sobrecargas ferroviárias e restantes ações permanentes e variáveis. A norte da PIP Sul localiza-se uma área técnica, cuja estrutura é constituída por paredes, pilares, vigas, laje de fundo e laje de cobertura em betão armado.

A conceção estrutural teve em consideração a interação solo–estrutura, as condições hidrogeológicas do local e o faseamento construtivo, garantindo a estabilidade global e a limitação de deformações, de modo a não comprometer a exploração ferroviária existente.

Na Figura 19 apresenta-se uma vista 3D da solução de estrutura da PIP Sul.

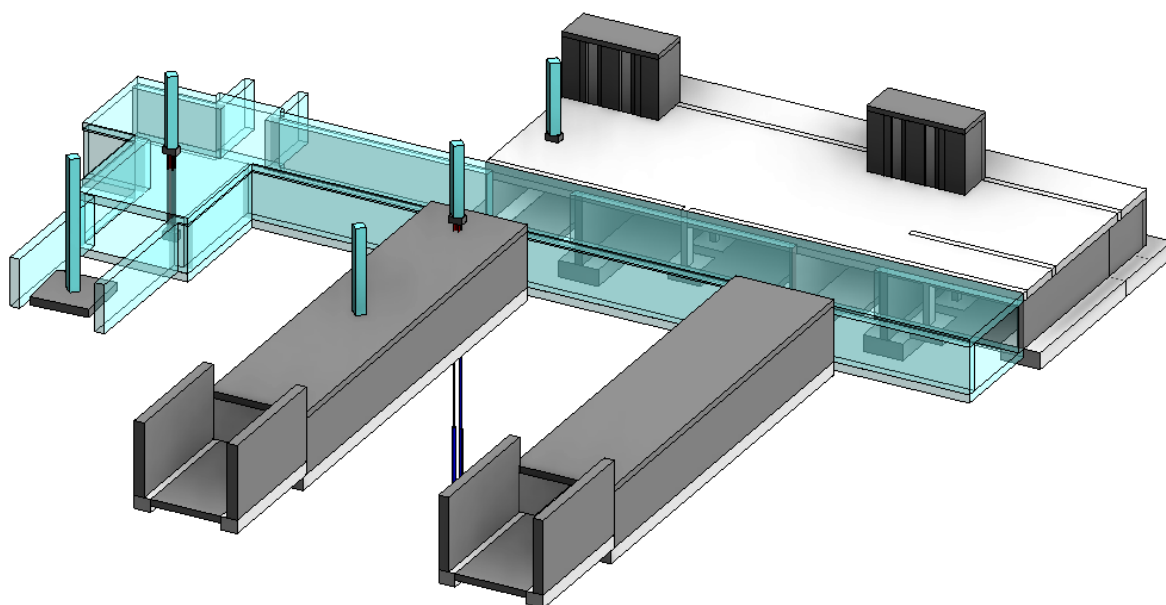


Figura 19 – Vista 3D da PIP Sul

Atendendo às características geotécnicas do terreno à cota de fundação, optou-se por uma solução de fundação direta, materializada por uma laje de ensoleiramento com capitéis. A laje de ensoleiramento possui 40 cm de espessura, sendo dotada de capitéis na ligação às paredes, com o objetivo de melhorar a distribuição de tensões e reduzir concentrações de esforços. Esta solução permite uma adequada distribuição das cargas ao terreno, assegurando simultaneamente o controlo de tensões de contacto e de deformações.

Como referido anteriormente, a solução estrutural da PIP baseia-se numa configuração do tipo caixa em betão armado, constituída por laje de fundo, paredes laterais e laje de cobertura, funcionando de forma solidária para garantir a estabilidade global da estrutura.

As paredes da estrutura, na zona do túnel, apresentam uma espessura de 40 cm. Nas zonas associadas às escadas, estas passam a ter 60 cm de espessura, atendendo à ausência de travamento superior proporcionado pela laje de cobertura, funcionando assim em consola. A laje de cobertura apresenta igualmente uma espessura de 40 cm na zona do túnel, sendo dimensionada para as ações permanentes e sobrecargas atuantes.

A norte da PIP Sul desenvolve-se uma área técnica, cuja estrutura é também em betão armado, adotando uma configuração porticada. Esta é constituída por paredes com espessuras de 40 cm e 50 cm, pilares com secção de 40×40 cm e vigas com secção de 40×95 cm. A laje de cobertura, com 50 cm de espessura, foi dimensionada considerando as ações atuantes, nomeadamente as cargas associadas às linhas ferroviárias localizadas sobre a estrutura.

7.3.3.6 Passagem Inferior Pedonal Norte (PIP Norte)

À semelhança da PIP Sul, Passagem Inferior Pedonal Norte de acesso ao cais é concebida para assegurar a ligação entre a zona exterior e as plataformas ferroviárias. É também ela constituída por uma estrutura enterrada em betão armado, desenvolvida longitudinalmente sob a plataforma ferroviária, integrando troços em galeria fechada e zonas de transição com ligação à superfície através de escadas e/ou elementos verticais de circulação.

A solução estrutural baseia-se em elementos do tipo caixa (laje de fundo, paredes laterais e laje de cobertura), dimensionados para resistir às ações do terreno envolvente, sobrecargas ferroviárias e restantes ações permanentes e variáveis.

A conceção estrutural teve também em consideração a interação solo-estrutura, as condições hidrogeológicas do local e as fases construtivas, garantindo a estabilidade global e a limitação de deformações, de modo a não comprometer a exploração ferroviária existente.

Na Figura 20 apresenta-se uma vista 3D da solução de estrutura da PIP Norte.

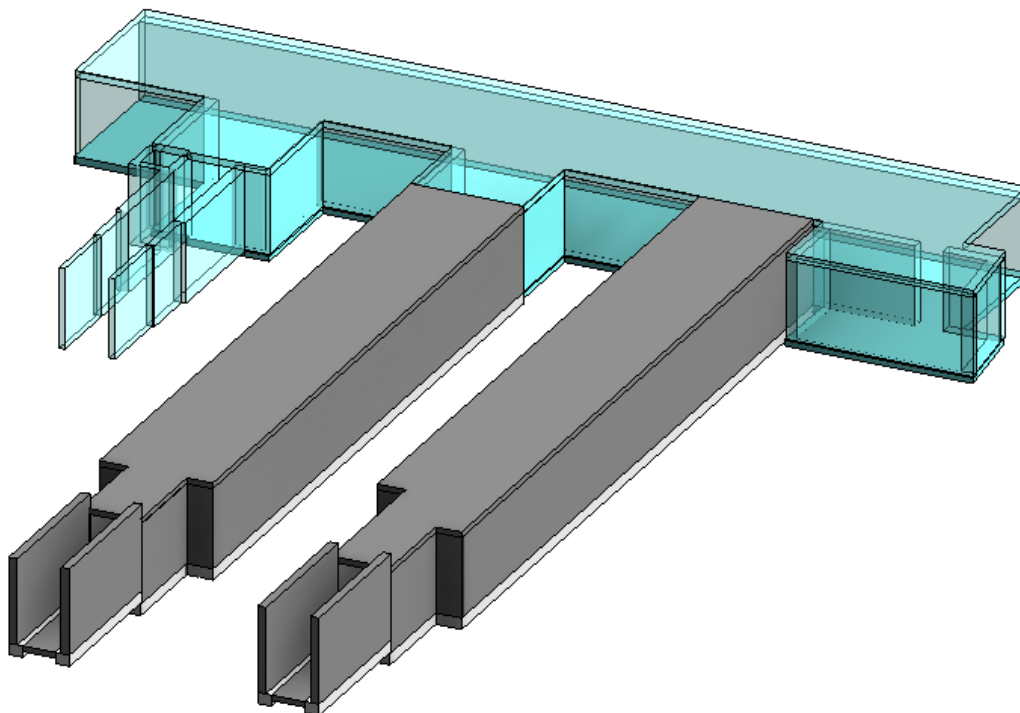


Figura 20 – Vista 3D PIP Norte

Atendendo às características geotécnicas do terreno à cota de fundação, optou-se por uma solução de fundação direta, materializada por uma laje de ensoleiramento. A laje de ensoleiramento apresenta uma espessura de 0.40 m, sendo reforçada para 0.80 m numa faixa com 1.00 m de largura adjacente à face da parede, com o objetivo de melhorar a distribuição de tensões e reduzir concentrações de esforços. Esta solução permite uma adequada distribuição das cargas ao terreno, assegurando simultaneamente o controlo de tensões de contacto e de deformações.

Como referido anteriormente, a solução estrutural da PIP baseia-se numa configuração do tipo caixa em betão armado, constituída por laje de fundo, paredes laterais e laje de cobertura, funcionando de forma solidária para garantir a estabilidade global da estrutura.

As paredes da estrutura, na zona do túnel, apresentam uma espessura de 40 cm. Nas zonas associadas às escadas, estas passam a ter 60 cm de espessura, atendendo à ausência de travamento superior proporcionado pela laje de cobertura, funcionando assim em consola. A laje de cobertura apresenta igualmente uma espessura de 40 cm na zona do túnel, sendo dimensionada para as ações permanentes e sobrecargas atuantes.

7.3.4 FASEAMENTOS CONSTRUTIVOS

No âmbito da solução desenvolvida para a estrutura do edifício Nascente, e considerando a relevância da interação da sua execução com a estrutura de contenção periférica, propõe-se o seguinte faseamento construtivo, a realizar após a conclusão dos trabalhos de escavação e contenção periférica:

- a) Confirmação da capacidade de carga do terreno de fundação, nomeadamente pela confirmação do valor da tensão de projeto, para o dimensionamento das sapatas diretas;
- b) Execução de tapete de brita, incluindo dispositivos de drenagem, e de massame armado à cota do piso -5;
- c) Execução dos elementos estruturais verticais até à cota do piso -4;
- d) Execução das vigas e laje à cota do piso -4;
- e) Desmontagem e desativação das escoras e ancoragens provisórias de travamento da contenção periférica do piso -4;
- f) Repetir processo c), d), e e), até atingir a cota do piso 0
- g) Execução dos elementos estruturais verticais até à cota do piso 1;
- h) Execução das vigas e laje à cota do piso 1;
- i) Repetir o processo g e h) até atingir a o piso 4
- j) Execução dos trabalhos de aplicação do pré-esforço nas bandas dos alinhamentos 5 e 6 à cota do piso 4;
- k) Execução dos elementos estruturais verticais até à cota do piso 5;
- l) Execução das vigas e laje à cota do piso 5;
- m) Execução dos trabalhos de aplicação do pré-esforço nas bandas dos alinhamentos 5 e 6 à cota do piso 5;
- n) Execução dos elementos estruturais verticais até à cota da cobertura
- o) Execução das lajes de cobertura;
- p) Execução dos acabamentos.

7.3.5 MATERIAIS

Neste capítulo são apresentados os materiais que se prevê aplicar na execução da obra, assim como algumas das especificações especiais mais relevantes.

7.3.5.1 Generalidades

De acordo com os dispostos nas normas, as soluções estruturais desenvolvidas e anteriormente descritas respeitam os seguintes critérios:

- Categoria de Vida Útil: Categoria 5: 100 anos (NP EN 1990:2009)
- Classe de Execução: 3 (NP 13670)
- Classe de Execução: EXC3 (NP EN 1090-2)

- Classe Estrutural: S5 - Vida útil de 100 anos (NP EN 1992-1-1:2010)

7.3.5.2 Betão

EDIFÍCIO PONTE, BLOCO DE ACESSOS POENTE E PASSADIÇO DO METRO

Os betões a utilizar nas estruturas do Edifício Ponte, Bloco de Acessos Poente e no Passadiço do Metro são os seguintes, de acordo com a NP EN206:

- Betão em regularização sob fundações – C12/15 Classe de exposição X0, CL1.00, Dmax25, S3;
- Betão em lajes térreas e reposição de existentes - C25/30 classe de exposição XC2(P), CL0.40, Dmax25, S3;
- Betão em fundações (maciços de encabeçamento e vigas de fundação) e muros – C30/37 Classe de exposição XC2, CL0.40, Dmax25, S3;
- Betão em pilares, vigas e lajes – C35/45 Classe de exposição XC4, CL0.40, Dmax20, S3;
- Betão em lajes mistas – C30/37 Classe de exposição XC1/XC4, CL0.40, Dmax12, S3;
- Microbetão C35/45 da classe de exposição XC1, CL 0.40, S4, auto compactável, dimensão máxima dos agregados = 7 mm, com retração compensada (aditivos/adjuvantes SRA do tipo Masterlife SRA2 ou equivalente), nos reforços de pequena espessura (bandas/capiteis) a construir sobre as lajes existentes;
- Betão em outros reforços de elementos estruturais existentes - C30/37 classe de exposição XC1(P), CL0.40, Dmax12, S4;
- Betão em enchimentos feito com agregados leves - peso específico máximo 8kN/m³ e resistência característica mínima à compressão $f_{ck}=2.0$ MPa;
- Reforço dos pilares existentes (encamisamento), betão projetado por via seca (características):
 - Classe de resistência mínima - C30/37 Classe de exposição XC1, CL0,20; Dmax 8 mm;
 - Introdução de adjuvante tipo SRA para controlar a retração;
 - Tensão mínima de aderência aos elementos existentes = 1.5 MPa;
 - Máquina de projeção de câmara dupla de alta pressão e baixo débito (máximo 1 m³/h).

EDIFÍCIO NASCENTE E PIP'S NORTE E SUL

Os betões a utilizar nas estruturas no Edifício Nascente, assim como nas PIP's Norte e Sul, são os seguintes, de acordo com a NP EN206:

- Betão em regularização e enchimentos – C12/15 Classe de exposição X0(P), CL1.00, Dinf20, Dsup32, S3;
- Betão em fundações e massame armado – C40/50 Classe de exposição XA2, CL0.4, Dinf20, Dsup25, S3;

- Betão em paredes de contenção (método tradicional) – C40/50 Classe de exposição XA2, CL0.4, Dinf20, Dsup25, S3;
- Betão em paredes, pilares, vigas e lajes – C35/45 Classe de exposição XC4, CL0.4, Dinf20, Dsup25, S3.

7.3.5.3 Armaduras e Aço Estrutural

EDIFÍCIO PONTE, BLOCO DE ACESSOS POENTE E PASSADIÇO DO METRO

As armaduras a considerar nas estruturas do Edifício Ponte, Bloco de Acessos Poente e no Passadiço do Metro são as seguintes:

- Armaduras ordinárias – Aço A500NR SD de acordo com a especificação E450;
- Armaduras em redes electrosoldadas – Aço A500 NR;
- Aço de alta resistência em cordões para as armaduras de pré-esforço de baixa relaxação tipo "Multi-Strand System ASTM A416 - 85 Grade 270":
 - Valores característicos da tensão limite de proporcionalidade ... $f_{p0.1k} > 1670$ MPa
 - Valores característicos da tensão de rotura $f_{puk} > 1860$ MPa

Nas estruturas metálicas serão empregues os seguintes tipos de aços:

- Perfis, barras e chapas, em geral - Aço S275 J0 - Norma EN 10025;
- Pilares e Vigas em perfil HEA/HEB, Vigas Compostas por chapas soldadas e restantes perfis, chapas e barras assinaladas nos desenhos - Aço S355 J0 - Norma EN 10025;
- Tubos - Aço S275 J0H e S355 J0H conforme indicado - Norma EN 10210;
- Secções obtidas de chapa fina galvanizada perfilada - aço S280GD EN10326;
- Conectores - Tensão de rotura do aço $f_u \geq 450$ N/mm²; tensão de cedência $f_y \geq 350$ N/mm²; alongamento de rotura $\geq 15\%$; soldabilidade adequada para soldar através da chapa colaborante.
- Chapa colaborante tipo Haircol 59S com espessura igual a 0.75mm, caso não seja explicitamente referida outra, ou equivalente de outra marca comercial, galvanizada na face em contacto com o betão e pré lacada na face oposta com a cor definida no projeto de arquitetura - aço S320 GD;
- Varões tipo Dywidag, ou de outra marca que tenha características mecânicas equivalentes, roscado - aço com tensão de rotura $f_u \geq 1030$ N/mm², tensão de cedência $f_y \geq 835$ N/mm², com porcas de extremidade esféricas.
- Ligações aparafusadas – respeitarão o disposto nas partes 1 a 6 da Norma EN14399 aplicável a ligações pré-esforçadas, nomeadamente:
 - Parafusos - Classe 8.8 e 10.9 galvanizados - para pré-esforçar – Norma EN 14399 – HR-tZn. Os parafusos fornecidos são acompanhados dos respetivos certificados de qualidade do tipo 3.1 de acordo com a Norma NP EN 10204);
 - Porcas - Classe 8 e 10 galvanizadas - Norma EN 14399 – HR-tZn – todas pré-esforçadas com chave dinamométrica certificada e calibrada;

- Anilhas para ligações pré-esforçadas – H – Norma EN 14399 – HR–tZn.

EDIFÍCIO NASCENTE E PIP'S NORTE E SUL

As armaduras a considerar nas estruturas do Edifício Nascente, assim como nas PIP's Norte e Sul, são as seguintes:

- Armaduras ordinárias – Aço A500NR SD de acordo com a especificação E450;
- Aço de alta resistência para ancoragens - 1860/1680 - Grade 270 k (ASTM A416).

7.3.5.4 Outros Materiais

EDIFÍCIO PONTE, BLOCO DE ACESSOS POENTE E PASSADIÇO DO METRO

- Reforço com laminados de fibras de carbono de largura variável, espessura de 1.4 mm, tensão característica para a delaminação por tração superior a 2.8 GPa, módulo de elasticidade superior a 200 GPa e alongamento na rotura superior a 1.4%. do tipo S&P HM200/2000;
- Buchas mecânicas e químicas tipo HILTI, ou equivalente;
- Chumbadouros - varões roscados de aço da classe 8.8 ou aço A500NR SD, galvanizados;
- Tubos das Microestacas – Tubo mancheite TM80 - aço com tensão de cedência mínima de 560 MPa. Emendas entre segmentos de tubo realizadas com mangas roscadas exteriores e garantindo uma redução máxima admissível da secção útil do tubo de 25%;
- Argamassa para selagem dos espaços entre as superfícies de betão e as das peças metálicas, à base de cimento, com elevada resistência mecânica e aderência, retração compensada, auto-nivelante do tipo SIKA GROUT, ou equivalente.

7.3.5.5 Proteção Anticorrosiva e ao Fogo das Superfícies Metálicas

A metalomecânica responsável pelo fabrico das estruturas metálicas proporá à aprovação da fiscalização a marca das tintas que deseja empregar, acompanhando a proposta não só com os certificados de qualidade e dos ensaios, mas também com os adequados esquemas de pintura que o fabricante aconselhar.

Define-se a avaliação de desempenho, no mínimo, para um ambiente de corrosibilidade C3 e uma durabilidade espectável alta (entre 15 e 25 anos).

Requer-se que as peças das estruturas metálicas disponham de uma resistência mínima ao fogo de 90 minutos, período de tempo este que deverá ser confirmado pelo projeto de SCI. Naquelas que não ficarão protegidas por elementos de revestimento que lhes confirmem essa resistência, prevê-se a aplicação do seguinte esquema de proteção:

- Decapagem mecânica ao grau SA 2 ½;
- Aplicação de uma demão de primário anticorrosivo à base de cromato de zinco com 60 micra de espessura;

- Aplicação de uma ou mais demãos de tinta intumescente por forma a garantir a espessura adequada à proteção pretendida, considerando uma temperatura crítica de 540°C, para elementos estruturais cuja capacidade resistente não seja condicionada pela ocorrência de fenómenos de encurvadura e de 500°C para os restantes;
- Aplicação de uma demão de tinta de acabamento/proteção à base de resinas de poliuretano ou de resinas acrílicas com espessura mínima de 70 micra.

