

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO										
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES				
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D
<b>TOMO III - VOLUME 1 - OE1 : TÍMPANO/ TÉRMINO S. SEBASTIÃO</b>										
<b>01 - ESTRUTURAS</b>										
1. Projeto de estruturas										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE STR TUN OE1 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE1 - TÍMPANO TÉRMINO S.SEBASTIÃO.	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE STR TUN OE1 DW 088000 0	133692	OBRA ESPECIAL OE1	TÍMPANO COM TÚNEL EXISTENTE NO TERMINO SÃO SEBASTIÃO	0						
<b>02 - FLUIDOS</b>										
1. Projeto de Rede de incêndios										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE AGI TUN OE1 MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE1 (CLS)	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
Sem Peças desenhadas										
<b>03 - TELECOMUNICAÇÕES</b>										
1. Projeto de Telecomunicações										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE TLM TUN OE1 MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE TLM TUN OE1 DW 118001 0	133693	TELECOMUNICAÇÕES. TUNEL TÉRMINO	PLANTA - PORMENORES	0						
<b>04 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>										
1. Estudo de sobreposição de especialidades										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE										
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
sem peças desenhadas										

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>TOMO III - VOLUME 2 - OE2 : PASSAGEM SOB TÚNEL DO MARQUÊS</b>											
<b>01 - ESTRUTURAS</b>											
<b>1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 MD 088000 0		ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 MD 088001 0		ESTRUTURAS DEFINITIVAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088000 0	133694	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	IMPLANTAÇÃO, PLANTA, PERFIL LONGITUDINAL E SECÇÃO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088150 0	133695	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	DEFINIÇÃO GEOMÉTRICA - SECÇÕES	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088200 0	133696	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	PORMENORES CONSTRUTIVOS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088300 0	133697	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MÉTODO CONSTRUTIVO - ETAPAS 1 A 4 - SECÇÕES E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088301 0	133698	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MÉTODO CONSTRUTIVO - ETAPAS 5 E 6 - SECÇÕES E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 883002 0	133699	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MÉTODO CONSTRUTIVO - ETAPA 7 - SECÇÕES E PERFIL LONGITUDINAL	0							
<b>2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 MD 088001 0		ESTRUTURAS DEFINITIVAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088500 0	133700	ESTRUTURAS DEFINITIVAS	DIMENSIONAMENTO GERAL - IMPLANTAÇÃO E DIMENSIONAMENTO	0							
<b>02 - FLUIDOS</b>											
<b>1. Projeto de Rede de incêndios</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE2 MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE2	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE2 DW 098001 0	133701	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE2		0							
<b>03 - TELECOMUNICAÇÕES</b>											
<b>1. Projeto de Telecomunicações</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE2 MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE2 DW 118001 0	133702	TELECOMUNICAÇÕES		0							
<b>04 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>											
<b>1. Estudo de sobreposição de especialidades</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas.</i>											

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO										
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES				
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D
<b>TOMO III - VOLUME 3 - OE3 : TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1</b>										
<b>01 - ESTRUTURAS</b>										
1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 - ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088000 0	133703	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 IMPLANTAÇÃO, PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0						
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088001 0	133704	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 SECÇÕES, SUPORTE E REVESTIMENTO	0						
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088002 0	133705	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 MÉTODO CONSTRUTIVO-SECÇÃO VR1.1 E VR1.2, PERFIL LONGITUDINAL	0						
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088003 0	133706	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 MÉTODO CONSTRUTIVO-SECÇÃO VR2.3/ VR1.4 E VR1.5, PERFIL LONGITUDINAL	0						
2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 MD 088002 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 - ESTRUTURAS DEFINITIVAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088004 0	133707	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 - SECÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (1/3)	0						
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088005 0	133708	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 - SECÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (2/3)	0						
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088006 0	133709	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 - SECÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (3/3)	0						
<b>02 - FLUIDOS</b>										
1. Projeto de Rede de incêndios										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE AGI TUN OE3 MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS, OE3	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE AGI TUN OE3 DW 098001 0	133710	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS, OE3		0						
<b>03 - TELECOMUNICAÇÕES</b>										
1. Projeto de Telecomunicações										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE TLM TUN OE3 MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE TLM TUN OE3 DW 118001 0	133711	TELECOMUNICAÇÕES		0						
<b>04 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS</b>										
1. Projeto de Segurança contra incêndios										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE				0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE SCI TUN OE3 DW 198001 0	133712	INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO		0						
<b>05 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>										
1. Estudo de sobreposição de especialidades										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE										
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
sem peças desenhadas										

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>TOMO III - VOLUME 4 - OE4 : TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2</b>											
<b>01 - ESTRUTURAS</b>											
1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088000 0	133713	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - IMPLANTAÇÃO - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088001 0	133714	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - SEÇÕES - SUPORTE E REVESTIMENTO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088002 0	133715	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - MÉTODO CONSTRUTIVO - SEÇÃO VR2.2 E VR2.2 - PERFIL CONSTRUTIVO E REVESTIMENTO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088003 0	133716	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - MÉTODO CONSTRUTIVO - SEÇÃO VR2.3/VR2.4 E VR2.5 - PERFIL CONSTRUTIVO E REVESTIMENTO	0							
2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 MD 088002 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - ESTRUTURAS DEFINITIVAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088004 0	133717	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - SEÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (1/2)	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088005 0	133718	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - SEÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (2/3)	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088006 0	133719	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - SEÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (3/3)	0							
<b>02 - FLUIDOS</b>											
1. Projeto de Rede de incêndios											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE4 MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE4	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE4 DW 098001 0	133720	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE4		0							
<b>03 - TELECOMUNICAÇÕES</b>											
1. Projeto de Telecomunicações											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE4 MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE4 DW 118001 0	133721	TELECOMUNICAÇÕES		0							
<b>04 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS</b>											
1. Projeto de Segurança contra incêndios											
PEÇAS ESCRITAS											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>				0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE SCI TUN OE4 DW 198001 0	133722	INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO		0							
<b>05 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>											
1. Estudo de sobreposição de especialidades											
PEÇAS ESCRITAS											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
PEÇAS DESENHADAS											
<i>sem peças desenhadas</i>											

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>TOMO III - VOLUME 5 - OE5 : TÚNEL NA ZONA DO BALUARTE</b>											
<b>01 - ESTRUTURAS</b>											
<b>1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OES NC 088000 0		CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO	NOTA DE CÁLCULO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES MD 088001 0		ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MEMÓRIA DESCRITIVA	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES NC 088001 0		ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	NOTA DE CÁLCULO	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088000 0	133723	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	PLANTA DE IMPLANTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088050 0	133724	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	PLANTA DE DIMENSIONAMENTO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088100 0	133725	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	ALÇADO AB E BC	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088101 0	133726	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	ALÇADO CD	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088150 0	133727	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	CORTE A-A E B-B	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088151 0	134511	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	CORTE C-C E D-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088200 0	133728	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	PORMENORES	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088300 0	133729	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	FASEAMENTO GERAL DA SOLUÇÃO (1/2)	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088301 0	133730	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	FASEAMENTO GERAL DA SOLUÇÃO (2/2)	0							
<b>2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OES MD 088002 0		ESTRUTURAS DEFINITIVAS	MEMÓRIA DESCRITIVA	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES NC 088002 0		ESTRUTURAS DEFINITIVAS	NOTA DE CÁLCULO	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088500 0	133731	ESTRUTURAS DEFINITIVAS	PLANTA DE IMPLANTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088550 0	133732	ESTRUTURAS DEFINITIVAS	PLANTA DE DIMENSIONAMENTO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088750 0	133733	ESTRUTURAS DEFINITIVAS	CORTES	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088800 0	133734	ESTRUTURAS DEFINITIVAS	PORMENORES	0							
<b>02 - SERVIÇOS AFETADOS</b>											
<b>1. Projeto de Desvio de Redes, Enterradas e em Superfície</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE SAF TUN OES MD 058001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058001 0	133735	SERVIÇOS AFETADOS	MULTIREDES	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058002 0	133736	SERVIÇOS AFETADOS	SANEAMENTO	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058003 0	133737	SERVIÇOS AFETADOS	ABASTECIMENTO	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058004 0	133738	SERVIÇOS AFETADOS	SLAT	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058005 0	133739	SERVIÇOS AFETADOS	GAS	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058006 0	133740	SERVIÇOS AFETADOS	TELECOMUNICAÇÕES	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058007 0	135011	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058008 0	135012	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058009 0	135013	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058010 0	135014	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058011 0	135015	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058012 0	135016	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Definitivo	0							

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>03 - FLUIDOS</b>											
<b>1. Projeto de Rede de incêndios</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OES MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OES DW 098001 0	133741	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OES		0							
<b>04 - TELECOMUNICAÇÕES</b>											
<b>1. Projeto de Telecomunicações</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OES MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OES DW 118001 0	133742	TELECOMUNICAÇÕES		0							
<b>05 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>											
<b>1. Estudo de sobreposição de especialidades</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas</i>											

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>TOMO III - VOLUME 6 - OE6 : TÚNEL NA ZONA DO ALVITO</b>											
<b>01 - ESTRUTURAS</b>											
<b>1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 NC 088000 0		OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL ZONA DO ALVITO	NOTA DE CÁLCULO. CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 MD 088002 0		OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA. ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA E FASEAMENTO CONSTRUTIVO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 NC 088002		OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	NOTA DE CÁLCULO. ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PROVISÓRIA E FASEAMENTO CONSTRUTIVO	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088401 0	133743	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	CONTENÇÃO PERIFÉRICA PLANTA FASE A	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088402 0	133744	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	CONTENÇÃO PERIFÉRICA PLANTA FASE B	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088403 0	133745	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	CONTENÇÃO PERIFÉRICA PLANTA FASE C	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088404 0	133746	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	CONTENÇÃO PERIFÉRICA PLANTA FASE D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088405 0	133747	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	CONTENÇÃO PERIFÉRICA PLANTA FASE E	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088406 0	133748	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	FASEAMENTO CONSTRUTIVO CORTE TRANSVERSAL A.A'	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088407 0	133749	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	FASEAMENTO CONSTRUTIVO CORTE TRANSVERSAL B.B'	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088408 0	133750	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	FASEAMENTO CONSTRUTIVO CORTE TRANSVERSAL C.C'	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088409 0	133751	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	FASEAMENTO CONSTRUTIVO - PORMENORES	0							
<b>2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL ZONA DO ALVITO	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA. ESTRUTURAS EXTERNAS E INTERNAS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 NC 088001 0		OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	NOTA DE CÁLCULO. ESTRUTURAS EXTERNAS E INTERNAS	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088102 0	133752	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	DIMENSIONAMENTO PLANTA DE IMPLANTAÇÃO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088103 0	133753	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	DIMENSIONAMENTO GERAL SECÇÕES TRANSVERSAIS TIPO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088104 0	133754	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	DIMENSIONAMENTO TÚNEL LIOS PLANTAS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088105 0	133755	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	DIMENSIONAMENTO TÚNEL METRO LISBOA PLANTAS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088106 0	133756	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	DIMENSIONAMENTO CORTES LONGITUDINAIS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088107 0	133757	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	DIMENSIONAMENTO SECÇÕES TRANSVERSAIS	0							
<b>02 - SERVIÇOS AFETADOS</b>											
<b>1.Projeto de Desvio de Redes, Enterradas e em Superfície</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 MD 058001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058001 0	133758	SERVIÇOS AFETADOS	MULTIREDES	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058002 0	133759	SERVIÇOS AFETADOS	SANEAMENTO	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058003 0	133760	SERVIÇOS AFETADOS	ABASTECIMENTO	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058004 0	133761	SERVIÇOS AFETADOS	SLAT	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058005 0	133762	SERVIÇOS AFETADOS	GAS	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058006 0	133763	SERVIÇOS AFETADOS	TELECOMUNICAÇÕES	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058007 0	135017	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058008 0	135018	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058009 0	135019	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058010 0	135020	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058011 0	135021	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058012 0	135022	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Definitivo	0							

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>03 - FLUIDOS</b>											
<b>1. Projeto de Rede de incêndios</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE6 MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE6	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE6 DW 098001 0	133764	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE6		0							
<b>04 - TELECOMUNICAÇÕES</b>											
<b>1. Projeto de Telecomunicações</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE6 MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE6 DW 118001 0	133765	TELECOMUNICAÇÕES		0							
<b>05 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>											
<b>1. Estudo de sobreposição de especialidades</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas</i>											

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>TOMO III - VOLUME 7 - OE7 : TÚNEL TÉRMINO</b>											
<b>01 - ESTRUTURAS</b>											
1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 3 - ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088000 0	133766	OBRA ESPECIAL OE7 - TÚNEL TÉRMINO	OE7 - TÚNEL TÉRMINO - IMPLANTAÇÃO, PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088001 0	133767	OBRA ESPECIAL OE7 - TÚNEL TÉRMINO	OE7 - TÚNEL TÉRMINO - SECÇÕES, SUPORTE E REVESTIMENTO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088002 0	133768	OBRA ESPECIAL OE7 - TÚNEL TÉRMINO	OE7 - TÚNEL TÉRMINO - SECÇÃO - MÉTODO CONSTRUTIVO - PERFIL LONGITUDINAL E CORTE	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088003 0	133769	OBRA ESPECIAL OE7 - TÚNEL TÉRMINO	OE7 - TÚNEL TÉRMINO - SECÇÃO - MÉTODO CONSTRUTIVO - PERFIL LONGITUDINAL E CORTE	0							
2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 MD 088002 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 3 - ESTRUTURAS DEFINITIVAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088004 0	133770	OBRA ESPECIAL OE7 - TÚNEL TÉRMINO	OE7 - TÚNEL TÉRMINO - SECÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (1/2)	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088005 0	133771	OBRA ESPECIAL OE7 - TÚNEL TÉRMINO	OE7 - TÚNEL TÉRMINO - SECÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (2/2)	0							
<b>02 - FLUIDOS</b>											
1. Projeto de Rede de incêndios											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE7 MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE7	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE7 DW 098001 0	133772	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE7		0							
<b>03 - TELECOMUNICAÇÕES</b>											
1. Projeto de Telecomunicações											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE7 MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE7 DW 118001 0	133773	TELECOMUNICAÇÕES		0							
<b>04 -SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS</b>											
1. Projeto de Segurança contra incêndios											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE SCI TUN OE7 DW 198001 0	133774	INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO		0							
<b>05 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>											
1. Estudo de sobreposição de especialidades											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas</i>											



Metropolitano de Lisboa

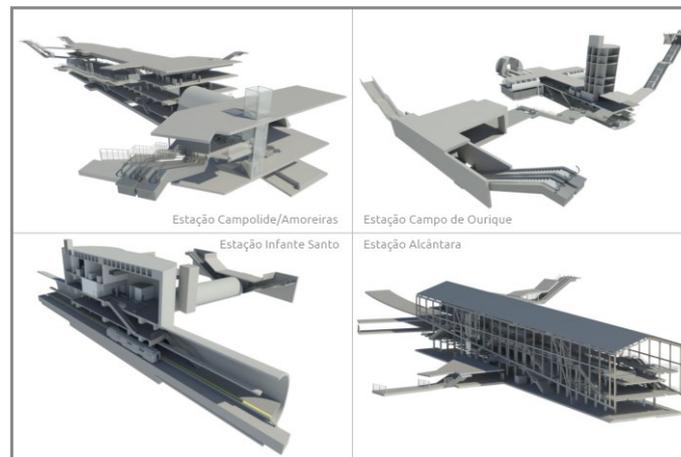


# METRO DE LISBOA

## LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

#### PROJETO DE EXECUÇÃO



### TOMO III: OBRAS ESPECIAIS

#### VOLUME 5 - OE5: TÚNEL ZONA DO BALUARTE

#### MEMÓRIA DESCRITIVA – ESTRUTURAS PROVISÓRIAS

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE STR TUN OE5 MD 088001 0
-----------------------	--------------------------------------

	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	Pedro Marques/ Carlos Martins		2024-10-04
Revisto	Rui Tomásio		2024-10-04
Verificado	Sandra Ferreira/ Gonçalo Mateus		2024-10-04
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-04
Aprovado	Raúl Pistone		2024-10-04



Metropolitano de Lisboa



## Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO.....	7
2	ELEMENTOS DE BASE .....	8
3	CONDICIONAMENTOS.....	9
3.1	Traçado.....	9
3.2	Geológico e Geotécnicos.....	9
3.3	Desvios de Circulação.....	11
3.4	Ocupação de Superfície e de Subsolo .....	11
3.5	Interferências .....	11
3.6	Análise de danos e Demolições.....	17
3.7	Implantação.....	17
3.8	Segurança .....	17
3.9	Arquitetónicos.....	18
3.10	Compatibilidade com as Outras Especialidades.....	18
3.11	Ambiente.....	18
4	REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA DE BASE .....	21
5	MATERIAIS.....	23
6	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....	25
6.1	Tempo de Vida Útil.....	25
6.2	Classificação da Obra de Acordo com a sua Importância .....	25
6.3	Classe de Inspeção .....	25
6.4	Classe de Fiabilidade .....	25
6.5	Categoria Geotécnica da obra associada às Estruturas de Contenção .....	25
7	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO.....	26
7.1	Solução de Contenção Provisória.....	26

---

7.2	Solução de Recalçamento da Muralha do Baluarte .....	27
7.3	Solução Conservação e Restauro de Elementos Pétreos da Muralha do Baluarte, Muro do Miradouro do Largo das Necessidades e Guarida .....	29
8	FASEAMENTO CONSTRUTIVO .....	34
8.1	Solução de Contenção Provisória e Fase Definitiva .....	34
8.2	Faseamento Localizado da Solução de Recalçamento da Muralha do Baluarte.....	35
9	PROJETO GEOTÉCNICO DAS CONTENÇÕES PROVISÓRIAS .....	37
9.1	Ações consideradas.....	37
9.2	Combinações de Ações .....	37
9.3	Verificação da Segurança .....	41

## Índice de Figuras

Figura 1 - Planta e perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia .....	9
Figura 2 – Planta de localização das carotes executadas .....	12
Figura 3 – Corte transversal na zona da carote C1 (esquerda) e corte transversal na zona da carote C2 (direita).....	13
Figura 4 - Corte transversal na zona da carote C6 .....	13
Figura 5 - Planta de localização com indicação das interferências .....	14
Figura 6 – Fotografia ilustrativa da muralha do Baluarte interferência N° 384 (à esquerda) e fotografia ilustrativa da muralha do Baluarte interferência N° 381b (à direita) com o poço de sondagem realizado e a guarita, a foto foi retirada na plataforma representada pela interferência N° 381 .....	16
Figura 7 – Fotografia ilustrativa de parte da muralha filipina/espanhola atualmente preservada no interior do edifício da casa de Goa, interferência N° 381c .....	16
Figura 8 – Fotografia ilustrativa do muro do miradouro Largo das Necessidades, interferência N° 385 .....	17
Figura 9 – Vista 3D da solução de contenção provisória elaborado no Revit.....	26
Figura 10 – Modelo 3D da solução de recalçamento, elaborado em Revit (à esquerda) e corte transversal na zona da muralha do Baluarte a recalçar (à direita) .....	28
Figura 11 – Pormenorização da solução de recalçamento através de vigas de recalçamento .....	28
Figura 12 – Fotografia ilustrativa do tratamento proposto já executado noutra muralha histórica.....	32
Figura 13 - Guarida existente na muralha do Baluarte em pedra.....	33
Figura 14 – Pormenor de reforço interior da guarida através de argamassa reforçada com fibras de carbono .....	33

---

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Valores característicos dos parâmetros a adotar na presente fase do estudo para as várias formações ocorrentes .....	10
Tabela 2 - Edifícios mais suscetíveis à ocorrência de danos.....	14
Tabela 3 - Características dos materiais (1/2) .....	23
Tabela 4 – Características dos materiais (2/2) .....	24
Tabela 5 – Estruturas provisórias. Recobrimentos nominais das armaduras .....	24
Tabela 6 - Ações de dimensionamento .....	37
Tabela 7 - Coeficientes de redução .....	38
Tabela 8 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações .....	38
Tabela 9 - Coeficientes parciais de segurança utilizados na minoração das propriedades do terreno.....	39
Tabela 10 - Coeficientes parciais de segurança relativos aos materiais para os estados limites últimos .....	39
Tabela 11 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações. ....	39
Tabela 12 - Coeficientes parciais de segurança utilizados na minoração das propriedades do terreno.....	39
Tabela 13 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações. ....	40
Tabela 14 – Revestimento primário. Coeficientes de redução de ações .....	41
Tabela 15 – Combinações de ações consideradas nas verificações de segurança .....	41
Tabela 16 – Verificações de segurança associadas às contenções provisórias .....	42

---

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Memória Descritiva e Justificativa das estruturas provisórias da Obra Especial 5 – Túnel na Zona do Baluarte**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do **Tomo III – Obras Especiais do Volume 5 – OE5: Túnel Zona do Baluarte**.

## 2 ELEMENTOS DE BASE

Com base nos elementos do Programa Preliminar realizado pelo Metropolitano de Lisboa e do Anteprojeto realizado pelo ACE Metro São Sebastião Alcântara, fizeram-se as verificações necessárias bem como os acrescentos e ajustes considerados como pertinentes para otimização e desenvolvimento detalhado ao nível de Projeto de Execução, das soluções técnicas e elementos de obra, bem como dos processos e faseamento construtivos associados.

Os documentos considerados como elementos de entrada associados à obra foram os seguintes:

- Procedimento – Proc. n.º 125/2022-DLO/ML;
- Programa Preliminar, Tomo IV – Estruturas, Volume 2 – Obras Especiais;
- Memória Descritiva e Justificativa - “LVSSA ML PP STR TUN OE5 MD 088001 0”;
- Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088000 A” a “LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088001 A” e “LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088100 0” a “LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088103 0”);
- Projeto de Execução, Tomo I – Geral, Volume 2 – Traçado;
- Projeto de Execução, Tomo I – Geral, Volume 6 – Estudo Geológico Geotécnico.

### 3 CONDICIONAMENTOS

#### 3.1 Traçado

A solução estrutural adotada e os processos e faseamento construtivos previstos encontram-se compatibilizados com o projeto do traçado da linha.

#### 3.2 Geológico e Geotécnicos

Nesta fase de Projeto de Execução e de acordo com as condições conhecidas para terrenos com características semelhantes foram estabelecidas soluções de suporte que serão confirmadas e/ou desenvolvidas em função da interpretação dos resultados dos trabalhos de prospeção já concluídos e das campanhas do Programa de prospeção complementar em decurso.

Os condicionamentos Geológicos e Geotécnicos são descritos no Tomo I – Geral, Volume 6 – Estudo Geológico-Geotécnico.

Apresenta-se na Figura 1, o excerto do perfil geológico-geotécnico do local.

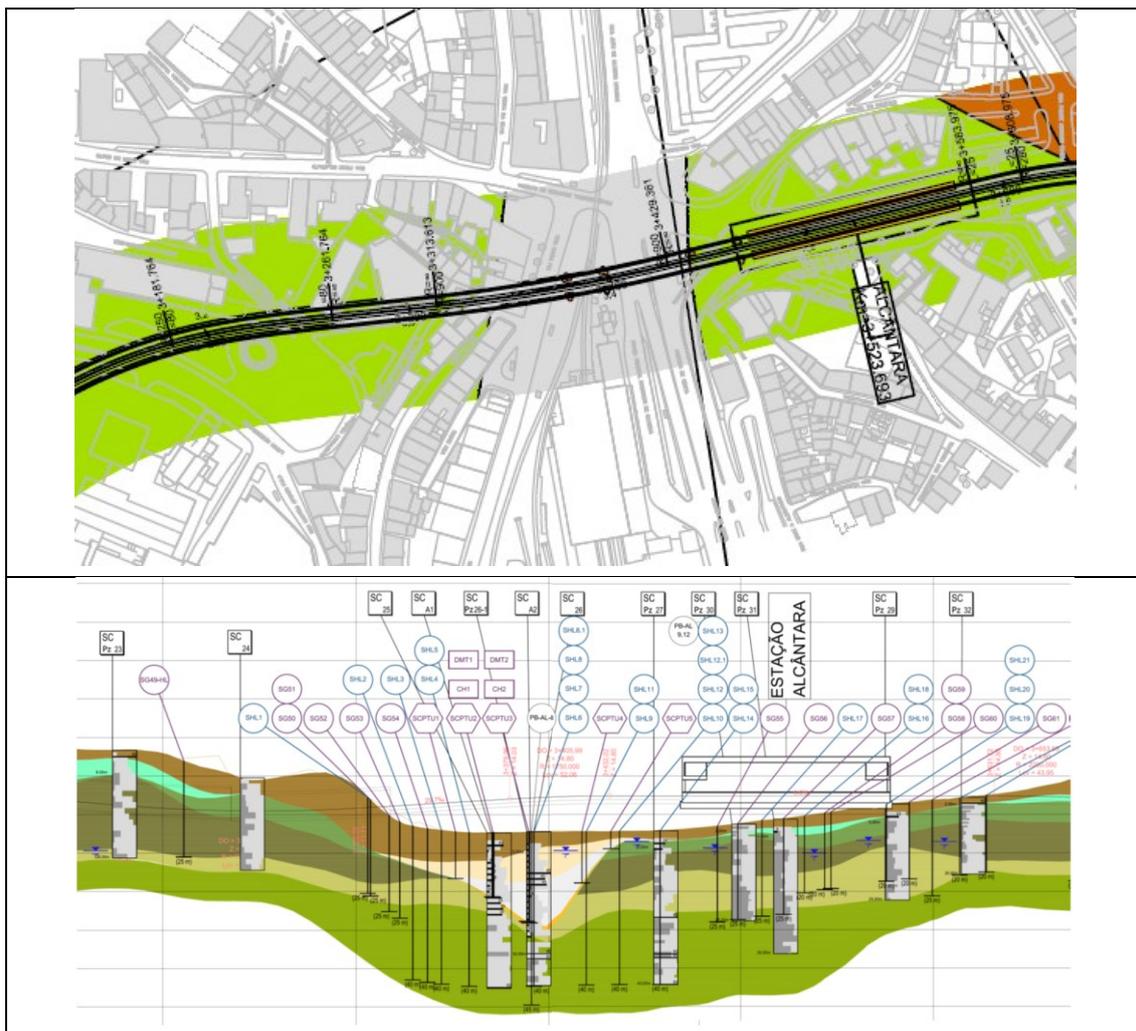


Figura 1 - Planta e perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia

A zona do Vale de Alcântara, onde de nascente para poente, se encontram a OE5, o viaduto metálico, a Estação e a OE6 é dominada pela presença de materiais cretácicos da Formação da Bica, sob cobertura de materiais recentes de aterro, com espessura importante, localmente superior a 10 m, do lado nascente na zona da OE6 e com uma espessura combinada juntamente com os aluviões no centro do vale que pode atingir cerca de 25 m. As unidades cretácicas presentes são a Cc1a, essencialmente correspondente a argilas margosas, aqui com reduzida expressão, Cc1b (calcário nodular), Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas) e Cc1d (calcário compacto fendilhado). Abaixo e já sem se encontrar cortado pelos aluviões do vale de Alcântara, encontram-se os calcários da Formação de Caneças Cc2 (calcários por vezes margosos).

Os aluviões são essencialmente arenosos na parte superior e argilosos na zona central, na base e na parte superior do lado poente. Na base encontra-se pequeno nível de aluvião com cascalheira.

Relativamente aos níveis de água presentes, considera-se que na dependência dos aluviões o nível de água se situe à cota +2,50. A partir desta cota o mesmo sobe nas encostas do vale até cerca da cota 15,00 no final do traçado (450 m a poente) e até à cota 40,00, (550 m a nascente).

Da análise desenvolvida às condições geológico-geotécnicas na zona da obra, resultam os parâmetros geotécnicos resumidos na tabela seguinte:

**Tabela 1 – Valores característicos dos parâmetros a adotar na presente fase do estudo para as várias formações ocorrentes**

Unidade	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$E'$ (MPa)	$K_0$	$k$ (m/s)	$\nu$	$\sigma$ (MPa) [rocha]	$E'$ (GPa) [rocha]
ATERRO, At	<b>18</b>	<b>20</b>	---	---	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>0,5</b>	<b>10<sup>-5</sup></b>	<b>0,35</b>	---	---
ALUVIÃO, a(ar)	<b>19</b>	<b>21</b>	---	---	<b>0</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>0,5</b>	<b>10<sup>-5</sup></b>	<b>0,30</b>	---	---
ALUVIÃO, a(ag)	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>0,5</b>	<b>10<sup>-8</sup></b>	<b>0,46</b>	---	---
ALUVIÃO, a(cg)	<b>20</b>	<b>22</b>	---	---	<b>0</b>	<b>35</b>	<b>75</b>	<b>0,5</b>	<b>10<sup>-4</sup></b>	<b>0,30</b>	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)a NSPT > 50	22	23	350	100	10	33	60	1,0	10 <sup>-8</sup>	0,33	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)b NSPT < 50	21	22	180	40	5	28	20	1,0	10 <sup>-8</sup>	0,38	---	---
MIOCÉNICO M(cal)	24	24	---	---	100	34	400	0,8	10 <sup>-5</sup>	0,25	---	---
OLIGOCÉNICO, $\Phi$	20	22	400	150	15	30	75	1,2	10 <sup>-7</sup>	0,30		
BASALTO, $\beta$	26	26	---	---	200	40	2000	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,26	20	12
BASALTO, $\beta_{w5;w4/5}$	21	23	---	---	50	35	250	0,7	10 <sup>-6</sup>	0,28	---	---
TUFOS, $\tau$	20	21	---	---	60	35	120	1,0	10 <sup>-7</sup>	0,27	---	---
CALCÁRIO, Cc1a	<b>23</b>	<b>23</b>	---	---	<b>50</b>	<b>32</b>	<b>60</b>	<b>0,8</b>	<b>10<sup>-7</sup></b>	<b>0,23</b>	---	---
CALCÁRIO, Cc1b	<b>24</b>	<b>24</b>	---	---	<b>90</b>	<b>38</b>	<b>325</b>	<b>0,8</b>	<b>10<sup>-7</sup></b>	<b>0,21</b>	<b>9</b>	<b>3</b>
CALCÁRIO, Cc1c	<b>25</b>	<b>25</b>	---	---	<b>300</b>	<b>42</b>	<b>4000</b>	<b>0,8</b>	<b>10<sup>-6</sup></b>	<b>0,21</b>	<b>50</b>	<b>27,5</b>
CALCÁRIO, Cc1d	<b>24</b>	<b>24</b>	---	---	<b>120</b>	<b>40</b>	<b>600</b>	<b>0,8</b>	<b>10<sup>-7</sup></b>	<b>0,21</b>	<b>12</b>	<b>6</b>

Unidade	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$E'$ (MPa)	$K_0$	$k$ (m/s)	$\nu$	$\sigma$ (MPa) [rocha]	$E'$ (GPa) [rocha]
<b>CALCÁRIO DE CANEÇAS</b>	23	23	---	---	100	35	200	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,25	5	1,5

\*As camadas a negrito e sublinhadas correspondem às camadas encontradas na zona do Baluarte e viaduto

### 3.3 Desvios de Circulação

Ao longo da duração da obra os estaleiros e áreas reservadas junto à zona a realizar a céu aberto, que interfiram com a circulação existente, serão demarcadas como áreas temporárias de ocupação com os consequentes desvios de trânsito.

Os desvios de circulação são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo I – Geral, Volume 12 – Projeto Viário, deste Projeto de Execução.

Os estaleiros são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo I – Geral, Volume 09 – Outras Estaleiros, deste Projeto de Execução.

### 3.4 Ocupação de Superfície e de Subsolo

A execução a céu aberto do túnel definitivo interfere com as redes de infraestruturas existentes no subsolo. As infraestruturas serão objeto de desvios provisórios/definitivos ou eventual suspensão, de modo a compatibilizar-se com o faseamento construtivo proposto.

Os serviços afetados são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo III – Obras Especiais, Volume 5 – OE5: Túnel na Zona do Baluarte, deste Projeto de Execução.

### 3.5 Interferências

#### 3.5.1 Enquadramento

A avaliação de danos foi realizada com base na metodologia preconizada no Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha, já mencionada nos Critérios Gerais de Projeto, apoiada pelas recomendações do Eurocódigo 7, Anexo H e ainda pelo relatório ITA/AITES Report 2006 - Settlements induced by tunneling in Soft Ground.

Genericamente, todas as interferências estudadas encontram-se dentro da faixa de 30 m de ambos os lados do eixo do traçado e na zona de influência das escavações. A avaliação risco contemplou diversos tipos de interferências (EIEIF), nomeadamente:

- Edificado, incluindo os de interesse patrimonial;
- Infraestruturas enterradas;
- Infraestruturas ferroviárias.

Após a realização da avaliação de danos, em função do tipo de interferência e da magnitude dos danos estimados, serão selecionadas medidas de mitigação de assentamentos tendo em consideração:

- Tipo de obra a realizar;
- Cenário geológico, geotécnico e hidrogeológico estimado;
- Relação custo-benefício.

A execução dos trabalhos de escavação irá originar alterações do estado de tensão do maciço que resultarão em descompressões e consequentemente em deslocamentos na sua zona de influência. O método construtivo adotado em combinação com o comportamento das

estruturas e dos materiais intercetados condicionará a magnitude dos deslocamentos induzidos nas estruturas nele fundadas (doravante denominadas interferências). Em função da grandeza dos deslocamentos e da natureza das interferências, os efeitos dos deslocamentos poderão ser significativos e resultar em danos, pelo que importa analisar os seus efeitos. Com este objetivo, a metodologia proposta, permite quando necessário e aplicável, definir medidas de mitigação.

A presente avaliação de danos foi realizada de acordo com os requisitos do Caderno de Encargos. De modo a abranger as várias tipologias de interferências presentes no ambiente urbano em que a obra se insere, foi necessário complementar a metodologia patenteada, resultando no processo descrito no ponto seguinte do presente documento.

### 3.5.2 Estado do edificado, incluindo património, das infraestruturas enterradas e das infraestruturas ferroviárias

#### 3.5.2.1 Atividades realizadas

Com o objetivo de melhor caracterizar os edifícios, as infraestruturas enterradas e as infraestruturas ferroviárias, foi realizada uma consulta da informação cadastral, dos elementos técnicos (plantas) disponíveis e de fotografias históricas e, onde possível, realizadas visitas.

Para os edifícios abrangidos pela faixa de perturbação, tentou-se recolher sempre que possível informações sobre as características das suas fundações, nomeadamente, o tipo de fundação e a cota estimada a que estas poderão estar localizadas.

Para a caracterização das infraestruturas enterradas e das infraestruturas ferroviárias na zona de influência dos trabalhos de escavação, foram realizados contactos com a entidades concessionárias das infraestruturas com o objetivo de aferir o seu posicionamento e estado de conservação. Paralelamente, foram realizadas vistorias aos serviços e efetuados levantamentos topográficos dos elementos visíveis à superfície.

Adicionalmente foram executadas sondagens/carotes de reconhecimento complementar para aferição da profundidade das fundações e espessura da muralha do baluarte e muralha filipina/espanhola. Na Figura 2, Figura 3 e Figura 4, mostra-se a localização e cortes transversais na zona das carotes realizadas.



Figura 2 – Planta de localização das carotes executadas

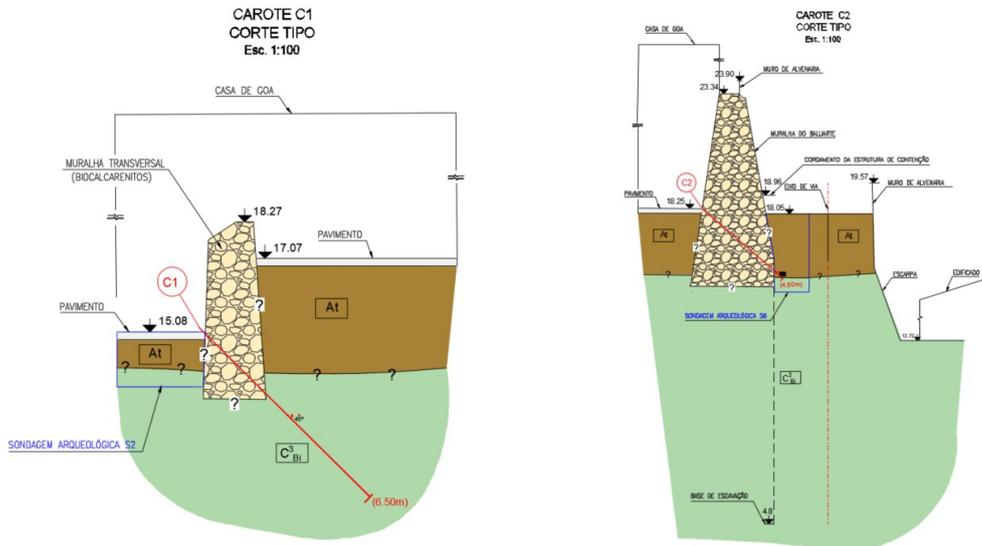


Figura 3 – Corte transversal na zona da carote C1 (esquerda) e corte transversal na zona da carote C2 (direita)

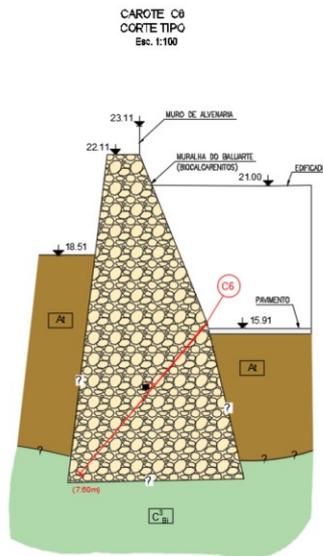


Figura 4 - Corte transversal na zona da carote C6

### 3.5.2.2 Edifícios e Estruturas Existentes

O projeto insere-se numa zona urbana cujo edificado foi construído em diferentes períodos históricos e em que a sua composição, estado de conservação e tipo de estrutura, diferem significativamente.