As superfícies expostas das peças metálicas às quais não se aplica a proteção ao fogo, nomeadamente aquelas que se situam em ambiente exterior, nas platibandas e telheiros, assim como as das cantoneiras e tubos de travamento das vigas secundárias, são protegidas contra a corrosão de acordo com a seguinte sequência de operações:

- Decapagem mecânica ao grau SA 2 ½;
- Aplicação de uma demão de primário de epoxy rico em pó de zinco (ZN>80%). Espessura mínima da película de tinta seca: 70 micra.
- Aplicação de duas demãos de tinta de acabamento à base de resinas de poliuretano. Espessura mínima: 2x60 micra.

A qualidade do primário a aplicar nas vigas que suportam as lajes mistas deve ser escolhida tendo em conta a necessidade de garantir a eficácia da soldadura dos conectores, a qual é feita no local através da chapa colaborante.

Às superfícies que ficam em contato com o betão, sobre as superfícies decapadas é aplicada apenas uma demão de primário de epoxy rico em pó de zinco (ZN>80%) com uma espessura mínima da película de tinta seca de 70 micra.

As superfícies roscadas que ficam expostas são escovadas vigorosamente, com escova de aço, após a montagem (incluindo a aplicação do pré-esforço), sendo depois depositada uma demão de primário universal formulado numa combinação de resinas sintética especial e pigmentos anticorrosivos de fosfato de zinco, com uma espessura de 50 micra. O acabamento é feito com as mesmas demãos de tinta usadas nas restantes superfícies da estrutura.

7.3.6 AÇÕES

A definição e quantificação de ações tem por base a regulamentação portuguesa de estruturas, nomeadamente os Eurocódigos.

Consideraram-se as ações a seguir identificadas e quantificadas ao dimensionar e avaliar as condições de segurança das superestruturas e respetivas fundações.

7.3.6.1 **Ações Permanentes**

Geral - Peso próprio dos elementos estruturais:

- Betão Armado25.0 kN/m³
- Aço 77.0 kN/m³
- Lajes Alveolares do tipo HSC 300+80.....6.10 kN/m²

- Lajes Mistas $e=0.15m$ 3.00 kN/m²
- Lajes Mistas $e=0.14m$ 2.80 kN/m²

Edifício Ponte e Bloco de Acessos Poente – Peso de outros elementos construtivos:

- Enchimentos e revestimentos dos pisos e terraços acessíveis, com uma espessura total máxima 0.20m e tetos suspensos 3.0 kN/m²
- Escadas mecânicas que vencem um desnível de 8.0m – Reações verticais nos apoios de extremidade 55 kN
- Escadas mecânicas que vencem um desnível de 4.0m – Reações verticais nos apoios de extremidade 66 kN

Passadiço de acesso ao Metro – Peso de outros elementos construtivos:

- Enchimentos e revestimentos do pavimento e tetos suspensos 1.0 kN/m²

Edifício Ponte, Bloco de Acessos Poente e Passadiço - Pesos de fachadas e empenas:

- Revestimentos envidraçados 1.0 kN/m²
- Paredes duplas incluindo rebocos e acabamentos 3.5 kN/m²
- Revestimentos ligeiros (em chapa metálica) do passadiço e platibandas 0.5 kN/m²

Palas do Edifício Ponte e Passadiço de acesso ao Metro - Peso de coberturas ligeiras:

- Materiais de isolamento e restantes revestimentos 0.5 kN/m²

Edifício Nascente e PIP's Norte e Sul – Peso de outros elementos construtivos:

- Restantes cargas permanentes 3.0 kN/m²
- Terras 18.0 kN/m³
- Paredes 1.20 kN/m²
- Fachadas 10.0 kN/m

7.3.6.2 Sobrecarga de Utilização

- Pisos em geral e pavimento do Passadiço: Categoria C 5.00 kN/m²
- Terraços e Coberturas Acessíveis 2.00 kN/m²
- Coberturas ligeiras, Palas e Passadiço 0.40 kN/m²
- Zonas de vias de tráfego rodoviário 10.0 kN/m²

7.3.6.3 Ação da Variação de Temperatura

Na aplicação das variações uniformes de temperatura foram diferenciados os elementos exteriores dos elementos interiores, protegidos pelos revestimentos.

Os valores de variação de temperatura admitidos foram os seguintes:

Elementos Exteriores:

- $\Delta T_U^{\text{Verão}}$ (Cor escura) 30 °C
- $\Delta T_U^{\text{Inverno}}$ -15 °C

Elementos Interiores:

- $\Delta T_U^{\text{Verão}}$ (Cor escura) 15 °C
- $\Delta T_U^{\text{Inverno}}$ 3 °C

7.3.6.4 Retração

A simulação dos efeitos das deformações impostas pela contração por retração nos modelos de cálculo pode ser feita através de variações de temperatura uniformes nos elementos de betão. Com efeito, conhecido o coeficiente de dilatação térmica linear do betão, basta calcular uma variação de temperatura equivalente que produza a mesma extensão no elemento de betão.

A retração do betão foi quantificada aplicando a metodologia da NP EN 1992-1-1, tendo sido considerado betão C35/45 da classe N, com agregado calcário, idade do primeiro carregamento de 14 dias, temperatura média de 20 °C, humidade relativa de 70%, e uma laje com espessura de 20 cm e apenas uma face exposta, obtendo-se:

Quadro 8 – Retração do Betão.

Tipo de Retração	Extensão do Betão
Retração por Secagem	$\varepsilon_{cd,\infty} = 0.00025$
Retração Autógena	$\varepsilon_{ca,\infty} = 0.00006$
Retração Total	$\varepsilon_{cs,\infty} = 0.00031$

$$\Delta T = \frac{\varepsilon_{cs,\infty}}{\alpha} = \frac{0.00031}{1 \times 10^{-5}} = 30.97 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Os efeitos da retração do betão são, portanto, assemelhados ao de uma variação uniforme de temperatura com o valor de $\Delta T = -31^\circ\text{C}$. Na determinação dos efeitos provocados pelas variações uniformes de temperatura, o módulo de elasticidade do betão deverá ser reduzido a metade do valor indicado para os 28 dias, o que equivale a, nos modelos de cálculo, considerar as variações de temperatura com metade do valor, não alterando o módulo de elasticidade.

7.3.6.5 Ação do Vento

Os valores característicos da pressão dinâmica do vento foram determinados de acordo com o articulado do Eurocódigo 1, parte 1-4, considerando que o terreno pertence à categoria II (Zona de vegetação rasteira, tal como erva, e obstáculos isolados (árvores, edifícios) com separações entre si de, pelo menos, 20 vezes a sua altura) e se inscreve na zona A. O valor obtido para a pressão dinâmica vale 1.35 kN/m², 1.20 kN/m² e 1.10 kN/m² respetivamente a 25.0, 20.0 e 10.0m de altura.

Os coeficientes de força/pressão/atrito foram determinados com base no mesmo regulamento, de acordo com as características geométricas das construções, no Quadro 9 e Quadro 10 apresentam-se os valores adotados.

Quadro 9 – Valores de pressão dinâmica e coeficientes de força/pressão adotados.

	Pressão Dinâmica [kN/m ²]	Coeficiente de Força/Pressão
Edifício Ponte	1.35	1.40
Passadiço	1.10	1.40
Palas sobre escadas dos cais (Vento Ascendente)	1.20	1.50
Palas sobre escadas dos cais (Vento Descendente)	1.20	0.50

Quadro 10 – Valores de pressão dinâmica e coeficientes de atrito adotados.

	Pressão Dinâmica [kN/m ²]	Coeficiente de Atrito
Passadiço (Superfície Rugosa)	1.10	0.02

7.3.6.6 Ação dos Sismos

A estrutura em estudo localiza-se no Porto e, portanto, na zona sísmica 1.6, no que respeita ao Sismo tipo 1 e na zona sísmica 2.5, no que à definição da ação sísmica tipo 2 se refere.

De acordo com a informação disponível, o tipo de terreno considerado para as fundações do edifício ponte é do tipo D – Depósitos de solos não coesivos de compacidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole e dura.

Considerou-se que se trata de um edifício da classe de importância III – Edifícios cuja resistência sísmica é importante tendo em vista as consequências associadas ao colapso, como por exemplo escolas, salas de reunião, instituições culturais, etc. Segundo a parte 1 do Eurocódigo 8, o coeficiente de importância é de $\gamma_I=1.45$ para o sismo tipo 1 e $\gamma_I=1.25$ para o sismo tipo 2. Atendendo ao facto desta estrutura ser projetada para um horizonte de 100 anos de vida, agravaram-se os referidos coeficientes por fatores multiplicativos de 1.10 e 1.05, respetivamente.

Quadro 11 – Parâmetros para definição da ação sísmica.

	Ação Sísmica Tipo 1	Ação Sísmica Tipo 2
Zona Sísmica	1.6	2.5
agr m/s ²	0.35	0.80
ag m/s ²	0.51	1.00
S	2.00	2.00

Adotou-se um coeficiente de comportamento igual a 2.0.

7.3.7 COMBINAÇÕES DE AÇÕES

A combinação das ações em casos de simultaneidade que traduzam o conjunto de solicitações a que se considera que a estrutura estará sujeita durante a sua vida útil foi feita de acordo com o articulado da norma NP EN 1990.

A combinação dos efeitos das ações é feita seguindo o método dos fatores parciais de segurança. Definem-se, seguidamente, os fatores aplicáveis a cada uma das situações de projeto consideradas.

7.3.7.1 Estados Limites Últimos

COMBINAÇÃO FUNDAMENTAL

A combinação de ações fundamental é dada pela seguinte equação:

$$\gamma_{g,j} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{q,1} Q_{k,1} + \gamma_{q,i} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

em que,

- $Q_{k,1}$ – Valor característico da ação variável de base da combinação;
- $\psi_{0,i}$ – Coeficiente para a determinação do valor de combinação da ação variável, conforme EN 1990 – 2 – Anexo Nacional – Tabela A2.3;
- $Q_{k,i}$ – Valor característico da ação variável acompanhante i ;
- $\gamma_{g,j}$, $\gamma_{q,1}$ e $\gamma_{q,i}$ – Coeficientes parciais de segurança referentes a cada ação.

Consideraram-se os coeficientes parciais e de combinação definidos na norma NP EN 1990. Os seus valores encontram-se resumidos nas tabelas seguintes:

Quadro 12 – Coeficientes parciais de segurança – situações permanentes de projeto – ELU.

	γ_G Desfavorável	γ_G Favorável	γ_Q Desfavorável	γ_Q Favorável
Peso próprio dos Elementos Estruturais	1.35	1.00	-	-
Restantes Cargas Permanentes	1.50	1.00	-	-
Sobrecargas de Utilização	-	-	1.50	0
Variação de Temperatura	-	-	1.50	0
Vento	-	-	1.50	0

Quadro 13 – Coeficientes de combinação – situações permanentes de projeto.

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga da categoria C Zonas de Reunião de Pessoas	0.70	0.70	0.60
Variação de Temperatura	0.60	0.50	0

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Vento	0.60	0.20	0

COMBINAÇÃO SÍSMICA

A combinação de ações utilizada para os valores de cálculo dos efeitos das ações em situações de projeto sísmicas relativas aos ELU, é dada pela seguinte equação:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + "A_{Ed}" + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Em que:

- $G_{k,j}$ – Valor característico de uma ação permanente j
- P – Valor representativo de uma ação de pré-esforço e/ ou deformações impostas;
- A_{Ed} – Valor de cálculo da ação sísmica;
- ψ_2 – Coeficiente para a determinação dos valores quase-permanentes, obtidos na EN1990 – Parte 2, referente a pontes;
- $Q_{k,1}$ – Valor característico da ação variável de base da combinação.

Salienta-se que, tal como referido na EN 1998-1 4.3.3.5.1 (3), é possível uma combinação direcional entre as componentes horizontais do sismo com 100% numa direção e 30% segundo a outra.

$$E_{Edx} + 0.30 E_{Edy}$$

$$E_{Edy} + 0.30 E_{Edx}$$

Assim, a ação sísmica descrita em resulta de uma combinação quadrática completa CQC, onde se combinam os diferentes modos e uma combinação absoluta para duas direções ortogonais, sendo posteriormente adicionada linearmente às restantes ações.

COMBINAÇÕES GEOTÉCNICAS

As combinações de ações a empregar na verificação de segurança das estruturas geotécnicas baseiam-se nas disposições da norma EN 1997-1, a qual preconiza que, no tocante aos estados limite últimos importa avaliar a não ocorrência das seguintes situações:

- rotura interna ou deformação excessiva da estrutura ou de elementos estruturais (STR);
- rotura ou deformação excessiva do terreno (GEO);
- rotura por levantamento global da estrutura (UPL).

De uma forma geral, deverá ser garantida a seguinte verificação (STR, GEO e UPL)

$$E_d \leq R_d$$

Em que

$$E_d = E\{\gamma_F F_{REP}; X_k / \gamma_M; a_d\} \text{ ou } E_d = \gamma_E E\{F_{REP}; X_k / \gamma_M; a_d\}$$

Segundo a EN 1997-1, para a análise dos estados limites STR e GEO, foi adotada a abordagem de cálculo 1, de acordo com as seguintes combinações de conjuntos de coeficientes parciais:

- Combinação 1: A1" + "M1" + "R1;
- Combinação 2: A2" + "M2" + "R1.

em que "+" significa "combinado com"

Onde:

- Ai corresponde aos coeficientes parciais das ações ou efeitos das ações que têm os valores indicados no Quadro 14;
- Mi corresponde aos coeficientes parciais para os parâmetros do solo, cujos valores estão indicados no Quadro 15;
- Ri corresponde aos coeficientes parciais para as capacidades resistentes, cujos valores estão indicados no Quadro 16.

Quadro 14 - Coeficientes parciais de segurança para as ações

Ação		Símbolo	Conjunto		
			A1	A2	A (UPL)
Permanente	Desfavorável	γ_G	1.35	1.00	1.00
	Favorável		1.00	1.00	0.90
Variável	Desfavorável	γ_Q	1.50	1.30	1.50
	Favorável		0.00	0.00	0.00
Acidente/ Sismo		γ_E	0.00	0.00	-

Quadro 15 – Coeficientes parciais de segurança para o solo

Ação	Símbolo	Conjunto		
		M1	M2	M (UPL)
Ângulo de atrito do solo*	γ_f	1.00	1.25	1.25
Coesão efetiva	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.25
Coesão não drenada	γ_{cu}	1.00	1.40	1.40
Resistência compressão uniaxial	γ_{qu}	1.00	1.40	0.00
Peso Volúmico	γ_γ	1.00	1.25	1.00

*Este coeficiente é aplicado à tg Ø

Quadro 16 – Coeficientes parciais de segurança para as capacidades resistentes

Ação	Símbolo	Conjunto	
		R1	R (2)
Carregamento do terreno	γR_v	1.0	1.4
Deslizamento	γR_h	1.0	1.1

7.3.7.2 Estados Limites de Serviço

As combinações de ações associadas aos Estados Limite de Serviço para situações permanentes de projeto são as que se expõem de seguida, de acordo com o definido na NP EN 1990

COMBINAÇÃO CARACTERÍSTICA DE AÇÕES

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

com:

$G_{k,j}$ o valor característico da ação permanente de índice j ;

$Q_{k,1}$ o valor característico da ação variável de base (de índice 1);

$Q_{k,i}$ o valor característico da ação variável acompanhante de índice i ;

$\psi_{0,i}$ o valor do coeficiente de combinação para a ação variável acompanhante de índice i ;

+ a representação simbólica para “a combinar com”.

COMBINAÇÃO FREQUENTE DE AÇÕES

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

com:

$G_{k,j}$ o valor característico da ação permanente de índice j ;

$Q_{k,1}$ o valor característico da ação variável de base (de índice 1);

$Q_{k,i}$ o valor característico da ação variável acompanhante de índice i ;

$\psi_{1,1}$ o valor frequente para a ação variável acompanhante de índice i ;

$\psi_{2,i}$ o valor quase-permanente para a ação variável acompanhante de índice i ;

+ a representação simbólica para “a combinar com”.

COMBINAÇÃO QUASE - PERMANENTE DE AÇÕES

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

com:

$G_{k,j}$ o valor característico da ação permanente de índice j ;

$Q_{k,i}$ o valor característico da ação variável acompanhante de índice i ;

$\psi_{2,i}$ o valor quase-permanente para a ação variável acompanhante de índice i ;

+ a representação simbólica para “a combinar com”.

Consideraram-se os coeficientes de combinação definidos na norma NP EN 1990. Os seus valores encontram-se resumidos no Quadro 13.

7.3.8 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

7.3.8.1 Edifício Ponte, Bloco de Acessos Poente e Passadiço do Metro

GENERALIDADES

A análise estrutural conducente à determinação dos esforços e das deformações utilizada nas verificações da segurança das estruturas é obtida com o auxílio de programas de cálculo automático, nomeadamente o SAP 2000 v23.

Também a verificação de segurança dos elementos metálicos é feita com recurso ao referido programa de cálculo automático. Para avaliar a segurança das ligações metálicas são utilizadas folhas de cálculo auxiliares e, quando conveniente, usado o software de elementos finitos IDEA StatiCa v25.1. A verificação da segurança das ancoragens em ligações de elementos metálicos a peças de betão armado é realizada com recurso ao software HILTI Profis Engineering.

No dimensionamento dos elementos mistos com comportamento mais complexo, por exemplo sujeitos a cargas concentradas recorre-se ao software ArcelorMittal Beams Calculator (ABC).

Para a verificação da segurança ao estado limite último de resistência dos elementos de betão armado, efetuou-se a comparação entre os valores resistentes e atuantes nas seções condicionantes das bandas, vigas e ainda das lajes. Na verificação da segurança dos pilares em relação aos estados limites últimos foi tida em conta os esforços primários obtidos através das análises dos modelos de cálculo anteriormente descritos. Para além daqueles esforços foram ainda tidos em consideração os acréscimos dos esforços devidos aos efeitos de 2ª ordem.

CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA AOS ESTADOS LIMITE ÚLTIMOS

A comprovação do cumprimento das condições de segurança regulamentares é alcançada, nos termos dos Eurocódigos, pela demonstração de que os esforços de cálculo – resultantes da combinação dos efeitos dos carregamentos e da sua afetação pelos coeficientes de ponderação devidos – não excedem as capacidades resistentes dos materiais constituintes dos elementos que formam a estrutura – devidamente diminuídas pelos coeficientes de minoração das resistências. É nessas condições que afirmamos ter sido demonstrada a segurança da estrutura em causa.

ELEMENTOS EM ESTRUTURA METÁLICA

Nos elementos metálicos recorre-se, para estas justificações, na generalidade dos casos, a expressões de maior ou menor complexidade que traduzem a interação de esforços de várias naturezas (esforços axiais, transversos, fletores ou torsões), englobando ainda os efeitos

diminuidores da capacidade resistente do elemento ou de suas partes, como é o caso dos que envolvem a eventual ocorrência de fenómenos de encurvadura, local ou global.

São várias as expressões regulamentares onde, num dos termos se adicionam as relações entre os esforços atuantes e as respetivas capacidades resistentes e, no outro termo da inequação, pois trata-se de inequações, se inscreve apenas a unidade. A obtenção de um valor inferior à unidade confirma a veracidade da inequação e demonstra a segurança. Convencionou denominar-se tais valores como rácios de segurança.

Seguiu-se o articulado do Eurocódigo 3, na sua tradução portuguesa (NP EN 1993-1-1), para o estabelecimento das condições de Segurança Estrutural no contexto da abordagem dos Estados Limite Últimos e obtenção dos mencionados rácios de segurança.

Não obstante a análise global ter sido elástica (ou fisicamente linear), na verificação da segurança não deixaram de ser consideradas as capacidades resistentes plásticas (à flexão) dos elementos cuja secção, de acordo com a classificação seccional do Eurocódigo 3, possui propriedades geométricas que asseguram a inexistência de fenómenos precoces de instabilidade local e a capacidade de rotação suficiente para o efeito (classes 1 ou 2). Para os restantes elementos foi tomada a capacidade resistente elástica.

Também os efeitos da instabilidade nos elementos foram considerados, de uma forma indireta, através de curvas de encurvadura das quais resultam parâmetros de redução da capacidade resistente aplicáveis às fórmulas regulamentares de verificação da segurança. Para o efeito, calcularam-se os esforços críticos solicitantes de barras comprimidas ou fletidas, correspondentes aos modos de encurvadura pertinentes para cada caso.

No contexto regulamentar aplicável, da norma NP EN 1993-1-1, a formulação que constitui os critérios de verificação da segurança aos Estados Limite Últimos é a prescrita nas cláusulas 6.2 e 6.3 da referida norma.

As expressões empregues são as que se enumeram abaixo.

Expressões para a Verificação da Resistência da Secção Transversal

Compressão e Tração (EC3 - 6.2.3/4)

$$N_{pl,Rd} = Af_y / \gamma_{M0}$$

Com:

A - área bruta;

f_y - tensão de cedência.

Flexão (EC3 - 6.2.5)

$$M_{Rd} = W f_y / \gamma_{M1}$$

Com:

$W = W_{pl}$ (módulo de flexão plástico) para seções da classe 1 e 2;

$W = W_{el}$ (módulo de flexão elástico) para seções da classe 3;

$W = W_{eff}$ (módulo de flexão elástico efetivo) para seções da classe 4.

Esforço transversal (EC3 - 6.2.6)

$$V_{pL.Rd} = A_v \times (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$$

Com:

A_v - área de corte.

Expressões para a Verificação da Resistência à Encurvadura

Encurvadura Lateral (EC3 – 6.3.1.1)

$$N_{b.Rd} = \chi \cdot A f_y / \gamma_{M1}$$

Com:

$$\chi = \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}}$$

$$\phi = 0.5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}}$$

Encurvadura lateral por flexão-torção (EC3 – 6.3.1.3)

$$M_{b.Rd} = \chi_{LT} \cdot W f_y / \gamma_{M1}$$

Com:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + (\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2)^{1/2}}$$

$$\phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W f_y}{M_{cr}}}$$

M_{cr} é o momento elástico crítico para encurvadura lateral

α_{LT} um fator de imperfeição

A verificação destas condições regulamentares foi feita com o auxílio do programa de cálculo automático SAP 2000.

Nos elementos que apresentam funcionamento misto (aço/betão) segue-se o articulado do Eurocódigo 4 (EN 1994-1-1:2004), para o estabelecimento das condições de Segurança Estrutural no contexto da abordagem dos Estados Limite Últimos. O cumprimento destas condições garante que os elementos estruturais dimensionados são resistentes e estáveis uma vez submetidos aos efeitos das ações de projeto, devidamente combinadas de acordo com os Eurocódigos compatíveis.

Não obstante a análise global ter sido elástica (ou fisicamente linear), na verificação da segurança não deixam de ser consideradas as capacidades resistentes plásticas (à flexão) dos elementos. Isto acontece porque todos os membros componentes dos elementos (à exceção, por vezes, dos banzos superiores quando comprimidos) demonstram estabilidade local e capacidade de rotação suficiente para o efeito (classes 1 ou 2). Relativamente à classificação dos banzos superiores quando comprimidos, nos casos em que a peça metálica seria da classe superior à 2, foram respeitadas as normas prescritivas da cláusula 6.6.5.5 (2) da EN 1994-1-1 relativas ao espaçamento dos conectores, as quais permitem que se possa admitir que, em resultado do travamento proporcionado pelos mesmos, o banzo tem capacidade resistente plástica.

As fórmulas de interação de esforços completam o conjunto de verificações que, em conjunto, garantem a resistência e a estabilidade da estrutura.

Os requisitos de segurança para a verificação em relação aos estados limite últimos de resistência (STR) de secções transversais de vigas mistas são os expostos na EN 1994-1-1, nos seus artigos 6.2 e 6.3.

ELEMENTOS EM BETÃO ARMADO

O dimensionamento das armaduras dos elementos de betão armado foi realizado usando as seguintes expressões.

Flexão composta

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \frac{N_{sd}}{h_x h_y f_{cd}} \\ \mu_x = \frac{N_{sd}}{h_y h_x^2 f_{cd}} \end{array} \right. \Rightarrow \omega_{tot} \Rightarrow A_s = \omega_{tot} h_y h_x f_{cd} / f_{syd}$$

Esforço transversal

Na verificação de segurança ao esforço transversal utilizar-se-ão as seguintes expressões do Eurocódigo 2:

Valor de cálculo do esforço transversal resistente de um elemento sem armadura de esforço transversal:

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{aligned} &[C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d \\ &(0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d \end{aligned} \right.$$

Valor de cálculo do esforço transverso equilibrado pela armadura de esforço transverso na tensão de cedência:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$$

Valor de cálculo do esforço transverso resistente máximo do elemento, limitado pelo esmagamento das escoras comprimidas:

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} (\cot \theta + \tan \theta)$$

7.3.8.2 Edifício Nascente e Pip's Norte e Sul

GENERALIDADES

Na verificação da segurança dos elementos constituintes da solução de fundações foi adotada a regulamentação nacional e internacional em vigor ou, em situações não previstas regulamentarmente, metodologias de cálculo reconhecidamente comprovadas. Este procedimento permitiu a aferição das dimensões médias dos elementos dimensionados, cujos valores se encontram, naturalmente, condicionados pela validade das premissas consideradas.

ESTADOS LIMITES

Com vista ao dimensionamento dos diversos elementos de fundação, as ações foram agrupadas nas seguintes combinações:

- Estados limites últimos: combinações fundamentais de ações;
- Estados limites de utilização: combinações raras de ações.

Para a verificação da segurança aos estados limites foram considerados os esforços presentes no plano de cargas resultantes das combinações atrás referidas, e as propriedades dos materiais reduzidas segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes. Neste âmbito, foram efetuadas as verificações a seguir indicadas.

PILARES

- Estado limite último de resistência à flexão composta desviada;
- Estado limite último de resistência ao esforço transversal.

PAREDES EM BETÃO ARMADO DOS NÚCLEOS DE ESCADAS E ELEVADOR

- Estado limite último de resistência à flexão composta desviada;
- Estado limite último de resistência ao esforço transversal.

LAJES EM BETÃO ARMADO

- Estado limite último de resistência à flexão;
- Estado limite último de resistência ao punçoamento;
- Estado limite de serviço – deformação.

VIGAS EM BETÃO ARMADO

- Estado limite último de resistência à flexão;
- Estado limite último de resistência ao esforço transversal;
- Estado limite de serviço – deformação.

SAPATA ISOLADAS/CORRIDAS

- Estado limite último de resistência ao carregamento vertical;
- Estado limite de serviço – deslocamentos verticais.

MUROS DE CONTENÇÃO EM BETÃO ARMADO

- Estado limite último de resistência à flexão;
- Estado limite último de resistência ao corte;
- Estado limite de serviço (deformações horizontais e verticais).

PRÉ-ESFORÇO

- Estado limite último de resistência à tração;
- Estado limite de serviço – deformação;

ESTADOS LIMITES DE UTILIZAÇÃO

Apresenta-se no presente capítulo, o resumo das principais verificações de segurança realizadas, fazendo referência para tal, às situações mais condicionantes do ponto de vista do dimensionamento.

A verificação de segurança será garantida através da metodologia descrita no Eurocódigo 7. Esta última será obtida desde que se cumpra a seguinte condição:

$$E_d \leq C_d$$

Onde:

- E_d - valor de cálculo do efeito das ações. Neste caso deslocamentos da estrutura;
- C_d - valor limite do efeito das ações. Para as vigas, lajes e muros, limitou-se para um deslocamento máximo, $C_d \leq \frac{L}{300}$

Os coeficientes parciais de segurança para o Estado Limite de Utilização serão tomados iguais à unidade.

EXPRESSÕES DE CÁLCULO

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO

De acordo com o Eurocódigo 2, a verificação ao Estado Limite Último de resistência à flexão foi assegurada através da seguinte condição:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1$$

Onde:

- M_{Ed} valor de cálculo do momento fletor actante;
- M_{Rd} valor de cálculo da resistência máxima do elemento estrutural.

A área da armadura longitudinal de flexão necessária para respeitar a condição acima descrita pode ser determinada relacionando a fórmula do momento reduzido com a da percentagem mecânica de armadura. Assim, a área de armadura mínima pode ser determinada com recurso às seguintes equações:

$$\mu \geq \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$\omega = \frac{A_s}{b \times d} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

Onde:

- μ valor reduzido do valor de cálculo do momento fletor resistente;
- ω percentagem mecânica de armadura, definida através de ábacos (função de μ);
- b largura da secção;
- d altura útil da secção do elemento estrutural;
- A_s área da secção transversal da armadura;
- f_{cd} valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão aos 28 dias;
- f_{syd} valor de cálculo da tensão de cedência à tração do aço das armaduras de betão armado; neste caso $f_{syd} = 435\text{MPa} - \text{A500NRSD}$.

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA AO ESFORÇO TRANSVERSO

De acordo com o Eurocódigo 2, no âmbito da verificação do Estado Limite Último de resistência ao esforço transversal, deverá satisfazer-se a seguinte condição:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s};$$

Onde:

- V_{Ed} valor de cálculo do esforço transversal atuante;
- $V_{Rd,s}$ valor de cálculo do esforço transversal que pode ser suportado por um elemento com armadura específica de esforço transversal.

A armadura de esforço transversal é calculada de forma a satisfazer $V_{Ed} \leq V_{Rd,s}$. De entre os métodos de cálculo disponíveis optou-se por se seguir o disposto no método das bielas de inclinação variável, para elementos com armadura de esforço transversal constituída por estribos verticais.

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \times z \times b \times f_{ywd} \times \cot \theta$$

Onde:

- θ ângulo das bielas de betão com o eixo do elemento; neste caso foi admitido $\theta=30^\circ$;
- A_{sw} área da armadura de esforço transversal;
- s espaçamento da armadura de esforço transversal;
- z indica, para um elemento de altura constante, o binário das forças interiores correspondente ao momento fletor máximo no elemento que está a ser considerado. Usualmente pode recorrer-se ao valor aproximado $z=0,9d$;
- f_{ywd} valor de cálculo da tensão de cedência da armadura de esforço transversal; neste caso $f_{ywd}=435\text{MPa} - A500\text{NR}$.

Da aplicação desta expressão resultam, para verificação da condição $V_{Ed} \leq V_{Rd,s}$, as áreas de armadura transversal a adotar nos elementos de betão armado.

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA AO PUNÇAMENTO

De acordo com o Eurocódigo 2, no âmbito da verificação do estado limite último de punçamento, distinguem-se as seguintes situações:

- Não é necessário adotar armaduras específicas para resistir ao punçamento, caso $V_{Ed} \leq V_{Rd,C}$, ao longo do perímetro de controlo considerado;

Se $V_{Ed} \leq V_{Rd,C}$, será, necessário adotar armaduras específicas de punçamento de forma a satisfazer $V_{Ed} \leq V_{Rd,C}$.

- Caso se adotem armaduras, será necessário garantir a condição $V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$, considerando o perímetro da área carregada.

Onde:

- V_{Ed} valor de cálculo da solicitação atuante, assume as seguintes designações, consoante a verificação:

Na verificação $V_{Ed} \leq V_{Rd,C}$

v_{Ed} valor de cálculo da solicitação atuante, dado por:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_1 \times d}$$

Na verificação $v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$

v_{Ed} valor de cálculo do máximo da solicitação atuante, dado por:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_0 \times d}$$

Onde:

- β coeficiente que tem em conta a excentricidade da carga; tomado igual à unidade;
- u_0 perímetro da área carregada; neste caso;
- u_1 perímetro de controlo; neste caso, pelo descrito no ponto anterior;
- d altura útil da secção do elemento estrutural.

$v_{Rd,max}$ valor de cálculo do esforço transversal resistente máximo, dado por:

$$v_{Rd,max} = 0.5 \times v \times f_{cd}$$

Onde:

$$v = 0.6 \times \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

- f_{cd} valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão aos 28 dias;
- f_{ck} valor característico da tensão de rotura do betão à compressão aos 28 dias;
- $v_{Rd,c}$ valor de cálculo do esforço transversal resistente ao longo do contorno crítico, dado por:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} \geq v_{min} = 0,035 \left[1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right]^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

Onde:

- $C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$; neste caso $C_{Rd,c} = 0,12$;
- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$;
- ρ_l percentagem de armadura longitudinal equivalente, definida por:
- $\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0.02$.

Para o cálculo da armadura de punçoamento a condição a verificar resulta da expressão:

$$v_{Rd,cs} = 0.75 \times v_{Rd,c} + 1.5 \times \frac{d}{s_r} \times A_{sw} \times f_{ywd,ef} \times \frac{1}{u_1 \times d} \sin \alpha$$

Onde:

- $v_{Rd,cs}$ valor da tensão resistente pelas armaduras específicas de punçoamento;
- s_r espaçamento da armadura de punçoamento;
- A_{sw} área da armadura de punçoamento;
- $f_{ywd,ef}$ valor de cálculo da tensão efetiva da armadura de punçoamento, dada por:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 \times d \leq f_{ywd}$$

Com:

- f_{ywd} valor de cálculo da tensão de cedência da armadura de punçoamento;

A aplicação desta metodologia permitiu concluir da necessidade de considerar armadura específica de punçoamento.

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO COMPOSTA DESVIADA

De acordo com o estipulado no Eurocódigo 8, e pretendendo fazer uma verificação para os pilares de flexão desviada nas duas direções ortogonais, será necessário que os pontos de esforços atuantes se encontrem dentro das curva N-M_x e N-M_y, e que seja verificada a equação de interação, dada pela seguinte expressão, para cada um dos pilares.

$$\left(\frac{M_{ed,x}}{M_{rd,x}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{ed,y}}{M_{rd,y}} \right)^\alpha \leq 1,0$$

Sendo:

$M_{ed,x}$ momento fletor atuante em flexão composta segundo X

$M_{ed,y}$ momento fletor atuante em flexão composta segundo Y

$M_{rd,x}$ momento fletor resistente em flexão composta segundo X, para N=NEd

$M_{rd,y}$ momento fletor resistente em flexão composta segundo Y, para N=NEd

α expoente cujo valor é 2 para secções circulares / elípticas, ou calculado pelo Quadro 10 para secções quadradas / retangulares:

Quadro 17 – Coeficiente de forma para secções quadradas / retangulares

Ned/Nrd	0.1	0.7	1.0
a	1.0	1.5	2.0

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE CAPACIDADE RESISTENTE DO TERRENO DE FUNDAÇÃO (SAPATAS)

De acordo com o Eurocódigo 7, encontra-se garantida a segurança em relação ao estado limite último de capacidade resistente do terreno de fundação, desde que se verifique a seguinte condição:

$$V_d \leq R'_d = A' \times \sigma'_{rd}$$

$$\text{com } \sigma'_{rd} = \frac{1}{2} \times B' \times \gamma \times N_{\gamma d} \times (s_{\gamma} \times i_{\gamma}) + c \times N_{cd} \times (s_c \times i_c) + q' \times N_{qd} \times (s_q \times i_q)$$

Em que:

- V_d : Força atuante de cálculo normal à base da fundação
- σ'_{rd} : Tensão resistente de cálculo ao nível base da fundação, em termos de tensões efetivas;
- c : Coesão efetiva ao nível da base da fundação;
- N_{cd} , N_{qd} , $N_{\gamma d}$: Fatores da capacidade de carga, função do ângulo de atrito de cálculo, ϕ'_d , determinado através do ângulo de atrito característico, ϕ'_k , minorado pelo coeficiente $\gamma \tan \phi'$; fletor atuante em flexão composta segundo Y

$$N_{cd} = 2 \times (N_{qd} - 1) \times \cotan(\phi'_d)$$

$$N_{qd} = e^{\pi \tan(\phi'_d)} \times \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'_d}{2} \right)$$

$$N_{\gamma d} = 2 \times (N_{qd} - 1) \times \tan(\phi'_d)$$

- B' : Menor largura da fundação, na horizontal;
- L' : Largura efetiva da fundação, medida na horizontal.
- i_c e i_q : Fatores de inclinação devido à existência de uma força de corte ao nível da base da fundação:

$$i_c = \frac{i_q \times N_{qd} - 1}{N_{qd} - 1}$$

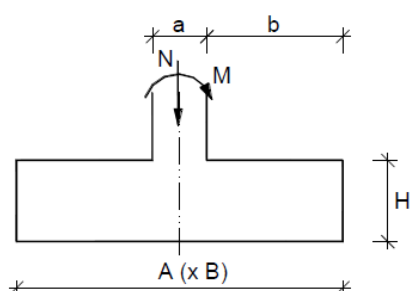
$$i_q = \left(1 - 0.7 \times \frac{H_d}{V_d + A' \times c'_d \times \cot(\phi'_d)} \right)^3$$

$$i_{\gamma} = \left(1 - \frac{H_d}{V_d + A' \times c'_d \times \cot(\phi'_d)} \right)^3$$

- A': Área efetiva da fundação, função de B' e L'.

Expressões de cálculo - dimensionamento

Para o presente projeto as sapatas foram dimensionadas como rígidas assumindo-se no dimensionamento uma distribuição de tensões uniforme no solo.



Pré-dimensionamento:

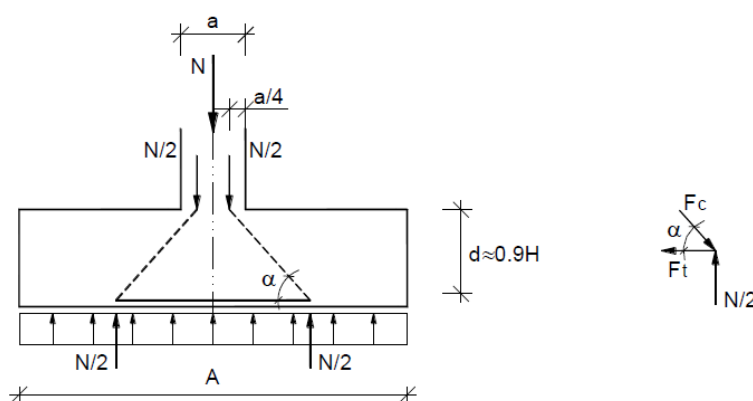
$$\text{Área em planta: } \sigma_{adm} \geq \frac{N_{raro}}{A \times B}$$

$$\text{Altura: } \frac{A - a}{4} \leq H \leq \frac{A - a}{2}$$

$$(\Leftrightarrow H \geq b/2 - \text{condição de rigidez})$$

No dimensionamento das sapatas foram consideradas as ações transmitidas pelos elementos estruturais (paredes e pilares), tendo sido analisados os piores casos de carga para cada maciço de fundação. O dimensionamento das sapatas foi efetuado utilizando o modelo de escoras e tirantes.