Na avaliação da suscetibilidade de edifícios foi também considerado o seu valor histórico-cultural, particularmente no que respeita ao facto de o mesmo ser considerado património classificado. Assim, com o objetivo de incluir na avaliação de risco esta componente, foi

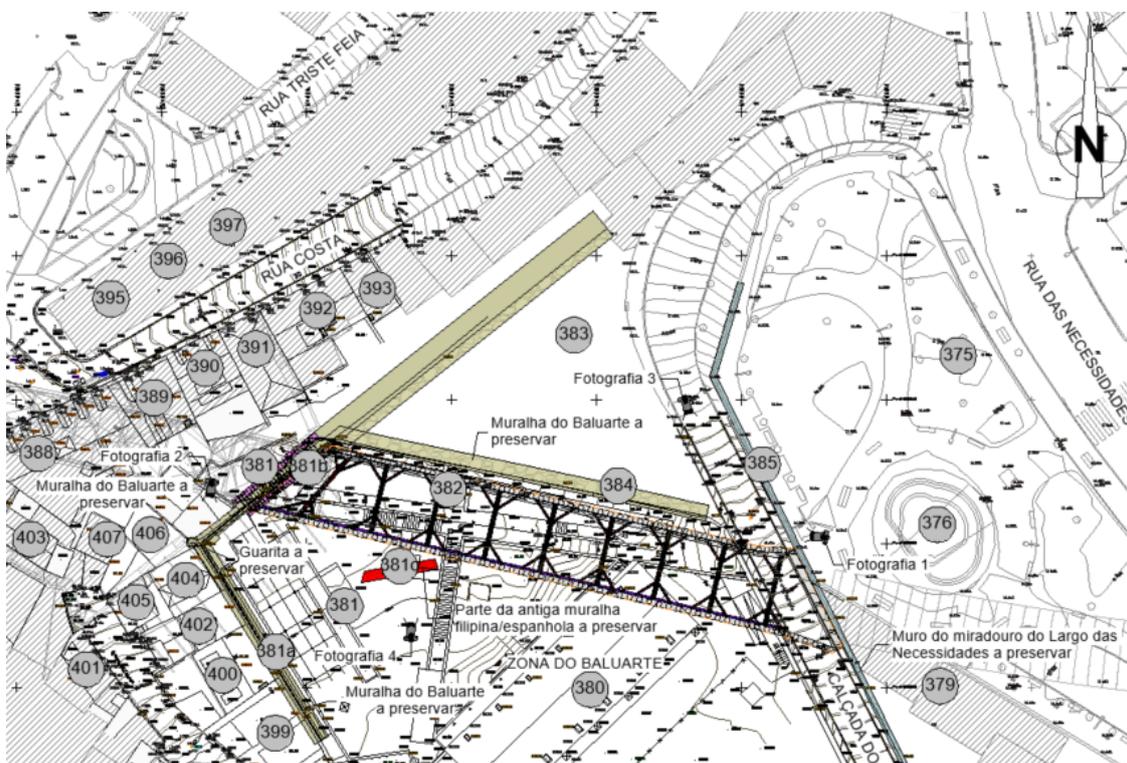
incorporado um fator de agravamento da categoria de risco, descrita no Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha.

A análise dos elementos acima referidos em combinação com o posicionamento dos edifícios em relação aos trabalhos de escavação, permitiu identificar os edifícios mais suscetíveis à ocorrência de danos (Tabela 2).

**Tabela 2 - Edifícios mais suscetíveis à ocorrência de danos**

N.º	CATEGORIA	LOCALIZAÇÃO
380	Edifício	Caçada do Livramento, 2-12
381	Edifício	Caçada do Livramento, Baluarte
381a	Edifício	Caçada do Livramento, Baluarte, muro 1
381b	Edifício	Caçada do Livramento, Baluarte, muro 2
381c	Edifício	Caçada do Livramento, Baluarte, Mfil
382	Edifício	Caçada do Livramento, 17
383	Edifício	Caçada do Livramento, 19
384	Edifício	Caçada do Livramento, Muro do Baluarte 3
385	Edifício	Caçada do Livramento, Muro do Miradouro

Apresenta-se na Figura 5 a planta de localização com indicação das interferências identificadas na tabela anterior.



**Figura 5 - Planta de localização com indicação das interferências**

Destas interferências destaca-se o valor histórico e patrimonial das interferências Nº 381, 381a, 381b, 381c, 384 e 385.

As interferências Nº 381, 381a, 381b e 384 dizem respeito aos muros constituintes das muralhas do Baluarte para os quais se prevê a necessidade de um recalçamento e restauro dos elementos pétreos constituintes da muralha, estas soluções serão explicadas e descritas no Capítulo 7 do presente documento.

Dos estudos e registos históricos encontrados até à data, estima-se que as muralhas constituintes do baluarte tenham sido construídas no século XVII, após a dinastia filipina. Em termos de aparelho construtivo, estima-se que as muralhas sejam compostas por muros de alvenaria de pedra tosca e com aparelho irregular, sem reboco, sendo expectável que estejam fundadas nas camadas calcárias da *Formação da Bica*.

Os muros constituintes das muralhas representados pelas interferências nº 381a e nº 381b têm o seu coroamento à cota, aproximada, de +23m garantido um desnível máximo de terras de 12m, sendo que a noroeste junto ao baluarte existe um afloramento calcário com plataforma a um nível mais baixo, representada pela interferência nº 381, encontrando-se esta à cota +18.30m, havendo assim um desnível de, aproximadamente, 6m entre as interferências 381 e 381b. As muralhas apresentam espessura variável em profundidade entre 1.1m e 3.5m, valores estimados pelas sondagens/carotes C2 e C6 mostradas no subcapítulo anterior, estando as fundações a uma cota expectável de +15.05.

Estas muralhas apresentam, em geral, a sua aparência original em pedra tosca sem reboco, mas alterada por diversos fatores naturais do tempo, sendo que os paramentos apresentam um escurecimento e alteração de cor, devido à acumulação de sujidades superficiais e pela deposição de detritos como: sedimentos; guano e material orgânico vegetal. Verifica-se também a contaminação biológica generalizada com grande quantidade de plantas superiores, resultando no enegrecimento das superfícies e na alteração de cor nas zonas de escorrências, esta contaminação resulta da colonização de micro-organismos, como fungos, líquenes e de musgos, particularmente incidentes nas zonas de contacto com o solo; escorrência de águas pluviais; e transição entre elementos desnivelados de rebocos e cantarias.

Importa ainda referir que no vértice de ligação entre os muros das muralhas representados pelas interferências 381 e 381a existe uma guarita em pedra e com formato circular.

O muro constituinte do baluarte representado pela interferência nº 384 têm o seu coroamento à cota, aproximada, de +28m garantido um desnível máximo de terras de 11m. Apesar de ainda não ter sido possível executar trabalhos de prospeção junto a este muro face às condicionantes de acesso junto do mesmo, será expectável que muro possua espessura variável em profundidade e esteja fundado nas camadas calcárias. Supõe-se que este muro seja constituído por pedra tosca argamassada. Ao contrário dos muros descritos anteriormente das restantes interferências, este aparenta possuir um reboco de acabamento e encontra-se pintado de branco, sendo expectável que o muro tenha sido restaurado ao longo destes anos. Todos os pressupostos necessários confirmados antes do início dos trabalhos.

Ao longo de toda a empreitada todos estes muros constituintes das muralhas do baluarte mencionados serão preservados e restaurados, havendo apenas um ajuste e reforço das fundações do muro da interferência nº 381b, conforme se indicará no capítulo 7.

Em seguida apresentam-se fotografias ilustrativas, retiradas no local, referentes às interferências descritas.



**Figura 6 – Fotografia ilustrativa da muralha do Baluarte interferência N° 384 (à esquerda) e fotografia ilustrativa da muralha do Baluarte interferência N° 381b (à direita) com o poço de sondagem realizado e a guarita, a foto foi retirada na plataforma representada pela interferência N° 381**

A interferência 381c é referente a parte da muralha filipina/espanhola cuja construção se estima ser anterior à construção das muralhas mencionadas anteriormente, pertencentes ao século XVII. Esta parte da muralha encontra-se atualmente preservada no interior do edifício existente da casa de Goa, sendo este elemento preservado ao longo da empreitada. Da sondagem/carote C1 já executada, foi possível estimar uma espessura, aproximadamente, constante da muralha de 1,48m, com altura de 4,80m entre a cota +13.28 e a cota +8.48.

Em seguida apresenta-se uma foto ilustrativa, retirada no local, referente à muralha filipina.



**Figura 7 – Fotografia ilustrativa de parte da muralha filipina/espanhola atualmente preservada no interior do edifício da casa de Goa, interferência N° 381c**

Por fim, destaca-se ainda a interferência N° 385 que diz respeito ao muro do miradouro do Largo das Necessidades, por baixo do qual irá ocorrer a transição do túnel em *NATM* para “*Cut & Cover*”, nesta zona prevê-se a conservação e restauro do muro e um confinamento assegurado pela viga de coroamento constituinte da cortina de estacas, conforme se irá descrever no Capítulo 7 do presente documento. Em seguida apresenta-se uma foto ilustrativa, retirada no local, referente ao miradouro.



Figura 8 – Fotografia ilustrativa do muro do miradouro Largo das Necessidades, interferência N° 385

### 3.5.3 Medidas de mitigação

Para a fase de Projeto de Execução, foi realizada uma referenciação de danos nas interferências mais suscetíveis, tendo-se concluído, nesta fase do projeto e numa primeira aproximação, não ser necessário realizar medidas específicas de reforço estrutural. A monitorização de cada interferência pode ter que ser reforçada função do seu nível de suscetibilidade perante a obra.

### 3.6 Análise de danos e Demolições

A avaliação de danos em interferências ao longo do traçado, assim como a definição de critérios de danos em estruturas ou infraestruturas situadas na vizinhança da obra, encontra-se desenvolvida no Tomo I – Geral, Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha.

As interferências resultantes da construção do túnel que resultam em necessidade de demolições, encontram-se retratadas no Tomo I – Geral, Volume 27 – Demolições ao Longo da Linha, do presente Projeto de Execução.

### 3.7 Implantação

A implantação da obra respeita integralmente os requisitos definidos no programa preliminar, tendo em consideração o novo traçado de via atualizado no “ANEXO X – AO CADERNO DE ENCARGOS TÉCNICO – ALTERAÇÃO DO TRAÇADO ENTRE OS KM 2+570.938 E O KM 3+471.193”.

### 3.8 Segurança

A atividade de prevenção de riscos profissionais tem uma matriz de referência baseada num conjunto de princípios gerais de prevenção:

1. Evitar os riscos;
2. Avaliar os riscos que não possam ser evitados;
3. Combater os riscos na origem;
4. Adaptar o trabalho ao trabalhador;
5. Ter em conta o estado de evolução técnica;
6. Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;

7. Planificar a prevenção;
8. Dar prioridade à prevenção coletiva em relação à individual;
9. Dar formação e instruções adequadas aos trabalhadores.

Estes princípios devem nortear a ação de todos os intervenientes durante todo o processo de construção. Apresenta-se nas peças desenhadas do presente Projeto de Execução, subscrevendo as orientações do Dono de Obra apresentadas no Programa Preliminar, desenho de notas gerais com uma lista não exaustiva de atividades que envolvem riscos especiais para a segurança e saúde dos trabalhadores decorrentes da execução do projeto e as ações para a prevenção de riscos associados à realização dos trabalhos.

Será da responsabilidade da Entidade Executante desenvolver o Plano de Segurança e Saúde, conforme indicado no Caderno de Encargos, e garantir a sua implementação na fase de execução da obra.

### 3.9 Arquitetónicos

O presente Projeto de Execução procura atingir as soluções técnicas mais adequadas e devidamente compatibilizadas com o Projeto de Execução de Arquitetura (Tomo III – Obras Especiais, Volume 5 – OE5: Túnel na Zona do Baluarte).

### 3.10 Compatibilidade com as Outras Especialidades

O presente Projeto de Execução está compatibilizado com todas as restantes especialidades, nomeadamente:

- Tomo I – Geral, Volume 2 – Traçado;
- Tomo I – Geral, Volume 3 – Via-Férrea;
- Tomo I – Geral, Volume 4 – Coluna seca;
- Tomo III – Obras Especiais, Volume 3 – Flúidos;
- Tomo III – Obras Especiais, Volume 4 – Energia;
- Tomo III – Obras Especiais, Volume 5 – Telecomunicações;
- Tomo III – Obras Especiais, Volume 6 – Mecânica;

### 3.11 Ambiente

O projeto do “Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara” está sujeito a Avaliação de Impacte Ambiental, tendo sido desenvolvido um Estudo de Impacte Ambiental e emitida uma Declaração de Impacte Ambiental (DIA) que determina uma **Decisão Favorável Condicionada** ao cumprimento dos termos e condições expressas na DIA (processo de AIA n.º 3462), na qual se identificam as medidas de minimização gerais a implementar em fase de construção, a serem complementadas em fase do Projeto de Execução com a realização do Relatório de Conformidade Ambiental com o Projeto de Execução (RECAPE).

No desenvolvimento do presente Projeto de Execução foram consideradas as seguintes medidas:

- Cumprimento das áreas mínimas de intervenção, necessárias à realização dos trabalhos, apresentadas no Programa Preliminar do M.L.;
- Consideração das medidas e recomendações constantes da DIA (processo de AIA n.º 3462) em particular:
  - A não afetação das estruturas a “cotas positivas” no limite noroeste do Baluarte do Livramento;
  - A realização do adequado diagnóstico arqueológico que demonstre que a plataforma defronte da muralha noroeste, à saída do túnel, corresponderá a um afloramento rochoso, e não a uma estrutura (desmoronada) pertencente à designada segunda muralha inferior existente a norte;
  - A revisão do projeto, de modo a assegurar que a sua construção, preferencialmente em túnel mineiro, não afetará a integridade do troço da muralha de cronologia anterior à fortaleza seiscentista, objeto de escavação e valorização nos anos 90 do século XX;
  - O rebaixamento máximo da cota base do túnel no atravessamento da estrutura defensiva para que os impactes visuais e formais no limite noroeste, na transição entre a secção em túnel e a solução para o viaduto, possam ser os menores possíveis;
  - O escoramento e entivação preventiva da guarita do Baluarte, devendo qualquer opção alternativa de atuação de preservação deste elemento patrimonial ser devidamente fundamentada (incluindo a atual proposta de desmonte, no início da empreitada, para posterior reposição no final dos trabalhos);
  - Prever a preservação *in situ* das preexistências do Baluarte do Livramento, definindo um plano de reabilitação e valorização, face à intervenção para a construção do túnel e do viaduto de Alcântara.
- Consulta dos elementos patenteados a concurso referentes à identificação de todas as interferências ao longo do traçado e ao levantamento dos respetivos cadastros para análise nas fases seguintes de projeto. Nesta fase realizou-se uma análise de risco aos edifícios interferidos seguindo a metodologia de avaliação de danos nos edifícios devido a escavações profundas e de túneis patenteada pelo M.L., que consta do Tomo e Volume específico, do presente Projeto de Execução;
- Adoção de faseamentos construtivos que promovam a realização dos trabalhos no prazo mais curto e que minimizem o impacto sobre a vida da comunidade e sobre o património edificado;
- Definição de um plano de instrumentação e observação, que se encontra enquadrado no presente Projeto de Execução em cada volume de frente de obra (a detalhar devidamente em Projeto de Execução), no sentido de detetar, quantificar e prevenir possíveis danos nas

---

estruturas (por exemplo, ao nível do edificado) e deformações da superfície, bem como prevenir que eventuais deformações tenham consequências ao nível do edificado.

## 4 REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA DE BASE

A regulamentação e a bibliografia técnica adotadas são as apresentadas abaixo:

- NP EN 1990 – Bases para projetos de estruturas (EC0);
- NP EN 1991 – Bases de projeto e ações em estruturas (EC1);
- NP EN 1992 – Projeto de Estruturas de Betão (EC2);
- NP EN 1993 – Projeto de Estruturas de Aço (EC3);
- NP EN 1994 – Projeto de Estruturas mistas Aço-Betão (EC4);
- NP EN 1997 – Projeto Geotécnico (EC7);
- NP EN 1998 – Projeto de Estruturas para Resistência aos Sismos (EC8);
- fib Model Code 2010 for Concrete Structures;
- Normas de Projeto de estruturas do Metropolitano de Lisboa.

Serão ainda consideradas as seguintes normas de execução:

- NP EN 206:2013+A1:2017 – Betão: Especificação, desempenho, produção e conformidade;
- NP EN 13670-1 - Execução de estruturas de betão. Parte 1: Regras Gerais;
- NP EN 14199 – Execução de obras geotécnicas especiais: Microestacas;
- NP EN 1537 - Execução de obras geotécnicas especiais: Ancoragens;
- EN ISO 22447-5 – Geotechnical investigation and testing - Testing of geotechnical structures - Part 5: Testing of grouted anchors;
- EN 1536 - Execution of Special Geotechnical Works: Bored piles;
- EN 14490 - Execution of Special Geotechnical Works: Soil nailing;
- NP EN 197-1 - Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes;
- NP EN 197-2 - Cimento. Parte 2: Avaliação de conformidade;
- NP EN 13251 - Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a utilização em obras de terraplenagem, fundações e estruturas de suporte;
- NP EN 13256 - Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a construção de túneis e obras subterrâneas;
- NP EN 14487-1 - Betão projetado. Parte 1: Definições, especificações e conformidade;
- NP EN 14487-2 - Betão projetado. Parte 2: Execução;

- 
- NP EN 14889-1 - Fibras para betão - Parte 1: Fibras de aço - Definições, especificações e conformidade;
  - NP EN 14488-5 -Ensaio do betão projetado - Parte 5: Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras;
  - NP EN 445 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio;
  - NP EN 446 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos para injeção;
  - NP EN 447 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes.

## 5 MATERIAIS

As características dos materiais adotados no presente Projeto de Execução encontram-se apresentadas nos quadros seguintes:

**Tabela 3 - Características dos materiais (1/2)**

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
BETÃO	BETÃO PROJETADO (VIA HÚMIDA)	C30/37 XC4(P) CL 0,4 DMAX.10 S5
	BETÃO MOLDADO EM GERAL	C30/37 XC4(P) CL 0,4 DMAX.22 S3
	BETÃO EM ESTACAS	C30/37 XC4(P) CL 0,4 DMAX.15 S4
	REGULARIZAÇÃO/ENCHIMENTO	C12/15 X0(P) CL 1.0 DMAX.25 S3
CALDA DE CIMENTO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 7 DIAS	$f_{ck}$ MÍN. = 25 MPa
FIBRAS METÁLICAS	COMPRIMENTO (EXTREMIDADE COM GANCHO)	< 35 MM
	ESBELTEZA, L/D	65
	CLASSE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA:	E700
FIBRA DE VIDRO	RESISTÊNCIA À TRACÇÃO	$\geq 2000$ MPa
	CARGA NOMINAL DE ROTURA	430 kN
AÇO	CHAPAS E PERFIS METÁLICOS	S 355 JR
	PRE-ESFORÇO	EN 10138-3-Y1860S7-15,7-F1-C1
	CAMBOTAS TRELIÇADAS	A 500NR
	REDE ELETROSSOLDADA	A 500ER
	ENFILAGENS	S 355 JR
	MICROESTACAS	N80 API 5A
	Elementos de fixação metálica	CLASSE 8.8
PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO	CARGA MÍNIMA DE CEDÊNCIA	$P_y = 130$ kN
	TIPO DE AÇO	S 355 MC
No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no EC3 e NP EN 1090		

**Tabela 4 – Características dos materiais (2/2)**

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
GEODRENOS	TUBO DE POLIETILENO RÍGIDO, CORRUGADO E RANHURADO	SN2
GEOTÊXTEL DO GEODRENO	MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 9864)	150 g/m <sup>2</sup>
	MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 9864)	2 mm
	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (EN ISO 10319)	4,5 kN/m
	ALONGAMENTO À CARGA MÁXIMA (EN ISO 10319)	80 %
	PUNÇOAMENTO ESTÁTICO (EN ISO12236)	≥ 700 N
	RESISTÊNCIA À PERFURAÇÃO DINÂMICA (EN 918)	≤ 28 mm
	DURABILIDADE	[DURAÇÃO ESTIMADA DE, NO MÍNIMO, 25 ANOS EM TERRENO COM 4 < PH < 9 E TEMPERATURAS < 25°C (TEMPO DE EXPOSIÇÃO MÁXIMO DE 1 SEMANAS APÓS INSTALAÇÃO)]

**Tabela 5 – Estruturas provisórias. Recobrimentos nominais das armaduras**

Recobrimentos Nominais (**)	
Elemento	Recobrimento nominal
Estacas	75 mm
Vigas de coroamento e distribuição	35 mm

(\*) - Recobrimento mínimo + Margem de cálculo para as tolerâncias de execução = Recobrimento nominal.

## 6 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

### 6.1 Tempo de Vida Útil

Tendo em conta o preconizado no ponto 2.3 do Anexo Nacional da NP EN 1990, a estrutura é classificada com sendo uma estrutura de categoria do tempo de vida útil de projeto 5, a qual corresponde um valor indicativo de tempo de vida útil de projeto de 100 anos.

### 6.2 Classificação da Obra de Acordo com a sua Importância

A classificação da obra de acordo com a sua importância é realizada de acordo com o especificado no Anexo Nacional da EN 1990.

Tendo em conta a definição das classes de consequências apresentada no quadro B.1 da EN 1990, as Estações, Poços de Ventilação e Túnel são parte integrante de uma infraestrutura cujo colapso representa “consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais muito importantes”, pelo que classificam-se como sendo da classe de consequência CC3.

### 6.3 Classe de Inspeção

De acordo com a norma NP EN 13670 – 1 anexo G, quadro G.1, a estrutura de objeto desta Memória Descritiva e Justificativa enquadra-se na classe de inspeção 3, para betão moldado.

### 6.4 Classe de Fiabilidade

A Classe de Fiabilidade é definida de acordo com o anexo nacional da NP EN 1990. Tendo em conta que a obra definitiva é da classe de consequência CC3, de acordo com o ponto B.3.2 do Anexo B, fixa-se a classe de fiabilidade RC3 para a obra.

### 6.5 Categoria Geotécnica da obra associada às Estruturas de Contenção

A NP EN 1997-1:2010 estabelece a Categoria Geotécnica (CG1, CG2 ou CG3) do projeto em função da sua complexidade e classe de consequências.

Tendo em conta a definição das classes de consequências apresentada no quadro B.1 da NP EN 1990, considera-se que a estrutura de contenção necessária à execução do túnel é uma infraestrutura cujo colapso representa “consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais medianamente importantes” (CC3) considera-se ainda que o grau de complexidade do projeto geotécnico é elevado. Assim, para uma classe de consequências CC3 para uma complexidade do projeto geotécnico média, atribui-se a Categoria Geotécnica 3 (CG3) à estrutura de contenção.

## 7 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se as soluções definidas para garantia dos trabalhos de escavação em segurança, as soluções definidas para ajuste das fundações das muralhas do baluarte e ainda a descrição para os trabalhos propostos para o restauro e reforço dos muros da muralha do baluarte.

### 7.1 Solução de Contenção Provisória

Na conceção das soluções definidas no âmbito do presente Projeto de Execução 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 geológico e geotécnica;
- Garantir a menor interferência possível com todas as estruturas e infraestruturas adjacentes;
- Procurar garantir facilidade, rapidez e segurança de execução;

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 da escavação seja efetuada através da técnica de “cortina de estacas moldadas em betão armado” para a execução da escavação necessária para execução do túnel na zona do Baluarte. Esta contenção provisória face ao desnível de terras existentes no local, terá uma altura de escavação de aproximadamente 11,0m no alçado a norte e cerca 9,0m no alçado sul. Na Figura 9 mostra-se o modelo 3D efetuado da solução de contenção periférica.

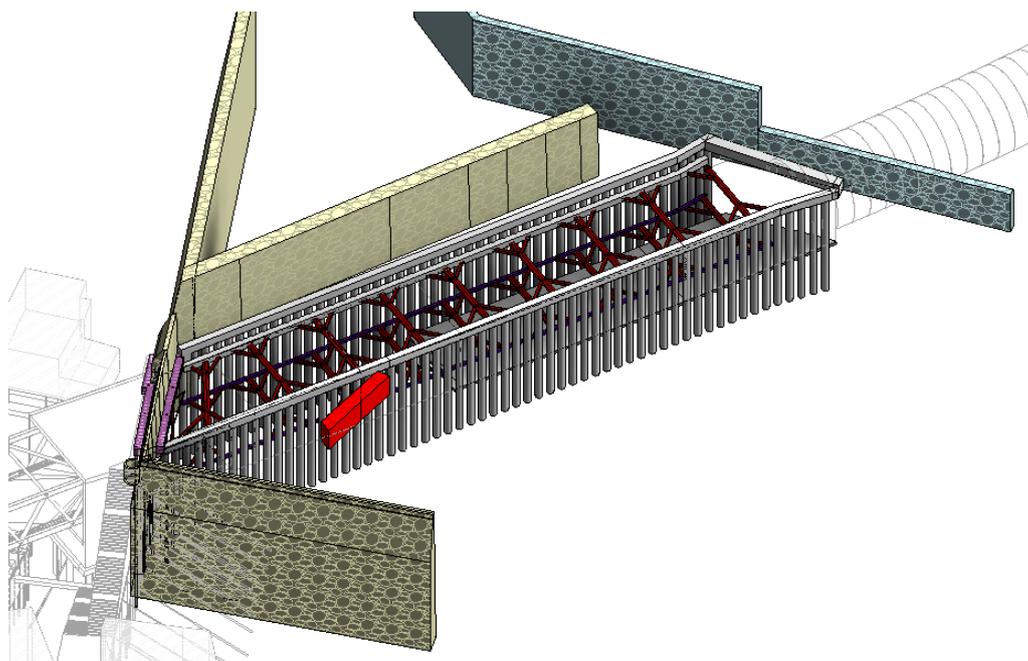


Figura 9 – Vista 3D da solução de contenção provisória elaborado no Revit

Esta técnica de contenção consiste na execução de uma cortina de estacas moldadas em betão armado com  $\varnothing 800\text{mm}$  de diâmetro espaçadas a eixo aproximadamente 1,40m. A Cortina de Estacas será travada provisoriamente através de 2 níveis de escoras metálicas e por uma laje em betão armado com 30cm. Todas as estacas pertencentes da cortina deverão ter um encastramento mínimo de 4m abaixo do fundo de escavação. Este tipo de solução apresenta a vantagem de permitir executar, antes da escavação, a estrutura de contenção definitiva, podendo o número de travamentos ser redefinidos em fase obra, em função das reais características dos terrenos escavados, assim como dos resultados do Plano de Instrumentação e Observação proposto.

A cortina de estacas será solidarizada entre si através de viga de coroamento e vigas de distribuição de betão armado e metálicas, estes elementos para a além de permitirem a solidarização das estacas entre si, garantem também a correta transmissão dos esforços provenientes dos impulsos de terras aos elementos de travamento.

O terreno entre estacas, deverá ser revestido com betão projetado (5cm+5cm), devidamente reforçado com fibras e drenado com recurso a um nível de geodrenos afastados a 4,2m.

As escoras serão materializadas através de perfis tipo “pés-de-galinha” materializados através de 2 perfis HEB300 ligados entre si no vão principal e por perfis HEB300 nos vãos secundários, espaçados a eixo aproximadamente 8,00m entre si.

Por fim, e de forma a permitir que em parte da escavação (cerca de 40m) seja possível a remoção do 2º nível de escoras metálicas previamente à execução da laje de fundo definitiva do túnel propõe-se a execução de uma laje de travamento provisória de 30cm betonada contra o terreno e a cortina de estacas.

## 7.2 Solução de Recalçamento da Muralha do Baluarte

Uma vez que parte do túnel coincide parcialmente com parte das fundações da muralha do Baluarte, e de forma a preservar a mesma, foi ajustado o posicionamento do encontro entre o Viaduto e a seção do túnel NATM, da fase de anteprojecto para esta fase de execução, de forma a garantir-se que o encontro seja executado fora da zona das muralhas do baluarte, desta forma, foi apenas necessário definir uma solução de recalçamento provisória para ajuste e reforço da fundação da muralha na zona coincidente com o túnel. Na fase definitiva a fundação da muralha é reajustada de forma a apoiar diretamente sobre o túnel do metro a contruir. A alteração efetuada relativamente ao anteprojecto e as soluções adotadas, que se explicam nos parágrafos seguintes, permitiram preservar os paramentos existente das muralhas do baluarte, sendo apenas necessário ajustar as fundações destas.

A solução de recalçamento consiste na execução de 2 vigas de recalçamento em betão armado, uma de cada parede da muralha a recalçar. Estas vigas ficarão apoiadas na cortina de estacas, quando possível, sendo os restantes apoios garantidos por microestacas  $\varnothing 177.8 \times 12.5\text{mm}$  com uniões exteriores, com furação  $\varnothing 250\text{mm}$  e selagem do tipo IRS, travadas horizontalmente a 4m de profundidade por perfis UPN 140. As vigas ficarão ligadas entre si e a confinar a parede de ambos os lados através de 2 níveis de varões de alta resistência GEWI  $\varnothing 25$ , ou equivalente. Importa referir que entre a parede da muralha e as faces das vigas em betão armado deverá ser colocado uma membrana plástica de forma a garantir que as superfícies da muralha não são danificadas.

A solução de recalçamento através de vigas de recalçamento apenas deverá ser executada após a execução dos trabalhos de preservação e restauro da muralha, explicados no subcapítulo seguinte. Após execução do túnel definitivo por baixo da muralha, toda a solução de

recalçamento poderá ser desativada, incluindo remoção das vigas de recalçamento, corte das microestacas de apoio e remoção dos perfis UPN de travamento.

Na Figura 10 e Figura 11, mostra-se a solução de recalçamento descrita.

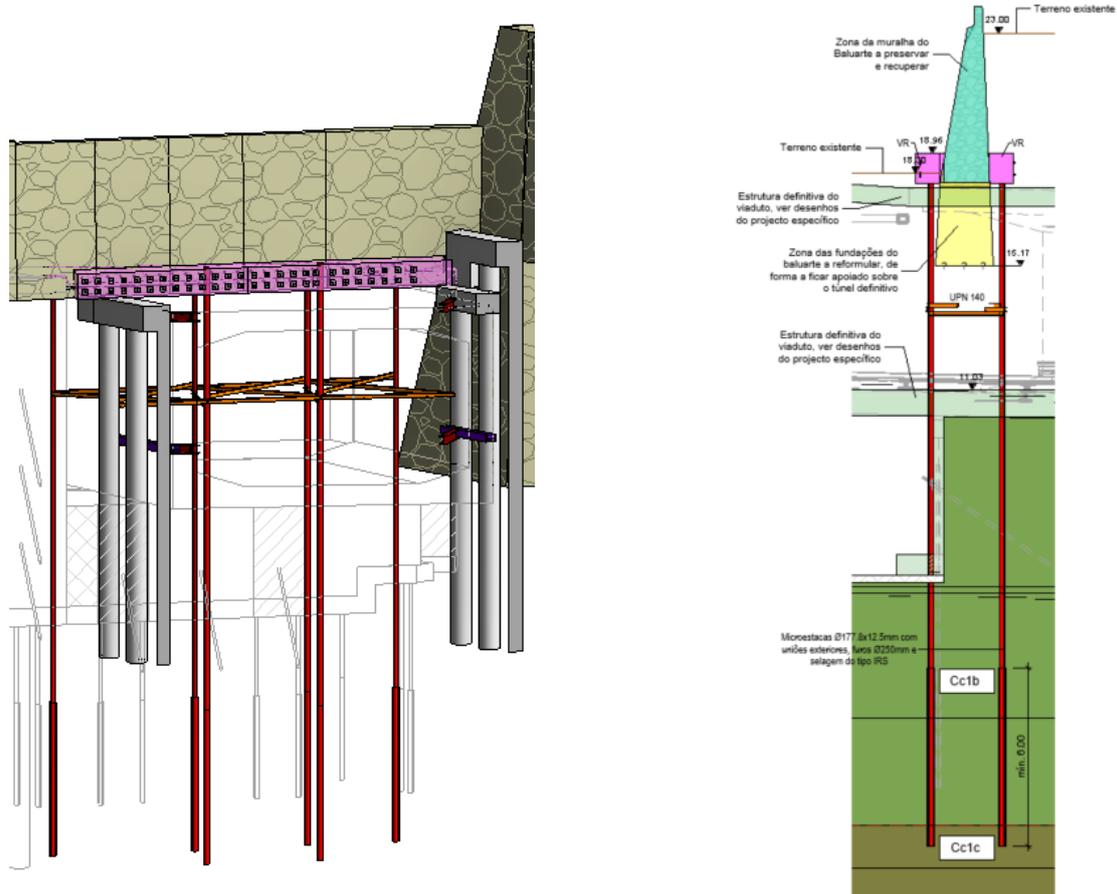


Figura 10 – Modelo 3D da solução de recalçamento, elaborado em Revit (à esquerda) e corte transversal na zona da muralha do Baluarte a recalçar (à direita)

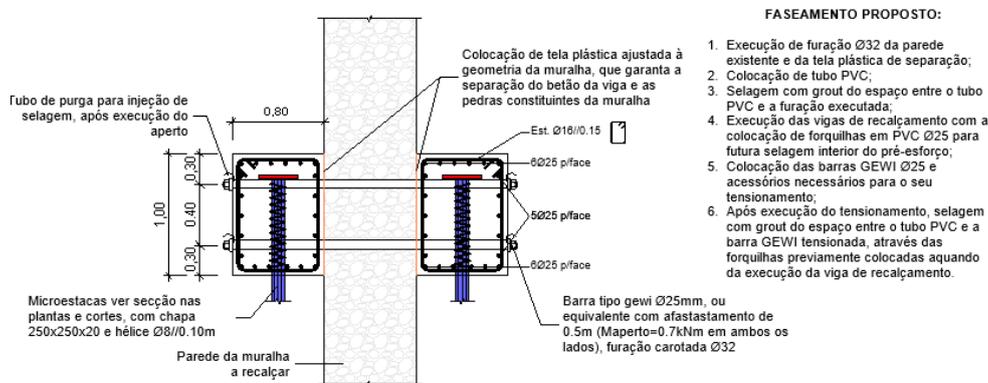


Figura 11 – Pormenorização da solução de recalçamento através de vigas de recalçamento

### 7.3 Solução Conservação e Restauro de Elementos Pétreos da Muralha do Baluarte, Muro do Miradouro do Largo das Necessidades e Guarida

Descreve-se em seguida os trabalhos propostos para o restauro e reforço dos muros da muralha do baluarte.

#### Eliminação de Colonização Biológica

Antes de se iniciar os trabalhos de conservação e restauro, deverá ser aplicado uniformemente um produto biocida e também herbicida (este, de forma localizada) de largo espectro, com solvente de base aquosa e misturado na proporção adequada às condições locais, com aplicação à trincha ou por infiltração, a fim de eliminar corretamente fungos, líquenes ou vegetação, de qualquer porte, existente.

Esta operação deverá ser executada por impregnação por via líquida com biocida à base de sais de amónia quaternária, tipo Preventol® R80/R50 da Bayer®, Lanxess®, ou equivalente. O biocida deverá ser diluído de 1,5 % a 3 % em água, pulverizado sobre toda a superfície. Mediante o grau de maior ou menor biocolonização, devem ser testados e contemplados vários tempos de reação e aplicados os que melhor se adequem na erradicação da biocolonização de cada caso em específico.

A aplicação de biocida deverá ser repetida em número de ciclos necessários à completa erradicação de toda a presença orgânica na superfície e juntas dos ladrilhos e cantarias. A remoção de formações de musgo e líquenes – aqueles que prejudiquem a conservação dos materiais – de maior dimensão deverá ser feita por via manual, utilizando bisturi de forma cuidada, de modo a não danificar as superfícies dos elementos tratados.

Após a aplicação do biocida toda a superfície deverá ser lavada, sendo que esta operação poderá ser realizada de forma integrada com a limpeza superficial, evitando a excessiva utilização de água nas superfícies. A remoção de depósitos de líquenes e sujidades poderá ser feita por escovagem com escovas de cerdas macias.

Para a remoção de plantas superiores deve ser aplicado herbicida sistémico do tipo Roundap® Ultra max, ou equivalente, diluído a 1,5%, com vista à eliminação de plantas.

Após a secagem, a planta deve ser removida na sua totalidade pela raiz, sem partir para que não restem vestígios no interior dos materiais e nunca pela parte exterior. A remoção deve ser feita cuidadosamente com auxílio de espátulas e bisturis, sem nunca forçar a sua remoção para que não se arraste material agregado às raízes.

#### Limpeza de superfícies pétreas

A limpeza geral das superfícies de pedra deverá ser executada após a aplicação e atuação do biocida, tendo em atenção o tipo de sujidade e o estado de fragilidade das superfícies pétreas.

A limpeza por via húmida deve ser feita com auxílio de água nebulizada com recurso a escovagem com escovas de dureza branda com cerda de nylon de diversos formatos (consoante a área de ação). A nuvem nebulizadora deverá ser a mais atomizada possível, à pressão da rede pública, de forma a ser mais eficaz na limpeza e remoção de partículas pesadas e para evitar a supersaturação de água por parte dos suportes pétreos. Nas zonas que apresentem uma superfície sã, que apresentem um bom estado de conservação, a limpeza poderá ser feita com

projeção de água, a baixa pressão e de forma muito controlada e apenas nos locais que se considere apto após teste de resistência, devidamente aprovado pela equipa de fiscalização.

Nas situações em que se detete a existência de crostas negras, películas e gorduras a remoção deverá ser feita com projeção sobre o local de água nebulizada a baixa pressão, que incida diretamente sobre a película, até a desagregar completamente.

Se necessário, e muito pontualmente, poderá este processo ser colmatado com uma limpeza química onde deverão ser testados em zona a indicar pelo Dono de Obra, os diversos métodos.

Em último recurso, se necessário, a limpeza química poderá ser feita com pachos e a solução química deverá ser aferida em obra após teste, poderá por exemplo ser uma solução à base de Carbonato de Amónia com EDTA a 2%, ou uma solução à base de ácido fluorídrico (1 a 2%). Todo o processo deverá ser submetido à aprovação prévia do Dono de Obra.

### **Consolidação e Injeção de Argamassas**

Nas situações em que se verifique zonas de vazio e ocos no interior é necessário realizar a injeção de uma argamassa fluida à base de cal hidráulica natural. A injeção em zonas consideradas anómalas, será feita com calda de cal hidráulica natural (NHL5) com agregado de areia de sílica, devendo promover-se em fase de obra ensaios prévios para ajustar a fluidez.

A injeção será realizada com recurso a tubos colocados na alvenaria à distância entre si de 15 a 20 cm. A injeção de calda deverá ser efetuada a baixa pressão compatível com a resistência das alvenarias e o seu estado de conservação, devendo ser realizado das camadas inferiores para as superiores (de baixo para cima). A injeção através do tubo deve parar, apenas quando a calda refluir pelo tubo que esteja colocado imediatamente acima dele. Pretende-se constituir uma camada com cerca de 50 cm de profundidade (250 L/m<sup>2</sup>).

### **Recolocação de material pétreo**

Deve ser realizada a remoção pontual de pedras instáveis, bem como a recolha de pedras caídas no local que pertençam à muralha. A recolha e a recolocação do material pétreo deve respeitar a reintegração de acordo com a técnica de anastilose.

A remoção de material instável deve ser feita com a execução de aberturas para saneamento de juntas desagregadas e, com recurso a ferramentas manuais e meios mecânicos ligeiros, sem provocar danos na própria pedra. A recolocação de pedras e materiais constituintes deve ser feita com uma argamassa de ligante de cal hidráulica natural (NHL 3,5) e inertes lavados de granulometria adequada ao local, semelhante às pré-existências e libertos de sais solúveis, em traço 1:3.

### **Tratamento de Preenchimentos desadequados**

Todos os preenchimentos em argamassas com cimento tipo Portland ou outras argamassas inadequadas ou já muito degradadas, devem ser analisados do ponto de vista da sua estabilidade, particularmente em relação à existência de fendas ou fissuras. No caso de se revelarem instáveis ou não funcionais, devem ser removidos e substituídos por argamassas de ligante hidráulico natural – NHL 5 e, em traço compatível com a resistência e aspeto final pretendidos, e reforçados por pedra (consoante as dimensões e a localização). Nas situações em que a remoção destes preenchimentos seja prejudicial para as pré-existências, recomenda-se a

aplicação de uma patine à base de cal e pigmentos orgânicos de forma a obter uma calda que cubra o cimento, integrando-o esteticamente no seu contexto.

Em todas as situações em que se verifique a existência de vazios, deverá ser assegurado que se procede à colmatação e preenchimento de lacuna e espaços ociosos, bem como o tratamento de fissuras. Para o preenchimento deverá utilizar-se uma argamassa tradicional à base de cal natural (NHL 3,5 com areias lavadas e isentas de sais, em traço 1:3). Se necessário fazer pigmentação com pigmentos naturais.

### **Recolocação de material pétreo**

Desobstrução e Limpeza de Juntas – Remoção de argamassas danificadas ou de cimento (do tipo Portland), à exceção das situações em que a remoção possa ser um dano maior para o elemento original. A remoção destes cimentos justifica-se principalmente por ser um elemento que devido ao seu gradiente de dureza superior ao suporte pétreo, cria tensões e a degradação acelerada dos materiais que se encontram em contacto direto com estas argamassas cimentícias.

A limpeza das juntas deverá ser efetuada por via mecânica por meio de cinzéis, escopros e outras ferramentas manuais, utilizados com o maior cuidado possível para evitar danificar os materiais existentes nas zonas de contacto, e também com recurso a compressor de ar comprimido, sempre que necessário, auxiliados por meios húmidos, de acordo com o grau de dificuldade de remoção das sujidades. Toda a extensão de juntas degradadas deverá ser removida e substituída, incluindo zonas de difícil remoção de presença orgânica, zonas com falta de coesão e zonas que tenham sido objeto de reparação anterior com argamassas que se apresentem disfuncionais.

Preenchimento de juntas, fendas e fissuras - Esta operação deverá ser realizada em zonas passíveis da intrusão de água e de acumulação de matéria orgânica, bem como no preenchimento de cavidades abertas para inserção de costuras e pregagens metálicas de reforço estrutural, com recurso a argamassa tradicional à base de cal hidráulica natural NHL 3,5 e inertes lavados de granulometria adequada e libertos de sais solúveis, em traço 1:3, aditivado com 3% de óxido de zinco em pó.

Nas zonas mais profundas, o preenchimento deve ser realizado em diversas aplicações e por diferentes camadas, garantindo a correta carbonatação das argamassas.

Os preenchimentos devem ser contínuos, de acabamento estanhado, sem interrupção na linearidade volumétrica, com acabamento “rampeado” na interseção entre paramento vertical com horizontal, de forma a promover o “encanamento” de águas. O preenchimento deve cingir-se à zona interna da junta.

### **Tratamento de Rebocos**

Previamente ao início dos trabalhos, deverão ser recolhidas amostras de argamassa (mínimo de 10x10 cm), entregues ao Dono de Obra, para posterior análise laboratorial e identificação de elementos. Os locais de levantamento de amostras deverão ser registados em mapa gráfico a anexar aos documentos finais da empreitada.

O reboco existente ao nível do revestimento deve ser alvo de uma primeira limpeza superficial com recurso a lavagem, para remoção de sujidades, depósitos superficiais tais como terras e sedimentos. Nas situações em que se verifique material desagregado, em mau estado de conservação, que comprometa a estrutura, deve este ser removido com recurso a picagem

manual. Devem, estas áreas ser devidamente identificadas em mapeamento gráfico. Nas restantes áreas que se considerem recuperáveis, deverão ser consolidadas por aplicação repetida de água de cal.

Nas situações em que se verifique a existência de vestígios ou indícios de camadas de algum tipo de acabamento de épocas e/ou campanhas anteriores, deve esta situação ser comunicada ao Dono de Obra, identificados em registo gráfico e fotográfico e devidamente preservados.

Para a execução de novo reboco deverá ser feito com respeito pelo material original e técnicas tradicionais. O acabamento final deverá ser efetuado usando argamassa de ligante hidráulico natural, NHL 3,5, e inertes de granulometria adequada, lavados e livres de sais hidrossolúveis, no traço 1:3 ou o considerado adequado e ajustado em função do comportamento. Deve ser executado com a massa sezoada, mas não endurecida, aplicada à talocha.

### **Relatório Técnico Final**

Após a conclusão dos trabalhos, deverá ser compilado um relatório final de toda a intervenção expondo o estado de conservação antes da intervenção, a metodologia, materiais e procedimentos adotados durante a intervenção, o respetivo registo gráfico e fotográfico com inclusão de mapeamento gráfico do estado de conservação das muralhas, conclusões e recomendações para ações de manutenção futura do conjunto. As fotografias deverão ser entregues em formato digital JPEG, TIFF ou equivalente, em resolução compatível com impressão de boa qualidade (mínimo 300dpi).

Na Figura 12 mostra-se uma fotografia ilustrativa dos tratamentos descritos retirada de uma obra já executada através da mesma metodologia.



**Figura 12 – Fotografia ilustrativa do tratamento proposto já executado noutra muralha histórica**

Ainda na zona da muralha do Baluarte existe uma guarida com necessidade de cuidados específicos para reforço da mesma. Na Figura 13 mostra-se o elemento em causa.



Figura 13 - Guarida existente na muralha do Baluarte em pedra

Para este elemento para além da execução de todo o tratamento proposto para a muralha do Baluarte, propõe-se a execução de um reforço no interior da guarida. Este tratamento consiste na execução de uma limpeza para posterior aplicação de uma argamassa à base de cal hidráulica natural reforçada com fibra de carbono aferrolhada através ferrolhos em inox pelo interior às paredes da guarida. Na Figura 14 apresenta-se um pormenor da solução proposta para o reforço interior da guarida.

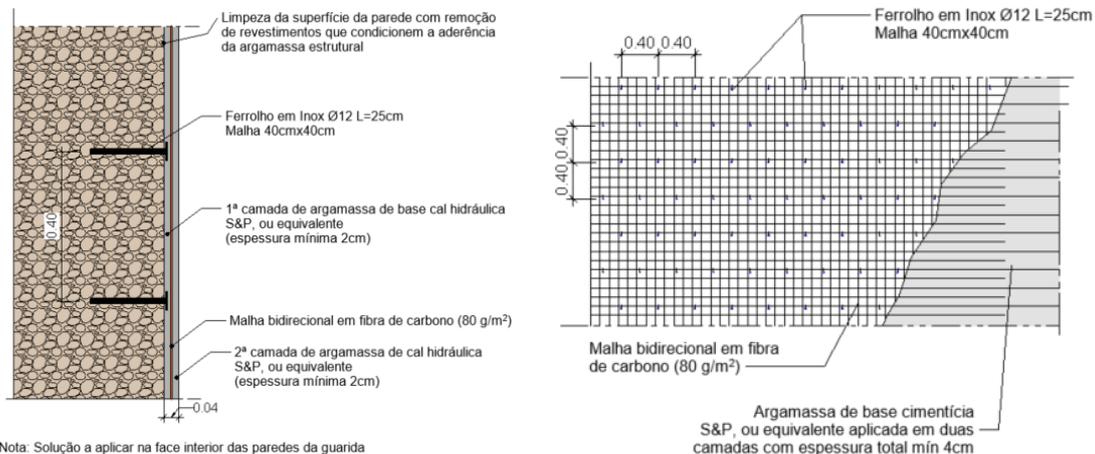


Figura 14 – Pormenor de reforço interior da guarida através de argamassa reforçada com fibras de carbono

## 8 FASEAMENTO CONSTRUTIVO

Neste capítulo apresentam-se de forma geral os faseamentos aplicados para as soluções descritas anteriormente.

### 8.1 Solução de Contenção Provisória e Fase Definitiva

1. Instalação e zeragem de parte do sistema de instrumentação a implementar, em particular a instalação dos inclinómetros e piezómetro;
2. Realização de vistoria aos edifícios adjacentes ao recinto da escavação;
3. Levantamento e eventual desvio dos serviços que possam vir a ser afetados pela intervenção, localizados nos arruamentos adjacentes;
4. Preparação da plataforma de trabalho e dos respetivos acessos, devidamente compatibilizada com a solução adotada, para execução da cortina de estacas constituintes do alçado norte. Incluindo a demolição/remoção faseada das construções existentes no local;
5. Execução das estacas moldadas em betão armado pertencentes ao alçado norte, com recurso a tecnologia adequada, de forma a garantir a colocação de armadura em todo o seu comprimento;
6. Execução da viga de coroamento de ligação das estacas já executadas, betonada, na face de extradorso, contra o terreno. Acompanhada da instalação e zeragem dos alvos topográficos definidos no Plano de Instrumentação e Observação;
7. Preparação da plataforma de trabalho e dos respetivos acessos, devidamente compatibilizada com a solução adotada, para execução das estacas constituintes do alçado sul. Incluindo a demolição/remoção faseada das construções existentes no local, execução de aterro nas áreas necessárias, por forma a garantir as cotas de topo das contenções previstas, e reperfilamento do talude existente;
8. Execução das restantes estacas moldadas em betão armado, com recurso a tecnologia adequada, de forma a garantir a colocação de armadura em todo o seu comprimento;
9. Execução da restante viga de coroamento de ligação entre todas as estacas, betonada, na face de extradorso, contra o terreno. Na zona do emboquilhamento, a viga de coroamento deverá ser betonada contra o muro existente a tardoz e ligado a este através de ferrolhos. Acompanhada da instalação e zeragem dos alvos topográficos definidos no Plano de Instrumentação e Observação;
  - a. Execução dos trabalhos do ponto 1. a 9. do “Faseamento Localizado da Solução de Recalçamento da Muralha do Baluarte”
10. Escavação até à base da 1ª viga de distribuição do alçado norte e até à base da viga de coroamento do alçado sul, incluindo a execução projeção de betão entre estacas, devidamente armado com fibras metálicas e aferrolhado ao longo das estacas;
11. Execução da viga de distribuição do 1º nível no alçado norte, aferrolhada, na face de extradorso, às estacas da cortina e betonada contra estas. Acompanhada da instalação e zeragem dos alvos topográficos definidos no Plano de Instrumentação e Observação;
12. Execução do 1º nível de travamento materializado através de escoras metálicas;
  - a. Execução dos trabalhos do ponto 10. a 12. do “Faseamento Localizado da Solução de Recalçamento da Muralha do Baluarte”

13. Escavação até à base da 2ª viga de distribuição do alçado norte e sul, incluindo a execução projeção de betão entre estacas, devidamente armado com fibras metálicas e aferrolhado ao longo das estacas;
14. Execução das vigas de distribuição metálicas do 2º nível, incluindo execução de cachorros de apoio a estas, devidamente ligados às estacas. Acompanhada da instalação e zeragem dos alvos topográficos definidos no Plano de Instrumentação e Observação;
15. Execução do 2º nível de travamento materializado através de escoras metálicas;
16. Escavação até à cota final de escavação, incluindo a execução projeção de betão entre estacas, devidamente armado com fibras metálicas e aferrolhado ao longo das estacas;
17. Na zona definida, ver peças desenhadas, execução de laje de travamento em betão armado;
18. Na zona definida, ver peças desenhadas, remoção do 2º nível de travamentos metálicos e da respetiva viga de distribuição;
19. Execução de laje de fundo da secção definitiva do túnel, incluindo todos os trabalhos relativos à execução da solução de impermeabilização preconizada em projeto;
20. Remoção de todos os elementos pertencentes ao 2º nível de travamentos metálicos e da respetiva viga de distribuição metálica;
21. Execução da restante estrutura do túnel, incluindo execução de hasteais e laje de cobertura assim como todos os trabalhos relativos à execução da solução de impermeabilização preconizada em projeto;
22. Execução de aterro faseado até à cota do 1º nível de travamento;
23. Remoção de travamentos do 1º nível;
24. Demolição das vigas de coroamento em simultâneo com execução dos trabalhos do ponto 14. do “Faseamento Localizado da Solução de Recalçamento da Muralha do Baluarte”
25. Execução de aterro faseado até à cota final da fase definitiva com reposição de todos os serviços necessários.

## 8.2 Faseamento Localizado da Solução de Recalçamento da Muralha do Baluarte

1. Execução dos trabalhos descritos até ao 9. do faseamento de “Solução de Contenção Provisória e Fase Definitiva”;
2. Execução dos trabalhos de preservação de restauro prescritos para a muralha do Baluarte e da guarida;
3. Execução das microestacas de apoio à viga de recalçamento;
4. Execução de furação Ø32 da parede existente e da tela plástica de separação;
5. Colocação de tubo PVC;
6. Selagem com grout do espaço entre o tubo PVC e a furação executada;
7. Execução das vigas de recalçamento com a colocação de forquilhas em PVC Ø25 para futura selagem interior do pré-esforço. Inclui execução de chapa de topo e hélices nas microestacas de recalçamento;
8. Colocação das barras GEWI Ø25 e acessórios necessários para o seu tensionamento;
9. Após execução do tensionamento, selagem com grout do espaço entre o tubo PVC e a barra GEWI tensionada, através das forquilhas previamente colocadas aquando da execução da viga de recalçamento;

- 
10. Execução dos trabalhos descritos de 10. a 12. do faseamento de “Solução de Contenção Provisória e Fase Definitiva”;
  11. Escavação até à cota do travamento horizontal das microestacas de recalçamento;
  12. Execução da solução de travamento horizontal das microestacas devidamente ligado à cortina de estacas;
  13. Execução dos restantes pontos referidos no faseamento de “Solução de Contenção Provisória e Fase Definitiva”;
  14. Remoção da solução de recalçamento, incluindo demolição das vigas de recalçamento, corte das microestacas e remoção dos perfis horizontais de travamento.

## 9 PROJETO GEOTÉCNICO DAS CONTENÇÕES PROVISÓRIAS

A análise efetuada visou a realização de um estudo específico visando a análise de tensões e deformações experimentadas pelo solo ao longo das várias fases de execução da obra e as situações mais condicionantes para o dimensionamento estrutural.

### 9.1 Ações consideradas

As ações consideradas são as apresentadas no Tabela 6.

Tabela 6 - Ações de dimensionamento

Ações	Valor/Observação
<b>CARGAS PERMANENTES</b>	–
Peso próprio	$\gamma_{betão} = 25 \text{ kN/m}^3$
<b>AÇÕES DO SOLO</b>	–
Impulsos do solo	Adotaram-se os coeficientes de impulso horizontal definidos na parametrização geotécnica (ver Tomo II – Volume 2 – Estudo Geológico Geotécnico).
<b>IMPULSOS DE ÁGUA</b>	–
Impulsos hidrostáticos	$\gamma_{água} = 10 \text{ kN/m}^3$ Nível freático definido para cada secção de cálculo. Adotaram-se os níveis definidos nos estudos hidrogeológicos (ver Tomo II – Volume 2 – Estudo Geológico Geotécnico).
<b>SOBRECARGAS À SUPERFÍCIE</b>	–
Carga de ocupação à superfície	$10 \text{ kN/m}^2$

### 9.2 Combinações de Ações

As combinações de ações baseiam-se nas regras definidas na NP EN 1990. Consideram-se as seguintes combinações de ações:

#### 9.2.1 Estados Limite Últimos

Combinação fundamental geral:

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Em que:

- $E_d$  - valor de cálculo do efeito das ações;
- $\gamma_{G,j}$  – coeficiente parcial relativo à ação permanente j;
- $G_{k,j}$  – valor característico da ação permanente j;
- $\gamma_{Q,1}$  – coeficiente parcial relativo à ação variável de base de combinação 1;
- $Q_{k,1}$  - valor característico da ação variável de base de combinação 1;
- $\gamma_{Q,i}$  – coeficiente parcial relativo à ação variável i;
- $\psi_{0,i}$  – coeficiente para a determinação do valor de combinação de uma ação variável;

$Q_{k,i}$  - valor característico da ação variável acompanhante  $i$ .

**Combinação característica:**

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

Em que:

$E_d$  - valor de cálculo do efeito das ações;

$G_{k,j}$  – valor característico da ação permanente  $j$ ;

$\psi_{2,i}$  – coeficiente para a determinação do valor quase-permanente de uma ação variável;

$Q_{k,i}$  - valor característico da ação variável acompanhante  $i$ .

Os coeficientes de redução  $\psi$  adotados são os definidos no Tabela 7:

**Tabela 7 - Coeficientes de redução**

Ação	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecargas	0,70	0,50	0,30

Em Portugal, as verificações respeitantes a estados limites últimos de rotura estrutural ou de rotura do terreno (STR/GEO) em situações persistentes ou transitórias devem ser efetuadas utilizando a Abordagem de Cálculo 1.

Assim, no presente projeto considerou-se a abordagem de cálculo 1 nos seguintes elementos:

- Combinação 1: A1 "+" M1 "+" R1.....(caso geral)
- Combinação 2: A2 "+" M2 "+" R1.....(caso geral)

Para a verificação da segurança aos estados limite serão considerados valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações, de acordo com o estipulado nas normas NP EN1990 e NP EN1991 (Tabela 8) e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes estados limites (Tabela 9 e Tabela 10).

**Tabela 8 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações**

Ação		Símbolo	STR/GEO	
			A1	A2
Permanentes	Desfavorável	$\gamma_G$	1,35	1,00
	Favorável		1,00	1,00
Variável	Desfavorável	$\gamma_Q$	1,50	1,30
	Favorável		0,00	0,00

**Tabela 9 - Coeficientes parciais de segurança utilizados na minoração das propriedades do terreno**

Parâmetro do solo	Símbolo	STR/GEO	
		M1	M2
Ângulo de atrito interno em tensões efetivas	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesão em tensões efetivas	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistência ao corte não drenada	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso volúmico	$\gamma_v$	1,00	1,00

**Tabela 10 - Coeficientes parciais de segurança relativos aos materiais para os estados limites últimos**

Material	Símbolo	Situações persistentes e transitórias
Betão	$\gamma_c$	1,50
Aço para cambotas metálicas e pregagens expansivas	$\gamma_s$	1,15

Os valores dos coeficientes parciais dos materiais para a verificação dos estados limites de utilização são iguais à unidade.

Para a verificação da segurança ao estado limite de levantamento global (UPL) serão considerados os valores dos coeficientes parciais de segurança:

**Tabela 11 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações.**

Ação		Símbolo	UPL
Permanentes	Desfavorável	$\gamma_{G,dst}$	1,00
	Favorável	$\gamma_{G,stb}$	0,90
Variável	Desfavorável	$\gamma_{Q,dst}$	1,50

**Tabela 12 - Coeficientes parciais de segurança utilizados na minoração das propriedades do terreno.**

Parâmetro do solo	Símbolo	UPL
Ângulo de atrito interno em tensões efetivas <sup>a)</sup>	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Coesão em tensões efetivas	$\gamma_{c'}$	1,25
Resistência ao corte não drenada	$\gamma_{su}$	1,40
<sup>a)</sup> Este coeficiente é aplicado a $\tan \phi'$		

Para a verificação da segurança ao estado limite de levantamento hidráulico (HYD) serão considerados valores dos coeficientes parciais de segurança:

**Tabela 13 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações.**

Ação		Símbolo	HYD
Permanentes	Desfavorável	$\gamma_{G,dst}$	1,35
	Favorável	$\gamma_{G,stb}$	0,90
Variável	Desfavorável	$\gamma_{Q,dst}$	1,50

Os valores dos coeficientes parciais dos materiais para a verificação dos estados limites de utilização são iguais à unidade.

A verificação de segurança em relação aos estados limites últimos estruturais é garantida com base na seguinte condição:

$$S_d \leq R_d$$

em que  $S_d$  e  $R_d$  se designam respetivamente os valores de dimensionamento do esforço atuante e do esforço resistente.

Na consideração de um estado de limite de rotura ou de deformação excessiva de um elemento estrutural ou do terreno (STR ou GEO) deve ser feita a verificação de que:

$$E_d \leq R_d$$

em que  $E_d$  e  $R_d$  se designam respetivamente o valor de cálculo do efeito das ações e da capacidade resistente em relação a uma ação.

Na verificação dos estados limites de utilização no terreno ou numa seção, elemento ou ligação estruturais deve ser satisfeita a expressão:

$$E_d \leq C_d$$

em que  $E_d$  e  $C_d$  se designam respetivamente o valor de cálculo do efeito das ações e o valor limite de cálculo do critério relevante de aptidão para a utilização. A avaliação dos deslocamentos verticais e horizontais para uma estrutura de contenção é realizada considerando a combinação característica.

## 9.2.2 Estados Limite de Serviço

**Combinação característica:**

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

Em que:

$E_d$  - valor de cálculo do efeito das ações;

$G_{k,j}$  - valor característico da ação permanente  $j$ ;

$\psi_{0,i}$  - coeficiente para a determinação do valor de combinação de uma ação variável;

$Q_{k,1}$  - valor característico da ação variável de base de combinação 1;

$Q_{k,i}$  - valor característico da ação variável acompanhante i.

Os coeficientes de redução  $\psi$  adotados são os definidos no Tabela 7:

**Tabela 14 – Revestimento primário. Coeficientes de redução de ações**

Ação	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecargas	0,70	0,50	0,30

Os valores dos coeficientes parciais dos materiais para a verificação dos estados limites de utilização são iguais à unidade.

Na verificação dos estados limites de utilização no terreno ou numa seção, elemento ou ligação estruturais deve ser satisfeita a expressão:

$$E_d \leq C_d$$

em que  $E_d$  e  $C_d$  se designam respetivamente o valor de cálculo do efeito das ações e o valor limite de cálculo do critério relevante de aptidão para a utilização. A avaliação dos deslocamentos verticais e horizontais para uma estrutura de contenção é realizada considerando a combinação.

### 9.3 Verificação da Segurança

A verificação da segurança dos diversos elementos estruturais que constituem as soluções propostas foi efetuada de acordo com as disposições regulamentares, nacionais e internacionais, em vigor.

As referidas disposições regulamentares traduzem-se na aferição das dimensões médias dos elementos estruturais para um conjunto de situações de projeto a que corresponde uma expectável probabilidade de ocorrência dos estados limite.

Neste contexto, estes estados constituem limites para além dos quais a estrutura deixa de satisfazer os requisitos fundamentais de projeto, nomeadamente estados limites últimos e estados limites de utilização.

Com vista à verificação de segurança dos diversos elementos, as ações foram agrupadas nas seguintes combinações de ações:

**Tabela 15 – Combinações de ações consideradas nas verificações de segurança**

Verificações de segurança	Combinação
Estados Limites Últimos (ELU)	Combinações fundamentais de ações
Estado Limite de Utilização (ELS)	Combinação característica de ações

Para a verificação da segurança aos estados limites referidos foram considerados valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes.

Nesta fase de estudo consideraram-se relevantes as verificações da segurança aos estados limites dos elementos estruturais indicados na Tabela 16, sendo as mesmas efetuadas de acordo com as disposições das normas NP EN 1992-1, NP EN 1993-1 e NP EN 1997-1.

**Tabela 16 – Verificações de segurança associadas às contenções provisórias**

	Tipo de verificação	
Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)	Cortina de estacas	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Microestacas	Estado limite de resistência da seção
		Estado limite último de capacidade de carga do terreno (atrito lateral)
		Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento
	Escoras	Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento
	Vigas de coroamento, distribuição e recalçamento, em betão armado	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Vigas de distribuição metálicas	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Betão projetado	Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas		
Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização (ELS)	Cortina de estacas	Deformação horizontal
	Terreno envolvente	Assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação

Apresenta-se na Nota de Cálculo, apenas algumas das verificações de segurança resumidas para os elementos principais da solução definida.

Registo e Controlo de Alterações

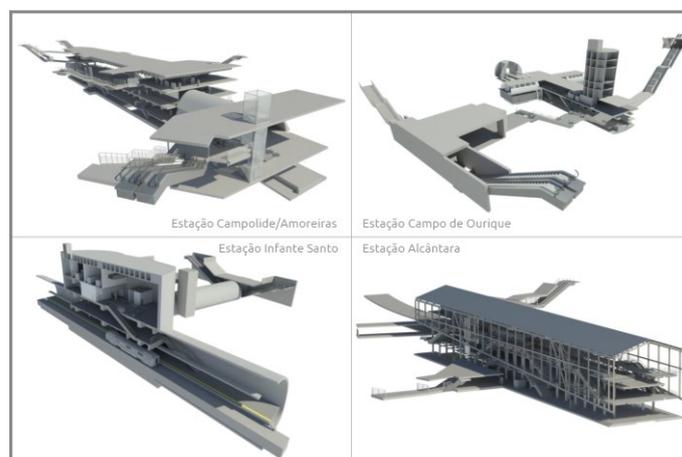
Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-04	Emissão Inicial

# METRO DE LISBOA

## LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

### PROJETO DE EXECUÇÃO



### OBRA ESPECIAL OE5

### CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO

### NOTA DE CÁLCULO

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE STR TUN OE5 NC 088000 0
-----------------------	--------------------------------------

	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	Carlos Martins		2024-10-04
Revisto	Rui Tomásio		2024-10-04
Verificado	Sandra Ferreira/ Gonçalo Mateus		2024-10-04
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-04
Aprovado	Raúl Pistone		2024-10-04

---

1	OBJETIVO E ÂMBITO .....	5
2	SISTEMAS DE UNIDADES .....	6
3	REGULAMENTAÇÃO/NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA TÉCNICA.....	7
4	DADOS DE ENTRADA.....	9
4.1	Documentos do programa preliminar .....	9
4.2	Estudo Prévio apresentado em fase de concurso.....	9
4.3	Levantamento topográfico e arquitetónico complementar .....	9
4.4	Cadastrros .....	9
5	CONDICIONAMENTOS AO PROJETO .....	10
5.1	Traçado .....	10
5.2	Geológicos e Geotécnicos .....	10
5.3	Desvios de circulação .....	10
5.4	Ocupação de superfície e de subsolo .....	10
5.5	Interferências.....	10
5.6	Implantação .....	11
5.7	Segurança.....	11
5.8	Arquitetura.....	11
5.9	Compatibilidade com outras especialidades .....	12
5.10	Ambiente.....	12
6	MODELO GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO .....	13
7	MATERIAIS.....	15
7.1	Estruturas provisórias .....	15
7.2	Estruturas definitivas .....	17
7.3	Sistemas de impermeabilização.....	18
8	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....	19
8.1	Tempo de vida útil .....	19
8.2	Classificação da obra de acordo com a sua importância .....	19
8.3	Classificação do Tipo de Terreno segundo a NP EN 1998.....	19
8.4	Classe de inspeção .....	22
8.5	Classe de fiabilidade.....	22
8.6	Categoria geotécnica da obra associada às estruturas de contenção.....	23
8.7	Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas.....	23

8.7.1	Estações subterrâneas.....	23
8.7.2	Requisitos legais de proteção de águas subterrâneas .....	23
9	SITUAÇÕES DE PROJETO.....	25
9.1	Persistentes.....	25
9.2	Transitórias .....	25
9.3	Acidentais.....	25
9.4	Sísmica .....	25
10	PROJETO GEOTÉCNICO DO SUPORTE PRIMÁRIO .....	26
10.1	Metodologia de Cálculo .....	26
10.2	Ações.....	27
10.3	Combinações de Ações .....	28
10.3.1	Estados Limite Últimos .....	28
10.3.2	Estados Limite de Serviço .....	31
10.4	Verificação da Segurança.....	31
10.4.1	Descrição geral .....	31
10.4.2	Estado Limite Último de resistência à flexão de elementos .....	33
10.4.3	Estado Limite Último de resistência ao corte de elementos.....	33
10.4.4	Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento das escoras .....	34
11	PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS .....	35
11.1	Metodologia de Cálculo .....	35
11.2	Ações.....	35
11.2.1	Ações permanentes.....	35
11.2.1.1	Peso próprio (PP) .....	35
11.2.1.2	Restantes cargas permanentes (RCP) .....	35
11.2.1.3	Fluência e Retração (Ret).....	36
11.2.1.4	Impulso de Terras (It).....	36
11.2.1.5	Impulso Hidrostático (Iw) .....	36
11.2.2	Ações Variáveis.....	37
11.2.2.1	Sobrecargas de utilização (SC) .....	37
11.2.2.2	Varição Uniforme da Temperatura (DTu) .....	37
11.2.3	Ação Sísmica .....	38
11.2.4	Ações Acidentais.....	39
11.2.5	Incêndio .....	39

11.2.6	Movimentos das Fundações.....	39
11.2.7	Descarrilamento .....	39
11.3	Combinações de Ações .....	40
11.3.1	Combinação de Ações para os Estados Limites Últimos (ELU).....	40
	Combinações fundamentais:.....	40
	Combinações acidentais:.....	41
	Combinações Sísmicas: .....	41
11.3.2	Combinação de Ações para os Estados Limites de Utilização (ELS) .....	41
	Combinação Característica de ações: .....	41
	Combinação Frequente:.....	41
	Combinação Quase Permanente: .....	41
11.3.3	Coeficientes Parciais das Ações.....	42
11.3.4	Coeficientes Parciais dos Materiais .....	43
11.4	Critérios de Verificação da Segurança .....	43
11.4.1	Verificação do Estado limite de levantamento global (UPL).....	43
11.4.2	Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU) .....	43
11.4.3	Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS).....	44
11.4.4	Verificação da Resistência ao fogo .....	45
12	DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS .....	46
12.1	Junta de contração.....	46
12.2	Estanqueidade .....	46
13	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO.....	47
13.1	Enquadramento .....	47
13.2	Grandezas a medir .....	48
13.3	Escavações .....	48
13.4	Edificações .....	48
13.5	Frequência de leituras .....	49
13.6	Critérios de alerta, referência e alarme .....	50
13.7	Plano de contingência.....	50
14	AValiação DE DANOS.....	51
14.1	Metodologia de avaliação de danos em edifícios.....	52
15	REDE DE TERRAS.....	55

---

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento pretende sumarizar os Critérios Gerais de Projeto aplicáveis ao **Projeto de Execução da Obra Especial 5**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre São Sebastião e Alcântara, que

A elaboração do presente documento antecede o desenvolvimento das respetivas Notas de Cálculo, sendo submetido à aprovação do Dono de Obra previamente ao desenvolvimento das mesmas.

A Obra Especial 5 refere-se à construção do túnel do metropolitano, “a céu aberto”, entre o Muro do Miradouro das Necessidades e o início do desenvolvimento do traçado em viaduto, atravessando a Calçada do Livramento e desenvolvendo-se pelo interior do Baluarte do Livramento, espaço ocupado atualmente por edifícios afetos à Casa de Goa.

Esta estrutura demarca a fronteira entre a construção do túnel por método mineiro (NATM) e o desenvolvimento do traçado em viaduto pelo que a construção decorre a céu aberto, ao abrigo de uma contenção periférica com materialização prevista através de cortinas de estacas moldadas.

---

## 2 SISTEMAS DE UNIDADES

O sistema de unidades utilizado na elaboração do Projeto é o Sistema Internacional de Unidades (SI). As principais unidades utilizadas são as seguintes:

- Comprimento: metro (m).
- Força: quilonewton (kN).
- Momento: quilonewton metro (kN.m).
- Tensão no terreno: quilonewton por metro quadrado ( $\text{kN/m}^2$ ) ou quilopascals (kPa).
- Tensão nos elementos estruturais: newton por milímetro quadrado ( $\text{N/mm}^2$ ) ou megapascals (MPa).
- Peso específico: quilonewton por metro cúbico ( $\text{kN/m}^3$ ).

## 3 REGULAMENTAÇÃO/NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA TÉCNICA

O Projeto será desenvolvido de acordo com a regulamentação nacional em vigor, ou europeia em caso de omissão, destacando-se as seguintes normas:

- NP EN 1990 – Bases para projetos de estruturas (EC0);
- NP EN 1991 – Bases de projeto e ações em estruturas (EC1);
- NP EN 1992 – Projeto de Estruturas de Betão (EC2);
- NP EN 1993 – Projeto de Estruturas de Aço (EC3);
- NP EN 1994 – Projeto de Estruturas mistas Aço-Betão (EC4);
- NP EN 1997 – Projeto Geotécnico (EC7);
- NP EN 1998 – Projeto de Estruturas para Resistência aos Sismos (EC8);
- fib Model Code 2010 for Concrete Structures;
- Normas de Projeto de estruturas do Metropolitano de Lisboa.

Serão ainda consideradas as seguintes normas de execução:

- NP EN 206 – Betão: Especificação, desempenho, produção e conformidade;
- NP EN 13670-1 - Execução de estruturas de betão. Parte 1: Regras Gerais;
- NP EN 14199 – Execução de obras geotécnicas especiais: Microestacas;
- NP EN 1537 - Execução de obras geotécnicas especiais: Ancoragens;
- EN ISO 22447-5 – Geotechnical investigation and testing - Testing of geotechnical structures - Part 5: Testing of grouted anchors;
- EN 1536 - Execution of Special Geotechnical Works: Bored piles;
- EN 14490 - Execution of Special Geotechnical Works: Soil nailing;
- NP EN 197-1 - Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes;
- NP EN 197-2 - Cimento. Parte 2: Avaliação de conformidade;
- NP EN 13251 - Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a utilização em obras de terraplenagem, fundações e estruturas de suporte;
- NP EN 14487-1 - Betão projetado. Parte 1: Definições, especificações e conformidade;
- NP EN 14487-2 - Betão projetado. Parte 2: Execução;
- NP EN 14889-1 - Fibras para betão - Parte 1: Fibras de aço - Definições, especificações e conformidade;

- 
- NP EN 14488-5 -Ensaio do betão projetado - Parte 5: Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras;
  - NP EN 445 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio;
  - NP EN 446 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos para injeção;
  - NP EN 447 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes.

## 4 DADOS DE ENTRADA

Os documentos considerados como elementos de entrada associados a esta obra são os seguintes:

### 4.1 Documentos do programa preliminar

- Procedimento – Proc. n.º 125/2022-DLO/ML;
- Programa Preliminar, Tomo IV – Estruturas, Volume 2 – Obras Especiais, 5 – Obra Especial 5:
  - Memória Descritiva e Justificativa - “LVSSA ML PP STR TUN OE5 MD 088001 0”;
  - Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088000 A” a “LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088103 0”);
- Respostas aos Esclarecimentos do procedimento “Resposta Esclarecimentos\_Proc. 125\_2022”

### 4.2 Estudo Prévio apresentado em fase de concurso

- Memória Descritiva e Justificativa: Tomo IV – Volume 2 – Obras Especiais “LVSSA CBJ EP STR TUN OE5 MD 088001 0”;
- Peças desenhadas: Tomo IV – Volume 2 – Obras Especiais “LVSSA CBJ EP STR TUN OE5 DW 088000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN OE5 DW 088103 0”;
- Estudo Geológico – Geotécnico: Tomo II – Volume 2

### 4.3 Levantamento topográfico e arquitetónico complementar

Sempre que a informação existente não se mostre adequada ou suficiente, serão previstos trabalhos de levantamento topográfico e/ou arquitetónicos complementares, que servirão de base para a elaboração do Projeto.

### 4.4 Cadastros

No desenvolvimento do projeto, serão consideradas todas os dados relativos à informação cadastral disponível, nomeadamente no que se refere a estruturas e infraestruturas adjacentes à zona de intervenção.

## 5 CONDICIONAMENTOS AO PROJETO

Os principais condicionamentos são os já identificados em fase de Estudo Prévio, entre os quais se referem os seguintes:

### 5.1 Traçado

A solução estrutural adotada e os processos e faseamentos construtivos previstos encontram-se compatibilizados com o projeto do traçado da linha definido no Programa Preliminar e Estudo Prévio.

O traçado da via, bem como a sua implantação no interior das muralhas do Baluarte do Livramento, foram aspetos chave que condicionaram a implantação do túnel, assim com as soluções construtivas a adotar.

A profundidade a que está colocado o P.B.V. (Plano Base da Via) relativamente à superfície foi parte condicionante da solução estrutural bem como do faseamento construtivo.

### 5.2 Geológicos e Geotécnicos

Os condicionamentos Geológicos e Geotécnicos, são descritos no Estudo Geológico-Geotécnico (Tomo I – Volume 6 do Projeto de Execução).

### 5.3 Desvios de circulação

Ao longo da duração da obra os estaleiros e áreas reservadas para acesso às obras, que interfiram com a circulação existente, serão demarcadas como áreas temporárias de ocupação com os consequentes desvios de trânsito.

Os desvios de circulação serão objeto de projeto autónomo, apresentado no Capítulo 08 deste Volume.

Os estaleiros são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo I – Geral, Volume 9 – Estaleiros ao Longo da Linha.

Tendo em conta a localização da OE5, apenas se prevê o carte da Calçada do Livramento, contudo, serão sempre asseguradas as vias de circulação mínimas previstas no estudo prévio, assim como os acessos às garagens adjacentes.

### 5.4 Ocupação de superfície e de subsolo

A execução a céu aberto de toda a estação e dos respetivos acessos interfere com as redes de infraestruturas existentes no subsolo (águas, esgotos, eletricidade, telecomunicações e gás). As infraestruturas serão objeto de desvios provisórios/definitivos ou eventual suspensão, de modo a compatibilizar-se com o faseamento construtivo proposto.

Os serviços afetados são objeto de projeto autónomo, apresentado no Capítulo 02 - Serviços Afetados, deste Volume.

### 5.5 Interferências

Existente na zona de implantação da obra um conjunto de estruturas, denominadas interferências, que, pela sua natureza e/ou proximidade serão alvo de análise cuidada para

avaliação de potenciais danos causados pelos trabalhos de escavação. Refere-se ainda que existe um conjunto significativo de construções que serão demolidas, em particular as 380, 381 e 382.

A avaliação de danos em interferências ao longo do traçado, assim como a definição de critérios de danos em estruturas ou infra-estruturas situadas na vizinhança da obra, encontra-se desenvolvida no Tomo I – Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha.

Sempre que a avaliação de danos assim o determinar, as estruturas ou infraestruturas adjacentes serão alvo de intervenção de reforço tratada em projeto autónomo.

## 5.6 Implantação

A implantação da obra respeita integralmente os requisitos definidos no Programa Preliminar, tendo os mesmos sido também desenvolvidos em fase de Estudo Prévio.

A referida implantação foi ainda definida por forma a minimizar as interferências com as interferências 383 e 384 e com o alçado Poente do Baluarte do Livramento.