Sapata sem excentricidade



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{N/2}{F_t}$$

Cálculo da força de tração:

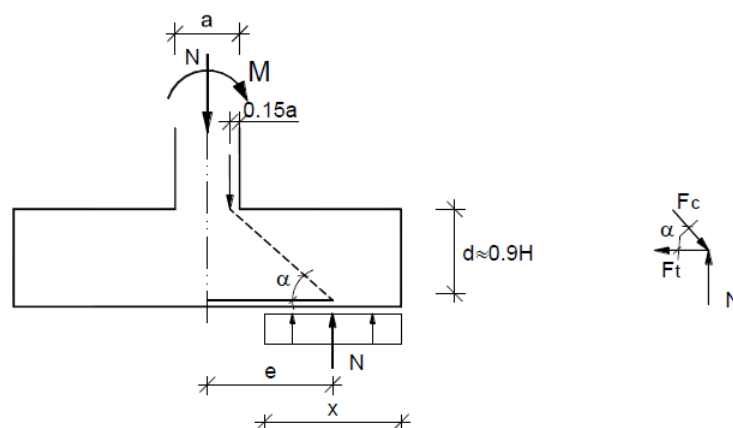
$$F_t = \frac{N (A - a)}{8d}$$

Cálculo da área de armadura necessária:

$$\left(\frac{A_s}{s}\right)_x = \frac{F_t}{f_{yd} \times y}, \text{ sendo } y \text{ a área carregada na direção ortogonal}$$

Sapata com excentricidade de carga

- $e > A / 4$ (tensões no solo em menos de metade da sapata)



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{e - 0.35a} = \frac{N}{F_t}$$

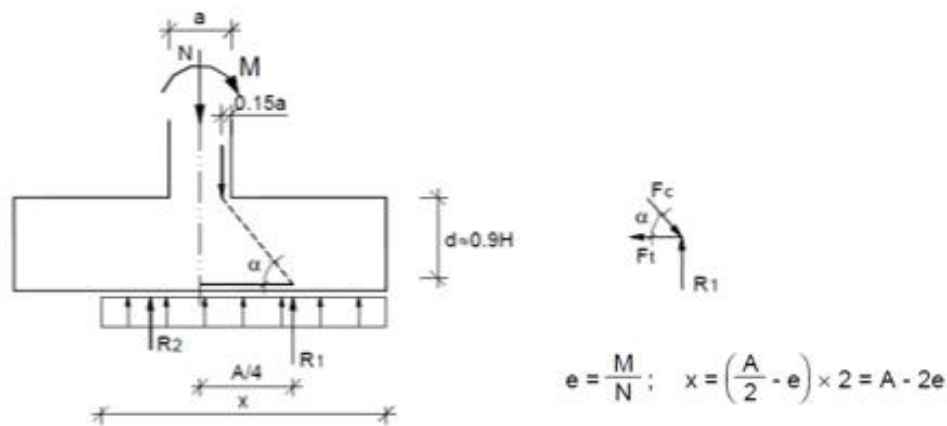
Cálculo da força de tração:

$$F_t = \frac{N(e - 0.35a)}{d}$$

Cálculo da área de armadura necessária:

$$\left(\frac{A_s}{s}\right)_x = \frac{F_t}{f_{yd} \times y}, \text{ sendo } y \text{ a área carregada na direção ortogonal}$$

- $e < A / 4$ (tensões no solo em mais de metade da sapata)



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{\frac{A}{4} - 0.35a} = \frac{R_1}{F_t}$$

Cálculo da força de tração:

$$F_t = \frac{R_1 (A/4 - 0.35a)}{d}$$

Cálculo da área de armadura necessária:

$$\left(\frac{A_s}{s}\right)_x = \frac{F_t}{f_{yd} \times y'}, \text{ sendo } y \text{ a área carregada na direção ortogonal}$$

ESTADO LIMITE DE SERVIÇO - DESLOCAMENTOS VERTICAIS

De acordo com o Eurocódigo 7 (EN 1997-1), o dimensionamento geotécnico das fundações deve assegurar, para além da verificação dos estados limite últimos (ELU), o cumprimento dos estados limite de utilização (ELS), nos quais se incluem os deslocamentos verticais admissíveis das fundações. A verificação dos assentamentos visa garantir que as deformações do terreno de fundação não comprometem a funcionalidade, a durabilidade e o desempenho estrutural da obra.

No caso de fundações superficiais, nomeadamente sapatas fundadas em rocha competente, os deslocamentos verticais ocorrem essencialmente sob a forma de assentamentos imediatos, associados ao comportamento elástico do maciço rochoso. Nestes casos, o Eurocódigo 7 admite a utilização de métodos baseados na Teoria da Elasticidade, desde que os parâmetros geotécnicos adotados sejam representativos e que as tensões induzidas se mantenham no domínio elástico do material.

A estimativa dos recalques é efetuada através da expressão:

$$s = \frac{qB(1 - \nu^2)}{E}$$

onde s representa o deslocamento vertical da fundação, q a tensão média de contacto transmitida ao terreno, B a menor dimensão da sapata, E o módulo de deformabilidade do maciço rochoso e ν o coeficiente de Poisson.

Esta formulação resulta da modelação do terreno de fundação como um semiespaço elástico, homogéneo e isotrópico, sendo coerente com a abordagem simplificada recomendada pelo Eurocódigo 7 para a avaliação dos deslocamentos em fase de serviço. O termo $(1 - \nu^2)$ traduz a influência das deformações laterais na resposta vertical do material, de acordo com a teoria da elasticidade linear.

Atendendo a que as sapatas se encontram fundadas em rocha competente, caracterizada por elevada rigidez e reduzida deformabilidade, considera-se que os assentamentos calculados correspondem a valores conservadores e compatíveis com os critérios de serviço estabelecidos. A utilização desta metodologia revela-se, assim, adequada para a verificação do Estado Limite de Utilização (ELS), em conformidade com os princípios e requisitos do Eurocódigo 7.

7.3.9 MODELOS DE CÁLCULO

7.3.9.1 **Edifício Ponte, Bloco de Acessos Poente e Passadiço do Metro**

Os esforços utilizados nas verificações da segurança das estruturas foram obtidos com o auxílio de programas de cálculo automático, nomeadamente, o SAP 2000 v26. As estruturas das diferentes construções foram simuladas, cada uma, através de modelos de cálculo tridimensionais, formados por elementos finitos lineares (barras) e elementos finitos planos (*shell*).

As lajes e bandas maciças foram simuladas por elementos finitos planos, tipo *shell*. Para garantir uma simulação correta do comportamento estrutural das lajes aligeiradas, aplicaram-se coeficientes corretivos às suas propriedades geométricas. As vigas e os pilares foram simulados com elementos finitos de barra. As paredes resistentes modelaram-se por meio de elementos finitos de área (*shell*), posicionados de acordo com as suas geometrias globais e com as suas características mecânicas.

Com o objetivo de facilitar a aplicação de cargas de área a elementos finitos lineares, recorreu-se a elementos finitos planos, tipo *shell none*. Estes elementos não possuem rigidez, destinam-se apenas a assegurar a transmissão de cargas a elementos lineares. Adotou-se este tipo de elementos nas fachadas, coberturas das palas sobre os cais, no passadiço e nas lajes mistas. Uma vez que este tipo de elemento não tem capacidade para compatibilizar os deslocamentos no plano, houve a necessidade de aplicar um diafragma rígido nas áreas em que este comportamento se evidencia, nomeadamente, ao nível dos pisos com laje mista.

A quantificação da ação sísmica e dos seus efeitos foi efetuada através de uma análise modal por espectros de resposta. A definição dos espectros de resposta usados é a descrita no capítulo das ações. As massas são consideradas automaticamente pelo programa de cálculo utilizado tendo por base o peso próprio dos elementos estruturais e os carregamentos verticais aplicados à estrutura.

Apresenta-se, em seguida, um conjunto de imagens ilustrativas dos modelos de cálculo utilizados.

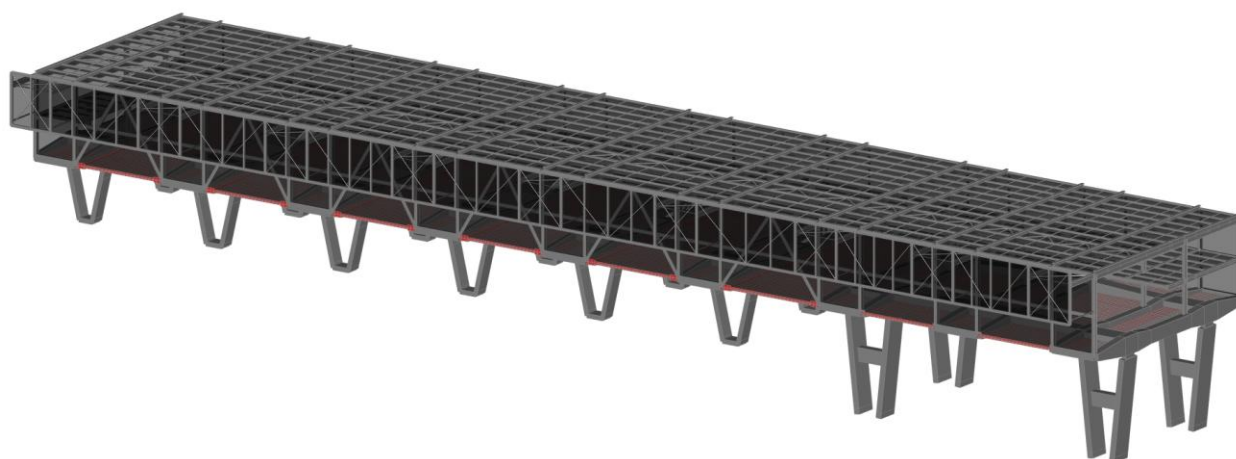


Figura 21 – Modelo de cálculo Edifício Ponte: Predominância da Fachada Sul.

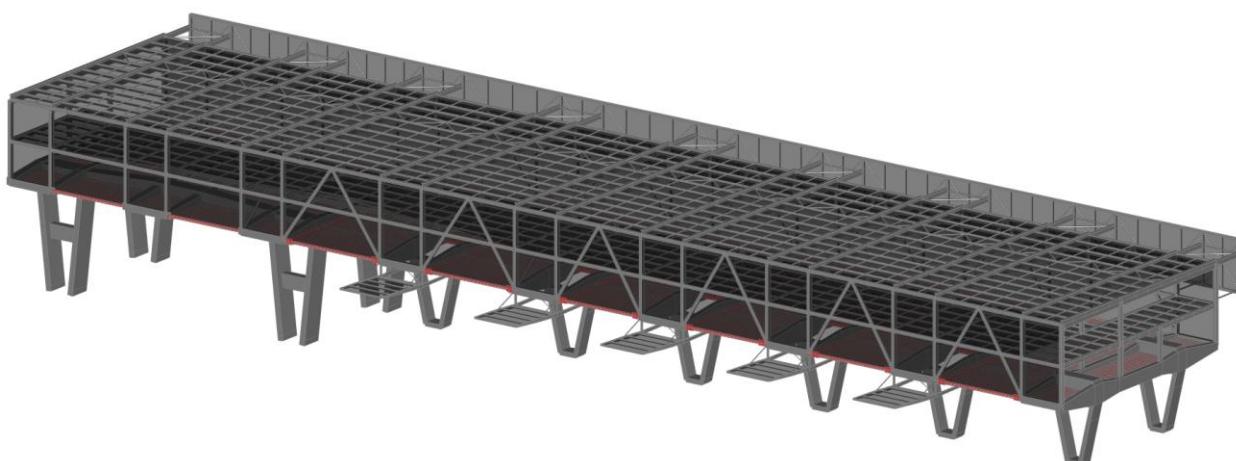


Figura 22 – Modelo de cálculo Edifício Ponte: Predominância da Fachada Norte.

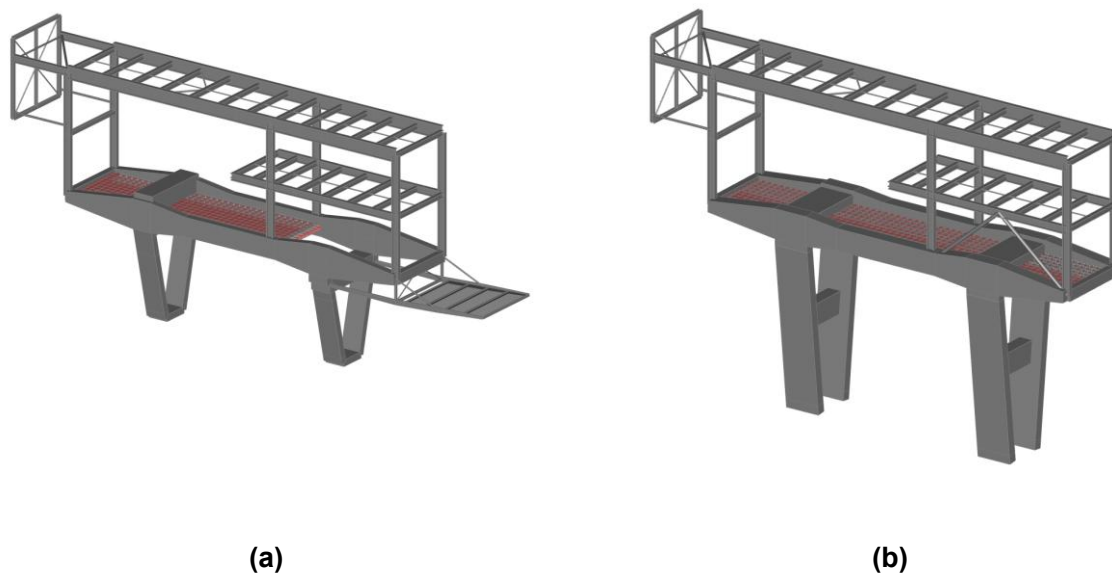


Figura 23 – Modelo de cálculo Edifício Ponte: (a) Secção Cais Corrente; (b) Secção Praça Nascente.

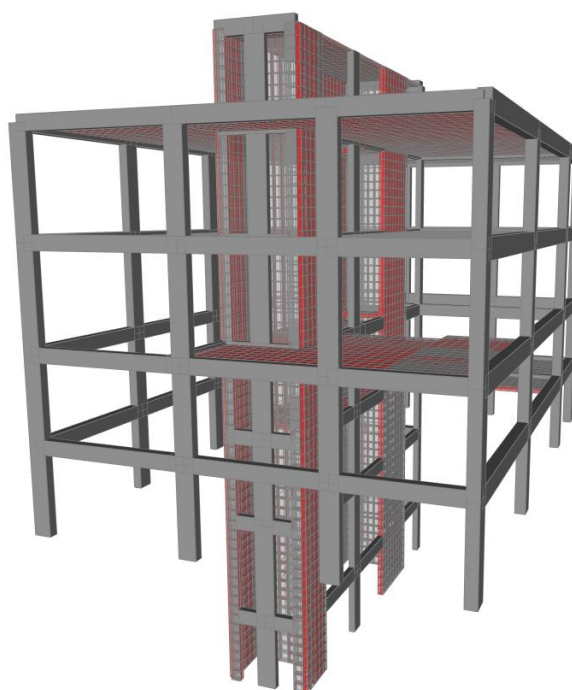


Figura 24 – Modelo de cálculo Bloco Poente: Predominância da Fachada Sul.

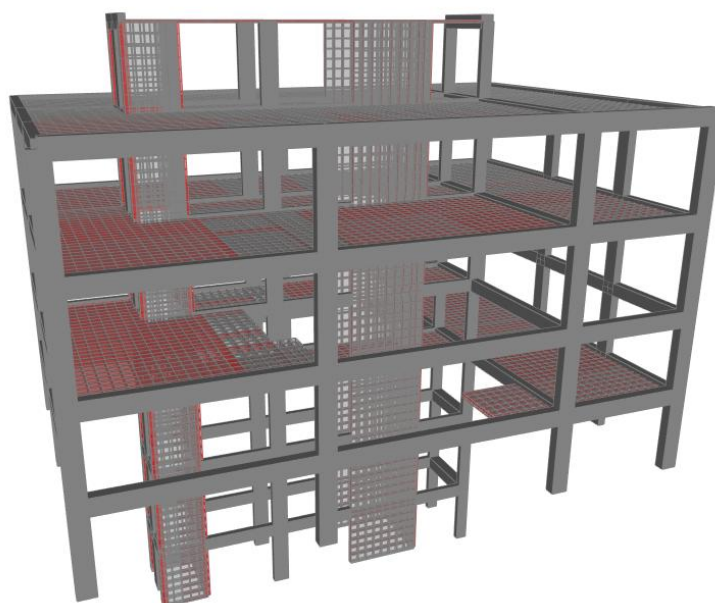


Figura 25 – Modelo de cálculo Bloco Poente: Predominância do lado Nascente.



Figura 26 – Modelo de cálculo Passadiço: Predominância do lado Sul.

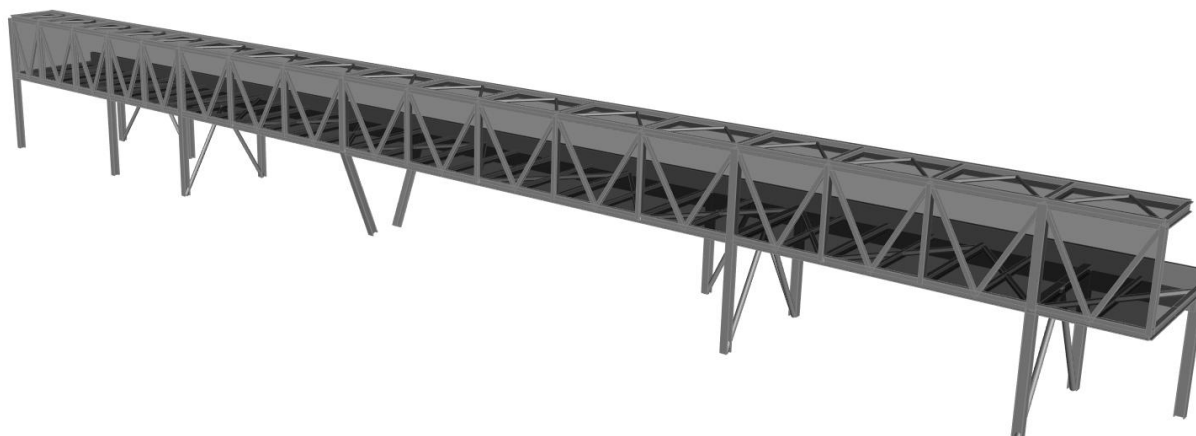


Figura 27 – Modelo de cálculo Passadiço: Predominância do lado Norte.

7.3.9.2 Edifício Nascente

De forma análoga, para o dimensionamento da solução do Edifício Nascente foi realizado um modelo de cálculo no programa de elementos finitos Robot Structural Analysis Professional 2023. O modelo realizado apresenta-se na Figura 28.

A análise recorrendo ao modelo apresentado permitiu apurar a envolvente de esforços e deformações, utilizadas na análise da estrutura.

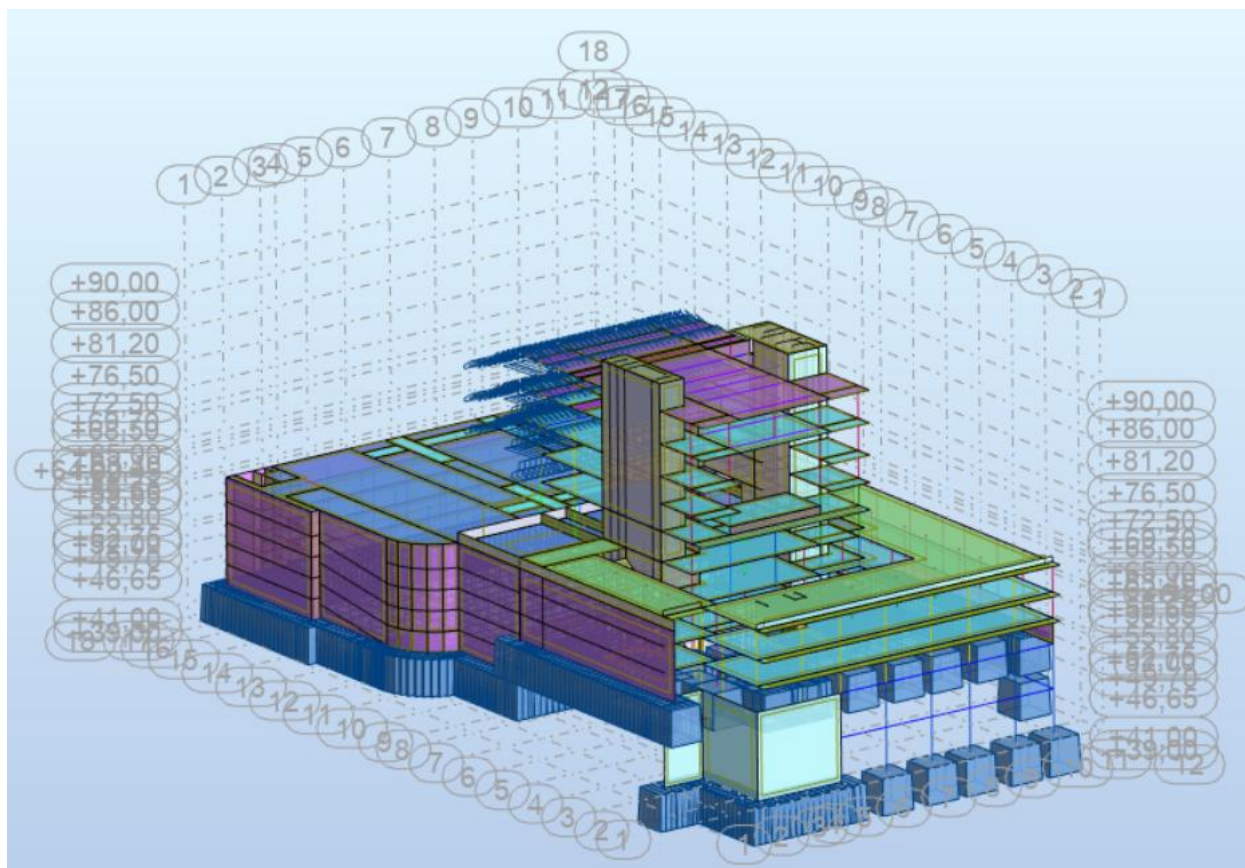


Figura 28 – Modelo Robot da estrutura do edifício Nascente

7.3.10 NORMAS E REGULAMENTOS

A regulamentação usada no dimensionamento e na verificação da segurança dos elementos estruturais é a europeia, composta pelos Eurocódigos estruturais com tradução sob a forma de Norma Portuguesa e pelos respetivos Anexos Nacionais.