## 5.7 Segurança

A atividade de prevenção de riscos profissionais apresenta uma matriz de referência baseada num conjunto de princípios gerais de prevenção:

1. Evitar os riscos;
2. Avaliar os riscos que não possam ser evitados;
3. Combater os riscos na origem;
4. Adaptar o trabalho ao trabalhador;
5. Ter em conta o estado de evolução técnica;
6. Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;
7. Planificar a prevenção;
8. Dar prioridade à prevenção coletiva em relação à individual;
9. Dar formação e instruções adequadas aos trabalhadores.

Estes princípios que devem nortear a ação de todos os intervenientes durante todo o processo de construção serão respeitados no desenvolvimento do presente Projeto, sendo nesta fase que se inicia a elaboração do respetivo Plano de Segurança e Saúde.

## 5.8 Arquitetura

O Projeto respeita todos os requisitos arquitetónicos definidos no Programa Preliminar e procurará atingir as soluções técnicas mais adequadas que cumpram os requisitos definidos no Programa Preliminar de Arquitetura, já vertidos no Estudo Prévio apresentado em fase de concurso.

---

## 5.9 Compatibilidade com outras especialidades

O Projeto de Execução está compatibilizado com o Projeto de Execução de Arquitetura e com as restantes especialidades.

- Tomo I – Geral, Volume 2 – Traçado;
- Tomo I – Geral, Volume 3 – Via-Férrea;
- Tomo I – Geral, Volume 4 – Coluna seca;
- Tomo III – Obras Especiais, Volume 3 – Flúidos;
- Tomo III – Obras Especiais, Volume 4 – Energia;
- Tomo III – Obras Especiais, Volume 5 – Telecomunicações;
- Tomo III – Obras Especiais, Volume 6 – Mecânica;

O presente Projeto de Execução encontra-se ainda compatibilizado com os requisitos técnicos do ML, como o caderno de encargos técnico e os demais requisitos definidos no procedimento.

## 5.10 Ambiente

O projeto do “Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara” está sujeito a Avaliação de Impacte Ambiental, tendo sido desenvolvido um Estudo de Impacte Ambiental e emitida uma Declaração de Impacte Ambiental (DIA) que determina uma Decisão Favorável Condicionada ao cumprimento dos termos e condições expressas na DIA (processo de AIA n.º 3462), na qual se identificam as medidas de minimização gerais a implementar em fase de construção, a serem complementadas em fase do Projeto de Execução com a realização do Relatório de Conformidade Ambiental com o Projeto de Execução (RECAPE).

## 6 MODELO GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO

No Projeto de Execução, a abordagem ao modelo geológico assentou na informação do Programa Preliminar patenteado a concurso e nos trabalhos de prospeção já realizados e a decorrer neste momento. Na Figura 1 apresenta-se imagem do modelo geológico então adotado para a zona da Obra Especial 5.

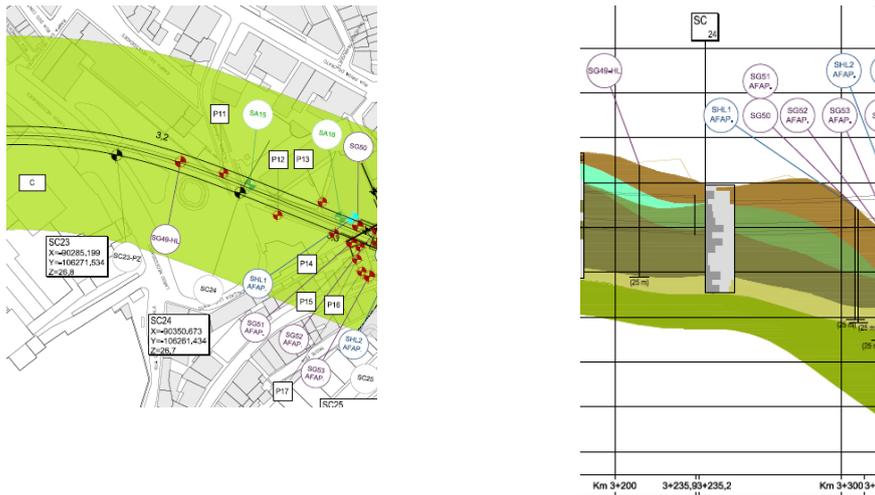


Figura 1 – Modelo geológico-geotécnico na zona da Obra Especial 5

As unidades atravessadas, representadas em perfil, são as indicadas na Figura 2.

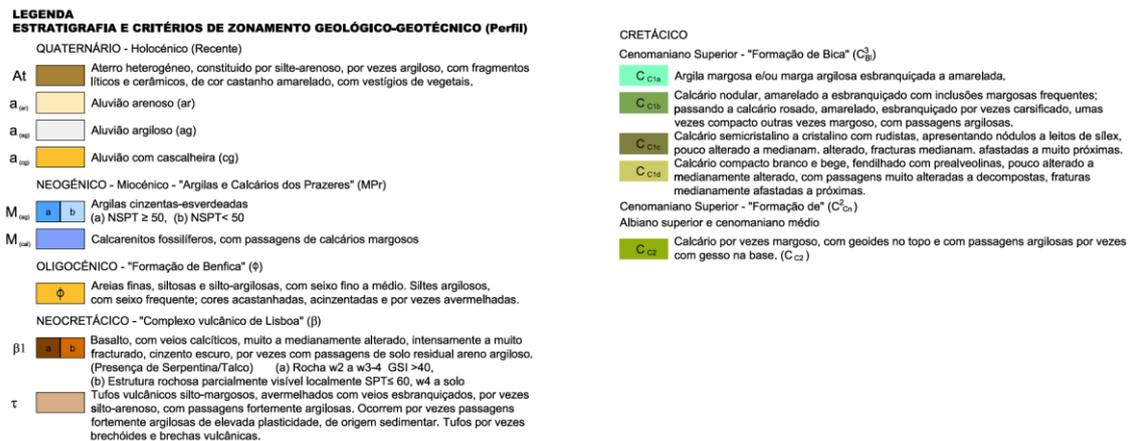


Figura 2 – Legenda das unidades representadas no Perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia

Conforme se ilustra acima na Figura 1, a Obra Especial 5 interseta uma cobertura de aterro com uma espessura média aproximada de 10 m. Dada a proximidade da obra ao vale de alcântara, existe possibilidade da ocorrência de solos aluvionares a Oeste, subjacentes à camada de aterro que carecem de confirmação após a realização da prospeção complementar prevista. Subjacente a esta camada ocorre a "Formação da Bica", constituída pelas unidades Cc1a (correspondente essencialmente a argilas margosas e margas argilosas) cuja espessura vai reduzindo no sentido crescente dos km's do traçado; Cc1b (calcário nodular) e Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas). Abaixo desta, encontra-se ainda a "Formação de

---

Caneças “constituída pela unidade CC2, correspondente essencialmente a calcários margosos com passagens argilosas.

Relativamente à presença de água subterrânea, considerou-se a seguinte posição para o nível de água:

- Na proximidade do vale de Alcântara e na presença de aluvião, entre os **pk's a 3+150 a 3+600**, nível de água à cota +2,50 m (Nota: Praia mar corrente à cota +1,62 m);

O nível de água anterior é indicativo sem prejuízo da possível existência local de níveis de água suspensos.

## 7 MATERIAIS

### 7.1 Estruturas provisórias

As características dos materiais a adotar para as estruturas provisórias encontram-se resumidas nas tabelas seguintes.

Tabela 1 – Suporte Primário. Características dos materiais (1/2)

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
BETÃO	BETÃO PROJETADO (VIA HÚMIDA)	C30/37 XC4(P) CL 0,4 DMAX.10 S5
	BETÃO MOLDADO EM GERAL	C30/37 XC4(P) CL 0,4 DMAX.22 S3
	BETÃO EM ESTACAS	C30/37 XC4(P) CL 0,4 DMAX.15 S4
	REGULARIZAÇÃO/ENCHIMENTO	C12/15 X0(P) CL 1.0 DMAX.25 S3
CALDA DE CIMENTO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 7 DIAS	$f_{ck}$ MÍN. = 25 MPa
FIBRAS METÁLICAS	COMPRIMENTO (EXTREMIDADE COM GANCHO)	< 35 MM
	ESBELTEZA, L/D	65
	CLASSE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA:	E700
FIBRA DE VIDRO	RESISTÊNCIA À TRACÇÃO	$\geq 2000$ MPa
	CARGA NOMINAL DE ROTURA	430 kN
AÇO	CHAPAS E PERFIS METÁLICOS	S 355 JR
	PRE-ESFORÇO	EN 10138-3-Y1860S7-15,7-F1-C1
	CAMBOTAS TRELIÇADAS	A 500NR
	REDE ELETROSSOLDADA	A 500ER
	ENFILAGENS	S 355 JR
	MICROESTACAS	N80 API 5A
	Elementos de fixação metálica	CLASSE 8.8
PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO	CARGA MÍNIMA DE CEDÊNCIA	$P_y = 130$ kN
	TIPO DE AÇO	S 355 MC
No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no EC3 e NP EN 1090		

Tabela 2 – Suporte Primário. Características dos materiais (2/2)

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
GEODRENOS	TUBO DE POLIETILENO RÍGIDO, CORRUGADO E RANHURADO	SN2
GEOTÊXTIL DO GEODRENO	MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 9864)	150 g/m <sup>2</sup>
	MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 9864)	2 mm
	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (EN ISO 10319)	4,5 KN/m
	ALONGAMENTO À CARGA MÁXIMA (EN ISO 10319)	80 %
	PUNÇOAMENTO ESTÁTICO (EN ISO12236)	≥ 700 N
	RESISTÊNCIA À PERFURAÇÃO DINÂMICA (EN 918)	≤ 28 mm
	DURABILIDADE	[DURAÇÃO ESTIMADA DE, NO MÍNIMO, 25 ANOS EM TERRENO COM 4 < PH < 9 E TEMPERATURAS < 25°C (TEMPO DE EXPOSIÇÃO MÁXIMO DE 1 SEMANAS APÓS INSTALAÇÃO)]

Tabela 3 – Estruturas provisórias. Recobrimentos nominais das armaduras

Recobrimentos Nominais (**)	
Elemento	Recobrimento nominal
Estacas	75 mm
Vigas de coroamento e distribuição	35 mm

(\*) - Recobrimento mínimo + Margem de cálculo para as tolerâncias de execução = Recobrimento nominal.

## 7.2 Estruturas definitivas

As características dos materiais adotados para as estruturas definitivas da estação encontram-se apresentadas nas tabelas seguintes.

Tabela 4 – Estruturas definitivas. Características dos materiais – Betão

Materiais	Localização	Classe de Resistência	Classe de exposição	Cl. teor de cloretos	D <sub>max</sub> (mm)	Classe de Consistência
<b>Betão</b> ( <i>in situ</i> )	Regularização	C12/15	X0	CL 1,00	25	S3
	Estrutura interior em ambiente seco (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37	XC1	CL 0,40	25	S3
	Estrutura interior em zonas húmidas – zonas com sanitários (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37	XC3	CL 0,40	25	S3
	Estrutura exterior (revestimento definitivo das paredes de contenção periférica, laje de fundo, laje de cobertura e elementos expostos à intempérie)	C30/37	XC4	CL 0,40	25	S3
	Enchimento	C20/25	X0	CL 1,00	25	S3
	Elementos pré-esforçados	C40/50	XC4	CL 0,20	25	S3

### Notas:

As betonilhas de enchimento a realizar para o assentamento dos revestimentos dos pisos e para a formação de pendentos nas lajes internas deverão ter um peso específico máximo de 15 kN/m<sup>3</sup>.

Tabela 5 – Estruturas definitivas. Características dos Materiais – Aço estrutural

Materiais	Localização	Classe de resistência
<b>Aço</b> <b>Estrutural</b>	Armaduras ordinárias	A500 NR SD
	Armaduras pré-esforço	EN 10138-3-Y1860S7-15,7-F1-C1
	Malha eletrossoldada	A500 EL
	Estruturas metálicas (chapas e perfis)	S355 JR
	Parafusos / Pernos	Classe 8.8/10.9
	Porcas	Classe 8/10

Tabela 6 – Estruturas definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras

Recobrimentos Nominais (*) (**)		
	Elemento	Recobrimento nominal
<b>Recobrimentos a Garantir de Acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais</b>  <b>Vida Útil Considerada: 100 Anos</b> <b>Estabilidade ao Fogo: R120</b>	Lajes elevadas e escadas	40 mm
	Paredes interiores	40 mm
	Pilares e Vigas	45 mm
	Paredes de Contenção	45 mm
	Laje de fundo	45 mm
	Lajes de cobertura enterradas	45 mm
	Vigas pré-esforçadas na cobertura	60 mm
	Vigas pré-esforçadas interiores	55 mm

(\*) - Recobrimento mínimo + Margem de cálculo para as tolerâncias de execução = Recobrimento nominal.

(\*\*) - Em elementos inferiores a 0.25 m o recobrimento é reduzido em 0.005 m, devendo ser garantidos os recobrimentos mínimos definidos na EN 10080.

## 7.3 Sistemas de impermeabilização

De forma a cumprir as exigências de estanqueidade definidas no Caderno de Encargos, a Estação Campolide/Amoreiras deverá apresentar um desempenho correspondente à classe 2 de BTS (2010)(1) complementada com as recomendações STUVA (Haack, 1991(2)) para a mesma classe.

Neste enquadramento, para a impermeabilização das estruturas executadas a céu aberto será adotado o sistema de impermeabilização abaixo apresentado.

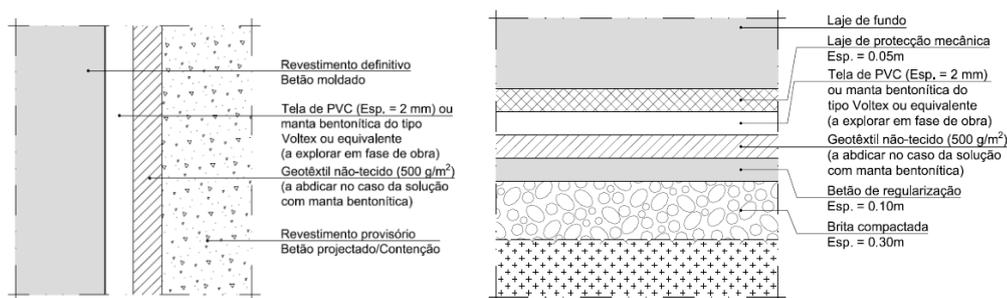


Figura 3 - Sistema de impermeabilização do revestimento definitivo das estruturas executadas a céu aberto

Propõe-se ainda, para as estruturas executadas a céu aberto, a utilização de um sistema de impermeabilização à base de telas bentoníticas armadas com armadura de poliéster do tipo Voltex DS ou similar, protegidas a polietileno e geotêxtil, e com cordões hidroexpansivos em todas as juntas construtivas.

---

## 8 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

### 8.1 Tempo de vida útil

Tendo em conta o preconizado no ponto 2.3 do Anexo Nacional da NP EN 1990, a estrutura é classificada com sendo uma estrutura de categoria do tempo de vida útil de projeto 5, a qual corresponde um valor indicativo de tempo de vida útil de projeto de 100 anos.

### 8.2 Classificação da obra de acordo com a sua importância

A classificação da obra de acordo com a sua importância é realizada de acordo com o especificado no Anexo Nacional da EN 1990.

Tendo em conta a definição das classes de consequências apresentada no quadro B.1 da EN 1990, ao Túnel é parte integrante de uma infraestrutura cujo colapso representa “consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais muito importantes”, pelo que se classificam como sendo da classe de consequência CC3.

### 8.3 Classificação do Tipo de Terreno segundo a NP EN 1998

No que se refere à sismicidade, os sismos que afetam o território nacional têm duas fontes de geração distintas:

- Sismicidade interplaca - associada à fronteira das placas Eurasiática e Africana, gerada na Zona de fratura Açores-Gibraltar, com registo de sismos de magnitudes elevadas (1755 e 1969);
- Sismicidade intraplaca - associada a movimentos ao longo de estruturas de ressonância no interior da placa Eurasiática resultantes da acumulação de tensões e desenvolvimento de deformações, originando sismos de magnitudes moderadas (1909).

Considerando todos os sismos históricos e instrumentais registados, segundo dados compilados e interpretados pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG), as intensidades sísmicas terão atingido na zona em estudo o valor IX, segundo a escala de Mercalli modificada.

De acordo com o estipulado na norma NP EN 1998-1: 2010 (EC8) e no respetivo Anexo Nacional NA, por afetação simultânea do território com perturbações dinâmicas com origem interplacas e intraplacas, a zona em análise encontra-se localizada nas Zonas Sísmicas classificadas como 1.3 e 2.3, para a Ação Sísmica Tipo 1 e Ação Sísmica Tipo 2, respetivamente.

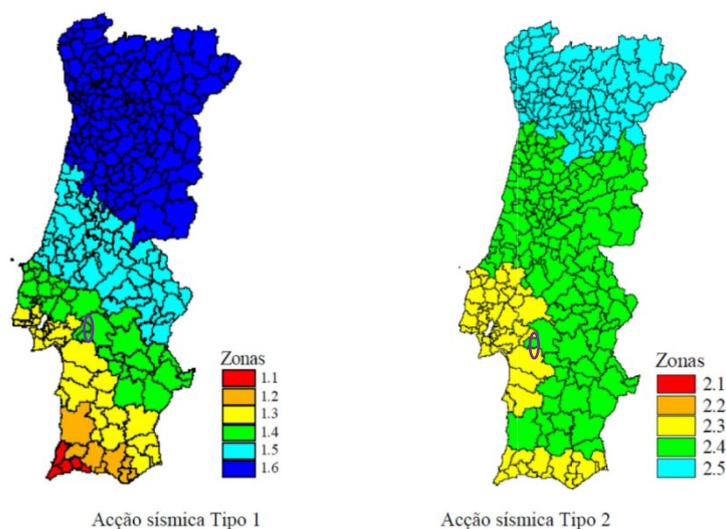


Figura 4 – Zonamento sísmico do território nacional de acordo com o Anexo Nacional NA da NP EN 1998-1:2010

Os valores da aceleração máxima de referência de projeto, para cada uma das zonas sísmicas em função dos dois tipos de atividade sísmica a considerar, são os indicados na tabela seguinte.

Tabela 7 – Aceleração máxima de referência de projeto  $a_{gR}$  (m/s<sup>2</sup>) nas várias zonas sísmicas

Ação sísmica tipo 1 (afastada)		Ação sísmica tipo 2 (próxima)	
Zona Sísmica	$a_{gR}$ (m/s <sup>2</sup> )	Zona Sísmica	$a_{gR}$ (m/s <sup>2</sup> )
1.1	2,5	2.1	2,5
1.2	2,0	2.2	2,0
<b>1.3</b>	<b>1,5</b>	<b>2.3</b>	<b>1,7</b>
1.4	1,0	2.4	1,1
1.5	0,6	2.5	0,8
1.6	0,35	---	---

De acordo com este zonamento sísmico, os valores de aceleração máxima de referência a considerar na obra,  $a_{gR}$ , correspondentes a um período de retorno de 475 anos, são de 1,5 m/s<sup>2</sup> (Zona Sísmica 1.3 e Ação Sísmica Tipo 1) e de 1,7 m/s<sup>2</sup> (Zona Sísmica 2.3 e Ação Sísmica Tipo 2). Visando ter em conta a influência das condições locais do solo na ação sísmica, o EC8 considera os tipos de terreno indicados na Tabela abaixo, para definição dos espectros de resposta elásticos a utilizar em cada zona sísmica.

Tabela 8 – Tipos de Terreno segundo o EC8

Classe de solo	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros		
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$	$C_u$ (kPa)
A	Rocha ou formação geológica rochosa, que inclua, no máximo 5m de material mais fraco à superfície	> 800	-	-
B	Depósitos de areia muito densa, cascalho ou argila muito rija com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas em profundidade	360 – 800	> 50	> 250

Classe de solo	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros		
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$	$C_u$ (kPa)
C	Depósitos profundos de areia de densidade média a elevada, de cascalho ou de argila dura, com espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Depósitos soltos de solos não coesivos (com ou sem ocorrência de algumas camadas coesivas brandas), ou de solos coesivos predominantemente de fraca a média consistência	< 180	< 15	< 70
E	Perfil de solo com um nível aluvionar superficial com $V_s < 360$ m/s e espessura variando entre 5 e 20 m, sobrejacente a um nível mais rígido (com $V_s > 800$ m/s)	< 360		
S <sub>1</sub>	Depósitos consistindo ou contendo uma camada com pelo menos 10m de espessura – de argilas ou siltes brandos com elevado índice de plasticidade ( $IP > 40$ ) e elevado teor em água	< 100 (indicativo)	-	10 – 20
S <sub>2</sub>	Depósitos de solos com potencial de liquefação, ou argilas sensíveis, ou outros perfis não incluídos nos tipos anteriores			

A classificação do tipo de terreno segundo a NP EN 1998 será feita ponderando os valores de  $N_{SPT}$  das sondagens, da coesão não drenada.  $S_u$  obtida através dos ensaios de campo e das medições da velocidade das ondas de corte,  $V_s$  (m/s), obtidas diretamente dos resultados dos ensaios *in situ*, como os “*crosshole*” e SCPTu. Na fase de Projeto de Execução recorre-se aos ensaios existentes, ou seja, SPT’s e medição da velocidade das ondas de corte.

Tendo em conta as características e a sequências das unidades geológicas presentes na zona da Obra Especial 5, considera-se que deverá ter o adotado o perfil correspondente ao Classe de Solo Tipo A.

## 8.4 Classe de inspeção

De acordo com a norma NP EN 13670 – 1 anexo G, quadro G.1, a estrutura da estação enquadra-se na classe de inspeção 3, para betão moldado.

## 8.5 Classe de fiabilidade

A Classe de Fiabilidade é definida de acordo com o anexo nacional da NP EN 1990. Tendo em conta que a obra definitiva é da classe de consequência CC3, de acordo com o ponto B.3.2 do Anexo B, fixa-se a classe de fiabilidade RC3 para a obra.

De acordo com a NP EN 1990, a classe de fiabilidade RC3 pode ser garantida através da combinação das medidas definidas nas alíneas c), d) e e) do ponto 2.2 (5), nomeadamente:

- c) medidas relacionadas com a gestão da qualidade;
- d) medidas destinadas a reduzir erros de projeto e de construção da estrutura, e erros humanos grosseiros;
- e) outras medidas relacionadas com as seguintes questões de projeto:
  - os requisitos gerais;
  - o grau de robustez (integridade estrutural);
  - a durabilidade, incluindo a escolha do tempo de vida útil de projeto;
  - a extensão e a qualidade das prospeções preliminares dos solos e as possíveis influências ambientais;
  - o rigor dos modelos mecânicos utilizados;
  - as disposições construtivas.

No presente projeto, encontram-se implementadas as medidas indicadas nas alíneas c) e d) acima, de acordo com o preconizado na alínea (b) do ponto B.1 e os procedimentos definidos nos pontos B.4 e B.5 do anexo B do EC0, nomeadamente:

- Nível de supervisão de projeto, DSL3, compatível com a classe de fiabilidade RC3, traduz-se num requisito de supervisão alargada, realizada por uma entidade distinta da que elaborou o Projeto;
- Nível de inspeção durante a execução, IL3, compatível com a classe de fiabilidade RC3, traduz-se num requisito de inspeção alargada, realizada por terceiros (Fiscalização da Empreitada de Construção).

Complementarmente, tendo em consideração a fixação do tempo de vida útil de projeto de 100 anos, o plano de prospeção geológico-geotécnica complementar previsto para a empreitada, a robustez das estruturas definitivas (nomeadamente a não integração e consideração de estruturas de contenção provisória nas estruturas definitivas) e outras disposições construtivas, tais como a adoção de sistemas de impermeabilização, conjugadas com as especificações técnicas que integram as Cláusulas Técnicas do Caderno de Encargos, garante-se também a classe de fiabilidade RC3 no que se refere ao cumprimento das medidas indicadas da alínea e) acima. Nas situações omissas, que forem posteriormente identificadas, poderão ser elaboradas especificações técnicas e ensaios de verificação complementares aos já previstos no CE.

## 8.6 Categoria geotécnica da obra associada às estruturas de contenção

A NP EN 1997-1:2010 estabelece-se a Categoria Geotécnica (CG1, CG2 ou CG3) do projeto em função da sua complexidade e classe de consequências.

Tendo em conta a definição das classes de consequências apresentada no quadro B.1 da NP EN 1990, o túnel em NATM faz parte integrante de uma infraestrutura cujo colapso representa “consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais medianamente importantes” (CC3), considera-se ainda que o grau de complexidade do projeto geotécnico é médio. Assim, para uma classe de consequências CC3, para uma complexidade do projeto geotécnico médio, atribui-se a Categoria Geotécnica 3 (CG3), de acordo com o Quadro IV do Anexo Nacional da NP EN 1997-1:2010.

## 8.7 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas

### 8.7.1 Estações subterrâneas

A estação subterrânea apresenta desempenho correspondente à classe 2 de BTS (2010)(1) complementada com as recomendações STUVA (Haack, 1991(2)) para a mesma classe.

O sistema de revestimento garante que a superfície interior se mantenha essencialmente seca, admitindo-se apenas, como manifestações de humidade, a existência de pequenas manchas isoladas. O contacto de mão seca com a mancha não deverá detetar água superficial. Igualmente um papel colocado sobre a mancha não deverá apresentar alteração cromática por via de absorção de água.

Esta exigência limita o influxo médio (espacial) diário de água a 0,1 litros/m<sup>2</sup> em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,05 litros/m<sup>2</sup> em troços com comprimento de referência de 100 m. Para aplicação do primeiro limite, os troços de 10 m deverão ser pontuais, com carácter esporádico.

Para a circunscrição dos eventuais defeitos do sistema de impermeabilização e dos trabalhos de reparação será efetuada a compartimentação transversal e, se necessário, longitudinal do sistema de impermeabilização. A área máxima de cada compartimento será de 360 m<sup>2</sup>. A compartimentação transversal será conseguida pela solidarização de perfis extrudidos flexíveis à geomembrana impermeabilizante ao longo do perímetro das galerias. Para a eventual compartimentação longitudinal, em troços localizados, os perfis serão colocados segundo o eixo da galeria num alinhamento superior (abóbada) e em alinhamentos inferiores (juntas de betonagem no arranque dos hasteais). No poço principal aplicam-se os princípios acima enunciados relativamente à compartimentação do sistema de impermeabilização, com as devidas adaptações.

### 8.7.2 Requisitos legais de proteção de águas subterrâneas

Regra geral a Lei de Proteção da Água exige que os níveis de água existentes no subsolo sejam mantidos e que a água subterrânea seja mantida sem contaminação; uma consequência direta do cumprimento destas exigências é a impossibilidade de rebaixamento permanente do lençol freático, sempre que possível.

Assim, qualquer desvio de água subterrânea deve ser limitado ao período de construção e os volumes desviados devem ser limitados por forma a garantir a plena recuperação do nível inicial do lençol freático.



---

## 9 SITUAÇÕES DE PROJETO

### 9.1 Persistentes

No dimensionamento estrutural da estação, serão consideradas as situações de projeto persistentes, correspondentes a condições normais de utilização, nomeadamente em cenários de estado limite último e estado limite de serviço.

### 9.2 Transitórias

No dimensionamento estrutural e geotécnico das contenções provisórias serão consideradas as situações de projeto transitórias, correspondentes a condições temporárias e outras condições relacionadas com o faseamento construtivo da obra.

### 9.3 Acidentais

No dimensionamento da estrutura definitiva serão consideradas as situações de projeto acidentais, correspondentes a condições excecionais aplicáveis às estruturas, nomeadamente a ação do incêndio.

### 9.4 Sísmica

No dimensionamento da estrutura provisória, face ao seu reduzido período de viga útil, não serão consideradas as situações de projeto sísmicas.

No dimensionamento da estrutura definitiva serão consideradas as situações de projeto sísmicas, correspondentes a condições aplicáveis à estrutura quando sujeita a ação dos sismos.

---

## 10 PROJETO GEOTÉCNICO DO SUPORTE PRIMÁRIO

### 10.1 Metodologia de Cálculo

Com a vista à análise das tensões e deformações experimentadas pelo maciço ao longo das várias fases de execução da obra e as situações mais condicionantes para o dimensionamento estrutural, é realizada uma análise tensão deformação recorrendo a modelos numéricos bidimensionais, tendo sido utilizando o programa de cálculo automático Plaxis 2D.

Para a definição do modelo concebeu-se uma malha de elementos finitos, triangulares de quinze nós, tendo esta sido refinada a zona próxima da escavação. A modelação numérica foi efetuada considerando estado plano de deformação, com campo de tensões definido com base nos impulsos em repouso definidos do estudo geológico e geotécnico.

Os modelos de cálculo permitem a modelação de todas as fases construtivas relevantes, metodologia essencial na análise deste tipo de estruturas, tendo sido obtidos como resultados, para além de deformações do maciço envolvente, os esforços nas estruturas de contenção em particular nas cortinas de estacas, assim como nas escoras e microestacas metálicas de travamento.

O comportamento mecânico das formações rochosas foi simulado por uma lei de comportamento elástico linear perfeitamente plástico, sendo a rotura controlada pelo critério de Mohr-Coulomb, sendo adotado o comportamento drenado para todos os materiais, admitindo todos os materiais como isotrópicos.

Já o comportamento mecânico das formações terrosas foi simulado por uma lei de comportamento não linear, que incorpora o endurecimento em função da história de tensões, sendo a rotura igualmente, controlada pelo critério de Mohr-Coulomb. Do mesmo modo, foi considerado o comportamento drenado para todos os materiais e admitido que todos os materiais são isotrópicos.

As fronteiras foram definidas de modo a abranger a quase totalidade da zona onde se faz sentir a alteração do estado de tensão e deformação causada pela abertura das escavações. Em cada fase de escavação foram retirados os elementos correspondentes e, subsequentemente instaladas as medidas de suporte primário preconizadas, de modo a reproduzir um faseamento construtivo previsto.

Um exemplo dos modelos de cálculo bidimensionais adotados para cada zona de escavação da estação encontra-se ilustrado na figura abaixo.

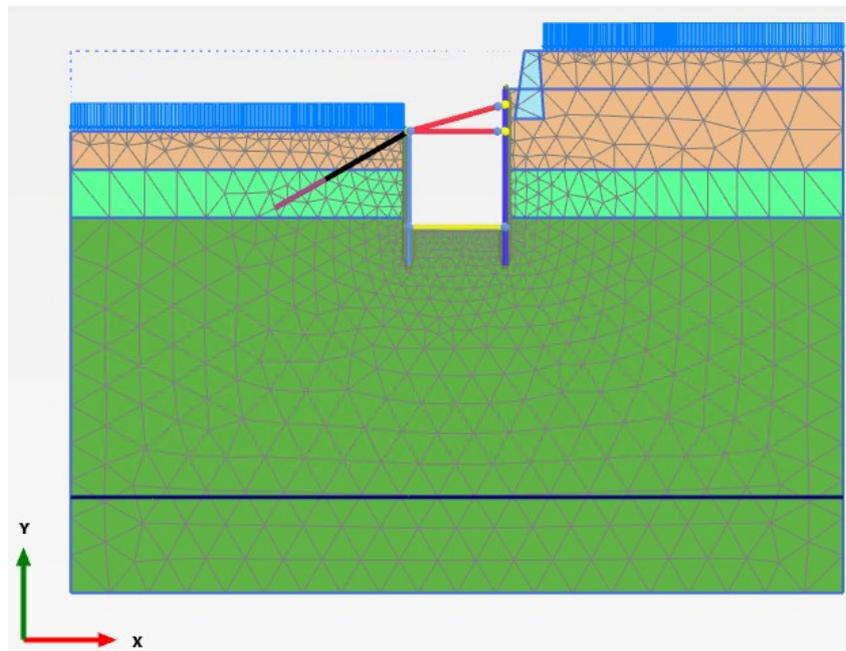


Figura 5 - Modelo de cálculo geotécnico - Plaxis 2D

No âmbito das análises numéricas, no que respeita às verificações de segurança e à determinação dos esforços de cálculo atuantes nos elementos estruturais a aplicação dos coeficientes parciais de segurança estabelecidos pelo EC7 será realizada através de ferramenta própria disponível no software utilizado (Design Approach).

## 10.2 Ações

As ações consideradas no projeto geotécnico das contenções provisórias foram definidas com base na regulamentação em vigor e no Normativo do Metropolitano. Encontram-se resumidas na Tabela 9.

Tabela 9 – Revestimento primário. Ações de dimensionamento

Ações	Valor/Observação
<b>CARGAS PERMANENTES</b>	–
Peso próprio	$\gamma_{bet\tilde{a}o} = 25 \text{ kN/m}^3$
<b>AÇÕES DO SOLO</b>	–
Peso de Terras	Carregamento resultante do peso de terras atuante em cada secção de cálculo. Adotaram-se os pesos específicos definidos na parametrização geotécnica (ver Tomo I – Volume 6 – Estudo Geológico Geotécnico).
Tensões do solo	Adotaram-se os coeficientes de impulso horizontal definidos na parametrização geotécnica (ver Tomo I – Volume 6 – Estudo Geológico Geotécnico).
<b>IMPULSOS DE ÁGUA</b>	–
Impulsos hidrostáticos	$\gamma_{\tilde{a}gua} = 10 \text{ kN/m}^3$ Nível freático definido para cada secção de cálculo. Adotaram-se os níveis definidos no Tomo I – Volume 6 – Estudo Geológico Geotécnico).
<b>SOBRECARGAS À SUPERFÍCIE</b>	–
Carga de ocupação à superfície	10 kN/m <sup>2</sup> por cada metro de profundidade
Carregamento imposto por edifícios (quando aplicável)	12 kN/m <sup>2</sup> (por piso, incluindo o peso próprio)

### 10.3 Combinações de Ações

As combinações de ações baseiam-se nas regras definidas na NP EN 1990. Consideram-se as seguintes combinações de ações:

#### 10.3.1 Estados Limite Últimos

**Combinação fundamental geral:**

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Em que:

$E_d$  - valor de cálculo do efeito das ações;

$\gamma_{G,j}$  – coeficiente parcial relativo à ação permanente j;

$G_{k,j}$  – valor característico da ação permanente j;

$\gamma_{Q,1}$  – coeficiente parcial relativo à ação variável de base de combinação 1;

$Q_{k,1}$  - valor característico da ação variável de base de combinação 1;

$\gamma_{Q,i}$  – coeficiente parcial relativo à ação variável i;

$\psi_{0,i}$  – coeficiente para a determinação do valor de combinação de uma ação variável;

$Q_{k,i}$  - valor característico da ação variável acompanhante i.

Em Portugal, as verificações respeitantes a estados limites últimos de rotura estrutural ou de rotura do terreno (STR/GEO) em situações persistentes ou transitórias devem ser efetuadas utilizando a Abordagem de Cálculo 1.

Assim, no presente projeto considerou-se a abordagem de cálculo 1 nos seguintes elementos:

- Combinação 1: A1 “+” M1 “+” R1.....(caso geral)
- Combinação 2: A2 “+” M2 “+” R1.....(caso geral)

Para a verificação da segurança aos estados limite serão considerados valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações, de acordo com o estipulado nas normas NP EN1990 e NP EN1991 (Tabela 10) e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes estados limites (Tabela 11 e Tabela 12).

Tabela 10 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações

Ação		Símbolo	STR/GEO	
			A1	A2
Permanentes	Desfavorável	$\gamma_G$	1,35	1,00
	Favorável		1,00	1,00
Variável	Desfavorável	$\gamma_Q$	1,50	1,30
	Favorável		0,00	0,00

Tabela 11 - Coeficientes parciais de segurança utilizados na minoração das propriedades do terreno

Parâmetro do solo	Símbolo	STR/GEO	
		M1	M2
Ângulo de atrito interno em tensões efetivas	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesão em tensões efetivas	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistência ao corte não drenada	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso volúmico	$\gamma_V$	1,00	1,00

Tabela 12 - Coeficientes parciais de segurança relativos aos materiais para os estados limites últimos

Material	Símbolo	Situações persistentes e transitórias
Betão	$\gamma_c$	1,50
Aço para cambotas metálicas e pregagens expansivas	$\gamma_s$	1,15

Os valores dos coeficientes parciais dos materiais para a verificação dos estados limites de utilização são iguais à unidade.

Para a verificação da segurança ao estado limite de levantamento global (UPL) serão considerados os valores dos coeficientes parciais de segurança:

Tabela 13 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações.

Ação		Símbolo	UPL
Permanentes	Desfavorável	$\gamma_{G,dst}$	1,00
	Favorável	$\gamma_{G,stb}$	0,90
Variável	Desfavorável	$\gamma_{Q,dst}$	1,50

Tabela 14 - Coeficientes parciais de segurança utilizados na minoração das propriedades do terreno.

Parâmetro do solo	Símbolo	UPL
Ângulo de atrito interno em tensões efetivas <sup>a)</sup>	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Coesão em tensões efetivas	$\gamma_{c'}$	1,25
Resistência ao corte não drenada	$\gamma_{Su}$	1,40
<sup>a)</sup> Este coeficiente é aplicado a $\tan \phi'$		

Para a verificação da segurança ao estado limite de levantamento hidráulico (HYD) serão considerados valores dos coeficientes parciais de segurança:

Tabela 15 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações.

Ação		Símbolo	HYD
Permanentes	Desfavorável	$\gamma_{G,dst}$	1,35
	Favorável	$\gamma_{G,stb}$	0,90
Variável	Desfavorável	$\gamma_{Q,dst}$	1,50

A verificação de segurança em relação aos estados limites últimos estruturais é garantida com base na seguinte condição:

$$S_d \leq R_d$$

em que  $S_d$  e  $R_d$  se designam respetivamente os valores de dimensionamento do esforço atuante e do esforço resistente.

Na consideração de um estado de limite de rotura ou de deformação excessiva de um elemento estrutural ou do terreno (STR ou GEO) deve ser feita a verificação de que:

$$E_d \leq R_d$$

em que  $E_d$  e  $R_d$  se designam respetivamente o valor de cálculo do efeito das ações e da capacidade resistente em relação a uma ação.

### 10.3.2 Estados Limite de Serviço

**Combinação característica:**

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

Em que:

$E_d$  - valor de cálculo do efeito das ações;

$G_{k,j}$  – valor característico da ação permanente  $j$ ;

$\psi_{2,i}$  – coeficiente para a determinação do valor quase-permanente de uma ação variável;

$Q_{k,i}$  - valor característico da ação variável acompanhante  $i$ .

Os coeficientes de redução  $\psi$  adotados são os definidos no Tabela 16:

Tabela 16 – Revestimento primário. Coeficientes de redução de ações

Ação	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecargas	0,70	0,50	0,30

Os valores dos coeficientes parciais dos materiais para a verificação dos estados limites de utilização são iguais à unidade.

Na verificação dos estados limites de utilização no terreno ou numa seção, elemento ou ligação estruturais deve ser satisfeita a expressão:

$$E_d \leq C_d$$

em que  $E_d$  e  $C_d$  se designam respetivamente o valor de cálculo do efeito das ações e o valor limite de cálculo do critério relevante de aptidão para a utilização. A avaliação dos deslocamentos verticais e horizontais para uma estrutura de contenção é realizada considerando a combinação.

## 10.4 Verificação da Segurança

### 10.4.1 Descrição geral

A verificação da segurança dos diversos elementos estruturais que constituem as soluções propostas foi efetuada de acordo com as disposições regulamentares, nacionais e internacionais, em vigor.

As referidas disposições regulamentares traduzem-se na aferição das dimensões médias dos elementos estruturais para um conjunto de situações de projeto a que corresponde uma expectável probabilidade de ocorrência dos estados limite.

Na verificação da segurança dos elementos estruturais dimensionados foi adotada a regulamentação nacional e internacional em vigor e, 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.

Com vista à verificação de segurança dos diversos elementos, as ações foram agrupadas nas seguintes combinações de ações:

Tabela 17 – revestimento primário. Combinações de ações consideradas nas verificações de segurança

Verificações de segurança	Combinação
Estados Limites Últimos (ELU)	Combinações fundamentais de ações
Estado Limite de Utilização (ELS)	Combinação característica de ações

Para a verificação da segurança aos estados limites referidos foram considerados valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes.

A verificação da segurança aos estados limites dos elementos de betão armado e elementos metálicos encontra-se resumida na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** e será e fetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1, NP EN 1993-1 e NP EN 1997-1.

Tabela 18 – Verificações de segurança associadas às contenções provisórias

	Tipo de verificação	
Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)	Cortina de estacas e microestacas verticais	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Microestacas	Estado limite de resistência da seção
		Estado limite último de capacidade de carga do terreno (atrito lateral)
	Escoras	Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento
	Vigas de coroamento e distribuição, em betão armado	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Vigas de distribuição metálicas	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Betão projetado	Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas		
Verificação da Segurança ao Estado	Cortina de estacas e cortina de microestacas	Deformação horizontal

Limite de Utilização (ELS)	Terreno envolvente	Assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação
----------------------------	--------------------	---

### 10.4.2 Estado Limite Último de resistência à flexão de elementos

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 atuante;

$M_{Rd}$  valor de cálculo da resistência máxima do elemento estrutural.

### 10.4.3 Estado Limite Último de resistência ao corte de elementos

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:

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

Em que:

$V_{Ed}$  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:

$\theta$  - ângulo das bielas de betão com o eixo do elemento;

$A_{sw}$  - área da armadura de esforço transversal;

$s$  - espaçamento da armadura de esforço transversal;

$z$  - para um elemento de altura constante, representa 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;

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.

## 10.4.4 Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento das escoras

No que respeita aos perfis horizontais, do tipo HEB, de acordo com o Eurocódigo 3, a verificação da segurança ao estado limite último de resistência à encurvadura pode ser assegurado de acordo com a seguinte condição:

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

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:

sendo:

$A_s$  - Área da secção transversal;

$f_y$  - Tensão de cedência do aço;

$\gamma_{M1}$  - Coeficiente parcial de segurança, considerado igual a 1,0;

$\chi$  - Fator de redução para o modo de encurvadura.

## 11 PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS

### 11.1 Metodologia de Cálculo

No dimensionamento estrutural e geotécnico da estrutura definitiva do túnel a análise estrutural foi realizada com base em modelos planos para o dimensionamento das secções representativas da secção do túnel.

Os modelos adotados foram realizados com recurso ao programa de elementos finitos SAP 2000, o qual permite modelar a secção bidimensional do túnel.

O túnel foi modelado através de elementos de barra apoiadas ao longo do seu contorno através de molas elásticas com valor da rigidez equivalente do solo confinante.

Com base no modelo consideram-se os esforços obtidos para se realizar as verificações de segurança dos elementos estruturais em relação aos estados limites últimos de rotura e aos estados limites de utilização. Os esforços resistentes foram, em geral, determinados a partir de folhas de cálculo ou, em alternativa, a partir de programas de cálculo automático.

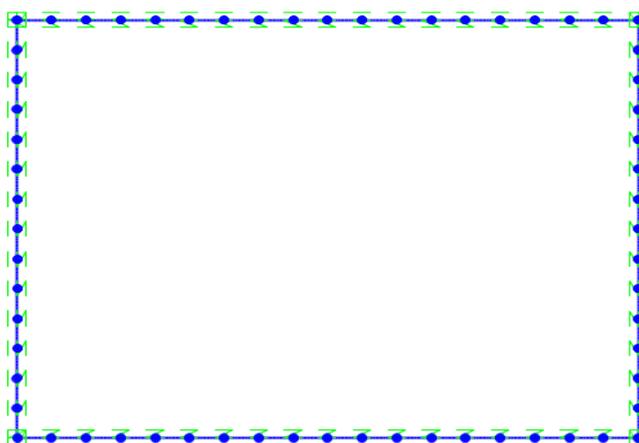


Figura 6 – Secção do Túnel do Metro (SAP 2000)

### 11.2 Ações

#### 11.2.1 Ações permanentes

##### 11.2.1.1 Peso próprio (PP)

Para a consideração do peso próprio da estrutura (PPE) foram adotados os seguintes pesos específicos, tendo em conta a geometria dos elementos:

Betão armado.....  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$

Aço Estrutural.....  $\gamma_s = 77 \text{ kN/m}^3$

##### 11.2.1.2 Restantes cargas permanentes (RCP)

Enchimento em betão simples .....  $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$

Enchimentos ou betonilha de pisos com betão leve .....  $\gamma_c = 15 \text{ kN/m}^3$

Revestimentos (inclui enchimentos, betonilhas e acabamentos):

- Espaços de circulação e permanência do público (zona 1) .....  $RCP_{zona1} = 2,8 \text{ kN/m}^2$
- Espaços de apoio à exploração (zona 2) .....  $RCP_{zona2} = 2,8 \text{ kN/m}^2$
- Instalações técnicas .....  $RCP_{zona3} = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Cobertura .....  $RCP_{cob} = 2,0 \text{ kN/m}^2$

Tetos falsos e/ou pequenas instalações técnicas sob lajes .....  $0,2 \text{ kN/m}^2$

Paredes divisórias não estruturais

- Panos de alvenaria simples, esp = 19 cm .....  $RCP_{par} = 2,1 \text{ kN/m}^2$

Equipamentos fixos

- Escadas rolantes (carga de faca em 1,5 m) .....  $RCP_{escrol} = 75 \text{ kN/m}$
- Elevadores .....  $RCP_{ele}$  (a definir de acordo com fornecedor)

### 11.2.1.3 Fluência e Retração (Ret)

Os efeitos de retração e fluência do betão são ações ao longo do tempo consideradas permanentes. As extensões devidas à retração e os coeficientes de fluência foram consideradas de acordo com o estipulado na regulamentação europeia, NP EN1992-1-1 para uma idade de 10 000 dias após o início da construção.

Foram considerados os seguintes parâmetros para a sua quantificação: Humidade relativa média de 70% e temperatura ambiente de 20°C.

Para quantificação dos esforços decorrentes desta deformação imposta considera-se o módulo de elasticidade do betão igual a metade do seu valor real e o coeficiente de dilatação térmica linear com valor:  $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ .

### 11.2.1.4 Impulso de Terras (It)

Foram considerados os impulsos de terreno, calculados tendo em conta as características geomecânicas dos maciços interessados (de acordo com o zonamento geotécnico apresentado).

Refere-se ainda que os diagramas de impulso de terras atuantes sobre as paredes da estrutura definitiva serão os resultantes do faseamento construtivo e, como tal, serão determinados com base nos modelos de interação solo-estrutura desenvolvidos para o cálculo das estruturas provisórias.

Com base no princípio indicado acima, prevê-se que os impulsos se aproximem dos valores do impulso em repouso nas zonas menos flexíveis da estrutura de contenção provisória e dos valores do impulso ativo, nas zonas de maior deformação da estrutura de contenção provisória.

### 11.2.1.5 Impulso Hidrostático (Iw)

Para a determinação dos impulsos hidrostáticos considera-se um peso específico da água de  $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ .

Tendo em conta a possível existência de níveis de água suspensos, considera-se para efeito de cálculo que na zona envolvente à estação, o nível de água se situe à cota 85,00.

## 11.2.2 Ações Variáveis

### 11.2.2.1 Sobrecargas de utilização (SC)

#### Sobrecarga geral (SC\_GER)

- Pisos zonas 1 e 2, categoria C3..... 5 kN/m<sup>2</sup>
- Escadas e elevadores..... 5 kN/m<sup>2</sup>

#### Sobrecarga pisos técnicos , zona 3, (SC\_TECN), inclui peso equipamento e maciço

- Zonas técnicas comuns, sala de ventilação, SET e Porão de cabos..... 10 kN/m<sup>2</sup>
- Zonas com transformadores ..... 20 kN/m<sup>2</sup>

**Sobrecarga de ocupação à superfície (SC\_ML) = 50 kN/m<sup>2</sup>**, com redução de 10 kN/m<sup>2</sup> por cada metro de profundidade.

**Sobrecarga de terrapleno, (SC\_Terr) ..... 10 kN/m<sup>2</sup>**

para a determinação dos impulsos de terras em muros e em laje de cobertura nas seções que apresentam pouca altura de terras.

**Sobrecarga Ferroviária (SC\_CT):** cargas transmitidas pelo material circulante, conforme definido no anexo ANX\_C4 – cargas MC ML.

O material circulante na linha do Metropolitano é formado por unidades triplas compostas por 2 motoras (M) e um reboque (R) com a formação MRM. Os veículos poderão ser constituídos por 2 unidades triplas, com a formação MRM-MRM.

Na Figura 7 apresenta-se o carregamento vertical correspondente a uma unidade tripla MRM, correspondente a um material circulante ML 90, definido ANX\_C4 – cargas MC ML

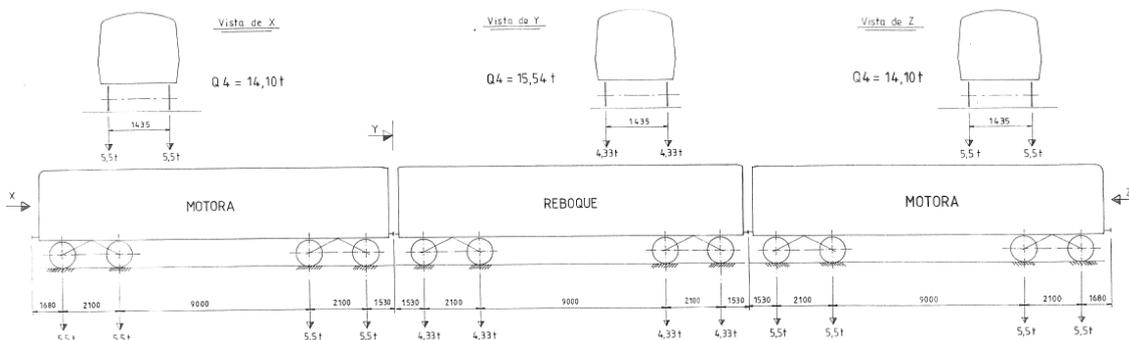


Figura 7 – Cargas transmitidas por uma formação MRM (extrato do ANX\_C4, ML 90)

Na análise estrutural considera-se a degradação das cargas do material circulante em profundidade ao longo do enchimento previsto sobre o revestimento definitivo.

### 11.2.2.2 Variação Uniforme da Temperatura (DTu)

As variações uniformes da temperatura a considerar, de acordo com o disposto na NP EN 1991-1-5, serão de extensão e contração, em relação à temperatura média anual do local.

Considerando o zonamento térmico de verão e inverno definido no Anexo Nacional, as obras encontram-se na Zona B, em que:  $T_{\min} = 0\text{ °C}$  e  $T_{\max} = 40\text{ °C}$ . Tratando-se de uma estrutura enterrada tem-se que  $T_1 = 25\text{ °C}$ ,  $T_2 = 18\text{ °C}$ ,  $T_7 = 15\text{ °C}$  e  $T_9 = 8\text{ °C}$ .

De acordo com o Anexo Nacional, se não existirem informações da temperatura inicial  $T_0$  de um elemento estrutural, pode ser considerado o valor de  $15\text{ °C}$ .

Assim, o valor característico da amplitude de contração máxima da componente da variação uniforme,  $\Delta T_{U,con}$  e o valor característico da amplitude máxima da componente da variação uniforme,  $\Delta T_{U,exp}$ , são considerados como:

$$\Delta T_{U,con} = \frac{T_2 + T_9}{2} - T_0 = -2\text{ °C} \quad \text{e} \quad \Delta T_{U,exp} = \frac{T_1 + T_7}{2} - T_0 = 5\text{ °C}$$

Toma-se metade do módulo de elasticidade tabelado para o betão, para o cálculo dos esforços, uma vez que se trata de uma ação lenta. Considera-se um coeficiente de dilatação térmica  $\alpha = 10 \times 10^{-6}/\text{°C}$ .

As estruturas enterradas não estão sujeitas às variações diária de temperatura, pelo que não foi considerada a variação diferencial de temperatura.

### 11.2.3 Ação Sísmica

O efeito do sismo nas estruturas enterradas (túneis e estações) materializa-se pela imposição de deslocamentos no seu contorno em resultado da propagação das ondas sísmicas, em parte influenciada pela presença das próprias estruturas e dos edifícios adjacentes. Estes deslocamentos impõem deformações na estrutura as quais, por sua vez, geram tensões e esforços de natureza sísmica.

Os deslocamentos podem ser calculados por uma análise integrada, com um modelo de propagação de ondas incidentes desde o firme rochoso sísmico subjacente, ou por uma análise simplificada através de um modelo em que se admitem conhecidos previamente os deslocamentos sísmicos impostos. No presente estudo foi seguida esta segunda metodologia.

A ação sísmica é definida com base no espetro de resposta elástico de aceleração constante do DNA da parte 1-1 do Eurocódigo 8 para as zonas sísmicas 1.3 e 2.3. No caso da definição da ação sísmica à superfície, é considerado o tipo de terreno segundo o critério definido no Quadro 3.1 da EN 1998-1. No caso da definição da ação sísmica a uma profundidade correspondente a um firme rochoso sísmico é considerado o tipo de terreno A.

O movimento sísmico é introduzido, com a consideração do efeito de radiação energética, ao longo da fronteira rígida inferior do modelo, tradicionalmente associada a velocidades de propagação de ondas de corte superiores a  $800\text{ m/s}$ . A consideração dos efeitos não lineares no comportamento dinâmico do terreno é garantida através da adoção do espetro de resposta elástico acima referido e da modelação da dependência das propriedades de deformabilidade e de amortecimento relativamente à deformação de corte (método linear equivalente).

A metodologia de análise incorpora as seguintes fases:

- Estudo bidimensional do maciço envolvente adotando uma estratificação realista, com consideração da não-linearidade através do método linear equivalente, que incluem a estrutura sob uma forma simplificada;
- Imposição estática, a um modelo estrutural tridimensional detalhado, do campo cinemático de distorção mais desfavorável obtido na análise anterior e cálculo dos correspondentes esforços nas estruturas subterrâneas.

De modo a ter em consideração o comportamento tridimensional da estrutura e, em particular, a existência de parede de elevada rigidez, será considerado o campo cinemático obtido a uma distância igual à profundidade de escavação (no modelo 2D) e o mesmo será aplicado a essa mesma distância (no modelo 3D) através da incorporação de barras com rigidez igual à do terreno;

- Consideração dos esforços de origem sísmica nas combinações de ações para situações de projeto sísmicas.

Foram seguidas as indicações do Anexo C7 – “Análise Sísmica de Estruturas Enterradas” das Cláusulas Técnicas (CET) do Caderno de Encargos, que indicam a metodologia de análise sísmica das estruturas enterradas, com a dependência das propriedades dinâmicas (deformabilidade ao corte e amortecimento) relativamente à amplitude de distorção sísmica (método linear equivalente) para a estimativa da deformada sísmica do terreno e da estrutura.

## **11.2.4 Ações Acidentais**

## **11.2.5 Incêndio**

Na verificação da segurança estrutural para a ação do fogo são considerados os seguintes critérios:

1. Manter a função de suporte de carga em pelo menos durante 120 minutos;
2. Limitação da propagação de fogo (chamas, gases quentes, excesso de calor).

Estes critérios são cumpridos adotando-se as disposições prescritas no EN 1992 1-2, no qual são apresentados valores tabelados (capítulo 5) que indicam as dimensões mínimas para elementos estruturais bem como os recobrimentos mínimos das armaduras.

No que se refere aos recobrimentos, os valores mínimos apresentados no quadro do capítulo 5 da EN 1992 1-2 são em geral inferiores aos mínimos necessários para garantir os requisitos de durabilidade.

Na

Tabela 6 acima, está representado o valor do recobrimento adotado com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

## **11.2.6 Movimentos das Fundações**

Na verificação da segurança associada às componentes do movimento das fundações dos edifícios e infraestruturas adjacentes, em particular as respeitantes aos assentamentos totais e relativos (diferenciais) e ainda às rotações relativas das fundações, foram seguidas as disposições prescritas na NP EN 1997-1.

O estudo será desenvolvido em projeto específico, apresentado no Tomo I – Geral, Volume 17 – Interferências ao longo da linha, da fase de Projeto de Execução.

## **11.2.7 Descarrilamento**

De acordo com a Parte 7 do Eurocódigo 1 (EN 1991-1-7:2006), as estruturas expostas a cargas de descarrilamento podem ser classificadas como classe A – estruturas perto da ferrovia

operacional que são permanentemente ocupadas ou temporariamente ocupadas por pessoas. Nesta categoria, e de acordo com a Tabela 4.4 da mesma norma, as forças de descarregamentos são nulas para estruturas a mais de 5 metros do centro do carril mais próximo e de 4000kN na direção longitudinal e 1500 na direção transversal se localizadas entre 3 e 5m do centro do carril.

Distance "d" from structural elements to the centreline of the nearest track (m)	Force $F_{dx}^a$ (kN)	Force $F_{dy}^a$ (kN)
Structural elements: $d < 3$ m	To be specified for the individual project. Further information is set out in Annex B	To be specified for the individual project. Further information is set out in Annex B
For continuous walls and wall type structures: $3 \text{ m} \leq d \leq 5$ m	4 000	1 500
$d > 5$ m	0	0

<sup>a</sup> x = track direction; y = perpendicular to track direction.

Figura 8 – Acção descarrilamento. Tabela 4.4 da EN1991-1-7:2006

Estas forças são independentes entre si, aplicadas a uma altura de 1,8m, e podem ser reduzidas em 50% para velocidade de tráfego rodoviário menor que 50km/h.

## 11.3 Combinações de Ações

### 11.3.1 Combinação de Ações para os Estados Limites Últimos (ELU)

As combinações de ações baseiam-se nas regras definidas na EN 1990. Consideram-se as seguintes combinações de ações:

#### Combinações fundamentais:

Para a verificação da segurança aos estados limites últimos de resistência, as combinações a considerar são (combinações fundamentais):

Em geral

$$S_d = \sum_{i=1}^n \gamma_{Gi} S_{Gik} + \gamma_Q \left[ S_{Q1k} + \sum_{j=2}^m \psi_{0j} S_{Qjk} \right]$$

Em que:

$S_{Gik}$  – esforços resultantes de ações permanentes consideradas com os seus valores característicos;

$S_{Q1k}$  – esforço resultante da ação variável base tomada com o seu valor característico;

$S_{Qjk}$  – esforços resultantes das restantes ações variáveis tomadas com os seus valores característicos.

$\gamma_{Gi}$  – Coeficiente de segurança a aplicar às cargas permanentes que toma o valor de 1,35, quando desfavorável ou valor de 1,0, caso contrário;

$\gamma_Q$  – Coeficiente de segurança a aplicar às ações variáveis que toma o valor de 1,50 as ações variáveis quando estas têm efeitos desfavoráveis, ou valor nulo caso contrário;

$\psi_0$  – Valor reduzido da ação variável  $i$ .

**Combinações acidentais:**

$$S_d = \sum_{i=1}^n S_{Gik} + S_{Fa} + (\psi_{1,1} \text{ ou } \psi_{2,1}) S_{Q,1} + \sum_{j=1}^m \psi_{2j} S_{Qjk}$$

Em que:

$S_d$  – Esforço de cálculo;

$S_{Q,1}$  – Esforço resultante de uma ação variável distinta da ação de base, tomada com o seu valor característico;

$S_{Fa}$  – Esforço resultante de uma ação de acidente, tomada com o seu valor característico;

O valor do coeficiente ( $\psi_{1,1}$  ou  $\psi_{2,1}$ )  $S_{Q,1}$  é definido em função da situação de projeto acidental correspondente (choque, incêndio ou a sobrevivência após uma situação de acidente).

**Combinações Sísmicas:**

No caso da ação variável de base ser a ação sísmica, cujos valores de cálculo dos esforços são designados por  $S_{Ed}$ , tem-se:

$$S_d = \sum_{i=1}^n S_{Gik} + S_{Ed} + \sum_{j=1}^m \psi_{2j} S_{Qjk}$$

Em que:

$S_d$  – Esforço de cálculo;

$\psi_2$  – Valor reduzido da ação variável  $j$ .

### 11.3.2 Combinação de Ações para os Estados Limites de Utilização (ELS)

Para a verificação da segurança aos estados limites de utilização as combinações a considerar são as seguintes:

**Combinação Característica de ações:**

$$S_{Carac} = \sum_{i=1}^n S_{Gik} + S_{Q1k} + \sum_{j=2}^m \psi_{1j} S_{Qjk}$$

**Combinação Frequente:**

$$S_{Freq} = \sum_{i=1}^n S_{Gik} + \psi_{11} S_{Q1k} + \sum_{j=2}^m \psi_{2j} S_{Qjk}$$

**Combinação Quase Permanente:**

$$S_{QPerm} = \sum_{i=1}^n S_{Gik} + \sum_{j=1}^m \psi_{2j} S_{Qjk}$$

Em que:

- $S_{Gik}$  – esforços resultantes de ações permanentes consideradas com os seus valores característicos;
- $S_{Q1k}$  – esforço resultante da ação variável considerada como ação de base da combinação, tomada com o seu valor característico;
- $S_{Qjk}$  – esforços resultantes das restantes ações variáveis tomadas com os seus valores característicos.
- $\psi_1$  e  $\psi_2$  – Valores reduzidos da ação variável  $j$ .

### 11.3.3 Coeficientes Parciais das Ações

Para determinação do valor de cálculo dos efeitos das ações das combinações de cálculo para avaliação da segurança aos estados limites últimos, as ações são majoradas pelos coeficientes parciais das ações apresentados nos quadros seguintes e que estão de acordo com o anexo A1 da Norma NP EN1990.

Tabela 19 – Coeficientes parciais das ações para estados limites últimos STR

COEFICIENTES PARCIAIS DAS AÇÕES PARA ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS STR ( $\gamma_F$ )			
AÇÕES		Situações Persistentes ou Transitórias	Situações Sísmicas
Ações Permanentes ( $\gamma_G$ )		Desfavoráveis	1,35
		Favoráveis	1,00
Ação Variáveis ( $\gamma_Q$ )	Sobrecargas	Desfavoráveis	1,50
		Favoráveis	0
Ação Sísmica		Desfavoráveis	-
		Favoráveis	-

Para determinação do valor de cálculo dos efeitos das ações das Combinações Característica, Frequente e Quase-permanente para avaliação da segurança aos Estados Limites de Utilização, as ações foram afetadas pelos coeficientes  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  e  $\psi_2$  apresentados no quadro seguinte e que estão de acordo com o anexo A1 da Norma EN 1990. No mesmo quadro são apresentados os coeficientes  $\psi_E$  para determinação dos efeitos da inércia da estrutura no cálculo da ação sísmica, determinados segundo a Norma NP EN1998-1, item 4.2.4.

Tabela 20 – Coeficientes de combinação  $\psi$

COEFICIENTES DE COMBINAÇÃO $\psi$					
AÇÕES		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_E$
Ações Variáveis	Sobrecarga Zona 1 (C)	0,70	0,70	0,60	0,60
	Sobrecarga Zona 2 (C)	0,70	0,70	0,60	0,60
	Sobrecarga Zona 3 (E)	1,00	0,90	0,80	0,80

## 11.3.4 Coeficientes Parciais dos Materiais

Os materiais foram minorados através dos coeficientes apresentados no quadro seguinte e que está de acordo com a norma NP EN1992-1 e NP EN1993-1.

Tabela 21 – Coeficientes parciais dos materiais para estados limites últimos STR.

COEFICIENTES PARCIAIS DOS MATERIAIS PARA ESTADOS LIMITE ÚLTIMO ( $\gamma_M$ )		
MATERIAL	Situações Persistentes ou Transitórias	Situações Acidentais (Sísmicas/Impacto)
Betão ( $\gamma_c$ )	1,50	1,50
Aço em Amaduras Ordinárias ( $\gamma_s$ )	1,15	1,15
Elementos Estruturais Metálicos ( $\gamma_{M0}$ )	1,00	1,00
Ligações Metálicas ( $\gamma_{M2}$ )	1,25	1,25

## 11.4 Critérios de Verificação da Segurança

### 11.4.1 Verificação do Estado limite de levantamento global (UPL)

A verificação ao estado limite de levantamento global é efetuada segundo o estipulado na NP EN 1997-1. Garante-se a verificação da seguinte condição:

$$V_{dst;d} \leq G_{stb;d} + R_d$$

Sendo:

$V_{dst;d}$  o valor de cálculo da combinação das ações verticais desestabilizantes permanentes e variáveis;

$G_{stb;d}$  o valor de cálculo das ações verticais permanentes estabilizantes;

$R_d$  o valor de cálculo de qualquer capacidade resistente adicional ao levantamento global

Os coeficientes de segurança parciais a utilizar são os estipulados nos quadros A15 a A16 da NP EN 1997-1.

### 11.4.2 Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)

Os critérios de dimensionamento das estruturas de betão armado e metálicas são os fixados na regulamentação nacional aplicável, nomeadamente nas Normas NP EN1992, NP EN 1993 e NP EN 1998. O dimensionamento e verificação estrutural dos diversos elementos e secções foi efetuado com base em programas próprios, tendo em conta a regulamentação estrutural já referida.

Para a verificação da segurança aos estados limites últimos de resistência foram considerados valores dos coeficientes parciais de segurança, relativos às ações e aos materiais.

Para os elementos de betão armado foram realizadas as seguintes verificações de segurança, consideradas como condicionantes:

- Estado limite último de resistência à flexão;
- Estado limite último de resistência a flexão composta (quando relevante);
- Estado limite último de resistência ao esforço transversal

- Estado limite último de resistência ao punçoamento;
- Estado limite último de descompressão para os elementos pré-esforçados.

Para os elementos metálicos foram realizadas as seguintes verificações de segurança, consideradas como condicionantes:

- Estado limite último de resistência à flexão;
- Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento;
- Estado limite último de resistência à encurvadura por flexão torção;
- Estado limite último de resistência ao esforço transversal

A verificação da segurança em relação aos Estados Limite Últimos (ELU) foi realizada em termos de resistências, respeitando a condição,

$$S_d \leq S_r$$

em que  $S_d$  é o valor de cálculo do esforço atuante e  $S_r$  é o valor de cálculo do esforço resistente. Na verificação da segurança estrutural para a ação do fogo são considerados os seguintes critérios:

1. Manter a função de suporte de carga em pelo menos durante 120 minutos;
2. Limitar a propagação de fogo (chamas, gases quentes, excesso de calor).

### 11.4.3 Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS)

A verificação da segurança aos estados limites de utilização das estruturas de betão armado será efetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1.

- Limitação das tensões de compressão no betão:
  - $\sigma_c \leq 0.6 f_{ck}$  (combinação característica)
  - $\sigma_c \leq 0.45 f_{ck}$  (combinação quase-permanente)
  - $\sigma_s \leq 0.8 f_{yk}$  (combinação característica, cargas aplicadas) – armadura
  - $\sigma_s \leq 1.0 f_{yk}$  (combinação característica, deformações impostas) – armadura
- Controle da fendilhação para os elementos de betão armado:
  - Abertura de fendas: limita-se a abertura de fendas a  $w_k = 0,3 \text{ mm}$  para a combinação quase-permanente.
  - Garante-se a adoção de armaduras mínimas para os efeitos provocados por deformações impedidas de retração.
  - Garante-se a adoção de armadura de alma nas faces laterais em vigas com altura superior a 1m.
- Limitação de deformação em elementos horizontais (lajes e vigas)

- 
- $\delta_{\max} \leq L/250$  - Flecha total, combinação quase-permanente
  - $\delta_{\max} \leq L/500$  - Flecha ativa, combinação quase-permanente
  - Controle de vibração
    - Pavimentos, controle da frequência própria vertical –  $f_{\text{vertical}} \geq 5\text{Hz}$
    - Todos os pavimentos da estação devem cumprir os critérios de conforto definidos na publicação “HIVOSS – Vibrações em Pavimentos – recomendações Técnicas de projeto”.

#### 11.4.4 Verificação da Resistência ao fogo

A verificação da segurança em elementos de betão armado é garantida mediante a especificação de recobrimentos iguais ou superiores aos valores tabelados para as diferentes classes de resistência ao fogo na NP-EN 1992-1-2.

Em estruturas metálicas a resistência ao fogo é garantida mediante a utilização de um esquema de pintura que garanta a classe de resistência ao fogo necessária.

Estabelece-se uma classe de resistência ao fogo R120 para a estação e galerias de acesso.

---

## 12 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

### 12.1 Junta de contração

Serão previstas juntas de contração em zonas de transição de comportamento estrutural da estrutura, de forma a evitar efeitos localizados que poderão ser nefastos para o comportamento das zonas da estrutura, nomeadamente na ligação aos acessos e à OE2.

### 12.2 Estanqueidade

A aplicação do sistema de impermeabilização descrito no ponto 7.3 acima garantirá a estanqueidade da estação.

As juntas de contração serão munidas de lâminas de estanqueidade tipo *Waterstop* em PVC.



---

## 13 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

### 13.1 Enquadramento

O recurso à instrumentação e observação permitirá prever o controlo proactivo e sistemático dos trabalhos através de um plano de monitorização dos parâmetros que influenciam o desenvolvimento da obra, com o fim de verificar as hipóteses de projeto e, onde necessário, adaptá-lo antecipadamente de forma a garantir, sem subestimar a segurança, o cumprimento dos tempos de execução, a gestão das aleatoriedades e dos imprevistos no contexto geológico-geotécnico em que a obra se insere. Em função dos resultados obtidos, este recurso possibilita o controlo e a adaptação atempada das soluções, com consequências benéficas na minimização do risco geotécnico da obra.

De salientar ainda que a metodologia adotada no desenvolvimento deste estudo segue os princípios correntes aplicados neste tipo de intervenção.

O sistema de monitorização será robusto e capaz de garantir a durabilidade adequada, sendo constituído por instrumentos de provada confiabilidade e de uso corrente em obras similares.

Toda a instrumentação terá que ser adequadamente protegida para evitar que seja danificada durante a execução da obra.

A realização de leituras topográficas pressupõe o recurso a elementos de referência adequados, posicionados numa zona da obra que não sofra perturbações e a uma distância tal que o erro de leitura associado seja mínimo.

A instalação da instrumentação tem uma importância estratégica para o correto desempenho do sistema de monitorização, em particular para aqueles instrumentos que uma vez instalados não ficam acessíveis.

A instalação deverá garantir a máxima confiabilidade e êxito das operações.

As técnicas e procedimentos de instalação deverão estar sempre de acordo com as indicações dos fabricantes da instrumentação.

Toda a instrumentação deverá ser instalada com a devida antecedência em relação ao início das obras para se conseguir adequadas leituras de referência.

A redundância da instrumentação é importante para aumentar a confiança no sistema e permitir um controlo cruzado.

Sempre que possível serão adotados sistemas de leitura automatizada dos dispositivos de monitorização, nomeadamente, estações totais.

No enquadramento anterior, o sistema de observação foi definido para as diferentes obras que compõem o projeto, sendo o acompanhamento realizado através da monitorização dos seguintes dispositivos:

- Prisma topográfico (edifícios)
- Prisma topográfico (contenções)
- Prisma topográfico (pavimentos)
- Extensómetro multiponto
- Inclínómetro
- Piezómetro tipo Casagrande (a executar no âmbito da obra, para além dos a realizar no âmbito da campanha de prospecção)

- 
- Fissurómetro (edifícios)
  - Prisma topográfico para medição de deslocamentos e de convergência (no intradorso do suporte primário)
  - Sismógrafo (edifícios)
  - Níveis líquidos (edifícios – obra de recalçamento)
  - Clinómetro (edifícios)
  - Extensómetro de corda vibrante (estruturas enterradas)

## 13.2 Grandezas a medir

De um modo geral as grandezas a medir serão:

- Medições de deslocamentos e de convergências no interior dos túneis NATM da Estação de Infante Santo recorrendo a prismas topográficos;
- Medição de deslocamentos verticais e horizontais em edifícios, muros e contenções, através de prismas;
- Medição de deslocamentos verticais e distorções em edifícios, através de níveis líquidos;
- Medição da inclinação dos edifícios recorrendo a clinómetros;
- Medição da abertura de fendas, utilizando fissurómetros;
- Medições de deslocamentos verticais internos do maciço e à superfície, com extensómetros multiponto;
- Medição de deslocamentos horizontais através de inclinómetros;
- Medições de deslocamentos utilizando prismas topográficos no pavimento;
- Medições piezométricas de água recorrendo a piezómetros;
- Medição de vibrações induzidas recorrendo a sismógrafos.

## 13.3 Escavações

A avaliação da evolução do comportamento da contenção será realizada através do registo dos deslocamentos (deslocamentos e convergências) e observação de eventuais fissurações e/ou deformação nos elementos de contenção. Para tal serão criadas secções de medição de deslocamentos nas quais serão instalados prismas nos vários níveis de travamento e inclinómetros no tardo das mesmas.

Em geral, no que diz respeito às grandezas a observar, as mais relevantes são as que se relacionam com a libertação do estado de tensão, a presença e escoamento de água e com as vibrações devidas ao processo de escavação.

As ações relacionadas com a presença e escoamento de água nas escavações subterrâneas serão controladas pela observação sistemática dos caudais afluentes, não sendo exetável, situações relevantes na maior parte da extensão da obra.

## 13.4 Edificações

Para a observação das edificações próximas às obras será implementado um sistema de monitorização composto por:

- Prismas topográficos para o controlo dos deslocamentos verticais e horizontais das estruturas;
- Sismógrafos para o controlo das vibrações induzidas pela execução das obras;
- Clinómetros. para o controlo das inclinações;
- Fissurómetros para o controlo de eventuais fissuras presentes nas edificações.

A adoção de medidas de instrumentação e observação permitirá em fase de obra observar os movimentos ocorridos em interferências e, se necessário, tomar medidas de minimização dos movimentos das estruturas e consequentemente reduzir os riscos humanos e materiais associados a estes movimentos. Assim sendo, foram estabelecidos dois níveis de instrumentação e observação (I e II), que se diferenciam, respetivamente, pela complexidade crescente dos dispositivos instalados, pela maior quantidade de instrumentos e por limites de alerta, referência e de alarme mais restritivos:

- Instrumentação e observação Nível I – Monitorização recorrendo essencialmente a prismas;
- Instrumentação e observação Nível II – Monitorização recorrendo prismas, clinómetros, fissurómetros e sismógrafos.

Note-se que os sismógrafos devem ser instalados o mais próximo possível às fundações das edificações e que os fissurómetros devem ser instalados apenas em caso de presença de fissuras.

### 13.5 Frequência de leituras

As leituras iniciais (de referência) deverão ser efetuadas de acordo às indicações referidas nos pontos anteriores e sempre antes do começo dos trabalhos de escavação.

A frequência das leituras a adaptar na fase de construção são as que constam Tabela 22.

*Tabela 22 - Frequência de leituras de dispositivos de monitorização*

Frequência de leitura de dispositivos (Escavações subterrâneas)				
Tipo de instrumento	Fase de obra			
	Distância relativa à frente de escavação			
	< 20 m	20 - 60 m	60 - 100 m	> 100 m
Prisma topográfico (edifícios)	6 leituras diárias	Cada 2 dias	Semanalmente	Quinzenalmente até inferior a 2 mm/mês
Prisma topográfico (pavimentos)	6 leituras diárias			
Tiltmetro	Bi-semanal	Bi-semanal		
Piezómetro elétrico	6 leituras diárias	Cada 2 dias		
Piezómetros Tipo Casagrande	Semanalmente	Semanalmente		
Fissurómetro	Bi-semanal	Bi-semanal		
Sismógrafo	1 leitura por hora	1 leitura por hora	1 leitura por hora	
Prisma de deslocamentos e convergência (túneis)	Diariamente	Cada 2 dias	Cada 2 dias	
Extensómetro de corda vibrante para estruturas enterradas	Diariamente			
Extensómetro	Diariamente			
Sensor de nível líquido	6 leituras diárias			
Inclinómetro	Semanalmente	Semanalmente	Semanalmente	
Inspeção visual – sup. primário	Diariamente			

### 13.6 Critérios de alerta, referência e alarme

Os valores associados aos limites de alerta, referência e alarme são estipulados em função dos resultados obtidos nos cálculos do projeto. São definidos, por cada parâmetro medido, como:

#### Limite de alerta

Cenário correspondente a um primeiro estágio, onde os valores medidos nos sistemas de monitorização correspondem a 80% dos valores definidos pelo projeto.

#### Limite de referência

Cenário correspondente a um segundo estágio, onde os valores medidos nos sistemas de monitorização correspondem aos valores definidos pelo projeto (100%).

#### Limite de alarme

Cenário correspondente a um terceiro estágio, onde os valores medidos nos sistemas de monitorização correspondem a 130% dos valores definidos pelo projeto.

Os critérios propostos para os deslocamentos, deverão também ser aferidos com base na variação da taxa de deformação (velocidade).

### 13.7 Plano de contingência

O plano de contingência servirá para definir as ações concretas a realizar e os responsáveis pelas mesmas, sempre que os limites de alerta, referência e alarme forem ultrapassados.

Para as situações em que poderá ser necessário a implementação de medidas concretas para reduzir um possível cenário de risco, serão incluídas uma lista de medidas orientadoras a considerar. Esta ações aplicam-se somente se forem ultrapassados os limites alarme.

## 14 AVALIAÇÃO DE DANOS

A avaliação de danos em interferências ao longo do traçado, assim como a definição de critérios de danos em estruturas ou infra-estruturas situadas na vizinhança da obra, encontram-se definidas no Volume 17.