A quantificação das ações de projeto e a definição das suas combinações para efeito do estabelecimento dos diversos Estados Limite foi feita de acordo com o articulado do Eurocódigo 0: NP EN 1990:2009 – Bases para o projeto de estruturas, sendo as ações quantificadas de acordo com o que está estipulado nos Eurocódigos relevantes e respetivos Anexos Nacionais, nomeadamente:

- O Eurocódigo 1, parte 1-1: NP EN 1991-1-1:2009 – Ações em estruturas. Ações gerais, pesos volúnicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios, para a definição das sobrecargas e das ações acidentais;
- O Eurocódigo 1, parte 1-4: NP EN 1991-1-4:2010 – Ações em estruturas. Ações gerais, ações do vento, para a quantificação das pressões exercidas pelo vento;
- O Eurocódigo 1, parte 1-5: NP EN 1991-1-5:2009 – Ações em estruturas. Ações gerais, ações térmicas, para a quantificação dos valores das variações de temperatura;
- O Eurocódigo 8, parte 1: NP EN 1998-1:2010 – Projeto de estruturas para a resistência aos sismos. Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios, para a definição das ações sísmicas;
- O Eurocódigo 8, parte 3: NP EN 1998-3:2017 – Projeto de estruturas para a resistência aos sismos – Parte 3: Avaliação e reabilitação de edifícios.

Para o dimensionamento e verificação da segurança em elementos de betão armado será cumprido o articulado do Eurocódigo 2: NP EN 1992-1-1;2010 – Projeto de estruturas de betão – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios.

A execução das estruturas em betão armado deve respeitar as prescrições inscritas na Norma Europeia NP EN 13670 (2011). Os requisitos de inspeção a aplicar aos produtos, materiais e execução dos elementos de betão armado são os estabelecidos na NP EN 13670:2011 Emenda 2:2021, para a classe de inspeção indicada.

Os critérios gerais de verificação de segurança das peças metálicas são os indicados no Eurocódigo 3, parte 1-1: NP EN 1993-1-1:2010 – Projeto de estruturas de aço, Regras gerais e regras para edifícios.

O dimensionamento de ligações entre peças metálicas segue as prescrições contidas no Eurocódigo 3, parte 1-8: NP EN 1993-1-8:2010 – Projeto de estruturas de aço, Projeto de ligações.

Com a mesma finalidade utilizam-se as indicações do Eurocódigo 4 – Projeto de Estruturas Mistas Aço-Betão - para a verificação da segurança das vigas mistas e o dimensionamento dos respetivos conectores.

O aprovisionamento, fabrico, aplicação da proteção anticorrosiva e a montagem dos elementos metálicos deve respeitar integralmente as prescrições contidas na Norma EN 1090: Execution of steel structures and aluminium structures, Part 1 - General Delivery Conditions e Part 2 - technical requirements for the execution of steel structures. As estruturas devem ser consideradas da classe EXC2, conforme definido na EN1090-2.

Para o dimensionamento e verificação da segurança de estruturas geotécnicas será cumprido o articulado do Eurocódigo 7: NP EN 1997-1-1;2010 – Projeto Geotécnico – Parte 1: Regras gerais.

7.3.11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As soluções apresentadas foram desenvolvidas a partir dos elementos base, citados no capítulo 2, assim como em todos os restantes pressupostos igualmente referidos no presente documento. Conforme prática corrente em intervenções com o enquadramento e a complexidade da presente, todos os pressupostos e todos os elementos de base considerados no presente documento deverão ser confirmados em fase de execução e, se necessário, em fase de obra. Caso algum destes pressupostos ou elementos não se venha a confirmar, deverão ser averiguadas as suas consequências na segurança da obra e das zonas envolventes e, se justificável, deverão ser efetuadas as necessárias revisões às soluções agora apresentadas. Neste âmbito, consideram-se particularmente importantes os seguintes aspetos:

- A confirmação prévia da geometria e cotas de fundação dos edifícios existentes, incluindo os adjacentes à obra;
- A confirmação das condições geológicas e geotécnicas do local;
- Confirmação da compatibilização das soluções propostas com as definidas nas restantes especialidades em particular: Arquitetura, Escavação e Contenção Periférica e restantes projetos de especialidades;
- Confirmação de todas as cotas e geometrias apresentadas, nomeadamente por comparação com o definido no Projeto de Arquitetura;
- Confirmação da localização e dimensão de courettes, furações ou atravessamentos em lajes, vigas, muros ou paredes de betão armado. Nos casos em que se afigure necessário materializar atravessamentos, não expressamente marcados nos desenhos do projeto de Estruturas, a sua localização e dimensão deverá ser submetida à Equipa Projetista, para aprovação.

8 AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO (AVAC)

8.1 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS A CONSIDERAR

No projeto de Instalações de AVAC são incluídas as seguintes instalações e equipamentos:

- Produção de Calor e Frio para AVAC e
- Produção de Água Quente Sanitária (AQS);
- Distribuição de Calor e Frio para AVAC e AQS;
- Renovação de Ar dos locais;
- Sistemas de Ar Condicionado para os locais climatizados;
- Instalação Elétrica para AVAC.

8.2 CONDIÇÕES EXTERIORES

8.2.1 ZONA CLIMÁTICA

Edifício na zona urbana do Porto

- GD 18°C número de graus dia na estação de aquecimento - 1250°C l1
- $\theta_{ext,i}$ temperatura exterior média, mês mais frio da estação de aquecimento 9,9°C
- Duração da estação de aquecimento 6,2 meses
- G sul Energia solar média superfície vertical sul a estação de aquecimento 256kWh/m2. mês
- $\theta_{ext,v}$ temperatura exterior média estação de arrefecimento 20.9°C (V2)
- Duração da estação de arrefecimento 4 meses (junho a setembro) 2928h
- G solar H acumulado nos 4 meses 1026kWh/m2
- G sul 90- Energia solar acumulada nos 4 meses superfície vertical a sul 680kWh/m2

Assinalamos ainda que segundo NUTIII, a radiação solar média numa superfície horizontal para a nossa localização é de 1610kWh/ (m2.ano)

Atendendo à evolução que se tem registado e à tendência atual tomamos como base para os nossos cálculos os valores típicos que adiante detalhamos como dias tipo.

8.3 CONDIÇÕES INTERNAS DESEJADAS

As condições internas tidas como desejadas correspondem às recomendações, não só das entidades nacionais que supervisionam os equipamentos de saúde, mas igualmente as recomendações vindas da OMS para locais ocupados com pessoas fisicamente debilitadas.

Neste sentido apontamos como base os seguintes valores:

- Verão: em todos os locais, temperatura máxima 24°C;

- Inverno: generalidade dos compartimentos e circulações, temperatura mínima 20°C;
- Inverno: nas salas de tratamento ou gabinetes de observação 22°C.

Estas são as condições interiores para todos os espaços climatizados.

8.4 CONDIÇÕES INTERNAS DA QUALIDADE DO AR QAI

Nos locais climatizado, a Qualidade do Ar Interior será assegurada pela renovação mecânica do ar.

Os caudais garantidos em cada compartimento foram calculados para os perfiz de máxima ocupação compensando com ar novo efetivamente não contaminado e com baixo teor de CO₂ o teor de CO₂ que os ocupantes libertarão no compartimento.

Como base de calculo tomamos 35m³/h*ocup. nos gabinetes e 15m³/h m² nas zonas de espera.

Para as áreas da estação abertas ao exterior, a ventilação será natural, ou hibrida, garantindo-se taxas de renovação de ar, no mínimo, idênticas às asseguradas pela ventilação mecânica.

8.5 CARGAS INTERNAS CONSIDERADAS

Para efeitos de contabilização dos ganhos internos para o cálculo das cargas térmicas de arrefecimento, admitiu-se, para a generalidade dos espaços, os seguintes pressupostos:

- Densidade de iluminação: 7W/m²;
- Para efeitos de cálculo foram assumidas as potências efetivamente previstas no Projeto de Iluminação, para as novas soluções;
- Taxa de ocupação: definida com o tipo de utilização dos espaços;
- Calor sensível 72 W/Pessoa
- Calor latente 60 W/Pessoa
- Densidade de equipamentos: definida com o tipo de utilização dos espaços;
- Perfil de ocupação com períodos de utilização muito reduzida durante a noite nos gabinetes, salas e circulações.

8.6 BASES DE DIMENSIONAMENTO

Os parâmetros e métodos de cálculo utilizados no dimensionamento da tubagem e das Bombas foram os seguintes:

Rede de tubagem

- Método de velocidade máxima e de perda de carga máxima;
- Velocidade até 1,2m/s para DN50 ou inferior;
- Perda de carga até 400Pa/m para tubagem superior a DN50.

- Retorno invertido para equilíbrio entre os diferentes radiadores
- Todas as dimensões, traçados e restantes características construtivas das tubagens confirmadas pelo representante/fabricante

Bombas

- Caudal máximo em função das potências salto térmico 8°C na AQ e 5°C na AD;
- Perda de carga nas tubagens para o ponto, mais desfavorável com caudais de fecho imposto para cara ramo da rede;
- Perda de carga nos radiadores conforme tabela do fabricante;
- Perdas de carga nas válvulas de controlo e demais acessórios conforme dados dos fabricantes e autoridade adequada.

8.6.1 CRITÉRIOS GERAIS DE SETORIZAÇÃO E DIMENSIONAMENTO

Como princípio de estudo, e tal como definido pelo Projeto de Arquitetura, pretende-se minimizar os espaços climatizados da estação, privilegiando soluções de espaços abertos ao exterior e com ventilação natural. Desta forma, as áreas de circulação de pessoas da estação serão preferencialmente não climatizadas, assegurando um nível de conforto similar ao já existente na estação e espaços cobertos de acesso às plataformas.

Para todos os escritórios, áreas de trabalho e de equipamentos sensíveis, serão adotadas soluções de climatização com base em energia térmica produzida em Central Térmica comum.

Os espaços comerciais, áreas de operadores ferroviários e outros, serão autónomas, com sistemas de tratamento e renovação de ar independentes, recebendo a energia térmica necessária à sua climatização.

O parque de estacionamento público, sendo enterrado e com sistemas de ventilação de controlo de fumos e poluição, não será climatizado, nem terá ligação à Central Térmica.

8.6.2 PREVISÃO DE ESPAÇOS TÉCNICOS

Como base de trabalho, está prevista uma Central Térmica ao nível da cobertura do Corpo Nascente da Estação, que produzirá calor e frio para climatização e produção de Água Quente Sanitária (AQS) para toda a estação e unidades autónomas.

Em diferentes zonas, conforme indicado no Diagrama De Produção e Distribuição de Calor e Frio, estão previstas subestações térmicas, para assegurar a distribuição até aos locais ou frações autónomas.

8.6.3 ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DOS CONSUMOS DE ENERGIA E DE UTILIZAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS

A estratégia fundamental de redução de consumos de energia e de aproveitamento de fontes renováveis, consiste precisamente na criação da Central Térmica única, com alimentação de energia elétrica partir de PT-C da Estação Nascente, com contagem em MT, com uma tarifa de energia mais económica.

Por outro lado, estando este PT-C associado à UPAC Fotovoltaica, a energia renovável será diretamente utilizada na produção de calor e frio, atenuando fortemente as necessidades de energia da rede pública.

8.6.4 ESTRATÉGIA DE CONTAGEM DE ENERGIA TÉRMICA

Para cada uma das frações (lojas, escritórios, operadores ferroviários, etc) será efetuada a contagem de energia térmica, sob a forma de contadores entálpicos (caudal+dT), que registam os consumos e comunicam com o Sistema de Gestão Técnica e de Energia, permitindo, não só a gestão de eficiência energética de cada área e fração, como também a distribuição de custos de energia proporcionalmente ao consumo.

8.6.5 DESCRIÇÃO GERAL DA INSTALAÇÃO

8.6.5.1 **Novo Corpo da Estação Poente**

Genericamente com ventilação natural, terá os locais comerciais e a esquadra da polícia climatizados, com unidades locais, recebendo o calor e frio da subestação poente.

Serão disponibilizadas condutas para ar novo e exaustão, diretamente ao exterior, pelo que os locatários instalarão as suas unidades de renovação de ar associadas a estas condutas.

8.6.5.2 **Parque de Estacionamento Público (Nascente)**

Será dotado de sistemas de ventilação, desenfumagem e controlo de fumos, com insuflação e extração mecânicas, que asseguram a qualidade do ar e a segurança do espaço. Locais que necessitem de climatização, como a Portaria, serão autónomos e tratados com unidades locais e insuflação de ar novo do exterior, mantendo os mesmos em pressão positiva e protegidos dos gases do estacionamento.

8.6.5.3 **Estação Nascente e PSP**

Também se pretende que em geral sejam áreas ventiladas naturalmente.

Os locais fechados que carecem de climatização, serão dotados de unidades locais de climatização a água (calor e frio – 4 tubos) e recebem ar novo e extração de Unidades de Tratamento de Ar Novo a instalar na cobertura.

8.6.5.4 **Espaços Comerciais, Operadores Ferroviários e outros**

Tal como no corpo poente, estes locais irão receber energia térmica com potência proporcional às necessidades calculadas e terão ligações a condutas de ar novo e exaustão para a renovação de ar.

8.6.5.5 **Escritórios IP**

Para esta unidade, estão previstas Unidades de Tratamento de Ar novo a instalar na cobertura, servindo todos os locais. A climatização será assegurada por unidades locais a 4 tubos.

8.6.5.6 Núcleo de Escritórios

Dadas as condicionantes de instalação de equipamentos, está prevista uma Unidade de Tratamento de Ar Novo para todo o núcleo de escritórios, que fará a renovação de ar de forma integrada para circulações e frações.

Cada escritório receberá ainda calor e frio para as unidades locais de climatização.

8.7 INTERLIGAÇÃO COM OUTRAS ESPECIALIDADES

A instalação de AVAC a desenvolver terá fortes interligações com as seguintes Instalações:

- Instalação Elétrica: alimentações de energia;
- Sistema de Gestão Técnica Centralizada: gestão de energia, comando e controlo dos equipamentos, monitorização das instalações;
- Rede de Drenagem de Águas Pluviais: drenagem de condensados;
- Rede de Águas: alimentação de água para enchimento dos circuitos fechados e para lavagem nas áreas técnicas;
- Segurança Contra Incêndios em Edifícios (SCIE): coordenação com compartimentação corta-fogo para minimizar a necessidade de registos corta-fogo, separando as redes de condutas por zonas de fogo.
- No capítulo da Desenfumagem e Controlo de Fumos (DCF), definirá os sistemas para assegurar a DCF nos locais e áreas que a SCIE defina como carecendo desta medida de segurança.

A definição dos locais técnicos afetos às Instalações de AVAC é estudada em conjunto com Arquitetura, coordenando as áreas, localizações e necessidades, com o Programa Funcional e as interligações físicas entre os diferentes locais.

8.8 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS

O projeto de Instalações de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado da Estação tem por base:

- Anexo 5: Parte C8 – Programa Preliminar da Estação de Campanhã;
- Regras Técnicas de Instalações Elétricas de baixa tensão, Portaria n.º 949A/2006 (RTIEBT).
- Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios, Lei n.º 123/2019, de 18 de outubro;
- Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios, Portaria n.º 135/2020, de 2 de junho;
- Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios – RRAE - Decreto-Lei nº 96/2008 de 9 de junho;
- Regulamento Geral do Ruído – RGR - Decreto-Lei nº 9/2007 de 17 de janeiro.

- Regulamento (UE) 2024/573 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 7 de fevereiro de 2024, relativo aos gases fluorados com efeito de estufa, que altera a Diretiva (UE) 2019/1937 e que revoga o Regulamento (UE) n.º 517/2014;
- Decreto-Lei n.º 102/2021 Estabelece os requisitos de acesso e de exercício da atividade dos técnicos do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
- Decreto-Lei n.º 101-D/2020 Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944
- Portaria n.º 28/2022 - Regulamenta o conteúdo e os critérios de avaliação dos exames a realizar para acesso e exercício da atividade dos técnicos do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
- Portaria n.º 138-G/2021 - Estabelece os requisitos para a avaliação da qualidade do ar interior nos edifícios de comércio e serviços, incluindo os limiares de proteção, condições de referência e critérios de conformidade, e a respetiva metodologia para a medição dos poluentes e para a fiscalização do cumprimento das normas aprovadas
- Portaria n.º 138-H/2021 - Regulamenta as atividades dos técnicos e as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios e fixa os valores do registo dos certificados energéticos
- Portaria n.º 138-I/2021 - Regulamenta os requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios e aos sistemas técnicos e a respetiva aplicação em função do tipo de utilização e específicas características técnicas
- Despacho n.º 6476-A/2021 e Despacho n.º 9017/2021 - Determina o restante conteúdo obrigatório dos certificados energéticos, nos termos do disposto no n.º 4 do artigo 20.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro. Alteração ao Despacho n.º 6476-A/2021, que determina o restante conteúdo obrigatório dos certificados energéticos, nos termos do disposto no n.º 4 do artigo 20.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro
- Despacho n.º 6476-B/2021 – Aprova os critérios de seleção e as metodologias aplicáveis aos processos de verificação da qualidade da informação produzida no âmbito do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE)
- Despacho n.º 9067/2021 - Alteração ao Despacho n.º 6476-B/2021 que aprova os critérios de seleção e as metodologias aplicáveis aos processos de verificação da qualidade da informação produzida no âmbito do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE).
- Despacho n.º 6476-C/2021 - Aprova as condições referentes à manutenção dos sistemas técnicos instalados em edifícios, a periodicidade e as condições de realização da inspeção periódica dos sistemas técnicos e o modelo do relatório
- Declaração de Retificação n.º 611/2021 - Retificação ao Despacho n.º 6476-C/2021, de 29 de junho, publicado no Diário da República, 2.ª série, n.º 126, de 1 de julho de 2021
- Despacho n.º 6476-D/2021 - Aprova os requisitos para a elaboração do Plano de Melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios (PDEE)

- Despacho n.º 6476-E/2021 - Aprova os requisitos mínimos de conforto térmico e de desempenho energético aplicáveis à conceção e renovação dos edifícios
- Despacho n.º 6476-H/2021 - Aprova o Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE)
- Despacho n.º 9216/2021 - Alteração do Despacho n.º 6476-H/2021, que aprova o Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE)
- Despacho n.º 12935-B/2023 - 2ª alteração do Despacho n.º 6476-H/2021, que aprova o Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE)
- Declaração de Retificação n.º 80/2024 - Retifica o Despacho n.º 12935-B/2023, publicado no Diário da República, 2.ª série, n.º 241, de 15 de dezembro de 2023
- Despacho n.º 1618/2022 - Qualidade do ar no interior dos edifícios – Procedimentos de registo das obrigações previstas nos n.ºs 3 a 6 do artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 101 -D/2020, de 7 de dezembro, na sua atual redação, e o regime de avaliação simplificada anual de requisitos relacionados com a qualidade do ar interior

Complemento à legislação

- NT-SCE-02 – Edifícios NZEB20 e outros conceitos úteis para acesso a incentivos NT-SCE-02 – RADEE.docx – Relatório de Avaliação do Desempenho Energético do Edifício (RADEE)
- NT-SCE-02 – instruções.pdf – Instruções de preenchimento RADEE
- NT-SCE-03 – Sistemas de Automatização e Controlo de Edifícios (SACE)
- NT-SCE-04 – Plano de melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios (PDEE)
- NT-SCE-04.xls – Plano de melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios (PDEE) – Folha de cálculo de apoio NT-SCE-05 – Orientações metodológicas nos procedimentos de Inspeção a Sistemas Técnicos
- Comunicado DGEG/ADENE Comunicado SCE 01 – Articulação entre o SCE e o Simplex Urbanístico

9 REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

9.1 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS A CONSIDERAR

No projeto da Rede de Drenagem de Águas Pluviais são incluídas as seguintes instalações e equipamentos:

- Rede de drenagem águas pluviais;
- Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais;
- Poços de bombagem de águas pluviais;
- Rede de drenagem de lavagens e incêndios dos estacionamento;
- Sistemas de Retenção de Hidrocarbonetos;
- Poços de bombagem de águas de lavagens e incêndios;
- Rede de drenagem de águas de infiltração;
- Poços de drenagem de águas de infiltração;
- Rede de drenagem de condensados dos equipamentos AVAC;
- Ligações à rede pública.