A avaliação de danos será realizada de acordo com metodologia patenteada no Programa Preliminar, encontrando-se a sua articulação com o processo de análise, ilustrada na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

Para otimizar o processo de avaliação de danos será utilizado o programa de cálculo automático Oasys Xdisp Pro, que permite estimar os parâmetros de deformação geométrica nos diversos tipos de interferência com base no cálculo de assentamentos através de formulações empíricas ou através de elementos finitos (importados de modelos de tensão-deformação). O programa também permite o cálculo da categoria de dano para edifícios segundo Boscardin e Cording 1989 e Burland 1995.

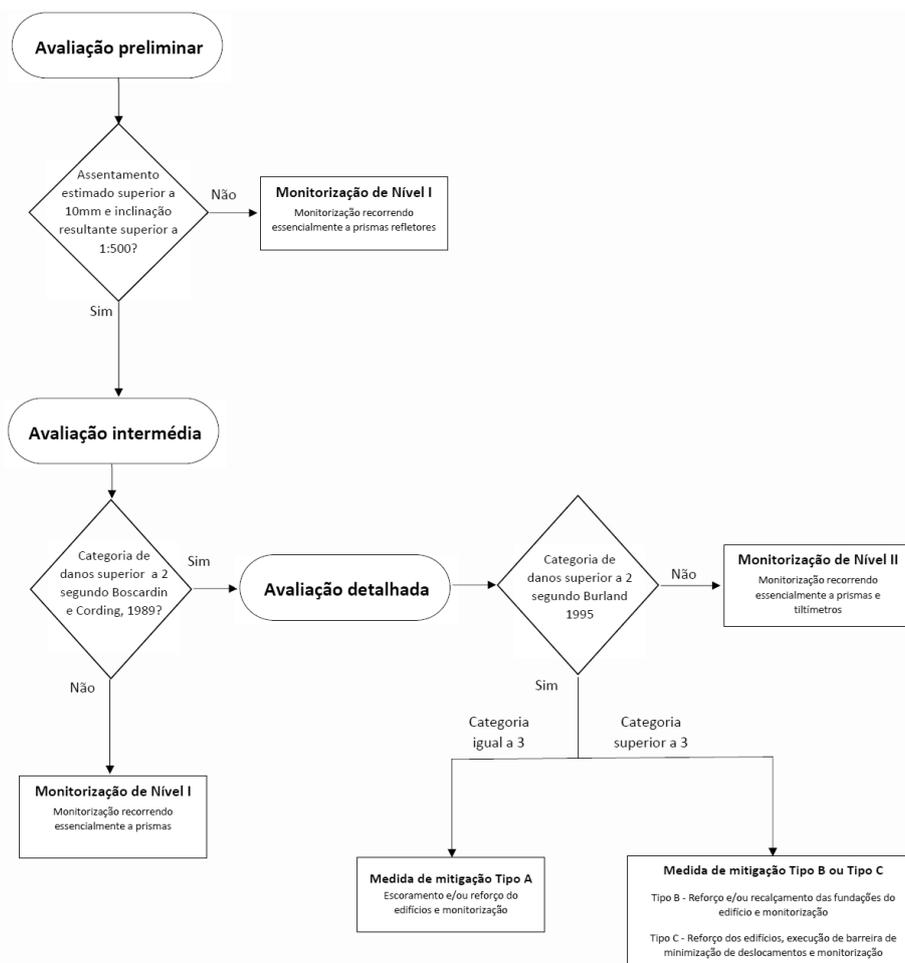


Figura 9 - Metodologia de avaliação de danos em interferências

## 14.1 Metodologia de avaliação de danos em edifícios

A classificação de danos em edifícios seguirá a metodologia indicada no Caderno de Encargos para a avaliação de danos. Esta considera as categorias de dano definidas por Burland (1995), seguindo uma metodologia que consiste na realização das seguintes três fase de avaliação:

### Fase 1 – Avaliação preliminar

Nesta fase procede-se à estimativa dos assentamentos ao longo do traçado dos túneis nas zonas confinantes com este devido à sua escavação, sem ter em consideração a presença dos edifícios, designadamente, em termos de rigidez.

Sob o edifício será determinado o valor do assentamento vertical máximo,  $sv,max$ , e a rotação máxima,  $\theta,max$ . Se o valor do assentamento vertical máximo for inferior a 10 mm e a rotação máxima inferior a 1/500 Rankin (1988), os danos serão desprezáveis a ligeiros, pelo que se considera a solução de projeto adequada, não sendo necessário prosseguir para as fases seguintes.

### Fase 2 – Avaliação intermédia

Nesta fase admite-se que o edifício acompanha a deformação do terreno calculada na fase anterior e que pode ser, simplificaradamente, considerado como uma viga elástica. Estima-se o valor da razão de deflexão  $DR_{max} = \Delta_{max}/L$  e da deformação horizontal média  $\epsilon_h = \delta L/L$ , onde  $\Delta_{max}$  é a deflexão relativa entre dois pontos à distância  $L$  e  $\delta L$  é a variação deste comprimento. Com base no modelo de viga elástica calculam-se as extensões máximas de tração induzidas por flexão e por corte devido a deformações de deflexão, às quais se devem adicionar as deformações horizontais do terreno,  $\epsilon_h$ . A categoria de danos é, então, avaliada por comparação dos valores obtidos com os valores obtidos com os da Tabela 23. Se a categoria de danos for superior a 2, será necessário prosseguir para a terceira fase.

Tabela 23 – Valores da deformação de tração limite em função da categoria de danos (Boscardin e Cording, 1989)

Categoria de danos	Grau normal de severidade	Valor limite da deformação de tração, $\epsilon_{lim}$ (%)
0	Desprezável	0-0,05
1	Muito ligeiro	0,05-0,075
2	Ligeiro	0,075-0,15
3	Moderado	0,15-0,3
4 e 5	Severo a muito severo	>0,3

Em situações onde a altura (H) e o comprimento (L) do edifício sejam significativamente diferentes, esta fase de apreciação deverá considerar explicitamente a razão H/L e a concavidade da deformada do terreno, recorrendo às curvas de interação entre a deflexão e a deformação horizontal média, propostas por Burland (1995).

### Fase 3 – Avaliação detalhada

Nesta fase deverá ser considerada a interação entre o terreno e o edifício, pelo que será necessário modelar o edifício e a construção do túnel e ter em conta a sua orientação em relação

ao edifício, o seu tipo de fundações, a continuidade estrutural dos diferentes corpos do edifício e o estado do edifício prévio à escavação.

Com base na modelação efetuada serão estimadas as extensões máximas de tração. A categoria de danos é, então, avaliada por comparação dos valores obtidos com os da **Erro! A origem da referência não foi encontrada..** Se a categoria de danos for superior a 2, será necessário conceber e validar, com base no modelo numérico desenvolvido, medidas de mitigação de danos de modo a garantir que estes sejam ligeiros (categoria 2).

Tabela 24 – Valores de deformação de tração limite em função da categoria de danos (Burland, 1995)

Categoria de danos	Grau de severidade	Valor limite da deformação de tração, $\epsilon_{lim}$ (%)	Descrição dos danos característicos	Abertura aproximada das fendas (mm)
0	Desprezável	0 - 0,05	Fissuras capilares	<0,1
1	Muito ligeiro	0,05 - 0,075	Finas fissuras facilmente reparáveis numa decoração. Danos geralmente limitados aos acabamentos de paredes interiores. Algumas fissuras em alvenarias exteriores de tijolo ou de pedra detetadas em inspeção detalhada.	<1
2	Ligeiro	0,075 - 0,15	Fissuras de fácil preenchimento. As fissuras recorrentes podem ser mascaradas por revestimentos adequados. As fissuras podem ser externamente visíveis e pode ser necessário algum tratamento para garantir a sua estanqueidade.  Portas e janelas ligeiramente empenadas.	<5
3	Moderado	0,15 - 0,30	Fissuras podem requerer algum avivamento e reparação. Reparação da alvenaria exterior e possivelmente uma pequena parte da alvenaria pode ter que ser substituída. Portas e janelas empenadas. Fracturação de tubagens. Falta de proteção contra intempéries.	5 a 15 ou várias fissuras > 3
4	Severo	>0,30	Trabalhos de reparação extensos que envolvem a abertura e a substituição de secções de paredes, especialmente em portas e janelas. Caixilhos de janelas ou de portas distorcidos. Piso visivelmente inclinado. Paredes visivelmente inclinadas ou salientes. Alguma perda de sustentação em vigas.  Tubagens interrompidas.	15 a 25 mas depende do número de fissuras
5	Muito severo	>0,30	Requer grandes reparações envolvendo reconstrução parcial ou completa. As vigas perdem o apoio. As paredes inclinam-se	Geralmente > 25 mm mas depende do

Categoria de danos	Grau de severidade	Valor limite da deformação de tração, $\varepsilon_{lim}$ (%)	Descrição dos danos característicos	Abertura aproximada das fendas (mm)
			<p>muito e exigem escoramento. As janelas partem por distorção.</p> <p>Perigo de instabilidade.</p>	número de fissuras

A avaliação de danos em edifícios classificados como património de elevado valor cultural e histórico, incluirá um fator de agravamento da categoria de dano em função da suscetibilidade do edifício para tolerar os assentamentos sem apresentar danos relevantes.

O agravamento da categoria de dano (0-5) é realizado através da soma de uma pontuação (0-2), obtida segundo a **Erro! A origem da referênc**

Tabela 25 – Fator de agravamento da categoria de dano para edifícios classificados

Pontuação	Critério	
	Suscetibilidade do edifício a assentamentos e interação com edifícios adjacentes	Suscetibilidade de elementos arquitetónicos no edifício (estatuária, revestimentos, etc.)
0	Edifícios em alvenaria em que foi utilizada argamassa de cal e que não se encontram ladeados por outros edifícios. Com fachadas uniformes sem grandes aberturas particulares.	Sem elementos arquitetónicos particularmente sensíveis
1	Edifícios com estrutura sensível ou edifícios com ladeados por outros edifícios com estruturas modernas com rigidez estrutural muito superior, com uma ou mais aberturas com dimensões significativas.	Acabamentos frágeis (e.g. estatuária, revestimentos em pedra com juntas estreitas, que são suscetíveis a pequenos deslocamentos e difíceis de reparar)
2	Edifícios que pela sua constituição tendem a concentrar todos os deslocamentos num só elemento estrutural.	Acabamentos que se forem danificados terão um forte impacto no património histórico e cultural associado ao edifício (e.g. fendas em pintura a fresco)

Com base numa consulta realizada ao Atlas do Património Classificado e em Vias de Classificação da Direção Geral do Património Cultural (DGPC) a 27 de Maio de 2024, foi identificado o “Conjunto do Palácio das Necessidades, abrangendo todo o edifício conventual (...), da torre e da capela (...), os seus jardins e o respectivo parque, com elementos escultóricos e decorativos, e ainda a fachada palaciana, incluindo a fonte monumental” e “Baluarte do Livramento” na zona de influência dos trabalhos de escavação da OE5.

## 15 REDE DE TERRAS

A rede de terras proposta tem com objetivo garantir que as tensões de passagem e de contato de um eventual defeito, não excedem os valores regulamentares.

Todas as estruturas metálicas e massas da instalação serão ligadas a este sistema de terra.

As ligações entre os cabos da malha de terras e as varetas de aço cobreado, serão feitas por soldadura aluminotérmica.

A rede de terras será constituída pelos subsistemas que compõe a SET, existindo na estação poços de terra para os sistemas 30 kV, BT e 750 Vcc.

Nos desenhos de arquitetura encontram-se localizados os poços de terra.

Atendendo ao elevado nível freático da zona, os poços de terra serão executados, na sua totalidade, com a instalação do elétrico de terra, na fase de Toscos. Assim, teremos:

- A execução dos negativos e/ou das furações na laje, até atingir o terreno;
- Fornecimento e instalação dos eletrodos de cobre e enchimento com terra vegetal de boa qualidade;
- Medição da resistência de terra e sua aprovação pela Fiscalização/ Dono de Obra;
- Enchimento com o betão pobre;
- Fornecimento e instalação da tampa em chapa xadrez.

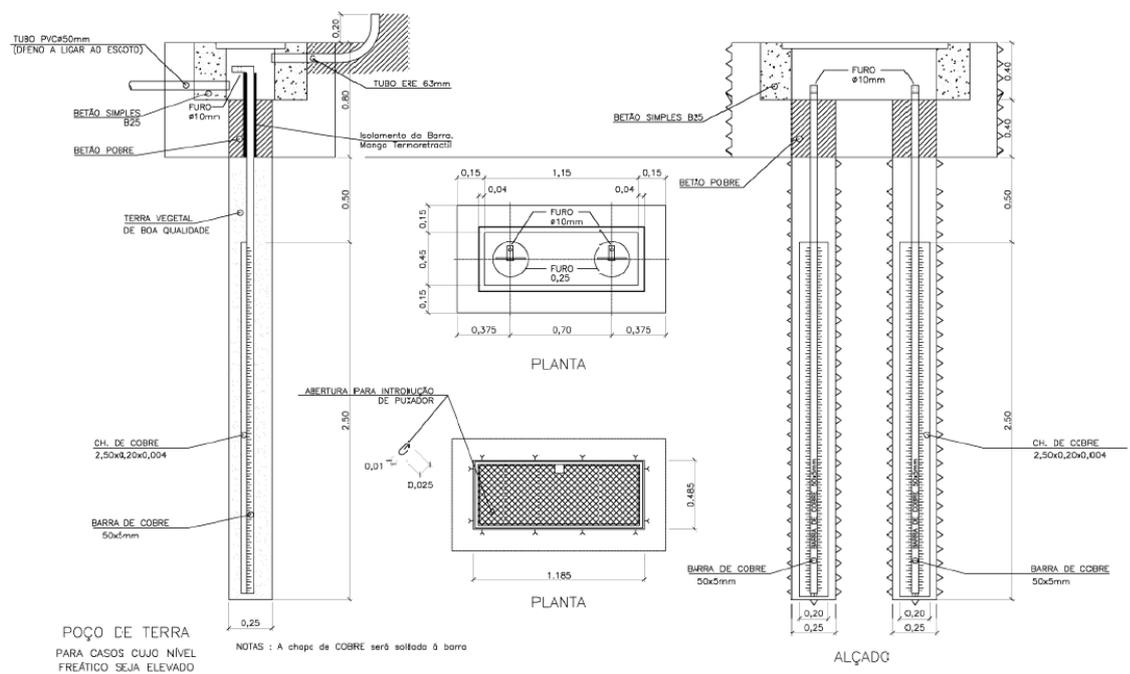


Figura 10 – Pormenores tipo dos poços de terra.

Os eletrodos de terra deverão assegurar uma resistência de terra sempre inferior a  $1 \Omega$ , pelo que deverá ser considerado o fornecimento de terra vegetal de boa qualidade para o enchimento dos poços de terra.

---

A terra vegetal deverá ser proveniente da camada superficial de terrenos de mata ou camada de terrenos agrícolas; estar isenta de pedras com dimensões superiores a 0.05 m e de materiais estranhos provenientes de incorporação de lixo; estar isenta de infestantes; apresentar uma composição uniforme, sem qualquer mistura de subsolo; ter uma textura franca; conter um teor de matéria orgânica não inferior a 4% e o PH situar-se entre os 6.5 e 7.5.

Registo e Controlo de Alterações

Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-04	Versão inicial



Metropolitano de Lisboa

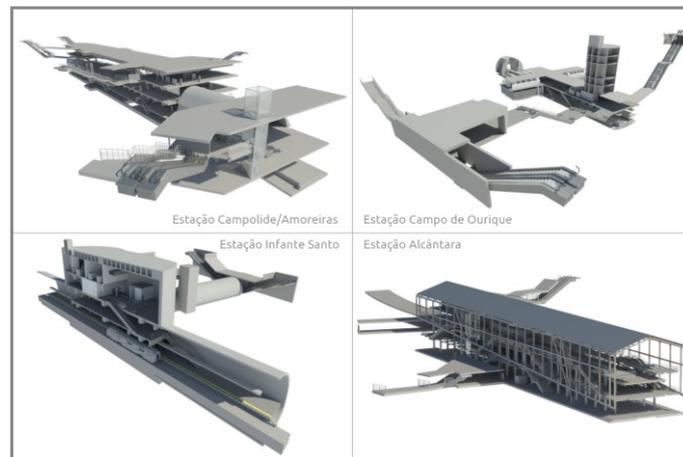


# METRO DE LISBOA

## LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

### PROJETO DE EXECUÇÃO



### TOMO III: OBRAS ESPECIAIS

### VOLUME 5 - OE5: TÚNEL ZONA DO BALUARTE

### NOTA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS PROVISÓRIAS

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE STR TUN OE5 NC 088001 0
-----------------------	--------------------------------------

	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	Pedro Marques/ Carlos Martins		2024-10-04
Revisto	Rui Tomásio		2024-10-04
Verificado	Sandra Ferreira/ Gonçalo Mateus		2024-10-04
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-04
Aprovado	Raúl Pistone		2024-10-04



Metropolitano de Lisboa



## Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO.....	6
2	SISTEMAS DE UNIDADES .....	7
3	REGULAMENTAÇÃO/NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA TÉCNICA.....	8
4	MODELOS DE CÁLCULO.....	10
5	CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA .....	11
5.1	Descrição geral .....	11
5.2	Estado limite último .....	12
5.3	Estado limite de serviço .....	15
6	RESUMO DAS VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA .....	16
6.1	Estado Limite Último (ELU) .....	16
6.2	Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização da Contenção Periférica (ELS)	18

---

## Índice de Figuras

<b>Figura 1 - Modelo de elementos finitos elaborado no Plaxis 2D</b> .....	11
<b>Figura 2 – Deslocamento máximo horizontal da cortina de estacas (24mm)</b> .....	19

---

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1 – Combinações de ações consideradas nas verificações de segurança .....</b>	<b>11</b>
<b>Tabela 2 – Verificações de segurança associadas às contenções provisórias .....</b>	<b>12</b>
<b>Tabela 3 – Verificação de segurança ao estado limite último de resistência à flexão .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabela 4 – Verificação de segurança ao estado limite último de resistência ao corte .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabela 5 – Verificação de segurança ao estado limite último de resistência da seção das microestacas .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabela 6 – Verificação de segurança ao estado limite último de capacidade de carga do terreno .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabela 7 – Verificação de segurança ao estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento das escoras HEB 300 .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabela 8 – Verificação de segurança ao estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento das escoras em pé de galinha 2xHEB 300 .....</b>	<b>17</b>

---

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Nota de Cálculo das estruturas provisórias da Obra Especial 5 – Túnel na Zona do Baluarte**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do **Tomo III – Obras Especiais do Volume 5 – OE5: Túnel Zona do Baluarte**.

---

## 2 SISTEMAS DE UNIDADES

O sistema de unidades utilizado na elaboração do Projeto é o Sistema Internacional de Unidades (SI). As principais unidades utilizadas são as seguintes:

- Comprimento: metro (m).
- Força: quilonewton (kN).
- Momento: quilonewton metro (kN.m).
- Tensão no terreno: quilonewton por metro quadrado ( $\text{kN/m}^2$ ) ou kilopascals (kPa).
- Tensão nos elementos estruturais: newton por milímetro quadrado ( $\text{N/mm}^2$ ) ou megapascals (MPa).
- Peso específico: quilonewton por metro cúbico ( $\text{kN/m}^3$ ).

### 3 REGULAMENTAÇÃO/NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA TÉCNICA

O Projeto será desenvolvido de acordo com a regulamentação nacional em vigor, ou europeia em caso de omissão, destacando-se as seguintes normas:

- NP EN 1990 – Bases para projetos de estruturas (EC0);
- NP EN 1991 – Bases de projeto e ações em estruturas (EC1);
- NP EN 1992 – Projeto de Estruturas de Betão (EC2);
- NP EN 1993 – Projeto de Estruturas de Aço (EC3);
- NP EN 1994 – Projeto de Estruturas mistas Aço-Betão (EC4);
- NP EN 1997 – Projeto Geotécnico (EC7);
- NP EN 1998 – Projeto de Estruturas para Resistência aos Sismos (EC8);
- fib Model Code 2010 for Concrete Structures;
- Normas de Projeto de estruturas do Metropolitano de Lisboa.

Serão ainda consideradas as seguintes normas de execução:

- NP EN 206 – Betão: Especificação, desempenho, produção e conformidade;
- NP EN 13670-1 - Execução de estruturas de betão. Parte 1: Regras Gerais;
- NP EN 14199 – Execução de obras geotécnicas especiais: Microestacas;
- NP EN 1537 - Execução de obras geotécnicas especiais: Ancoragens;
- EN ISO 22447-5 – Geotechnical investigation and testing - Testing of geotechnical structures - Part 5: Testing of grouted anchors;
- EN 1536 - Execution of Special Geotechnical Works: Bored piles;
- EN 14490 - Execution of Special Geotechnical Works: Soil nailing;
- NP EN 197-1 - Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes;
- NP EN 197-2 - Cimento. Parte 2: Avaliação de conformidade;
- NP EN 13251 - Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a utilização em obras de terraplenagem, fundações e estruturas de suporte;
- NP EN 14487-1 - Betão projetado. Parte 1: Definições, especificações e conformidade;
- NP EN 14487-2 - Betão projetado. Parte 2: Execução;
- NP EN 14889-1 - Fibras para betão - Parte 1: Fibras de aço - Definições, especificações e conformidade;

- 
- NP EN 14488-5 -Ensaio do betão projetado - Parte 5: Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras;
  - NP EN 445 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio;
  - NP EN 446 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos para injeção;
  - NP EN 447 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes.

## 4 MODELOS DE CÁLCULO

No dimensionamento estrutural e geotécnico das contenções provisórias foram consideradas as situações de projeto transitórias, correspondentes a condições temporárias e outras condições relacionadas com o faseamento construtivo da obra.

A análise estrutural foi realizada com base em modelos planos para o dimensionamento das secções representativas das estruturas de contenção.

Os modelos adotados foram realizados com recurso ao programa de elementos finitos *Plaxis 2D* da *Bentley*, o qual permite modelar a interação entre o solo e as estruturas por meio de uma análise de tensões e deformações.

Os modelos de cálculo permitiram a modelação de todas as fases construtivas, metodologia essencial na análise deste tipo de estruturas, tendo sido obtidos como resultados, para além de deformações do maciço envolvente, os esforços nas estruturas de contenção em particular nas cortinas de estacas, assim como nas escoras e microestacas metálicas de travamento.

Com base nos esforços obtidos, realizaram-se as verificações de segurança dos elementos estruturais em relação aos estados limites últimos de rotura e aos estados limites de utilização. Os esforços resistentes foram, em geral, determinados a partir de folhas de cálculo ou, em alternativa, a partir de programas de cálculo automático.

Para definição da malha de elementos finitos, foram utilizados elementos triangulares de 15 nós tendo o nível de discretização da malha sido localmente ajustado para uma maior densidade de elementos finitos junto às estruturas de contenção.

O faseamento construtivo foi simulado de acordo com o previsto no projeto, tendo-se iniciado pela primeira fase de geração de tensões iniciais e em seguida execução das estruturas de contenção, nomeadamente cortinas de estacas, e aplicadas as sobrecargas à superfície sendo nesse momento efetuada uma zeragem das deformações antes de prosseguir para os seguintes passos. As fases seguintes foram simuladas conforme faseamento estabelecido nas peças desenhadas de projeto, incluindo a fase de execução da estrutura definitiva e execução do aterro sobre este de forma faseada com a desinstalação dos escoramentos metálicos.

Apresenta-se na Figura 1 o modelo elaborado para estudo da contenção provisória.

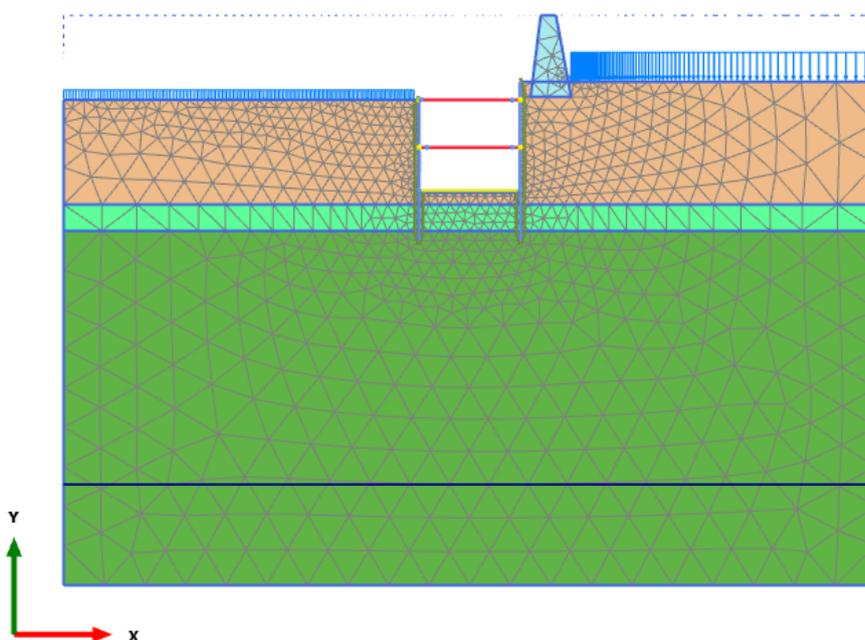


Figura 1 - Modelo de elementos finitos elaborado no Plaxis 2D

## 5 CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA

### 5.1 Descrição geral

A verificação da segurança dos diversos elementos estruturais que constituem as soluções propostas foi efetuada de acordo com as disposições regulamentares, nacionais e internacionais, em vigor.

As referidas disposições regulamentares traduzem-se na aferição das dimensões médias dos elementos estruturais para um conjunto de situações de projeto a que corresponde uma expectável probabilidade de ocorrência dos estados limite.

Neste contexto, estes estados constituem limites para além dos quais a estrutura deixa de satisfazer os requisitos fundamentais de projeto, nomeadamente estados limites últimos e estados limites de utilização.

Com vista à verificação de segurança dos diversos elementos, as ações foram agrupadas nas seguintes combinações de ações:

Tabela 1 – Combinações de ações consideradas nas verificações de segurança

Verificações de segurança	Combinação
Estados Limites Últimos (ELU)	Combinações fundamentais de ações
Estado Limite de Utilização (ELS)	Combinação característica de ações

Para a verificação da segurança aos estados limites referidos foram considerados valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes.

Nesta fase de estudo consideraram-se relevantes as verificações da segurança aos estados limites dos elementos estruturais indicados na Tabela 2, sendo as mesmas efetuadas de acordo com as disposições das normas NP EN 1992-1, NP EN 1993-1 e NP EN 1997-1.

**Tabela 2 – Verificações de segurança associadas às contenções provisórias**

	Tipo de verificação	
Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)	Cortina de estacas	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Microestacas	Estado limite de resistência da seção
		Estado limite último de capacidade de carga do terreno (atrito lateral)
		Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento
	Escoras	Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento
	Vigas de coroamento, distribuição e recalçamento, em betão armado	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Vigas de distribuição metálicas	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Betão projetado	Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas		
Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização (ELS)	Cortina de estacas	Deformação horizontal
	Terreno envolvente	Assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação

## 5.2 Estado limite último

### 5.2.1 Resistência à flexão de elementos

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 atuante;

$M_{Rd}$  valor de cálculo da resistência máxima do elemento estrutural.

### 5.2.2 Resistência ao corte de elementos

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:

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

Em que:

$V_{Ed}$  - 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:

$\theta$  - ângulo das bielas de betão com o eixo do elemento;

$A_{sw}$  - área da armadura de esforço transversal;

$s$  - espaçamento da armadura de esforço transversal;

$z$  - para um elemento de altura constante, representa 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;

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.

### 5.2.3 Resistência da secção das microestacas

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

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

onde:

$N_{Ed}$  - valor de cálculo do momento fletor atuante;

$N_{Rd}$  - valor de cálculo da resistência máxima do elemento estrutural.

#### 5.2.4 Capacidade de carga do terreno

Dado que as ancoragens se encontram à tração as características atribuídas à resistência de ponta são nulas, considerou-se, que o bolbo de selagem das ancoragens, funcionará apenas por resistência lateral. Segundo o Eurocódigo 7 a verificação da segurança é garantida pela condição:

$$\frac{N_{raro}}{R_{c;m}} \leq FS$$

onde:

$N_{raro}$  - valor de cálculo das ações axiais correspondentes à combinação rara.

$R_{c;m}$  - 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:

$$R_{c;m} = \pi \cdot \alpha \cdot D_d \cdot q_s \cdot L_{selagem}$$

em que:

$\alpha$  - Coeficiente de expansibilidade do furo na zona selada. Foram considerados os valores recomendados pelo fabricante, para os terrenos de selagem dos elementos;

$D_d$  - Diâmetro de furacção;

$q_s$  - 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;

$FS$  - Fator de segurança segundo EC7, sendo função das ações e tipo de cargas.

#### 5.2.5 Resistência à encurvadura por varejamento das escoras

No que respeita aos perfis horizontais, do tipo HEB, de acordo com o Eurocódigo 3, a verificação da segurança ao estado limite último de resistência à encurvadura pode ser assegurado de acordo com a seguinte condição:

$$N_{b.Rd} = \chi \cdot A_s \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

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:

sendo:

$A_s$  - Área da secção transversal;

$f_y$  - Tensão de cedência do aço;

$\gamma_{M1}$  - Coeficiente parcial de segurança, considerado igual a 1,0;

$\chi$  - Fator de redução para o modo de encurvadura.

### 5.3 Estado limite de serviço

Na verificação dos estados limites de utilização no terreno ou numa seção, elemento ou ligação estruturais deve ser satisfeita a expressão:

$$E_d \leq C_d$$

em que  $E_d$  e  $C_d$  se designam respetivamente o valor de cálculo do efeito das ações e o valor limite de cálculo do critério relevante de aptidão para a utilização. A avaliação dos deslocamentos verticais e horizontais para uma estrutura de contenção é realizada considerando a combinação

## 6 RESUMO DAS VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA

Neste capítulo apresentam-se as verificações de segurança associadas ao dimensionamento dos elementos principais constituintes das contenções provisórias. Os esforços apresentados foram obtidos ou extrapolados através dos modelos de cálculo apresentados e desenvolvidos.

### 6.1 Estado Limite Último (ELU)

#### 6.1.1 Resistência à flexão de elementos de betão armado

Apresenta-se em seguida em forma de tabela a verificação ao estado limite respetivo.

**Tabela 3 – Verificação de segurança ao estado limite último de resistência à flexão**

Elemento	Msd [kNm]	b [m]	d [m]	u	As,nec [cm <sup>2</sup> ]	As, adotada [cm <sup>2</sup> ]
Viga de coroamento	541,9	1,0	0,75	0,0482	17,12	21,99 (7 Ø 20)
Viga de distribuição 1º nível	218,5	0,8	0,55	0,0451	9,40	12,06 (8 Ø 16)
Viga de distribuição 2º nível	323,5	0,8	0,55	0,0668	14,12	18,85 (6 Ø 20)
Estacas //1,4m	897,8	-	0,75	-	80,13	83,47 (17 Ø 25)

Conforme apresentado na tabela, considera-se verificada a segurança no que diz respeito ao estado limite último em análise.

#### 6.1.2 Resistência ao corte de elementos de betão armado

Apresenta-se em seguida em forma de tabela a verificação ao estado limite respetivo.

**Tabela 4 – Verificação de segurança ao estado limite último de resistência ao corte**

Elemento	Vsd [kNm]	b [m]	d [m]	z cotg [m]	As,nec [cm <sup>2</sup> ]	As, adotada [cm <sup>2</sup> ]
Viga de coroamento	1270	1,0	0,75	1,17	24,97	26,80 (Ø16// 0,15)
Viga de distribuição 1º nível	512,1	0,8	0,55	1,17	10,07	15,08 (Ø12// 0,15)
Viga de distribuição 2º nível	758,2	0,8	0,55	1,17	14,91	15,08 (Ø12// 0,15)
Estacas //1,4m	493,3	-	0,75	-	14,76	15,08 (Ø12// 0,15)

Conforme apresentado na tabela, considera-se verificada a segurança no que diz respeito ao estado limite último em análise.

### 6.1.3 Resistência da secção das microestacas

Apresenta-se em seguida em forma de tabela a verificação ao estado limite respetivo.

**Tabela 5 – Verificação de segurança ao estado limite último de resistência da seção das microestacas**

Elemento	Nsd [kN]	A [cm <sup>2</sup> ]	f <sub>yd</sub> [MPa]	Nrd [kN]
Ø177,8x12,5mm	844	64,91	560	3635,1

Conforme apresentado na tabela, considera-se verificada a segurança no que diz respeito ao estado limite último em análise.

### 6.1.4 Verificação do Estado Limite Último de capacidade de carga do terreno

Apresenta-se em seguida em forma de tabela a verificação ao estado limite respetivo.

**Tabela 6 – Verificação de segurança ao estado limite último de capacidade de carga do terreno**

Elemento	Ned [kN]	Øfuração [mm]	T-c-s [kPa]	α	FS	L, selagem, mín [m]	L, selagem adotado [m]
Ø177,8x12,5mm	625	250	350	1,2	1,8	3,41	6,00

Conforme apresentado na tabela, considera-se verificada a segurança no que diz respeito ao estado limite último em análise.

### 6.1.5 Resistência à encurvadura por varejamento das escoras

Apresenta-se em seguida em forma de tabela a verificação ao estado limite respetivo.

**Tabela 7 – Verificação de segurança ao estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento das escoras HEB 300**

Propriedades da Secção e da Estrutura				
Secção e Material		Tipo de encurvadura	L0 [m]	c [-]
Perfil	HEB 300	Em torno do eixo y	5,0	0,90
Classe da Secção	1	Em torno do eixo z	5,0	0,68
f <sub>y</sub> [MPa]	275	Por flexão-torção	5,0	1,00

Verificação da Segurança segundo a EN 1993-1-1				
Equações	NEd [-]	M <sub>y,Ed</sub> [-]	M <sub>z,Ed</sub> [-]	Verificação
EN 1993-1-1 (6.61)	0,53	0,01	0,00	0,55 ≤ 1
EN 1993-1-1 (6.62)	0,70	0,01	0,00	0,71 ≤ 1

**Tabela 8 – Verificação de segurança ao estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento das escoras em pé de galinha 2xHEB 300**

Propriedades da Secção e da Estrutura			
Secção e Material	Tipo de encurvadura	L0 [m]	c [-]

Perfil	HEB 2 x 300	Em torno do eixo y	10,0	0,67
Classe da Secção	1	Em torno do eixo z	5,0	0,69
fy [MPa]	275	Por flexão-torção	5,0	1,00

Verificação da Segurança segundo a EN 1993-1-1				
Equações	NEd [-]	My,Ed [-]	Mz,Ed [-]	Verificação
EN 1993-1-1 (6.61)	0,76	0,06	0,00	0,83 ≤ 1
EN 1993-1-1 (6.62)	0,74	0,04	0,00	0,78 ≤ 1

Conforme apresentado na tabela, considera-se verificada a segurança no que diz respeito ao estado limite último em análise.

## 6.2 Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização da Contenção Periférica (ELS)

No que respeita ao comportamento da estrutura de contenção, em termos de estado limite de utilização, estima-se para a última fase de escavação uma deformação horizontal acumulada de cerca de 24mm.

Esta deformação estimada corresponde a uma deformação relativa de aproximadamente de H/500, pelo que se considera que o estado limite de serviço de deformação horizontal da parede se encontra verificado.

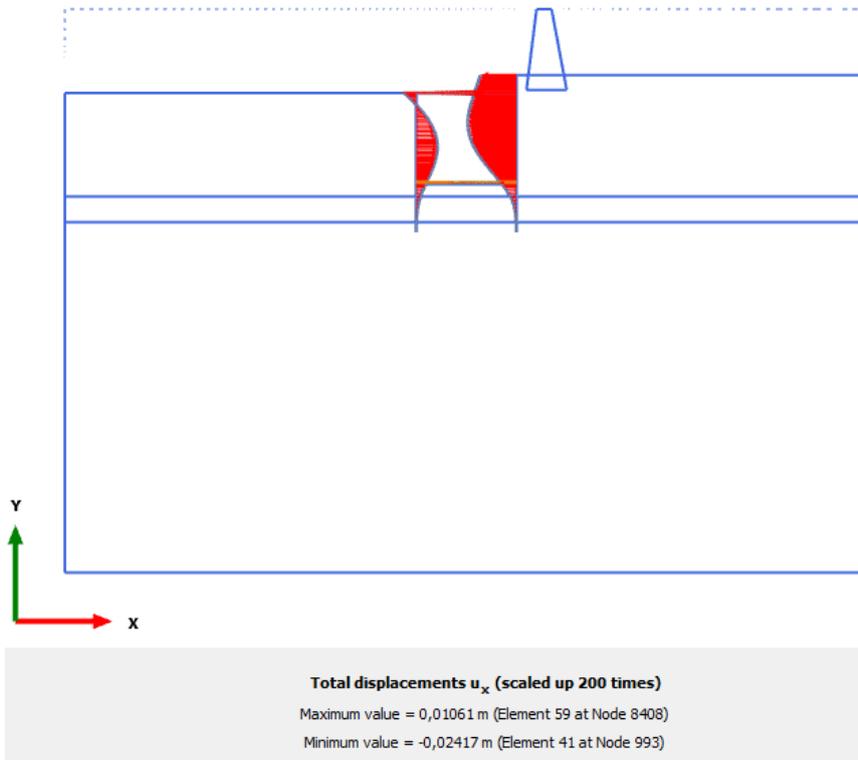


Figura 2 – Deslocamento máximo horizontal da cortina de estacas (24mm)

## Registo e Controlo de Alterações

Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-04	Emissão Inicial



**LVSSA – PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE S SEBASTIÃO E ALCÂNTARA DO  
METROPOLITANO DE LISBOA, E. P. E.**

**Tomo III – Obras especiais**

**Volume 5 – OE 5: Túnel Zona do Baluarte**

**Apreciação dos aspetos conceptuais do Projeto**

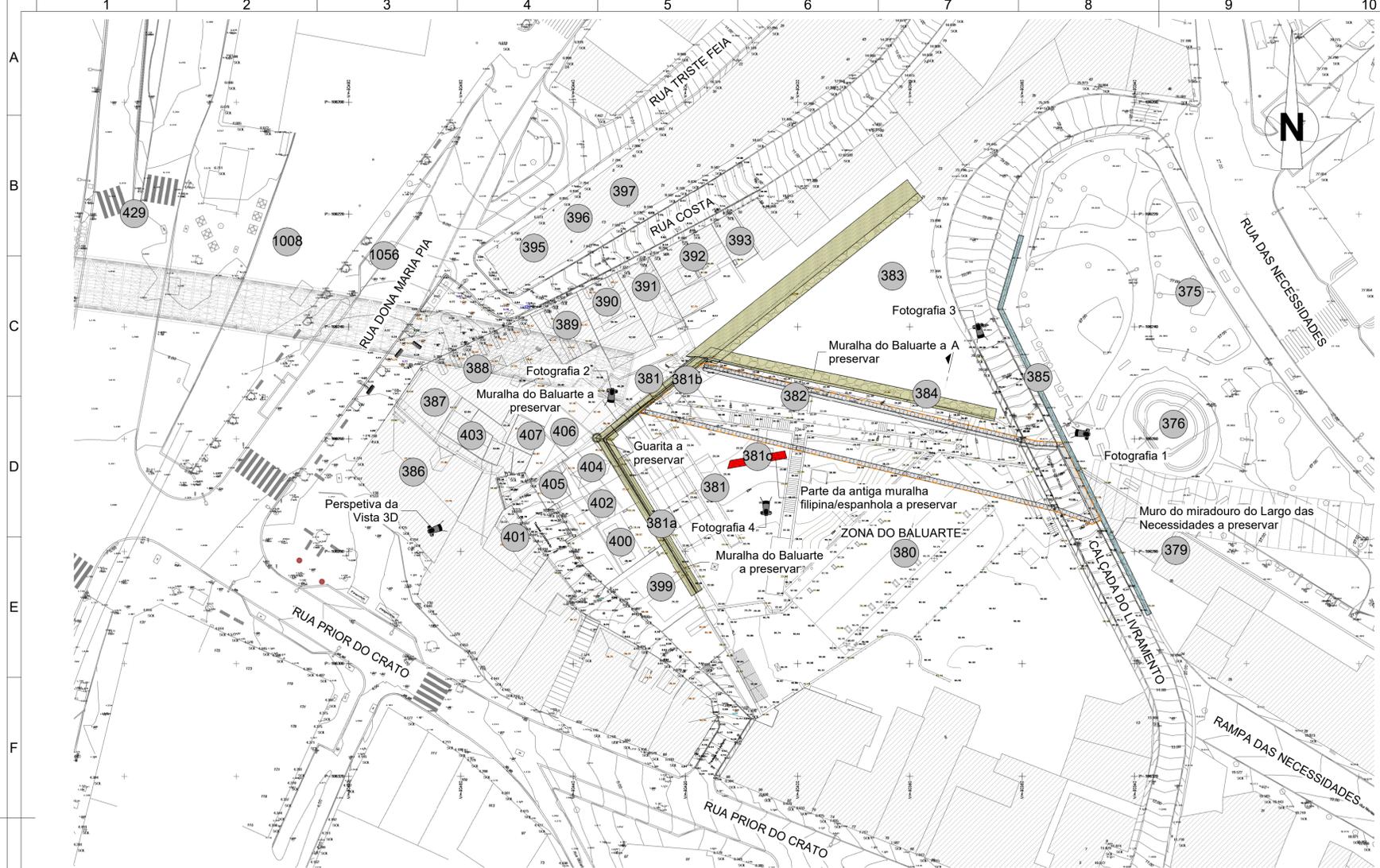
Documentos analisados

- [1] Tomo III – Obras especiais. Volume 5 – OE 5: Túnel Zona do Baluarte. Memória Descritiva. Estruturas Provisórias. LVSSA MSA PE STR TUN OE5 MD 088001 0. Outubro de 2024.
- [2] Tomo III – Obras especiais. Volume 5 – OE 5: Túnel Zona do Baluarte. Nota de Cálculo. Estruturas Provisórias. LVSSA MSA PE STR TUN OE5 NC 088001 0. Outubro de 2024.
- [3] Tomo III – Obras especiais. Volume 5 – OE 5: Túnel Zona do Baluarte. Memória Descritiva. Estruturas Definitivas. LVSSA MSA PE STR TUN OE5 MD 088002 0. Outubro de 2024.
- [4] Tomo III – Obras especiais. Volume 5 – OE 5: Túnel Zona do Baluarte. Nota de Cálculo. Estruturas Definitivas. LVSSA MSA PE STR TUN OE5 NC 088002 0. Outubro de 2024.

1. Os documentos de projeto acima referidos patenteiam uma solução de projeto que se considera viável no que respeita à segurança geotécnica e estrutural do túnel na zona do Baluarte e à capacidade de corresponder às condicionantes do TUA 20220826001989, nomeadamente às alíneas c) e d) da condicionante nº 3, relativas à minimização dos impactes sobre a Muralha do Baluarte do Livramento (nomeadamente sem afetar a sua integridade) e a sua guarita, e a antiga Muralha Filipina. Igual consideração pode ser formulada sobre os impactes no Muro do Miradouro das Necessidades e das várias interferências (Ocorrências Patrimoniais) neles identificadas.
2. A redução da cota da rasante de via para evitar a intersecção da Muralha do Baluarte pelo túnel e a consideração de uma estrutura de contenção provisória contraventada e com rigidez capaz para controlar as deformações do terreno e das interferências adjacentes, confere à solução a capacidade para acautelar as referidas condicionantes da DIA. O mesmo se aplica à estrutura definitiva prevista em quadro fechado de betão armado.
3. O nível de detalhe do projeto não é suficiente para que o LNEC se pronuncie de forma definitiva sobre o mesmo, nomeadamente pela ausência de elementos sobre a requalificação dos espaços e demais integração paisagística, que condicionará as ações a serem consideradas sobre as estruturas definitivas desta obra especial. Antecipa-se que o projeto, na sua forma final, viabilizará a correspondência às alíneas das condicionantes do TUA, acima mencionadas.

LNEC, outubro de 2024

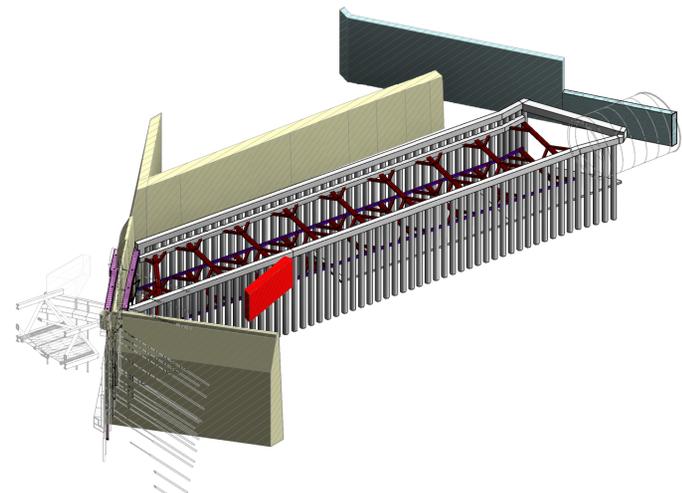
João Bilé Serra  
Investigador-Coordenador



PLANTA DE LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO  
Esc. 1 : 500



PLANTA DE LOCALIZAÇÃO  
GOOGLE EARTH  
s / escala



VISTA 3D - CONTENÇÃO PERIFÉRICA  
s / escala

LEGENDA:

- Limite da contenção periférica
  - Interferências existentes (ver volume 17)
  - Zona onde foi retirada a fotografia
- GERAL**
- Zona da obra do viaduto
  - Zona do emboque
  - Muralhas existentes no Baluarte
  - Muro do miradouro do Largo das Necessidades
  - Antiga Muralha filipina/espanhola



FOTOGRAFIA 1 - MURALHA DO BALUARTE  
INTERFERÊNCIA Nº 384  
s / escala



FOTOGRAFIA 2 - MURALHA DO BALUARTE E GUARIDA  
INTERFERÊNCIA Nº 381b  
s / escala



FOTOGRAFIA 3 - MURO DO MIRADOURO DO LARGO DAS NECESSIDADES  
INTERFERÊNCIA Nº 385  
s / escala



FOTOGRAFIA 4 - MURALHA FILIPINA/ESPANHOLA  
INTERFERÊNCIA Nº 381c  
s / escala

ALTERAÇÕES		DATA		DES.	VERIF.
0	Emissão inicial	04/10/2024	PM	RP	

<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA</b> <b>S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO		
Data:		
Aprov.		Escalas: Des. nº 133723 F. /
Verif.		Alter. Substituído Nº SAP
Proj.		Versão
Des.		Folha

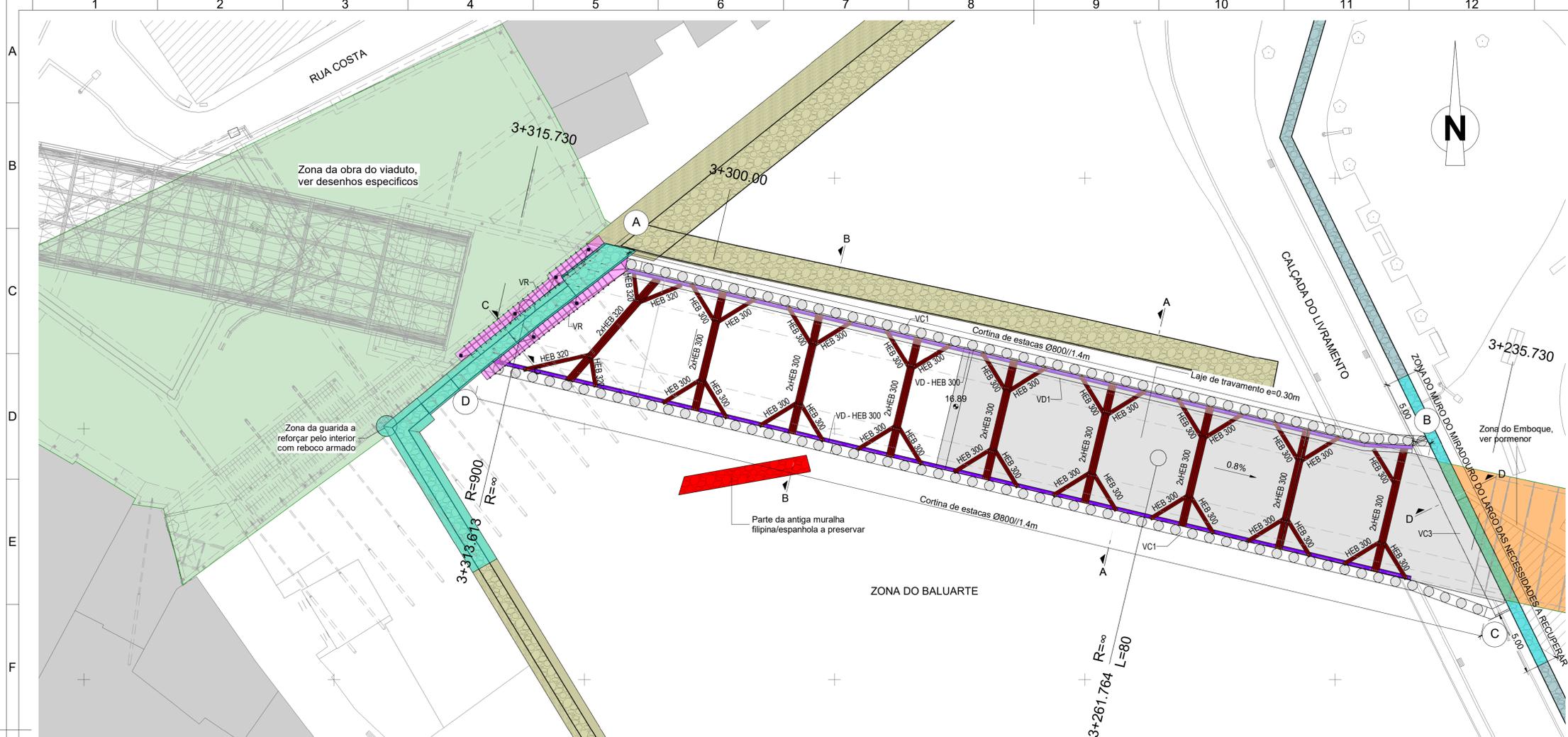
  

Aprov.	RP	04/10/2024	
Verif.	RT	04/10/2024	
Proj.	AH, AS, CM, PM	04/10/2024	
Des.	PM	04/10/2024	

Identificação Empresa Projeto: COBA / JET SJ / ALCM / TALPROJECTO  
Escala: 1:500  
Folha: 01/09

Desenho nº LVSSA MSA PE STR OE OES DW 088000 0 (01-09)  
Alter.: 04/10/2024

Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar de Prolegamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.



- LEGENDA:**
- CONTENÇÃO PERIFÉRICA E SOLUÇÕES**
- Cortina de estacas Ø800/1.4m
  - Microestacas de recalço Ø177.8x12.5mm
  - Escoras de travamento provisórias HEB 300 e 2xHEB 300
  - Vigas de distribuição provisórias HEB 300
  - Perfis de travamento à encurvadura provisórios UPN 140
  - Viga de recalço VR, a demolir após execução do túnel definitivo
  - Barras tipo gewi Ø25mm, ou equivalente
  - Zona estimada para aplicação das soluções de reforço e tratamento da muralha do Baluarte e muro do miradouro do Largo das Necessidades
- GERAL**
- Zona da obra do viaduto
  - Zona do emboque
  - Muralhas existentes no Baluarte
  - Muro do miradouro do Largo das Necessidades
  - Antiga Muralha filipina/espanhola

**PLANTA DE DIMENSIONAMENTO  
CONTENÇÃO PERIFÉRICA**  
Esc. 1 : 200

ALTERAÇÕES		DATA		PM	RP
Nº	Descrição	DATA	DES.	DES.	VERIF.
0	Emissão inicial	04/10/2024	PM	RP	

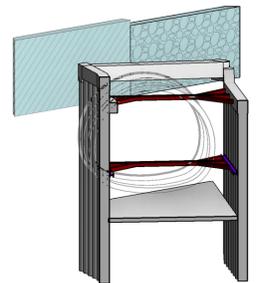
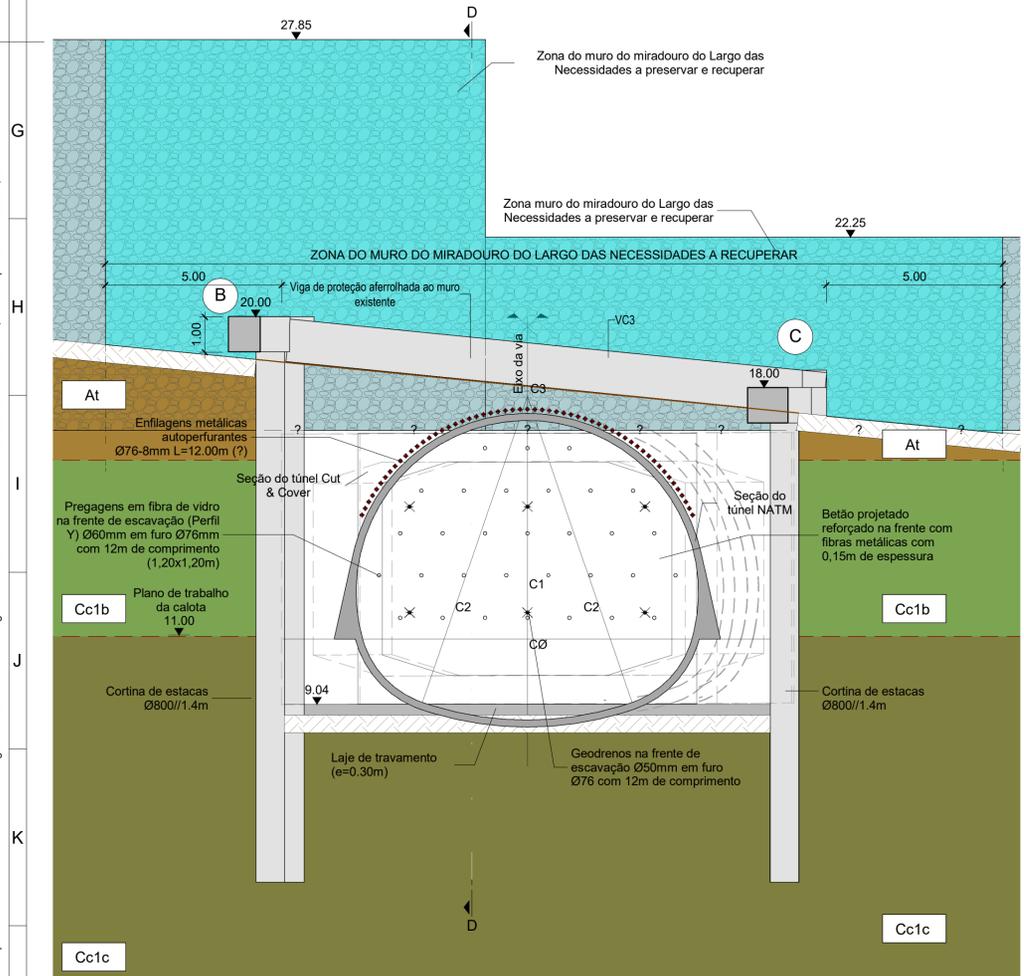
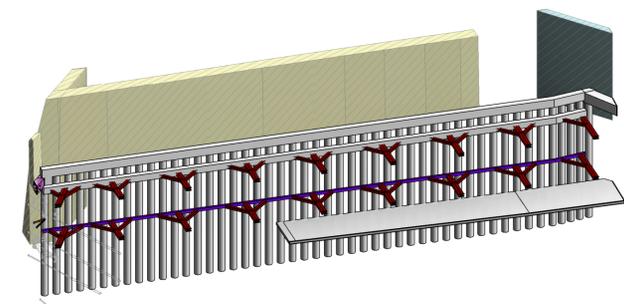
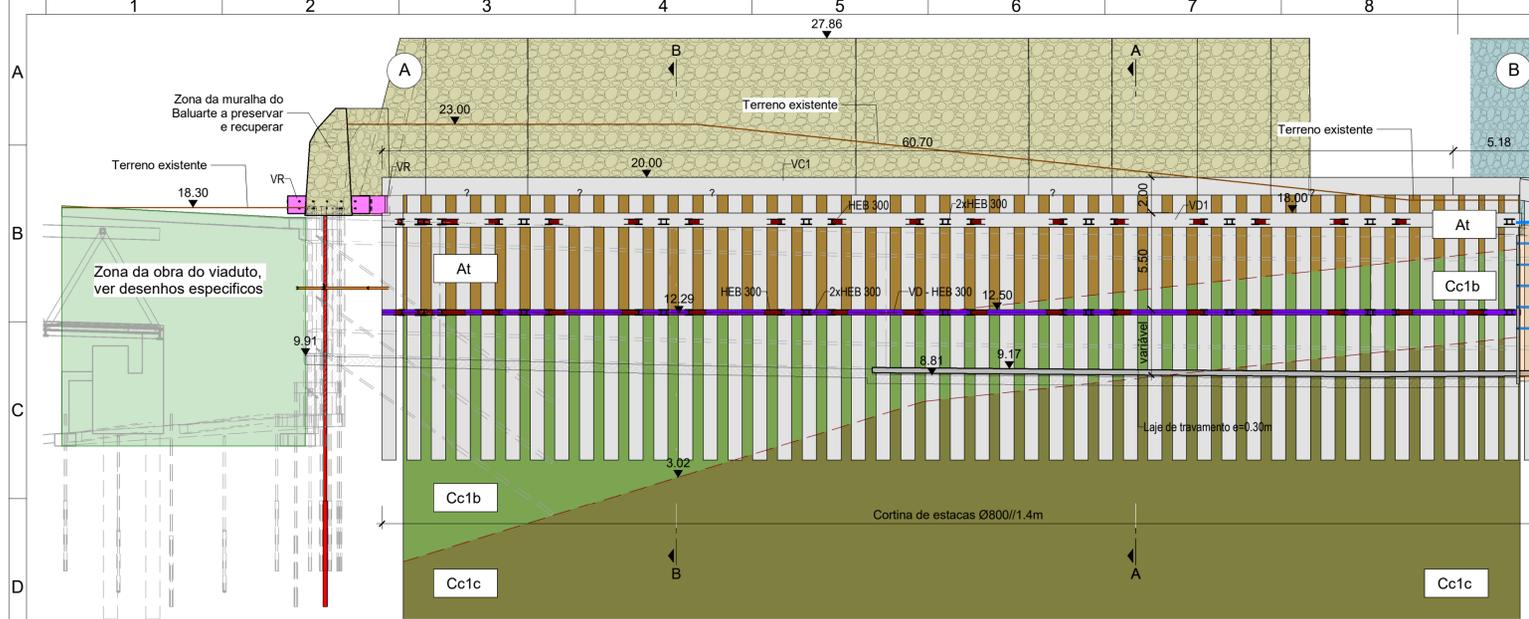
  

<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA</b>		<b>PROJETO DE EXECUÇÃO</b>			
Data:		ESTRUTURAS		Escalas: Des. nº 133724 F. / /	
Aprov.		ESTACÇÃO DE ALCANTARA		Alter. Substituído Nº SAP Versão Folha	
Verif.		ESTRUTURAS PROVISÓRIAS			
Proj.		PLANTA DE DIMENSIONAMENTO			
Des.					

Identificação Empresa Projeção:		COBA / JET SJ / JLGM / TALPROJECTO		Escala: 1:200		Folha: 02/09	
Aprov.	RP	04/10/2024		Desenho nº LVSSA MSA PE STR OE OES DW 088050 0 (02-09)		Alter. 04/10/2024	
Verif.	RT	04/10/2024					
Proj.	AH, AS, CM, PM	04/10/2024					
Des.	PM	04/10/2024					

Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar de Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.



- LEGENDA:**
- CONTENÇÃO PERIFÉRICA E SOLUÇÕES**
- Cortina de estacas Ø800/1.4m
  - Microestacas de recalçamento Ø177.8x12.5mm
  - Escoras de travamento provisórias HEB 300 e 2xHEB 300
  - Vigas de distribuição provisórias HEB 300
  - Perfis de travamento à encurvadura provisórios UPN 140
  - Viga de recalçamento VR, a demolir após execução do túnel definitivo
  - Barras tipo gewi Ø25mm, ou equivalente
  - Zona estimada para aplicação das soluções de reforço e tratamento da muralha do Baluarte e muro do miradouro do Largo das Necessidades

- GERAL**
- Zona da obra do viaduto
  - Zona do emboque
  - Muralhas existentes no Baluarte
  - Muro do miradouro do Largo das Necessidades
  - Antiga Muralha filipina/espanhola

- LEGENDA DE GEOLOGIA**
- QUATERNÁRIO - Holocénio (Recente)**
- At: Aterro heterogéneo
  - al(ar): Aluvião arenoso (ar)
  - al(ag): Aluvião argiloso (ag)
  - al(cg): Aluvião com cascalheira (cg)

- NEOGÉNICO - Miocénico - "Argilas e Calcários dos Prazeres" (M<sub>pr</sub>)**
- M<sub>(ag)</sub>: Argilas cinzentas-esverdeadas
  - M<sub>(cal)</sub>: Calcarenítos fossilíferos

- OLIGOCÉNICO - "Formação de Benfica" (φ)**
- φ: Areias finas, siltoosas e silto-argilosas; Siltes argilosos

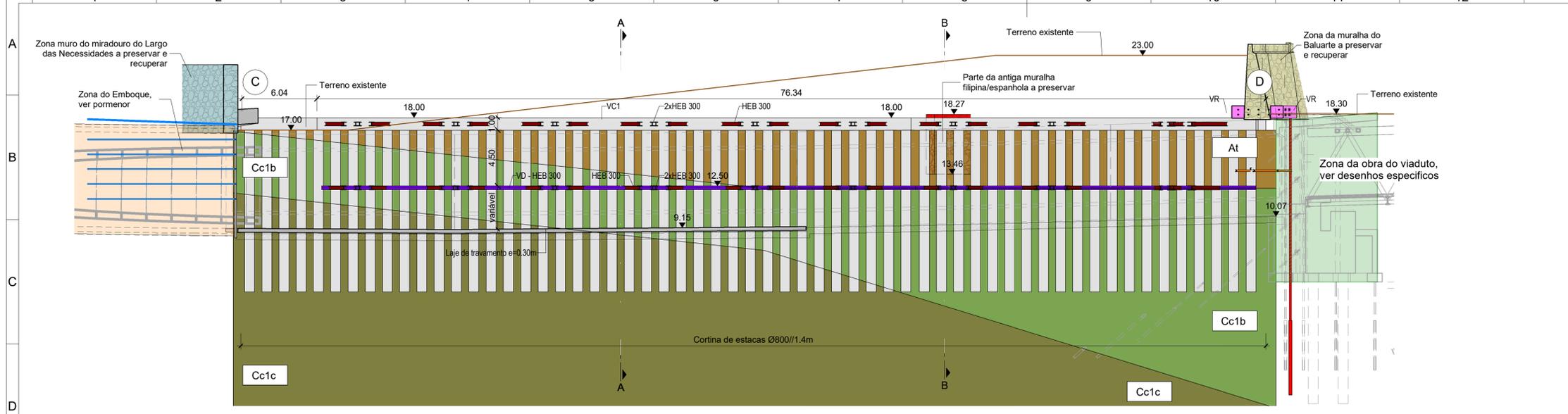
- NEOCRETÁCICO - "Complexo Vulcânico de Lisboa" (β)**
- β': Basalto
  - c: Tufos vulcânicos

- CRETÁCICO - "Formação de Bica"**
- Cc1a: Argila margosa e/ou margas argilosa
  - Cc1b: Calcário nodular
  - Cc1c: Calcário cristalino
  - Cc1d: Calcário compacto

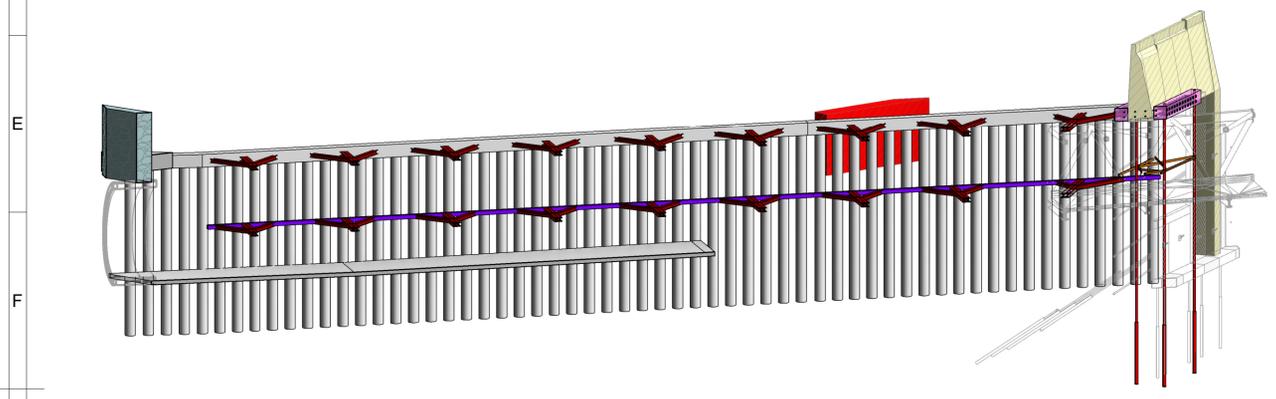
- CENOMANIANO MÉDIO - "Formação de Caneças"**
- Cc2: Calcário margoso

ALTERAÇÕES		0 Emissão inicial		04/10/2024	PM	RP
		DATA	DES.	VERIF.		
Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara		Projeto de Execução				
Data:	ESTRUTURAS		Escalas:		Des. n.º 133725 F. / /	
Aprov.	ESTAÇÃO DE ALCANTARA		Alter.			
Verif.	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS		Substituído			
Proj.	ALÇADO AB E BC		N.º SAP		Versão	
Des.			Folha			
				Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / ALCM / TALPROJECTO Escalas: 1:100 / 1:200 / 1:500 Data: 03/09		
Aprov.	RP	04/10/2024	Desenho n.º LVSSA MSA PE STR OE OES DW 088100 0 (03-09)		Alter. 04/10/2024	
Verif.	RT	04/10/2024				
Proj.	AH, AS, CM, PM	04/10/2024				
Des.	PM	04/10/2024				

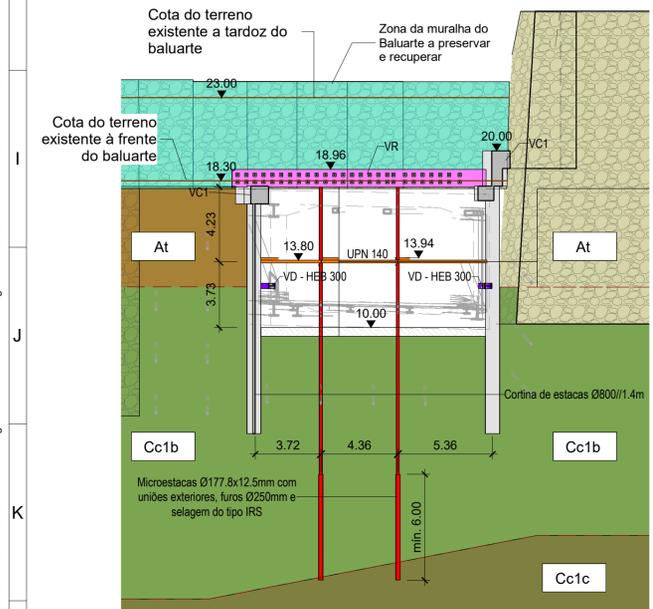
Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar de Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.



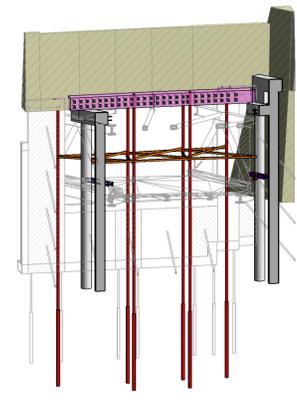
ALÇADO CD  
Esc. 1 : 200



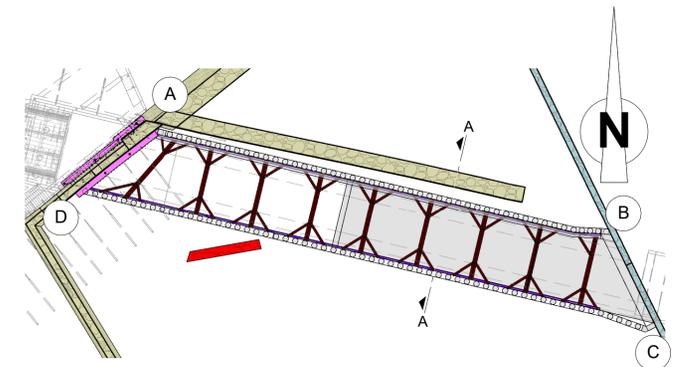
VISTA 3D - ALÇADO CD  
s / escala



ALÇADO DA  
Esc. 1 : 200



VISTA 3D - ALÇADO DA  
s / escala



PLANTA DE DIMENSIONAMENTO  
IDENTIFICAÇÃO DOS CORTES  
Esc. 1 : 500

**LEGENDA:**

**CONTENÇÃO PERIFÉRICA E SOLUÇÕES**

- Cortina de estacas Ø800/1.4m
- Microestacas de recalçamento Ø177.8x12.5mm
- Escoras de travamento provisórias HEB 300 e 2xHEB 300
- Vigas de distribuição provisórias HEB 300
- Perfis de travamento à encurvadura provisórios UPN 140
- Viga de recalçamento VR, a demolir após execução do túnel definitivo
- Barras tipo gewi Ø25mm, ou equivalente
- Zona estimada para aplicação das soluções de reforço e tratamento da muralha do Baluarte e muro do miradouro do Largo das Necessidades

**GERAL**

- Zona da obra do viaduto
- Zona do emboque
- Muralhas existentes no Baluarte
- Muro do miradouro do Largo das Necessidades
- Antiga Muralha filipina/espanhola

**LEGENDA DE GEOLOGIA**

**QUATERNÁRIO - Holocénio (Recente)**

- At: Aterro heterogéneo
- al(ar): Aluvião arenoso (ar)
- al(ag): Aluvião argiloso (ag)
- al(cg): Aluvião com cascalheira (cg)

**NEOGÉNICO - Miocénico - "Argilas e Calcários dos Prazeres" (M<sub>pr</sub>)**

- M<sub>(ag)</sub>: Argilas cinzentas-esverdeadas
- M<sub>(cal)</sub>: Calcarenítos fossilíferos

**OLIGOCÉNICO - "Formação de Benfica" (φ)**

- φ: Areias finas, siltosas e silto-argilosas; Siltos argilosos

**NEOCRETÁCICO - "Complexo Vulcânico de Lisboa" (β)**

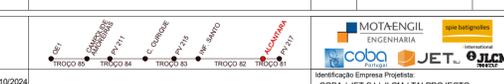
- β: Basalto
- c: Tufos vulcânicos

**CRETÁCICO - "Formação de Bica"**

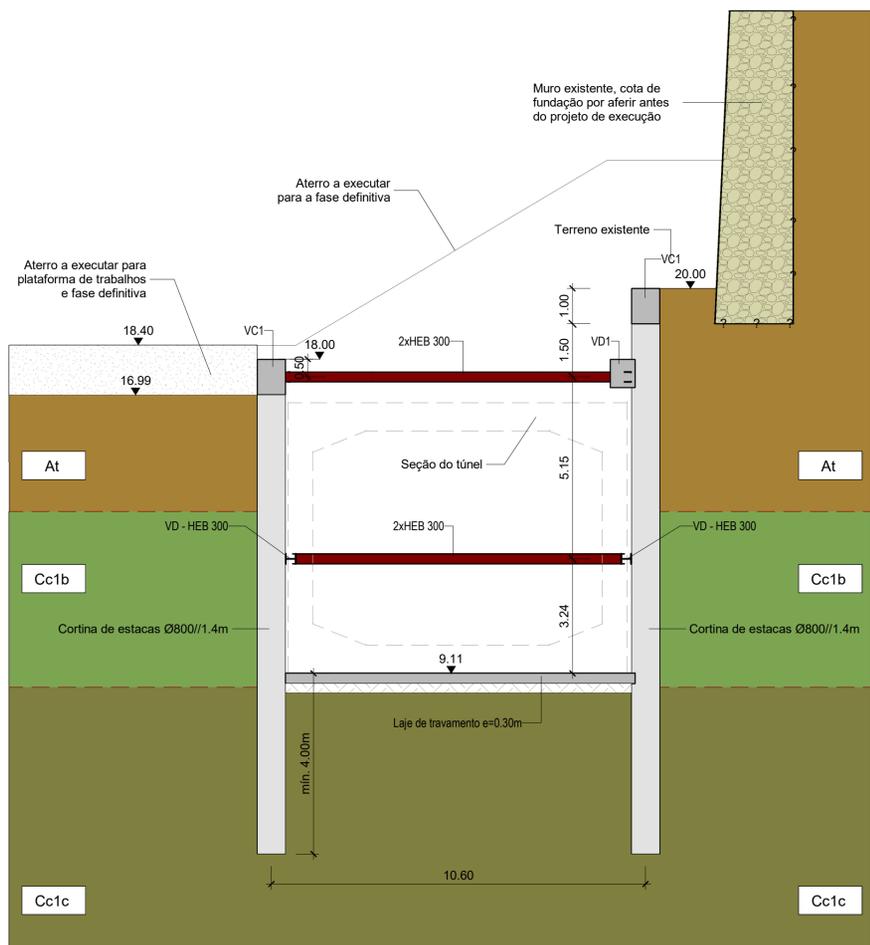
- Cc1a: Argila margosa e/ou margas argilosa
- Cc1b: Calcário nodular
- Cc1c: Calcário cristalino
- Cc1d: Calcário compacto

**CENOMANIANO MÉDIO - "Formação de Caneças"**

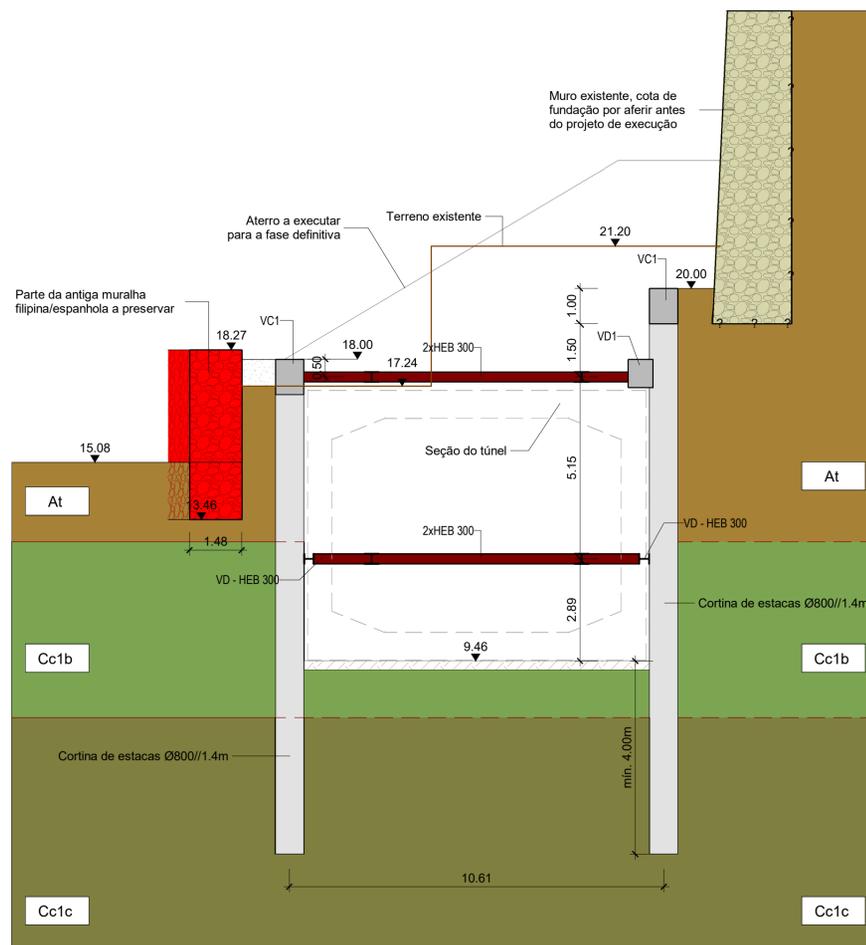
- Cc2: Calcário margoso

ALTERAÇÕES		0 Emissão inicial		04/10/2024	PM	RP
		DATA	DES.	VERIF.		
<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA</b> <b>S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO						
Data:						Escalas:
Aprov.	<b>ESTRUTURAS</b> <b>ESTAÇÃO DE ALCÂNTARA</b>					Des. n.º
Verif.	<b>ESTRUTURAS PROVISÓRIAS</b> <b>ALÇADO CD</b>					Alter.
Proj.						Substituído
Des.	Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO					N.º SAP
		Desenho nº LVSSA MSA PE STR OE OES DW 088101 0 (04-09)		Alter.		Folha
		04/10/2024		04/10/2024		

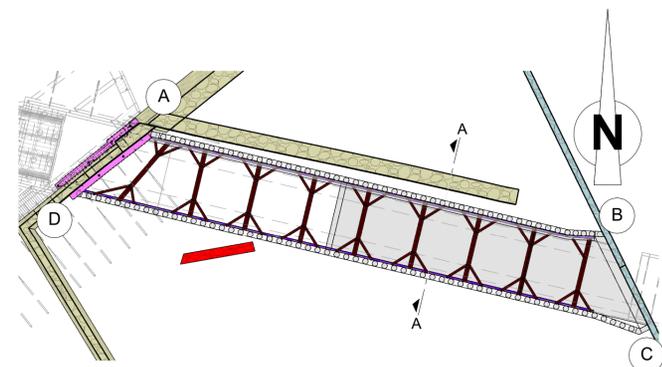
Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.