9.2 BASES DE DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS

9.2.1 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

A rede de drenagem das águas pluviais foi dimensionada para:

. Intensidade de precipitação	194 mm/h
. Duração da chuvada	5 minutos
. Período de retorno	100 anos.

9.2.2 TUBOS DE QUEDA

Os tubos de queda pluviais foram calculados em função da superfície em planta das coberturas ou terraços que drenam, para uma intensidade de precipitação de 194 mm/h (3.23 l/min/m²), utilizando-se a Fórmula Geral da Hidráulica ($Q=US$)

$$Q_c = \left(\alpha + \beta \frac{H}{D} \right) \pi D H \sqrt{2gH}$$

em que:

Q_c - Caudal (m³/s)

H - Carga no tubo de queda (m)

D - Diâmetro do tubo de queda (m)

g - Aceleração da gravidade (m /s²)

α - Entrada de caudal no tubo de queda, com aresta viva (0,453) e (0,578) com entrada cónica

β - 0,350

9.2.3 RAMAIS PREDIAIS E DE LIGAÇÃO

Utilizou-se a equação de Manning - Strickler para o cálculo do diâmetro das redes enterradas e ramais horizontais a meia secção, tal que:

$$Q_e = K_s A R^{2/3} I^{1/2}$$

em que:

Q_e - Caudal (m³/s)

A - Área molhada (m²)

R - Raio Hidráulico (m)

I - Inclinação (m/m)

K_s - Coeficiente de Strickler (Para Polivinilo $\Rightarrow K_s = 120$)

9.2.4 CONDIÇÕES DE AUTO-LIMPEZA

As redes enterradas e a rede de ligação ao coletor foram calculadas de modo a satisfazerem as condições de autolimpeza que é verificada para valores do poder de transporte superiores a 2,5 N/m², definido pela expressão:

$$\Gamma = \gamma R i \geq 2,5 N/m^2$$

em que:

Γ - Força tangencial de arrastamento (N/m²)

γ - Peso específico do líquido (Valor adotado $\Rightarrow 10900 \text{ N/m}^3$)

R - Raio hidráulico (m)

i - Inclinação do coletor (m/m)

9.2.5 VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

Como o escoamento dos esgotos pluviais não pode admitir velocidades baixas, considerou-se que o valor mínimo era de 0,60 m/s, pois a sedimentação de materiais em suspensão que se verifica quando aquele valor não é atingido dá rapidamente lugar a situações de putrefação cujos gases podem originar corrosões nos coletores ou situações de entupimento gradual. Para verificação da velocidade utilizou-se a equação de Manning-Strickler, a saber:

$$U = K_s R^{2/3} I^{1/2}$$

em que:

U - Velocidade (m/s)

R - Raio Hidráulico (m)

I - Inclinação (m/m)

Ks - Coeficiente de Strickler (Para Polivinilo $\Rightarrow K_s = 120$)

9.2.6 INCLINAÇÃO DA TUBAGEM

A inclinação permitida na tubagem de esgotos pluviais, e de acordo com os Regulamentos e Normas Técnicas em vigor é:

. Inclinação Mínima: 1%

. Inclinação Máxima: 4%

9.3 CONFIGURAÇÕES PROPOSTAS PARA OS DIFERENTES SISTEMAS

Para a drenagem das coberturas propõem-se a utilização de um sistema sinfónico do tipo da Geberit Pluvia, pois este sistema tem inúmeras vantagens neste tipo de edifícios, como por exemplo:

- otimizar o número de ralos;
- diminuição de tubos de queda;

- aproveitar o máximo de espaço pois este sistema permite que os coletores horizontais sem isentos de pendentes.

Antes da ligação deste sistema à rede convencional será instalada uma câmara de descompressão.

No edifício Poente a câmara de descompressão poderá servir como depósito para a abastecer a rede de rega do espaço público adjacente.

Para a Passagem Inferior Pedonal Sul (PIP.Sul), será feita a interligação à rede pluvial existente.

Os cais serão drenados diretamente para a via, zona permeável, mantendo-se a solução de princípio já implementada na estação.

A zonas exteriores serão providas de um sistema de drenagem de sumidouros e caleiras e ligadas diretamente ao coletor público mais próximo.

Na drenagem do estacionamento serão instalados ralos e grelhas com capacidade de carga ao tráfego.

Os tubos de queda serão em tubagem Metalitt.

Antes do poço de bombagem a instalar no piso -5, será instalado uma caixa retentora de hidrocarbonetos.

A rede de drenagem das caves será dimensionada para satisfazer a rede de serviços de incêndio e de acordo com o respetivo regulamento.

Serão realizadas duas ligações à Rede Pública, uma no lado Nascente e outra do lado Poente.

9.4 SISTEMAS DE BOMBAGEM E TRATAMENTO

Do lado Poente não se prevê necessidade de instalar qualquer sistema de bombagem, sendo que a câmara de descompressão deverá ser instalada à cota do arruamento exterior, sendo a ligação realizada por gravidade.

Na zona Nascente, todas as águas que sejam encaminhadas ao SAAP, deverão ser naturalmente bombadas pelo sistema de distribuição de água de lavagens e rega. As prumadas que, por questões de posicionamento, não seja possível ligar ao SAAP, serão ligadas por gravidade à caixa final de ramal.

Para os estacionamento, está previsto grupo de bombagem para as águas de lavagens, a ligar em linha com o sistema de retenção de hidrocarbonetos.

9.5 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

Conforme definido nas Bases de Cálculo, serão seguidas as exigências regulamentares e normativas, garantindo que todas as redes tenham capacidade para os caudais de cálculo.

De qualquer modo, serão previstos sistemas de redundância para garantir que não haverá problemas em caso de eventos de pluviosidade extraordinária.

Destacam-se os trop-pleins (“tubo ladrão”), gárgulas de reserva e as pendentes de coberturas e pavimentos, sempre com inclinação crescente para os pontos de acesso aos edifícios, sejam portas, escadas ou rampas.

9.6 MEDIDAS PROPOSTAS PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA HÍDRICA

Em consonância com o Programa definido pelo Cliente, foi previsto Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP), que receberá as águas pluviais de todas as coberturas a que seja possível interligar, sem recorrer a sistemas de bombagem complementar, encaminhando-as a depósito pré-fabricado.

Deste depósito será feita a sua bombagem para reutilização na rega dos espaços verdes e eventuais lavagens de pavimentos de áreas exteriores e estacionamento. A água pluvial excedente será encaminhada graviticamente para a rede pública.

As águas pluviais em questão são exclusivamente águas recolhidas ao nível das coberturas, sem contaminações. São recolhidas e filtradas, antes da entrega no depósito de acumulação.

O tratamento das águas cinzentas assegura o cumprimento dos parâmetros definidos no regulamento, conforme Projeto, dados do equipamento e Estudo de Avaliação de Riscos, pelo que o parâmetro de $e\text{-coli} \leq 10 \text{ ufc}/100 \text{ ml}$ está também cumprido. Não haverá carga de poluentes nas águas pluviais, pelo que não está considerado tratamento adicional.

9.7 INTERLIGAÇÃO COM OUTRAS ESPECIALIDADES

Nesta especialidade haverá particular interligação com as áreas de hidráulicas, sendo estes projetos desenvolvidos em estrita coordenação entre os técnicos, a saber:

- Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas;
- Rede de Abastecimento de Água;
- Rede de Água para Serviço de Incêndios.

Para além disso, haverá ainda interdependências com as seguintes Instalações:

- Instalação Elétrica: alimentações de energia a poços de bombagem;
- Sistema de Gestão Técnica Centralizada: gestão de energia, comando e controlo dos equipamentos, monitorização das instalações;
- Rede de Abastecimento de Água: disponibilização das reservas de água do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP), ao qual serão ligados os sistemas hidropressores e de distribuição de água para lavagens e rega;

- Segurança Contra Incêndios em Edifícios (SCIE): drenagem dos pisos de estacionamento, dimensionando a rede de recolha, armazenamento e separação de hidrocarbonetos em função dos sistemas de extinção por água.

A definição dos locais técnicos é estudada em conjunto com Arquitetura, coordenando as áreas, localizações e necessidades, com o Programa Funcional e as interligações físicas entre os diferentes locais.

9.8 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS

O projeto das Redes de Drenagem de Águas Pluviais tem por base:

- Anexo 5: Parte C8 – Programa Preliminar da Estação de Campanhã;
- MAN.015.00.25 - Manual de Processos de Redes Prediais, CMPEAE – Empresa de Águas e Energia do Município Porto, EM, de 02/05/2025, Rev. 00;
- Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, Decreto Regulamentar N.º 23/95 de 23 de agosto;
- Regulamento Geral das Edificações Urbanas;
- Nota Técnica n.º 14 – Fontes de Abastecimento de Água para o Serviço de Incêndio (SI), Despacho n.º 8902/2020, publicada pela ANEPC, setembro de 2020.
- Nota Técnica n.º 15 – Centrais de Bombagem para o Serviço de Incêndio, Despacho n.º 8905/2020, publicada pela ANEPC, setembro de 2020.

10 REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

10.1 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS A CONSIDERAR

No projeto da Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas são incluídas as seguintes instalações e equipamentos:

- Rede de drenagem águas cinzentas;
- Rede de drenagem de águas negras;
- Rede de drenagem de águas gordurosas;
- Sistemas de retenção de gorduras;
- Poços de bombagem de águas residuais;
- Ligações à rede pública.

10.2 BASES DE DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS

10.2.1 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

O critério adotado para o dimensionamento das redes de esgotos domésticos foi o dos caudais específicos dos aparelhos de utilização instalados, e do coeficiente de probabilidade de funcionamento simultâneo destes.

10.2.2 CAUDAIS DE DESCARGA

Caudais de descarga dos aparelhos e equipamentos sanitários e características geométricas de ramais de descarga e sifões a considerarem aparelhos de utilização mais corrente.

Aparelhos	Caudal de descarga (l/min)	Ramal de descarga (mm)	Sifão	Sifão
			Diâmetro mínimo (mm)	Fecho hidráulico (mm)
Bacia de retrete/ Pia Despejos	90	90	(a)	50
Bidê	30	40	30	50
Chuveiro	30	40	30	50
Lavatório	30	40	30	50
Máquina de lavar louça	60	50	40	50
Máquina de lavar roupa	60	50	40	50
Mictório de espaldar	90	75	60	50
Pia lava-louça	30	50	40	50
Tanque	60	50	30	50

(a) Sifão incorporado no próprio aparelho

10.2.3 CAUDAL DE CÁLCULO

Os caudais de cálculo das canalizações obtiveram-se através da curva de simultaneidade apresentada no Regulamento de 23/95 de agosto e da seguinte expressão:

$$Q_c = 10^{(\log Q_i + 1.658) / 1.886}$$

em que:

Q_c - caudal de cálculo efetivo em l/min

Q_i - Somatório dos caudais específicos de cada tipo de aparelho em l/min

10.2.4 DIÂMETROS

10.2.4.1 Tubos de Queda

No dimensionamento hidráulico-sanitário dos tubos de queda de águas residuais domésticas, realizado para a secção mais a jusante, deve ter-se em atenção aos caudais de cálculo e à taxa de ocupação previamente estabelecida.

O dimensionamento dos tubos de queda será efetuado com base na expressão apresentada no Anexo XVIII do regulamento e na consideração de que a taxa de ocupação não deve exceder o valor de 1/3 em sistemas com ventilação secundária, podendo descer até 1/7 em sistemas sem ventilação secundária, de acordo com a tabela do Anexo XVII do regulamento.

O diâmetro das colunas de ventilação será determinado pela expressão indicada no Anexo XXI do regulamento, que toma em consideração o diâmetro e a altura dos tubos de queda.

O diâmetro dos tubos de queda deve ser constante em toda a sua extensão, devendo a sua abertura para o exterior cumprir o estabelecido no Anexo XX do regulamento.

10.2.4.2 Ramais Prediais e de Ligação

Utilizou-se a equação de Manning - Strickler para o cálculo do diâmetro das redes enterradas, ramais horizontais e rede de ligação ao coletor, a meia secção, tal que:

$$Q_e = K_s A R^{2/3} I^{1/2}$$

em que:

Q_e - Caudal (m^3/s)

A - Área molhada (m^2)

R - Raio Hidráulico (m)

I - Inclinação (m/m)

K_s - Coeficiente de Strickler (Para Polivinilo $\Rightarrow K_s = 120$)

10.2.5 VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

Como o escoamento dos esgotos domésticos não pode admitir velocidades baixas, considerou-se que o valor mínimo era de 0,60 m/s, pois a sedimentação de materiais em suspensão que se verifica quando aquele valor não é atingido dá rapidamente lugar a situações de putrefação cujos gases podem originar corrosões nos coletores ou situações de entupimento gradual. Para verificação da velocidade utilizou-se a equação de Manning-Sttrockler, a saber:

$$U = K_s R^{2/3} I^{1/2}$$

em que:

U - Velocidade (m/s)

R - Raio Hidráulico (m)

I - Inclinação (m/m)

Ks - Coeficiente de Strickler (Para Polivinilo $\Rightarrow K_s = 120$)

10.2.6 INCLINAÇÃO DA TUBAGEM

A inclinação permitida na tubagem de esgotos residuais, e de acordo com os Regulamentos e Normas Técnicas em vigor é:

Inclinação Mínima: 1%

Inclinação Máxima: 4%

10.2.7 CONDIÇÕES DE AUTO-LIMPEZA

As redes enterradas e a rede de ligação aos coletores foram calculadas de modo a satisfazerem as condições de auto-limpeza que é verificada para valores do poder de transporte superiores a 2,5 N/m², definido pela expressão:

$$\Gamma = \gamma R i \geq 2,5 \text{ N/m}^2$$

em que:

Γ - Força tangencial de arrastamento (N/m²)

γ - Peso específico do líquido (Valor adotado $\Rightarrow 10900 \text{ N/m}^3$)

R - Raio hidráulico (m)

i - Inclinação do coletor (m/m)

10.3 CONFIGURAÇÕES PROPOSTAS PARA OS DIFERENTES SISTEMAS

Como princípios de conceção da instalação, serão de destacar:

- Colocação de tubos de queda em cada prumada das instalações sanitárias separando as águas negras e cinzentas;
- Colocação de tubos de queda individualizados para a zona das copas;
- Em geral, todas as prumadas terão ventilação secundária.
- Nas zonas onde possa haver produção elevada de gorduras (zona de restauração) será executada uma rede independente de forma que possa ser previamente conduzida às caixas de retenção de gorduras retentora de gorduras;
- Sempre que possível serão drenadas por gravidade;

Dada a preocupação acústica propõe-se o uso de tubagem com proteção acústica do tipo: Geberit Silent-PP, ou similar, em todas as prumadas que passem em ductos em áreas de trabalho.

No teto do piso -2 serão conduzidas para a caixa de ramal de ligação.

Haverá ligações à rede pública a poente e a nascente.

10.4 SISTEMAS DE BOMBAGEM E TRATAMENTO

Pretende-se minimizar a necessidade de sistemas de bombagem de águas residuais, pelo que as prumadas deverão ser ligadas por gravidade a cotas superiores às das caixas de ligação aos coletores públicos.

Exceção será feita para as águas residuais dos pisos abaixo da cota 59,60m, que se prevê tenham de ser encaminhados a poço de bombagem para a ligação ao coletor à cota 64,00m.

Caso o plano de exteriores viabilize uma ligação complementar à cota 52,60m (ponto da futura entrada por rampa para estacionamento), será possível evitar mesmo este poo de bombagem, passando-se a ter toda a rede gravítica, com as vantagens de redução de consumos de energia e de manutenção que daí advêm.

10.5 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

Conforme definido nas Bases de Cálculo, serão seguidas as exigências regulamentares e normativas, garantindo que todas as redes tenham capacidade para os caudais de cálculo.

As caixas de retenção de gorduras serão dimensionadas em função das taxas de utilização para os locais de restauração, que deverão ser fixados em fase de anteprojecto.

10.6 MEDIDAS PROPOSTAS PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA HÍDRICA

Através das medidas descritas no capítulo de Rede de Abastecimento de Águas, assegura-se a otimização dos consumos de água potável, minimizando as necessidades, sem comprometer os padrões de conforto.

Indiretamente, os caudais totais dos efluentes serão minimizados, reduzindo a carga nos coletores municipais e logo nos sistemas de tratamento de águas residuais a jusante.

10.7 INTERLIGAÇÃO COM OUTRAS ESPECIALIDADES

Nesta especialidade haverá particular interligação com as áreas de hidráulicas, sendo estes projetos desenvolvidos em estrita coordenação entre os técnicos, a saber:

- Rede de Drenagem de Águas Pluviais;
- Rede de Abastecimento de Água;
- Rede de Água para Serviço de Incêndios.

Para além disso, haverá ainda interdependências com as seguintes Instalações:

- Instalação Elétrica: alimentações de energia a poços de bombagem;
- Sistema de Gestão Técnica Centralizada: gestão de energia, comando e controlo dos equipamentos, monitorização das instalações;
- Arquitetura e Programa Funcional, de forma a definir o âmbito e pontos de recolha das águas residuais gordurosas, nos espaços comerciais que sejam reservados a restauração;

A definição dos locais técnicos é estudada em conjunto com Arquitetura, coordenando as áreas, localizações e necessidades, com o Programa Funcional e as interligações físicas entre os diferentes locais.

10.8 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS

O projeto das Redes de Drenagem de Águas Residuais Domésticas tem por base:

- Anexo 5: Parte C8 – Programa Preliminar da Estação de Campanhã;
- MAN.015.00.25 - Manual de Processos de Redes Prediais, CMPEAE – Empresa de Águas e Energia do Município Porto, EM, de 02/05/2025, Rev. 00;
- Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, Decreto Regulamentar N.º 23/95 de 23 de agosto;
- Regulamento Geral das Edificações Urbanas;
- Nota Técnica n.º 14 – Fontes de Abastecimento de Água para o Serviço de Incêndio (SI), Despacho n.º 8902/2020, publicada pela ANEPC, setembro de 2020.
- Nota Técnica n.º 15 – Centrais de Bombagem para o Serviço de Incêndio, Despacho n.º 8905/2020, publicada pela ANEPC, setembro de 2020.

11 REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS

11.1 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS A CONSIDERAR

No projeto da Rede de Abastecimento de Águas são incluídas as seguintes instalações e equipamentos:

- Ligações à rede pública;
- Rede de distribuição de água de consumo, fria e quente;
- Depósitos de reserva de água potável;
- Sistemas de pressurização e distribuição de águas dos SAAP, para lavagens e rega;
- Sistemas de tratamento de águas de consumo;
- Centrais de contagens de água;
- Hidropressores de água de consumo;
- Alimentação à Rede de Água para Serviço de Incêndios.

11.2 BASES DE DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS

11.2.1 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Os caudais de cálculo das canalizações serão determinados a partir do método de determinação do caudal de dimensionamento, indicado pela legislação vigente, o Decreto Regulamentar N.º 23/95, de 23 de agosto, consiste numa curva de transformação de caudais acumulados em caudais de dimensionamento (em l/s), sendo as equações da mesma, as seguintes:

Nível de conforto elevado:

$Q_c = 0,6015 * Q_{acum}^{0,5825}$	➡		$Q_{acum} \leq$	3,5 l/s
$Q_c = 0,5834 * Q_{acum}^{0,5872}$	➡	25 l/s	$\geq Q_{acum} <$	3,5 l/s
$Q_c = 0,3100 * Q_{acum}^{0,7750}$	➡	500 l/s	$\geq Q_{acum} <$	25 l/s

em que:

Q_c - caudal de cálculo efectivo em l/s

Q_{acum} - Somatório dos caudais específicos de cada tipo de aparelho em l/s

Considerou-se o nível de conforto elevado em toda a tubagem após os contadores.

11.2.2 VELOCIDADE

O outro parâmetro fundamental e anteriormente referido é a velocidade, que para manter os índices de conforto sonoro deve variar entre 0,5 e 2,0 m/s.

11.2.3 CAUDAIS INSTANTÂNEOS

Indicam-se, a seguir os gastos mínimos dos aparelhos sanitários correntes e outros; assim como os diâmetros de alimentação individual:

EQUIPAMENTO	Q_i (l/s)
Lavatório	0,10
Bidé	0,10
Banheira / Chuveiro	0,25
Lava-loiça	0,20
Máquina de Lava-loiça	0,15
Máquina de Lavar roupa	0,20
Esquentador	0,50
Torneira de lavagem	0,30
Urinol - Fluxómetro	0,50

Para os equipamentos da cozinha e bar foi considerado um caudal em conformidade com o diâmetro requerido nos desenhos técnicos do respetivo projeto.

11.2.4 FÓRMULAS DE CÁLCULO

Para determinação dos diâmetros da tubagem e perdas de carga na mesma, serão utilizadas as fórmulas:

GERAL DA Hidráulica

$$Q = US$$

De SCIMENI

Para tubagem Tricomposta:

$$Q = 36,4 J^{0.55} D^{2.59}$$

em que :

Q - Caudal (m³/s)

U - Velocidade de escoamento (m/s)

S - Área de escoamento (m²)

D - Diâmetro do tubo (m)

J - Perdas de carga localizada (m/m)

11.3 CONFIGURAÇÕES PROPOSTAS PARA OS DIFERENTES SISTEMAS

Como princípios de conceção das Redes de Abastecimento de Águas, destacamos:

Complexo com alimentação de água existente, no edifício poente, a manter;

Nova alimentação de água para a zona Nascente;

Aproveitamento de águas pluviais para lavagens e rega do lado nascente.

Contadores totalizadores nas ligações aos ramais de abastecimento de águas, a nascente e a poente;

Central de contagem para os locais comerciais e polícia, do lado poente;

Centrais de contagem para Escritórios e para Locais comerciais e Operadores Ferroviários, do lado nascente;

Contadores de água independentes para os escritórios IP e Estação;

Reservatórios de água para consumo na área nascente, associado a grupo hidropressor para todos os usos de águas de consumo; a necessidade de depósito de água de consumo terá de ser validada

junto da AdP, uma vez que se trata de uma recomendação e não de uma obrigatoriedade e depender das condições de garantia de pressão e continuidade de serviço que estão definidos neste ponto para a rede pública;

Reservatório de água para Serviço de Incêndios, independente.

11.4 SISTEMAS DE BOMBAGEM, AQUECIMENTO E TRATAMENTO

Para a Estação Poente, a cota máxima de pontos de consumo será 86,00m, pelo que se a rede assegurar uma pressão de 3,5kgf/cm², não haverá necessidade de pressurização. Situação a confirmar junto da AdP.

Do lado nascente, será sempre necessária a instalação de sistema de pressurização no caso de ser necessária a instalação da reserva de água potável. Caso não o seja, ainda assim é de prever que seja necessário instalar grupo hidropressor, uma vez que teremos uma diferença de cotas de 22m entre o ponto de entrada de ramal (à cota 64,00m) e a cobertura, além de que se tratam de sub-redes extensas com as perdas de carga em linha, não sendo expectável que a AdP assegure uma pressão superior a 4,0kg/cm², que seria o mínimo necessário.

Associado ao reservatório de água potável será instalado sistema de tratamento e de controlo da qualidade da água.

O aquecimento de água para a estação será realizado na Central Térmica (ver capítulo de AVAC). Para os consumidores autónomos, a energia térmica da rede de distribuição deverá garantir o aquecimento local (ou pelo, menos o pré-aquecimento) das AQS.

11.5 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

Conforme definido nas Bases de Cálculo, serão seguidas as exigências regulamentares e normativas, garantindo que todas as redes tenham capacidade para os caudais de cálculo.

A capacidade do reservatório de água potável será determinada para um consumo um período mínimo de 24 horas.

O reservatório de incêndios é dimensionado em conformidade com o RJ-SCIE, em função das redes de extinção automática, de 1ª e de 2ª intervenção previstas no projeto de SCIE.

11.6 MEDIDAS PROPOSTAS PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA HÍDRICA

Tal como indicado no capítulo referente à Rede de Drenagem de Águas Pluviais, está previsto Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP), para possibilitar a reutilização de águas pluviais para lavagens e rega, diminuindo assim os caudais nos coletores municipais e reduzindo o consumo de água potável.

Por outro lado, serão usadas torneiras com limitação de caudal, assegurando os consumos minimizados em lavatórios, duchas e lava-loiças.

Todas as máquinas de lavagem serão selecionadas seguindo os padrões de eficiência hídrica, com mínimos consumos de água por ciclo.

Os sistemas de distribuição de Água Quente Sanitária serão providos de rede de recirculação, de forma que a temperatura desejada no ponto de utilização esteja disponível praticamente no momento do uso, assegurando que não haverá desperdícios até que seja atingida a temperatura desejada.

Os autoclismos serão todos de dupla descarga, 3/6l, permitindo que na generalidade dos usos, o consumo seja mínimo.

Nas Instalações de AVAC não serão usados sistemas de torre de arrefecimento, pelo que não haverá desperdícios de água por evaporação nas mesmas.

11.7 INTERLIGAÇÃO COM OUTRAS ESPECIALIDADES

Nesta especialidade haverá particular interligação com as áreas de hidráulicas, sendo estes projetos desenvolvidos em estrita coordenação entre os técnicos, a saber:

- Rede de Drenagem de Águas Pluviais;
- Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas;
- Rede de Água para Serviço de Incêndios.

Para além disso, haverá ainda interdependências com as seguintes Instalações:

- Instalação Elétrica: alimentações de energia a grupos hidropressores;
- Sistema de Gestão Técnica Centralizada: gestão de energia, comando e controlo dos equipamentos, monitorização das instalações;
- Rede de Drenagem de Águas Pluviais: pressurização e distribuição de água para lavagens e rega a partir das reservas de água do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP);
- Instalações de AVAC: alimentação de água para enchimento dos circuitos fechados e para lavagem nas áreas técnicas.

A definição dos locais técnicos é estudada em conjunto com Arquitetura, coordenando as áreas, localizações e necessidades, com o Programa Funcional e as interligações físicas entre os diferentes locais.

11.8 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS

O projeto da Rede Abastecimento de Águas tem por base:

- Anexo 5: Parte C8 – Programa Preliminar da Estação de Campanhã;

- MAN.015.00.25 - Manual de Processos de Redes Prediais, CMPEAE – Empresa de Águas e Energia do Município Porto, EM, de 02/05/2025, Rev. 00;
- Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, Decreto Regulamentar N.º 23/95 de 23 de agosto;
- Regulamento Geral das Edificações Urbanas;
- Nota Técnica n.º 14 – Fontes de Abastecimento de Água para o Serviço de Incêndio (SI), Despacho n.º 8902/2020, publicada pela ANEPC, setembro de 2020.
- Nota Técnica n.º 15 – Centrais de Bombagem para o Serviço de Incêndio, Despacho n.º 8905/2020, publicada pela ANEPC, setembro de 2020.

12 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

12.1 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS A CONSIDERAR

No projeto de Instalações elétricas são incluídas as seguintes instalações e equipamentos:

- Alimentação de energia elétrica à estação e ligações às redes do ORD (Operador da Rede de Distribuição);
- Postos de Seccionamento e Transformação de Distribuidor;
- Postos de Transformação Cliente;
- Centrais de Energia Elétrica de Socorro e de Segurança;
- Quadros de Colunas e contagens para Clientes em Baixa Tensão;
- Redes de Distribuição de energia;
- Quadros elétricos;
- Calhas e Caminhos de Cabos;
- Caleiras e Rede de Tubagens para encaminhamentos de canalizações elétricas;
- Iluminação Normal;
- Iluminação de Segurança;
- Rede de Terras e Equipotencialidades;
- Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Sobretensões;
- Tomadas e Alimentações;
- Produção de Energia Elétrica com Fontes Renováveis (Solar Fotovoltaico), sob a forma de UPAC (Unidade de Produção para Autoconsumo).

12.2 BASES DE DIMENSIONAMENTO

12.2.1 CABOS E PROTEÇÕES

12.2.2 CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO

Caraterísticas consideradas para a da rede de MT:

Tensão nominal ----- 15 kV

Frequência nominal -----50 Hz

Potência de curto-circuito no ponto de entrega para um defeito trifásico simétrico $S_{CC} = 650$ MVA

Impedâncias

Impedância da rede a montante (Z_m)

Considerando as características da rede de MT, a impedância do lado da baixa tensão ($U_{NBT} = 0,4 \text{ kV}$) é dada por:

$$Z_m = \frac{U_N^2}{S_{CC}} = 0,64 \text{ m}\Omega$$

Por aproximação considera-se $X_m = Z_m$.

Impedância do Transformador (Z_T)

Considerando a potência do transformador ($S_{Transf.}$) é 630 kVA e a tensão de curto-circuito (U_{CC}) é 4%, a impedância do lado da baixa tensão é dada por:

$$Z_T = \frac{U_N}{S_{Transf.}} \frac{U_{CC}(\%)}{100} = 10,16 \text{ m}\Omega$$

Considerando que as perdas em carga do transformador (P_{CC}) são $5,4 \text{ kW}$ e que a corrente nominal (I_N) no secundário do transformador é 909 A , a parte resistiva e indutiva da impedância do transformador vem dada por:

$$R_T = \frac{P_{CC}}{3 I_N^2} = 2,18 \text{ m}\Omega$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 9,92 \text{ m}\Omega$$

Impedância dos Cabos/Condutores (Z_C)

A impedância dos cabos da instalação é dada por:

$$Z_C = \sqrt{R_C^2 + X_C^2}$$

$$R_C = r \times L$$

$$X_C = x \times L$$

Sendo L o comprimento do cabo e tomando para r e x os valores de catálogo (Ω/Km) para cada tipo de cabo.

Valor da corrente de curto-circuito num ponto da instalação:

A corrente de curto-circuito trifásico num determinado ponto da instalação, é dada por:

$$I_{CC} = \frac{U_N}{\sqrt{3} Z_{CC}}$$

Em que a impedância de curto-circuito (Z_{CC}) é obtida somando as impedâncias dos vários elementos da rede até ao ponto de defeito.

12.2.3 QUEDAS DE TENSÃO

A queda de tensão em cada troço da instalação de comprimento L pode ser calculada pela expressão:

$$\Delta U(V) = \beta I_S L (r \cos \varphi + x \sin \varphi)$$

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U(V)}{U_0} 100$$

Sendo:

- β um coeficiente igual a 1 para circuitos trifásicos e a 2 para circuitos monofásicos;
- I_S é a corrente de serviço expressa em Amperes;
- L o comprimento do cabo e r e x os valores de catálogo (Ω/Km) para cada tipo de cabo;
- $\cos \varphi$ é o fator de potência;
- U_0 é a tensão fase neutro, 230V;

De salientar que a expressão anterior tem em conta que a queda de tensão, no caso das entradas trifásicas, deve ser estimada fase a fase, como se de uma entrada monofásica se tratasse, considerando que apenas a fase em análise está em serviço.

Em cada ponto da instalação, a Queda de Tensão total é calculada pelo somatório das quedas de tensão dos troços a montante.

De acordo com o regulamento, será garantido que as quedas de tensão máximas nas alimentações finais de utilização não excedem os 3% para Iluminação e 5% para outros usos.

12.3 DISCRIMINAÇÃO E JUSTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ENERGIA ELÉTRICA

Para garantir o fornecimento de energia elétrica aos diferentes sistemas e instalações, prevê-se recorrer em exclusivo à energia elétrica.

Toda a alimentação de energia, em situação normal de funcionamento será assegurada através das ligações à rede do ORD.

As fontes de energia locais, que serão geradores diesel e Unidades de Alimentação Ininterrupta (UPS), serão usados apenas como backup, e funcionam em caso de falha da rede pública.

O sistema de produção de energia com fontes renováveis (UPAC Fotovoltaica), será de funcionamento on-grid, ou seja, em simultâneo com a rede e sincronizada com a mesma.

12.3.1 DESCRIÇÃO GERAL DA INSTALAÇÃO

No Diagrama de Distribuição de Energia Elétrica estão definidos os pontos de ligação à rede pública, os pontos de distribuição e a interligação entre eles.

Genericamente teremos:

12.3.1.1 **Novo Corpo da Estação Poente**

Esta área terá fortes interligações com a estação existente, tendo sido disponibilizada a informação de que estarão disponíveis 400kVA de energia Normal e 100kVA de energia de socorrida.

Como tal, os quadros elétricos deste corpo da estação serão alimentados da estação atual.

Para além disso, teremos locais comerciais e esquadra de polícia, que serão alimentações autónomas em Baixa Tensão (BT), Tipo C, alimentada a partir de quadro de colunas e contagens a criar do lado Poente.

12.3.1.2 **Parque de Estacionamento Público (Nascente)**

Pretendendo-se uma autonomia de funcionamento e gestão, o parque será alimentado de um Posto de Transformação Cliente próprio e assistido por grupo gerador de segurança também próprio. As cargas do parque serão fundamentalmente a iluminação e a ventilação e desenfumagem do estacionamento.

12.3.1.3 **Estação Nascente**

O novo corpo de estação a criar do lado Nascente, será o cerne do sistema de alimentação de energia da Estação Campanhã LAV. Será dotada de Posto de Transformação Cliente, com um mínimo de 2 transformadores e será interligada com a UPAC. Desta forma, será possível assegurar que uma parte relevante da energia consumida será de origem renovável local, atenuando significativamente os custos e impacto ambiental da nova estação.

Será uma instalação de Tipo B.

De destacar que a Central Térmica de Produção de Frio e Calor para todas as áreas será alimentado do PT-C da nova estação, beneficiando igualmente da energia renovável local.

Associado ao PT-C teremos uma Central de Produção de Energia de Emergência, com dois geradores, que garantirá, não só a alimentação às redes de segurança, mas permitirá também assegurar energia socorrida à generalidade das instalações, tal como exigido no Programa.

Desta forma, mesmo em caso de falha de energia, será possível manter a estação e os seus serviços em funcionamento, com um mínimo de perturbação para operadores e utentes.

12.3.1.4 Espaços Comerciais, Operadores Ferroviários e outros

Todos estes espaços receberão alimentações próprias de energia elétrica em BT, a partir de quadros de colunas e contagens já previstos.

De salientar que a energia para climatização será disponibilizada sob a forma de água quente/ fria a partir da Central Térmica, pelo que estes locais também beneficiarão indiretamente da energia renovável da UPAC.

12.3.1.5 Escritórios IP

Esta instalação terá um ramal BT dedicado, do tipo BTE, com potência acima dos 50kVA, que alimentará um quadro de entrada e todos os quadros parciais da IP.

Internamente será prevista UPS para todas as cargas críticas (nomeadamente de comunicações e informática). Quadros parciais garantem a setorização da rede e minimização das canalizações.

12.3.1.6 Núcleo de Escritórios

Com um conjunto de escritórios que se pretendem independentes, será uma instalação coletiva, do tipo C, com um quadro de colunas próprio, quadro de serviços comuns e contadores para cada fração.

12.4 INTERLIGAÇÃO COM OUTRAS ESPECIALIDADES

A instalação elétrica a desenvolver terá de garantir as alimentações elétricas necessárias a todas as instalações e equipamentos, pelo que será dimensionada e configurada de forma a assegurar as alimentações, nomeadamente, a:

- Centrais Térmicas e Subestações de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado;
- Bombas de Águas de Consumo, Rega e de Serviço de Incêndios;
- Poços de bombagem de Águas Residuais e Pluviais;
- Elevadores e Escadas Mecânicas;
- Equipamentos de Tratamento de Ar, Ventilação e Climatização dos vários locais e zonas;
- Iluminação;
- Redes de Comunicações e de Dados;
- Sistemas de Sinalização Ferroviária;
- Sistema de Gestão Técnica Centralizada: gestão de energia, comando e controlo dos equipamentos, monitorização das instalações;

A definição dos locais técnicos afetos às Instalações Elétricas é estudada em conjunto com Arquitetura, coordenando as áreas, localizações e necessidades, com o Programa Funcional e as interligações físicas entre os diferentes locais.

12.5 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS

O projeto de Instalações Elétricas da Estação tem por base:

- Anexo 5: Parte C8 – Programa Preliminar da Estação de Campanhã;
- Regras Técnicas de Instalações Elétricas de baixa tensão, Portaria n.º 949A/2006 (RTIEBT).
- Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios, Lei n.º 123/2019, de 18 de outubro;
- Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios, Portaria n.º 135/2020, de 2 de junho;
- Norma Europeia de Iluminação Interior: Iluminação de Espaços de trabalho, EN 12464-1: 2021;
- Nota Técnica n.º 23 - Iluminação de Emergência, publicada pela ANEPC, abril de 2021.
- Nota Técnica n.º 29 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas, Para-raios, publicada pela ANEPC, outubro 2022.
- Norma Europeia Aplicações de iluminação – Iluminação de Emergência, EN1838:2013 julho de 2013.
- Regras de gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (REEE) (D.L. 230/2004).
- Manual ITED 4ª Edição – Prescrição e especificações técnicas das infraestruturas de telecomunicações em edifícios, ANACOM, 2019;
- Manual de Ligações à Rede Elétrica de Serviço Público, Guia técnico de boas práticas, E-Redes, 11ª Edição, dezembro 2025;

12.5.1 PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM FONTES RENOVÁVEIS

- Regulamento (UE) 2016/631, da Comissão, de 14 de abril
- Decreto-Lei n.º 162/2019, de 25 de outubro
- Despacho 46/2019, da DGEG, de 30 de dezembro
- Portaria n.º 16/2020, de 23 de janeiro
- Despacho 4/2020, da DGEG, de 3 de fevereiro
- Portaria n.º 73/2020, de 16 de março
- Despacho n.º 6453/2020, de 19 de junho
- Regulamento n.º 8/2021, da ERSE, de 7 de abril

12.6 PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

- Análise de Risco de Descargas Atmosféricas, Guia de Avaliação do Risco, Método Simplificado, versão de 2023-05-15, do IEP;
- Guia Prático da Norma NP EN 62305: Proteção Contra Descargas Atmosféricas, Parte 1: Princípios Gerais, elaborada pela CT81, publicada pelo IEP;
- Guia Prático da Norma NP EN 62305: Proteção Contra Descargas Atmosféricas, Parte 2: Avaliação de Risco, elaborada pela CT81, publicada pelo IEP;
- Guia Prático da Norma NP EN 62305: Proteção Contra Descargas Atmosféricas, Parte 3: Danos Físicos a Estruturas e Riscos Humanos, elaborada pela CT81, publicada pelo IEP;
- Guia Prático da Norma NP EN 62305: Proteção Contra Descargas Atmosféricas, Parte 4: Sistemas Elétricos e Eletrónicos em Estruturas, elaborada pela CT81, publicada pelo IEP;
- GR.IT.ENT.007_v00_SubestacoesPostosAutotransformadoresLinhasDeAltaVelocidade;
- Anexo 5 ao CE - Parte C7 Infraestruturas base S&T;
- Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) – Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto;

13 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS

13.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO

A Estação Ferroviária de Campanhã constitui um nó ferroviário de elevada relevância na rede nacional, integrando as principais linhas que servem a Área Metropolitana do Porto. A estação é atravessada pela Linha do Norte, assegurando a ligação ao eixo Lisboa–Porto–Braga/Valença, e estabelece interfaces funcionais com a Linha do Douro e a Linha de Leixões, desempenhando um papel estratégico na interoperabilidade ferroviária.

Do ponto de vista funcional, atualmente Campanhã recebe e distribui serviços de longa distância (Alfa Pendular e Intercidades), serviços regionais e inter-regionais, bem como serviços urbanos do Porto, concentrando elevados volumes de tráfego ferroviário de passageiros. A estação assume, assim, um papel essencial na separação e gestão de fluxos de exploração ferroviária com diferentes regimes de velocidade, frequência e paragem.

Aos serviços atualmente oferecidos irão surgir novas linhas para a Alta Velocidade. Irá ser integrado na estação existente

Um novo edifício de acesso à estação localizado no Vale de Campanhã, com vários pisos enterrados destinados a estacionamento, conectado com a infraestrutura existente através de um edifício ponte que irá dar acesso a todos os cais, fazendo assim distribuição dos fluxos de passageiros pelas plataformas.

No que diz respeito à componente ferroviária, serão intervencionadas duas plataformas para alta velocidade, uma existente e uma nova a criar, que terá uma operação independente com acessos controlados. Estas plataformas são locais exteriores, ao ar livre e fisicamente separadas dos edifícios envolventes.

Estes novos cais desenvolvem-se num novo conceito e tipologia de transporte em Portugal, por meio ferroviário de alta velocidade. Tal meio de transporte pressupõe a aquisição de título válido para que o acesso ao cais de embarque seja permitido.

13.2 ENQUADRAMENTO (UT & CATEGORIA DE RISCO)

As utilizações-tipo dos edifícios e recintos em matéria de risco de incêndio podem ser da 1ª, 2ª, 3ª e 4ª categorias e são consideradas respetivamente de risco reduzido, risco moderado, risco elevado e risco muito elevado.

Espaço	UT	Categoria de risco	Justificação
Estacionamentos	II	3ª	- Área bruta $\leq 32\,000\text{ m}^2$
Administrativos	III	2ª	- Efetivo ≤ 1000 pessoas (no limite, aferir na próxima fase)
Gares de Transporte	VIII	4ª	- Efetivo $> 5\,000$ pessoas.

13.3 COMPARTIMENTAÇÃO CORTA-FOGO

As utilizações-tipo têm de ser compartimentadas de acordo com as áreas máximas que constam do quadro seguinte, independentemente de pudermos ter mais do que um compartimento corta-fogo por piso, devendo a estes aplicar-se o mesmo critério.

Utilização-tipo	Área máxima de compartimentação corta-fogo por piso
II «Estacionamentos»	3 200 m ² (abaixo do plano de referência)
	6 400 m ² (acima ou no plano de referência)
III «Administrativos»	1600 m ²
VIII «Comerciais e gares de transporte» ^{a)}	1600 m ²

- a) Nas plataformas/cais de embarque de transportes ferroviários, segundo o RT-SCIE não existem limites de área

O limite passa a 3 200m², para espaços amplos, cobertos e fechados, em gares, desde que não contenham salas de espera nem plataformas ou salas de embarque, mas podendo conter espaços comerciais e de restauração e bebidas cuja área total não exceda 400m².

O limite passa para 16 000m², para espaços em gares nas condições do parágrafo anterior, desde que disponham de corredores de circulação nas condições descritas no presente regulamento, podendo conter espaços comerciais e de restauração e bebidas com qualquer área, desde que estes se situem a mais de 6m abaixo do nível de saída.

Os espaços em gares ou terminais destinados à atividade comercial, classificáveis na 2ª categoria de risco ou superior, não podem ter comunicação direta com plataformas de embarque ou salas de embarque, devem para tal estar isolados com os critérios do regulamento aplicável.

13.4 CÁLCULO EFETIVO

13.4.1 CONFORMIDADE COM RT-SCIE:

Tratando-se esta estação de uma infraestrutura de um novo conceito de meio de transporte que pressupõe a aquisição de título válido para que o acesso ao cais de embarque seja permitido, entendemos que as caracterizações enunciadas no regulamento de SCIE não contemplam nem consideram este tipo de espaço para a referida utilização tipo - “Cais Ferroviário com Acessos Controlados”. Como tal constata-se uma omissão nos requisitos de cálculos de efetivos e outras características no RT-SCIE.

Detalha-se e reforça-se a referida interpretação de acordo com os pontos a seguir elencados, os cais ferroviários de passageiros em causa não podem ser acedidos livremente a respetiva validação e permissão de passagem ao nível do acesso da estação— isto é, só é permitida a passagem pelos dispositivos de validação e controlo os passageiros com bilhete de comboio de alta velocidade, impondo uma limitação significativa de afluência a estes cais e incrementado a segurança geral do edifício já que se inibe o acesso as pessoas não autorizados

O processamento de embarque é baseado em lugares marcados e previamente reservados pelo que não é permitido um embarque “em lote livre” sem bilhete, sem lugar definido/marcado até à

capacidade física completa dos veículos como nos sistemas tradicionais – P.ex.: estações e veículos de metro, comboios urbanos, etc.

A definição genérica existente no RT-SCIE, não atende à especificidade própria da estação típica de meios ferroviários de Alta Velocidade, com cais bastante amplos de forma a garantir elevados níveis de conforto.

O conceito previsto do RT-SCIE não atende à especificidade do meio /sistema de transporte que se vigora implementar ao nível de cadência e horários. Trata-se de (i) sistema de horário fixo; (ii) de “baixa frequência, podendo até mesmo a composição ser de metade do comprimento total do cais, dependendo da procura do serviço;

Em resumo, o nível de afluência aos cais é controlado por meio da respetiva validação de ingresso, oposto a sistemas do tipo “turn-up-and-go”, com operação baseada em headway, de fluxo contínuo de passageiros em cais exíguos que servem simultaneamente vários veículos e diferentes sentidos/direções de viagem.

De acordo com o ponto 8 do artigo 51.º da Portaria n.º 135/2020, nos locais de cada utilização-tipo não abrangidos pelos índices constantes no RT-SCIE, como é o presente caso, o efetivo a considerar deve ser devidamente fundamentado pelo autor do projeto.

8 — Nos locais de cada utilização-tipo não abrangidos pelos n.ºs 2, 3 e 4 do presente artigo, o efetivo a considerar deve ser devidamente fundamentado pelo autor do projecto.

Pelo descrito anteriormente e tendo presente a preocupação veemente das normas de segurança internacionalmente aplicáveis no histórico deste meio de transporte, implementou-se o cálculo do efetivo com base na NFPA 130, aplicando os dados de procura fornecidos em caderno de encargos pela IP, uma vez que, conforme já mencionado, verifica-se a ausência de um índice aplicável ao **“Cais Ferroviário com Acessos Controlados” no RT-SCIE português.**

13.4.1.1 CAIS X e XI:

1. NFPA: 2x lotação máxima dos comboios AV em cada cais: $800 \times 2 \times 2 = 3200$

2. Ponderação Dados Procura:

- previsão de 2 comboios AV cheios: $800 \times 2 = 1600$
- dados de procura para os dois sentidos multiplicados por fator de acumulação de 2 (atendendo a atrasos, avarias e interrupções) = $(600+150) \times 2 = 1500$
- **efetivo total a considerar: 3100**

Optámos pelo critério mais gravoso: NFPA

13.4.1.2 CAIS VIII e IX:

1. NFPA:

- 2x lotação comboio AV: $800 \times 2 = 1600$
- 2x lotação comboio Intercidades: $506 \times 2 = 1012$
- efetivo: 2612

2. Ponderação Dados Procura:

- previsão de 1 comboios AV cheio + 1 Intercidades cheio: $800+506 = 1306$
- dados de procura para o sentido mais gravoso multiplicado por fator de acumulação de 2 (atendendo a atrasos, avarias e interrupções) = $(600+405) \times 2 = 2010$
- **efetivo total a considerar: 3316**

Optámos pelo critério mais gravoso: Ponderação de Dados de Procura

Este efetivo é todo ele evacuado pelos topos das plataformas, por rampas e passagens ao nível da via para o exterior da Estação e ainda pela PIP existente.

13.4.1.3 Edifícios

Considerou-se para cálculo de efetivos os índices regulamentares de acordo com utilizações-tipo dos espaços - nomeadamente: 0,2 pessoas/m² para escritórios e 0,5 pessoas/m² ou 0,6 pessoas/m² para comércio (varia de acordo com a área do espaço).

Como a evacuação do Terminal de Entre-Douro e Minho atravessa construção nova, assumiu-se que se acrescenta à nova fachada as UP da fachada existente.

13.5 MÉTODO DE EVACUAÇÃO

13.5.1 CAIS

Relativamente às condições de evacuação, é nosso entendimento que a NT n.º 1 da ANEPC, aquando da definição da UT VIII exclui as plataformas de embarque ao ar livre apenas quando estas se configuram como o espaço de transição direta entre a via pública e o meio de transporte:

“Edifícios [...] ocupados por [...] gares destinadas a aceder a meios de transporte [...], incluindo as gares intermodais, constituindo espaço de interligação entre a via pública e esses meios de transporte, com exceção das plataformas de embarque ao ar livre.”

Admitindo que a redação da Nota suscita dúvidas de interpretação parece-nos que a interpretação mais plausível será a de que a exclusão diz respeito à condição imediatamente anterior (das gares intermodais entre via pública e meio de transporte) e não à condição geral de gares de transporte.

Esta interpretação é reforçada pelos seguintes critérios:

- Deve ser garantida a possibilidade de as pessoas alcançarem a via pública em condições de segurança. Sem caminho de evacuação isso só será satisfatoriamente garantido na condição acima referida: quando a plataforma contacte diretamente com essa via pública (como é usual nas estações de metro ao ar livre)
- na Estação de Campanhã, as plataformas não reúnem estas condições de ligação direta à via pública, o que impede a garantia de uma evacuação satisfatória sem medidas adicionais, pelos seguintes motivos:
 - Desnível acentuado entre o cais e as linhas férreas, pelo que enquanto projetistas defendemos que deve ser realizado o rebaixamento das plataformas nas extremidades para garantir esta evacuação em segurança.
 - Inexistência de percurso seguro na via: A evacuação pela linha férrea não é viável, uma vez que esta apresenta obstáculos físicos relevantes e não constitui, por si só, um percurso seguro para os ocupantes.

- Risco de bloqueio: Existe o risco crítico de confinamento no cais caso existam composições duplas paradas em ambos os lados da plataforma, bloqueando qualquer tentativa de saída lateral. O Caderno de Encargos solicita 405 m para paragem de comboios de 400m de comprimento, pelo que, no nosso entendimento, não está excluída a possibilidade desse bloqueio simultâneo.

Esta estratégia de evacuação articula-se com a geometria dos cais, não exigindo alterações à implantação de elementos. O encaminhamento seguro dos ocupantes para a via pública é garantido através da criação dos rebaixamentos identificados nas peças desenhadas.

Como se trata de cais ao ar livre, o RT-SCIE permite considerar como rácio de evacuação 1 UP/300 pessoas ou fração.

Assim sendo, optou-se por efetuar um rebaixamento nas extremidades do cais, preenchendo os vazios entre carris com painéis modulares incombustíveis (tipo sistema de passagem de nível em borracha ou lajetas de betão), de forma a permitir o atravessamento das pessoas em caso de incêndio entre cais, até alcançarem a via pública.

Como tal, dividimos o efetivo com base na largura do cais, e para além disso considerou-se ainda a evacuação de 210 pessoas/cais pela PIP e depois através de escadas fixas ou rampa até à via pública.

As zonas de rebaixamento dos cais estão devidamente identificadas em desenho, com a largura necessária. Assinalou-se ainda à cor vermelha uma linha que corresponde ao comprimento máximo de paragem de veículos (405 m), para termos como referência para proceder à implantação dos rebaixamentos após esse limite.

Assim sendo, o Edifício-Ponte e as escadas de evacuação em cada uma das suas extremidades, servem para evacuar exclusivamente os comércios e espaços administrativos sitos no mesmo.

Os acessos existentes e a criar terão como base a mesma infraestrutura das restantes plataformas da estação, servindo os mesmos para uso comercial/exploração da linha férrea (após validação do título autorizado) e para fuga da mesma em caso de uma emergência ferroviária.

Nota: Em cumprimento do RT-SCIE em vigor, não é admissível garantir a evacuação por meio de elevadores.

13.5.2 ESTACIONAMENTO

No estacionamento serão implementadas compartimentações CF de forma a não ultrapassar a área máxima de compartimentação, nem a distância máxima a percorrer, conforme as obrigações do RT-SCIE.1.5.3

13.5.3 ESCRITÓRIOS/COMÉRCIO

Nos escritórios foi considerado um efetivo de 0,20 pessoas/m², resultando no efetivo apresentado nas peças desenhadas anexas. No comércio, considerou-se 0,20 pessoas/m² para as lojas sitas mais de 1 piso acima do PR e 0,50 pessoas/m² para as lojas no PR, com área inferior a 300 m².

Contudo, e após distribuir este efetivo total pelas vias verticais de evacuação existentes, garantimos o cumprimento da largura das mesmas de acordo com a regra de 1 UP/70 pessoas. O efetivo considerado em cada saída também está assinalado no desenho.

13.6 ASCENSORES

Verifica-se a obrigatoriedade legal em definir um ascensor como prioritário para uso dos bombeiros, no edifício novo da estação, derivado a possuírem mais de 2 pisos abaixo do plano de referência.

Estes devem servir todos os pisos do edifício e cada compartimento corta-fogo neles estabelecidos por via da compartimentação geral.

De acordo com o artigo 103.º da Portaria n.º 135/2020, os ascensores, que servem os pisos, serão equipados com um dispositivo de chamada em caso de incêndio, acionável por operação de uma fechadura localizada junto das portas de patamar do piso do plano de referência, mediante uso de chave especial, e automaticamente, a partir de sinal proveniente do quadro de sinalização e comando do sistema de alarme de incêndio.

A chave referida anteriormente, estará localizada junto à porta de patamar do elevador no plano de referência, alojada em caixa protegida contra o uso abusivo e sinalizada com a frase «chave de manobra de emergência do elevador», devendo existir uma cópia no Posto de Segurança.

Junto dos acessos aos ascensores, ao nível de todos os pisos, deve ser afixado o sinal com a inscrição «Não utilizar o ascensor em caso de incêndio» ou com pictograma equivalente.

O efeito do acionamento do dispositivo deve espoletar:

- O envio das cabinas para o piso do plano de referência, onde devem ficar estacionadas com as portas abertas;
- Anular todas as ordens de envio ou de chamada eventualmente registadas;
- Neutralizar os botões de chamada dos patamares, os botões de envio e de paragem das cabinas e os dispositivos de comando de abertura das portas.

Se, no momento do acionamento do dispositivo, qualquer das cabinas se encontrar em marcha, afastando-se do piso do plano de referência, deve parar, sem abertura das portas e, em seguida, ser enviada para o piso referido.

Se, no momento do acionamento do dispositivo, um ascensor estiver em serviço de inspeção ou de manobra de socorro, deve soar na cabina um sinal de aviso.

Por fim, se, no momento do acionamento do dispositivo, um ascensor estiver eventualmente bloqueado pela atuação de um dispositivo de segurança, deve manter-se imobilizado.

Para além dos requisitos supracitados, deverá ser tido em conta o seguinte:

- Possuir acesso protegido por câmara corta-fogo em todos os pisos, com exceção dos átrios de acesso direto ao exterior e sem ligação a outros espaços interiores distintos de caixas de escadas protegidas;

- Ter capacidade de carga nominal não inferior a 1 600 kg;
- Ter dimensões mínimas de 1,3 m x 2,4 m;
- Ter portas de patamar e de cabina, deslizantes de funcionamento automático, com largura não inferior a 1,3 m;
- Ser dotado de um sistema de intercomunicação entre a cabina, o piso do plano de referência e o posto de segurança e,
- Ser apoiado por uma fonte de energia de emergência.

A caixa de cada ascensor deve ser independente, possuindo as condições de isolamento e proteção definidas no RT-SCIE aplicável.

No patamar de acesso ao ascensor localizado no plano de referência deve ser afixado o sinal com a inscrição «Ascensor prioritário de bombeiros» ou pictograma equivalente.

- O poço de cada ascensor deve ser equipado com meios apropriados para impedir o aumento do nível da água acima do nível dos amortecedores da cabina completamente comprimidos, podendo ser adotado um sistema de drenagem conforme previsto no regulamento aplicável.

13.7 MEIOS DE INTERVENÇÃO

No quadro seguinte apresenta-se uma síntese dos meios de intervenção a instalar nas utilizações-tipo em estudo.

UT	Categoria de risco	1ª Intervenção		2ª Intervenção		Sprinklers	Observações
		Extintores	Carretéis	Coluna seca	Coluna húmida		
II	3ª	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	+Baldes de areia
III	2ª	Sim	Sim	Não	Não	Não	-
VIII	4ª	Sim*	Sim, exceto nas plataformas*	Sim*	Não*	Sim* (nos átrios)	-

*Em plataformas de embarque servidas por meios de transporte ferroviário com tração elétrica é interdita a existência de sistemas de cortina de água, bem como de meios de primeira intervenção, manuais ou automáticos, que utilizem a água como agente extintor. Portanto, nestes locais, a primeira intervenção será assegurada por coluna seca e extintores de pó químico.

13.8 SISTEMAS DE CONTROLO DE FUMO

De uma forma geral, os edifícios devem ser dotados de meios que promovam a libertação para o exterior do fumo e dos gases tóxicos ou corrosivos, reduzindo a contaminação e a temperatura dos espaços e mantendo condições de visibilidade, nomeadamente, nas vias de evacuação.

Na estação em estudo, todas as vias classificadas como vias de evacuação devem ser dotadas de sistemas de controlo de fumo, que assegurem a segurança dos passageiros até ao exterior aquando de uma possível evacuação. Estando perante vários locais com desenfumagem obrigatória e, tendo em conta as exigências regulamentares, será preconizado uma fonte central de emergência para toda a estação que assegure o bom funcionamento dos equipamentos vitais de SCI em caso de incêndio.

- Locais a ser dotados de sistema de controlo de fumo:
 - Vias verticais de evacuação enclausuradas
 - Todas as câmaras corta-fogo implementadas
 - Estacionamento
 - Vias horizontais de evacuação