**CORTE A-A**  
Esc. 1 : 100



**CORTE B-B**  
Esc. 1 : 100



**PLANTA DE DIMENSIONAMENTO IDENTIFICAÇÃO DOS CORTES**  
Esc. 1 : 500

**LEGENDA:**

**CONTENÇÃO PERIFÉRICA E SOLUÇÕES**

- Cortina de estacas Ø800/1.4m
- Microestacas de recalçamento Ø177.8x12.5mm
- Escoras de travamento provisórias HEB 300 e 2xHEB 300
- Vigas de distribuição provisórias HEB 300
- Perfis de travamento à encurvadura provisórios UPN 140
- Viga de recalçamento VR, a demolir após execução do túnel definitivo
- Barras tipo gewi Ø25mm, ou equivalente
- Zona estimada para aplicação das soluções de reforço e tratamento da muralha do Baluarte e muro do miradouro do Largo das Necessidades

**GERAL**

- Zona da obra do viaduto
- Zona do emboque
- Muralhas existentes no Baluarte
- Muro do miradouro do Largo das Necessidades
- Antiga Muralha filipina/espanhola

**LEGENDA DE GEOLOGIA**

**QUATERNÁRIO - Holocénio (Recente)**

- At - Aterro heterógeno
- Al(ar) - Aluvião arenoso (ar)
- Al(ag) - Aluvião argiloso (ag)
- Al(cg) - Aluvião com cascalheira (cg)

**NEOGÉNICO - Miocénico - "Argilas e Calcários dos Prazeres" (M<sub>pr</sub>)**

- M(ag) - Argilas cinzentas-esverdeadas
- M(cal) - Calcarentos fossilíferos

**OLIGOCÉNICO - "Formação de Benfica" (φ)**

- φ - Areias finas, siltosas e silto-argilosas; Siltos argilosos

**NEOCRETÁCICO - "Complexo Vulcânico de Lisboa" (β)**

- β' - Basalto
- c - Tufos vulcânicos

**CRETÁCICO - "Formação de Bica"**

- Cc1a - Argila margosa e/ou margas argilosa
- Cc1b - Calcário nodular
- Cc1c - Calcário cristalino
- Cc1d - Calcário compacto

**CENOMANIANO MÉDIO - "Formação de Caneças"**

- Cc2 - Calcário margoso

ALTERAÇÕES		DATA	DES.	VERIF.
0	Emissão inicial	04/10/2024	PM	RP

<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCANTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO		
Data: _____ Aprov. _____ Verif. _____ Proj. _____ Des. _____	Escalas: Des. nº 133727 F. / / Alter. _____ Substituído _____ Nº SAP _____ Versão _____ Folha _____	

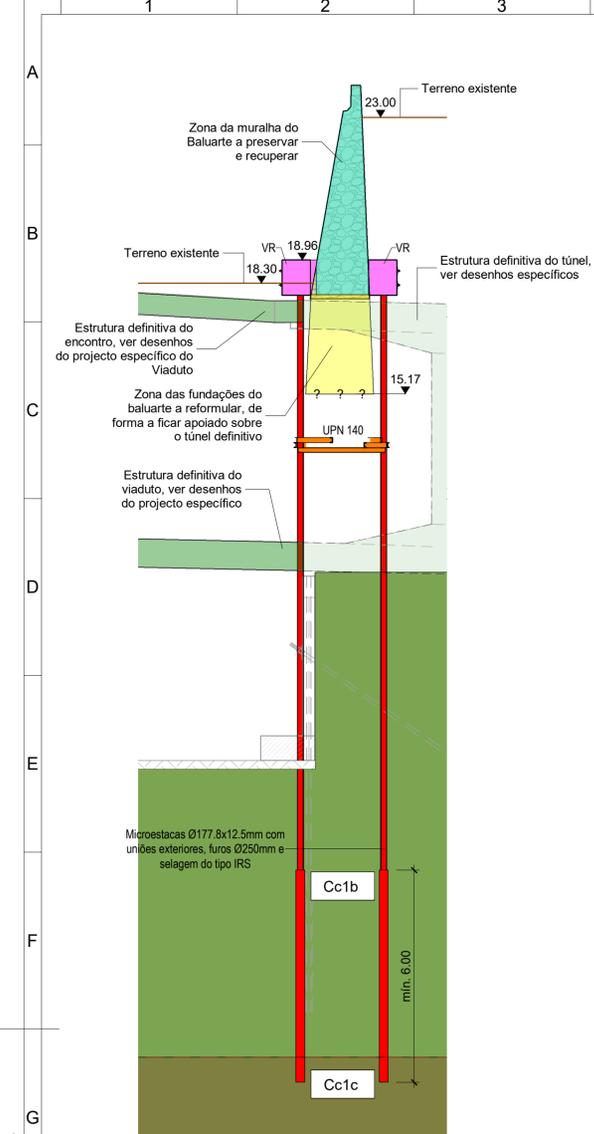
  

Identificação Empresa Projeto: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO	Escalas: 1:100 1:500 Folha: 05/09
--	--------------------------------------

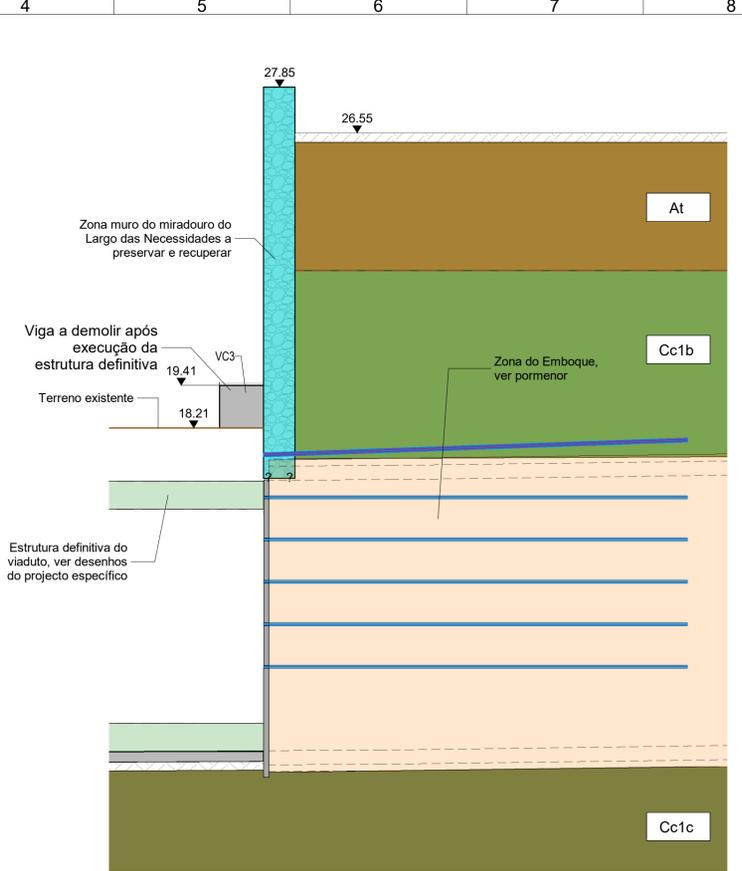
  

Desenho nº LVSSA MSA PE STR OE OES DW 088150 0 (05-09)	Alter: 04/10/2024
--	-------------------

Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prologamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.



**CORTE C-C**  
Esc. 1 : 100



**CORTE D-D**  
Esc. 1 : 100

**LEGENDA:**

- CONTENÇÃO PERIFÉRICA E SOLUÇÕES**
- Cortina de estacas Ø800/1.4m
  - Microestacas de recalçamento Ø177.8x12.5mm
  - Escoras de travamento provisórias HEB 300 e 2xHEB 300
  - Vigas de distribuição provisórias HEB 300
  - Perfis de travamento à encurvadura provisórios UPN 140
  - Viga de recalçamento VR, a demolir após execução do túnel definitivo
  - Barras tipo gewi Ø25mm, ou equivalente

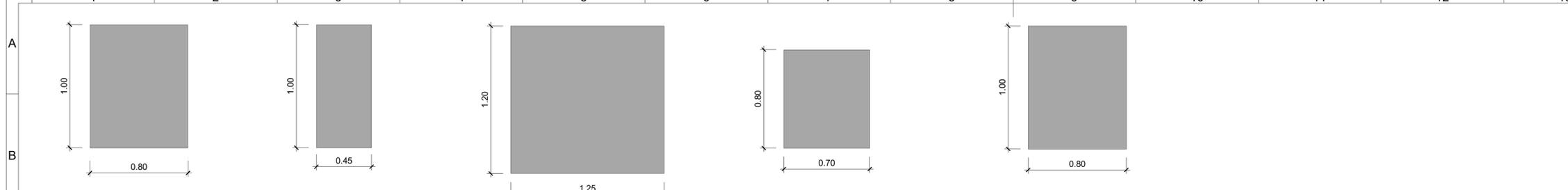
- GERAL**
- Zona da obra do viaduto
  - Zona do emboque
  - Muralhas existentes no Baluarte
  - Muro do miradouro do Largo das Necessidades
  - Antiga Muralha filipina/ espanhola

**LEGENDA DE GEOLOGIA**

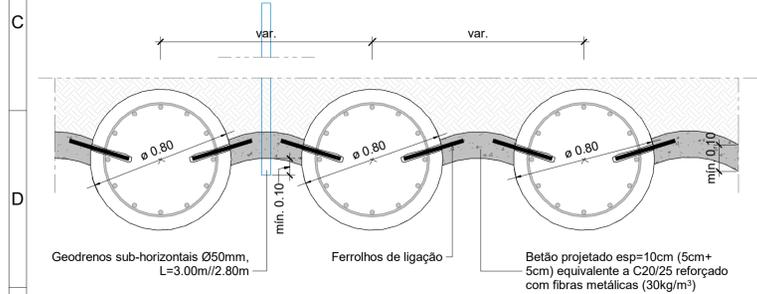
- QUATERNÁRIO - Holocénio (Recente)**
- Aterro heterogéneo
  - Aluvião arenoso (ar)
  - Aluvião argiloso (ag)
  - Aluvião com cascalheira (cg)
- NEOGÉNICO - Miocénico - "Argilas e Calcários dos Prazeres" (M<sub>pr</sub>)**
- Argilas cinzentas-esverdeadas
  - Calcarenítos fossilíferos
- OLIGOCÉNICO - "Formação de Benfica" (φ)**
- Areias finas, siltosas e silto-argilosas; Siltos argilosos
- NEOCRETÁCICO - "Complexo Vulcânico de Lisboa" (β)**
- Basalto
  - Tufos vulcânicos
- CRETÁCICO - "Formação de Bica"**
- Argila margosa e/ou margas argilosa
  - Calcário nodular
  - Calcário cristalino
  - Calcário compacto
- CENOMANIANO MÉDIO - "Formação de Caneças"**
- Calcário margoso

Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.

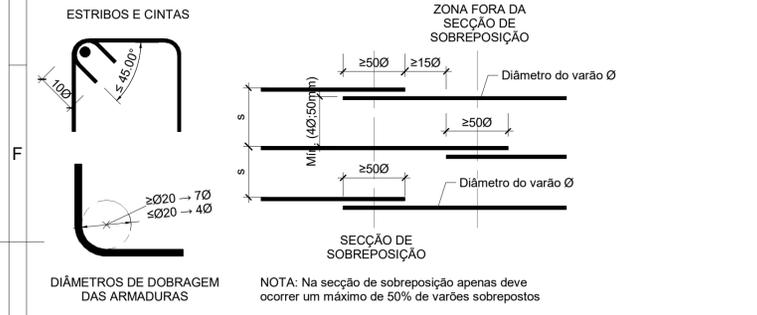
ALTEAÇÕES			
0	Emissão inicial	04/10/2024	PM RP
		DATA	DES. VERIF.
<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA</b> <b>S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO			
Data:		Escalas:	Des. n.º 134511 F. / /
Aprov.		Alter.	
Verif.		Substituído	
Proj.		Substituído	
Des.		N.º SAP	Versão
			Folha
Aprov.	RP	04/10/2024	Identificação Empresa Projeção:
Verif.	RT	04/10/2024	COBA / JET SJ / JLM / TALPROJECTO
Proj.	AH, AS, CM, PM	04/10/2024	Escala: 1:100 1:500
Des.	PM	04/10/2024	Folha: 06/09
Desenho nº LVSSA MSA PE STR OE OES DW 088151 0 (06-09)		Alter: 04/10/2024	



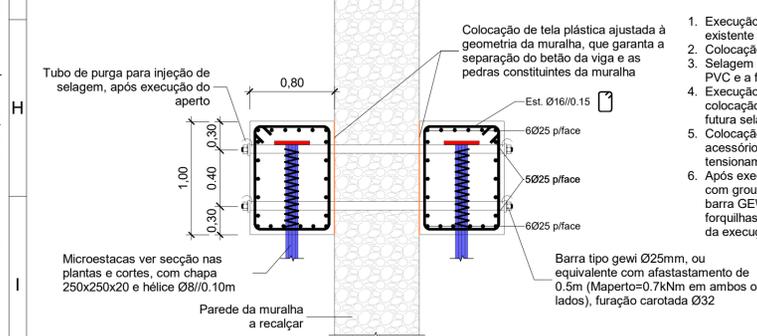
**VIGA DE COROAMENTO - VC1 GEOMETRIA** Esc. 1 : 20  
**VIGA DE COROAMENTO - VC2 GEOMETRIA** Esc. 1 : 20  
**VIGA DE COROAMENTO - VC3 GEOMETRIA** Esc. 1 : 20  
**VIGA DE COROAMENTO - VD1 GEOMETRIA** Esc. 1 : 20  
**VIGA DE COROAMENTO - VR GEOMETRIA** Esc. 1 : 20



**CORTINA DE ESTACAS E BETÃO PROJETADO PLANTA** Esc. 1 : 20

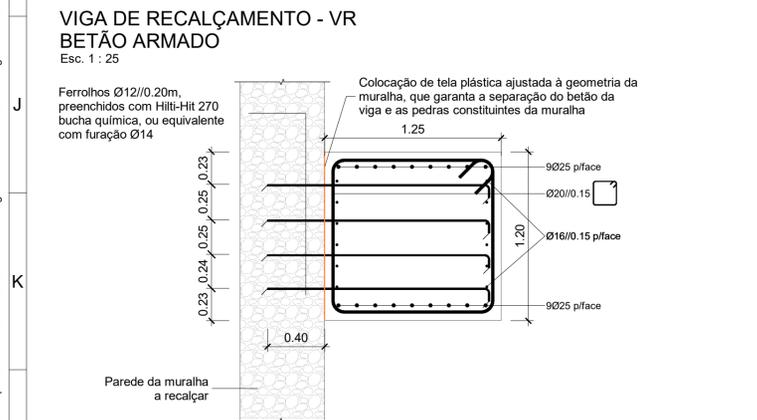


**DIÂMETROS DE DOBRAGEM DAS ARMADURAS** NOTA: Na secção de sobreposição apenas deve ocorrer um máximo de 50% de varões sobrepostos

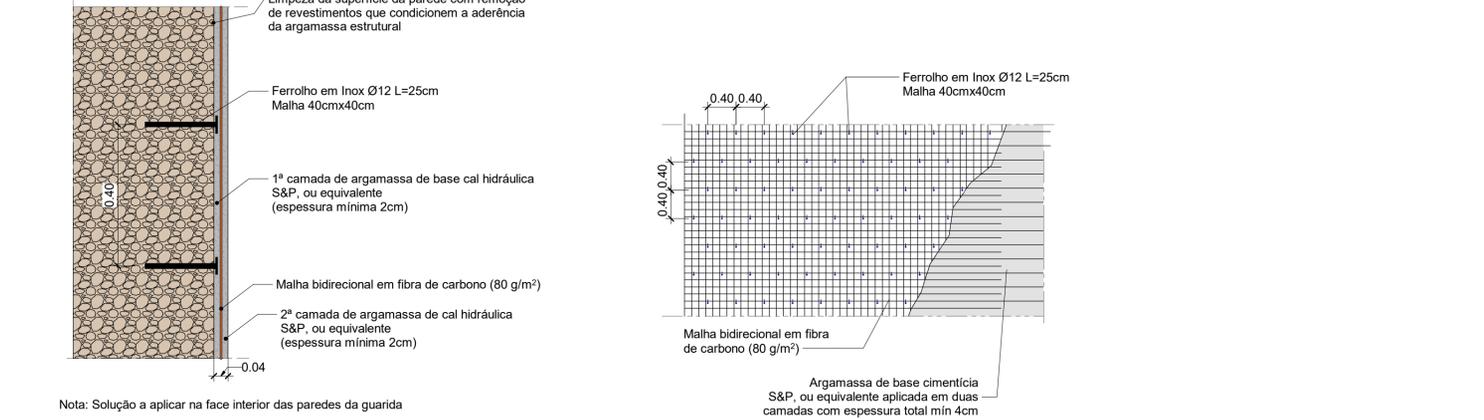


**FASEAMENTO PROPOSTO:**

- Execução de furação Ø32 da parede existente e da tela plástica de separação;
- Colocação de tubo PVC;
- Selagem com grout do espaço entre o tubo PVC e a furação executada;
- Execução das vigas de recalçamento com a colocação de forquilha em PVC Ø25 para futura selagem interior do pré-esforço;
- Colocação das barras GEWI Ø25 e acessórios necessários para o seu tensionamento;
- Após execução do tensionamento, selagem com grout do espaço entre o tubo PVC e a barra GEWI tensionada, através das forquilha previamente colocadas aquando da execução da viga de recalçamento.



**LIGAÇÃO VIGA DE COROAMENTO VC3 - MURO DO MIRADOURO BETÃO ARMADO** Esc. 1 : 25



**REFORÇO COM ARGAMASSA - CORTE TIPO FACE INTERIOR DAS PAREDES DA GUARIDA** Esc. 1 : 10  
**REFORÇO COM ARGAMASSA - ALÇADO TIPO FACE INTERIOR DAS PAREDES DA GUARIDA** Esc. 1 : 50

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS (BETÃO ARMADO CARATERIZADO CONFORME NP EN 206:2017+A2:2021 E EN 10080:2005) (AÇO EM ESTRUTURAS METÁLICAS CARATERIZADO CONFORME EN 10025-2:2021)						
Materiais	Localização	Classe de Resistência	Classe Exposição	Classe Teor de Cloretos	Dmax (mm)	Classe de Consistência
BETÃO <i>in situ</i>	Regularização	C12/15	X0 (P)	CL 1.00	≤ 22	S3
	Betão projetado	C30/37	XC4 (P)	CL 0.40	≤ 10	S5
	Estacas	C30/37	XC4 (P)	CL 0.40	≤ 15	S4
	Viga de coroamento e distribuição	C30/37	XC4 (P)	CL 0.40	≤ 22	S3
	Muros de munitique e tradicionais	C30/37	XC4 (P)	CL 0.40	≤ 22	S3
CALDA DE CIMENTO	Resistência à compressão aos 7 dias	EQUIVALENTE A C25/C30	-	-	-	-
AÇO em varão	Armaduras Ordinárias	A500NR SD	-	-	-	-
	Malha eletrossoldada	A500 ER	-	-	-	-
AÇO (I) em chapas, perfis, barras e anilhas	Chapas e perfis metálicos	S355 JR	-	-	-	-
	Enflagens	S355 JR	-	-	-	-
	Cambotas treliçadas	A500NR	-	-	-	-
	Pregagens	A500NR	-	-	-	-
	Elementos de fixação metálica	CLASSE 8.8	-	-	-	-
ANCORAGENS PROVISÓRIAS	Microestacas	N80 (API 5A) fyd > 560	-	-	-	-
	Aço de alta resistência	Y1860	-	-	-	-
FIBRAS METÁLICAS	Resistência à tração	1500 MPa	-	-	-	-
	Comprimento (extremidade com gancho)	< 35 mm	-	-	-	-
	Esbelteza, Lid	65	-	-	-	-
PREGAGENS DE FIBRA DE VIDRO	Classe de absorção de energia	E700	-	-	-	-
	Resistência à tração	≥ 2000 MPa	-	-	-	-
AÇO em varão	Carga nominal de rotura	430 kN	-	-	-	-
	Armaduras Ordinárias	A500NR SD	-	-	-	-
PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO	Malha eletrossoldada	A500 EL	-	-	-	-
	Aço	S 355 MC	-	-	-	-
PRANCHAS DE MADEIRA	Carga mínima de cedência	Py = 130 kN	-	-	-	-
	Classe de qualidade	E	-	-	-	-
	Classe de serviço	3	-	-	-	-
GEODRENOS	Classe de duração das ações	Média duração	-	-	-	-
	Classe de resistência perpendicular às fibras	C30	-	-	-	-
GEOTÉXTIL DO GEODRENO	Massa por unidade de área (EN9864)	150 g/m²	-	-	-	-
	Massa por unidade de área (EN9864)	2 mm	-	-	-	-
	Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m	-	-	-	-
	Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80%	-	-	-	-
	Punçamento elástico (EN ISO 12236)	≥ 700 N	-	-	-	-
	Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28 mm	-	-	-	-
BUEIROS	Durabilidade	Duração estimada de, no mínimo, 25 anos em terreno com 4 < ph < 9 e temperaturas < 25°C (tempo de exposição máximo de 1 semana após instalação)	-	-	-	-
	Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	-	-	-	-	-

RECOBRIMENTOS NOMINAIS (**)		
ELEMENTO	RECOBRIMENTO NOMINAL	
Estacas	75 mm	
Vigas de coroamento e distribuição	35 mm	
Muros de munitique e tradicionais	50 mm	

(\*\*) - Recobrimento mínimo + Margem de cálculo para as tolerâncias de execução = Recobrimento nominal.  
 - Em elementos inferiores a 0,25 m o recobrimento é reduzido em 0,05 m, devendo ser garantidos os recobrimentos mínimos definidos na EN1008.

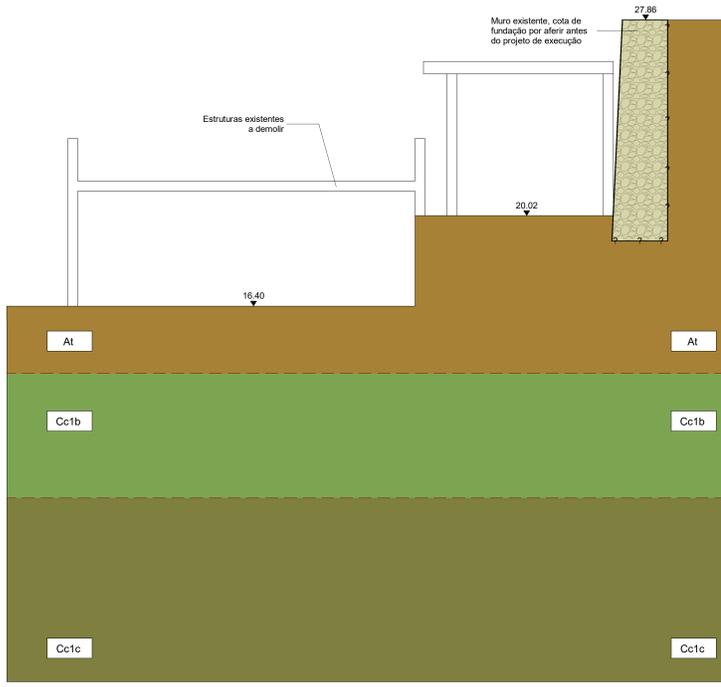
CLASSE DE BETÃO	DIÂMETRO DOS VARÕES [cm]													
	Ø8		Ø10		Ø12		Ø16		Ø20		Ø25		Ø32	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
C 25/30	35	45	40	60	50	70	65	95	80	115	100	145	130	185
C 30/37	30	40	35	50	45	60	60	80	70	105	90	130	115	165

CONDICÕES DE ADERÊNCIA: B-VARÕES SUPERIORES DE LAJES COM ESPESURA>0,25M A-OUTROS VARÕES (BOA ADERÊNCIA)

DIÂMETRO DE DOBRAGEM [mm]	Ø8	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32
	32	40	48	64	140	175	224

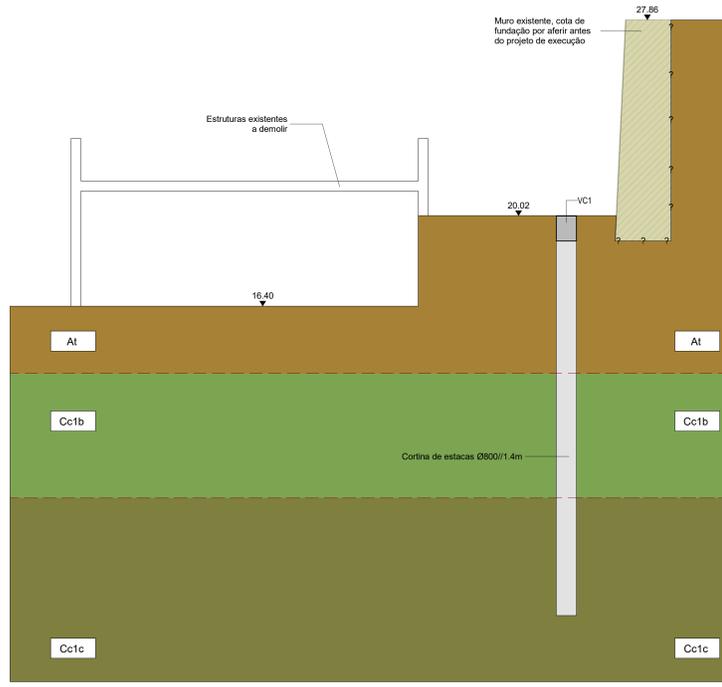
NOTAS:  
 1 - TODAS AS COTAS DO EXISTENTE TÊM COMO BASE AS TELAS FINAIS E O PROJETO DE ARQUITETURA E DEVERÃO SER CONFINADAS EM OBRA.

<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA</b> <b>S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO			
Data:	Escalas:		Des. nº 133728
Aprov.	Estruturas		F. / /
Verif.	Estação de Alcântara		Alter.
Proj.	Estruturas Provisórias		Substituído
Des.	Pormenores		Nº SAP
			Versão
			Folha
Aprova. RP 04/10/2024 Verif. RT 04/10/2024 Proj. AH, AS, CM, PM 04/10/2024 Des. PM 04/10/2024		MOTAENGIL ENGENHARIA COBA JET SJ JALCM TALPROJECTO Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JALCM / TALPROJECTO Escala: 1:20 Data: 07/09 Alter: 04/10/2024	



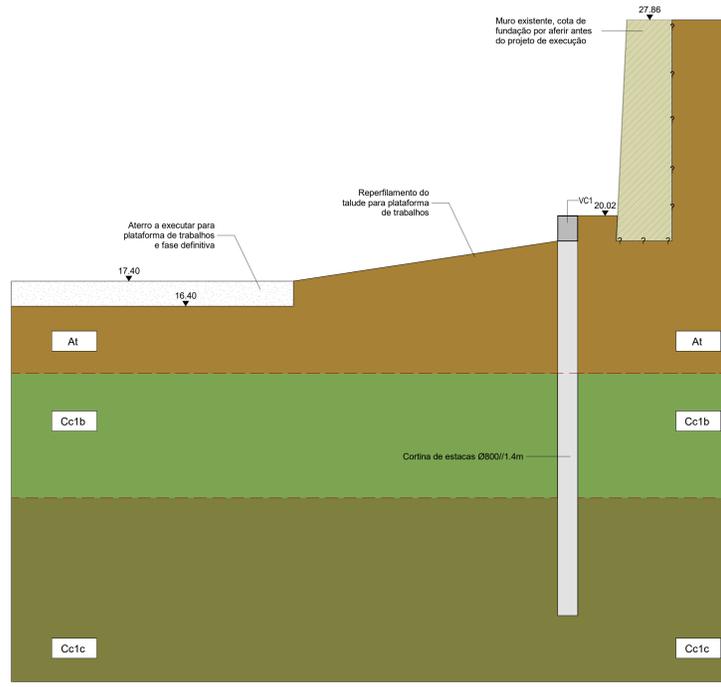
Situação atual

CORTE TIPO  
FASE 0 (EXISTENTE)  
Esc. 1 : 100



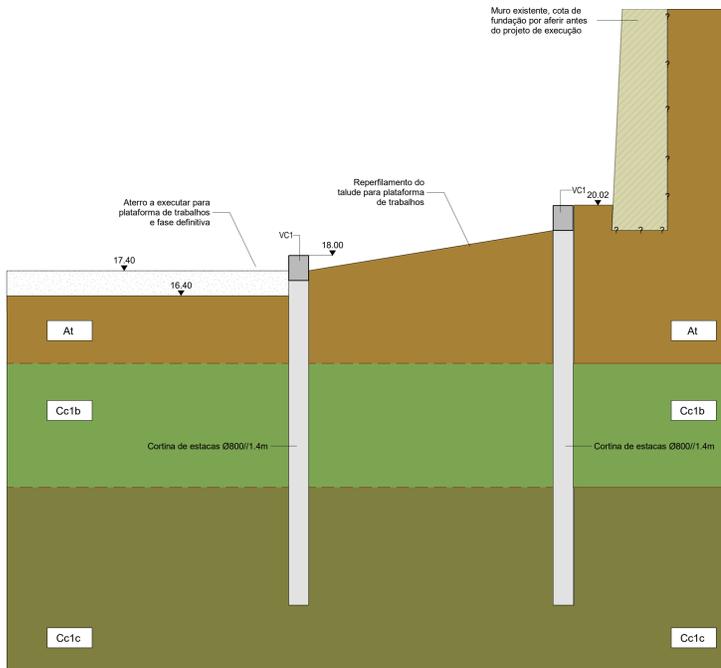
Demolição de construções existentes; execução da cortina de estacas do alçado AB, incluindo execução de viga de coroamento

CORTE TIPO  
FASE 1  
Esc. 1 : 100



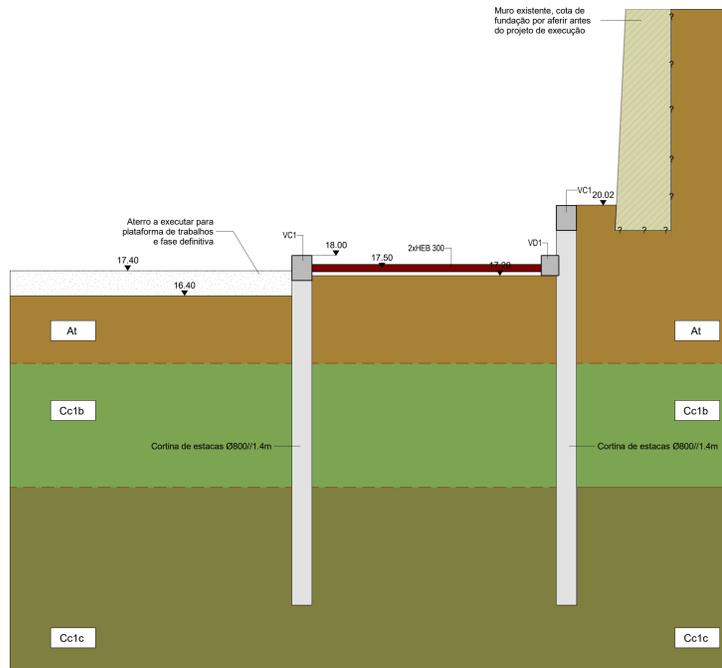
Demolição de construções existentes; escavação e aterro para plataforma de trabalho

CORTE TIPO  
FASE 2  
Esc. 1 : 100



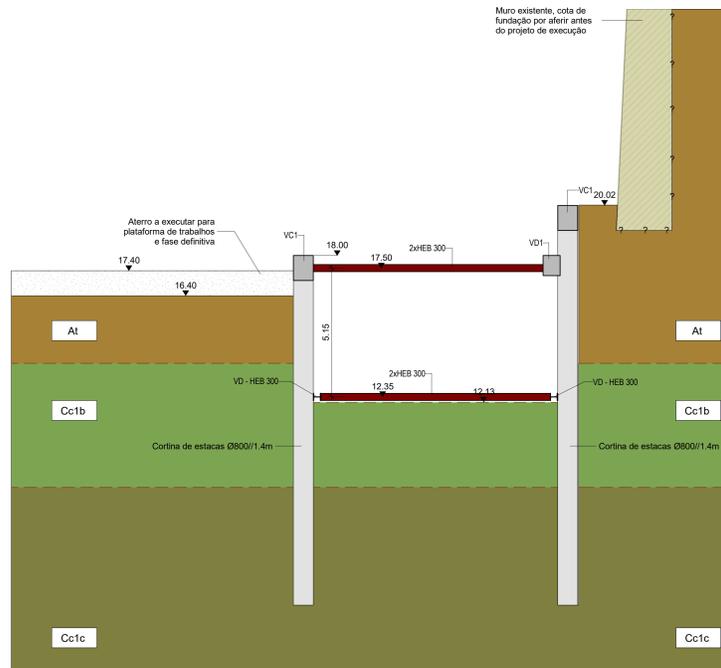
Execução da cortina de estacas e estacas de fundação. Incluindo execução de viga de coroamento

CORTE TIPO  
FASE 3  
Esc. 1 : 100



Escavação acompanhada de execução de betão projetado, execução do 1º nível de viga de distribuição do Alçado AB com execução dos travamentos

CORTE TIPO  
FASE 4  
Esc. 1 : 100



Escavação acompanhada de execução de betão projetado, execução do 2º nível de viga de distribuição e travamento

CORTE TIPO  
FASE 5  
Esc. 1 : 100

LEGENDA:

CONTENÇÃO PERIFÉRICA E SOLUÇÕES

- Cortina de estacas Ø800/1.4m
- Microestacas de recalçamento Ø177.8x12.5mm
- Escoras de travamento provisórias HEB 300 e 2xHEB 300
- Vigas de distribuição provisórias HEB 300
- Perfis de travamento à encurvadura provisórios UPN 140
- Viga de recalçamento VR, a demolir após execução do túnel definitivo
- Barras tipo gew Ø25mm, ou equivalente
- Zona estimada para aplicação das soluções de reforço e tratamento da muralha do Baluarte e muro do miradouro do Largo das Necessidades

GERAL

- Zona da obra do viaduto
- Zona do emboque
- Muralhas existentes no Baluarte
- Muro do miradouro do Largo das Necessidades
- Antiga Muralha Filipina/Espanhola

LEGENDA DE GEOLOGIA

QUATERNÁRIO - Holocénio (Recente)

- At Aterro heterogéneo
- R<sub>ar</sub> Aluvião arenoso (ar)
- R<sub>arg</sub> Aluvião argiloso (ag)
- R<sub>cg</sub> Aluvião com cascalheira (cg)

NEOGÉNICO - Miocénico - "Argilas e Calcários dos Prazeres" (M<sub>Pr</sub>)

- M<sub>arg</sub> Argilas cinzentas-esverdeadas
- M<sub>cal</sub> Calcarenitos fossilíferos

OLIGOCÉNICO - "Formação de Benfica" (ϕ)

- ϕ Areias finas, siltosas e silto-argilosas; Siltos argilosos

NEOCRETÁCIICO - "Complexo Vulcânico de Lisboa" (β)

- β<sup>1</sup> Basalto
- β<sup>2</sup> Tufos vulcânicos

CRETÁCIICO - "Formação de Bica"

- Cc<sub>1a</sub> Argila margosa e/ou margas argilosa
- Cc<sub>1b</sub> Calcário nodular
- Cc<sub>1c</sub> Calcário cristalino
- Cc<sub>1d</sub> Calcário compacto

CENOMANIANO MÉDIO - "Formação de Caneças"

- Cc<sub>2</sub> Calcário margoso

<p>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÁNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO</p>		<p>Metropolitano de Lisboa</p>	
<p>ESTRUTURAS ESTAÇÃO DE ALCÁNTARA</p>		<p>Escala: Des. nº 133726 F. / /</p>	
<p>ESTRUTURAS PROVISÓRIAS FASEAMENTO GERAL DA SOLUÇÃO (1/2)</p>		<p>Alar: S. Sebastião</p>	
<p>FASEAMENTO GERAL DA SOLUÇÃO (1/2)</p>		<p>Escala: 1:100</p>	
<p>Desenho nº LVSSA MSA PE STR DE OES DW 088300 0 (08/25)</p>		<p>Data: 04/10/2024</p>	

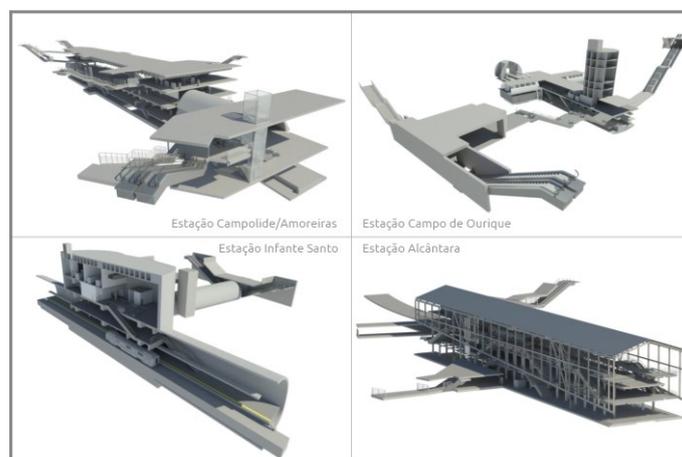


# METRO DE LISBOA

## LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

### PROJETO DE EXECUÇÃO



### TOMO III: OBRAS ESPECIAIS

### VOLUME 5 - OE5: TÚNEL ZONA DO BALUARTE

### MEMÓRIA DESCRITIVA – ESTRUTURAS DEFINITIVAS

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE STR TUN OE5 MD 088002 0
-----------------------	--------------------------------------

	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	Pedro Marques/ Carlos Martins		2024-10-04
Revisto	Rui Tomásio		2024-10-04
Verificado	Sandra Ferreira/ Gonçalo Mateus		2024-10-04
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-04
Aprovado	Raúl Pistone		2024-10-04



Metropolitano de Lisboa



## Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO.....	7
2	ELEMENTOS DE BASE .....	8
3	CONDICIONAMENTOS.....	9
3.1	Traçado.....	9
3.2	Geológico e Geotécnicos.....	9
3.3	Desvios de Circulação.....	11
3.4	Ocupação de Superfície e de Subsolo .....	11
3.5	Interferências .....	11
3.6	Análise de danos e Demolições.....	17
3.7	Implantação.....	17
3.8	Segurança .....	17
3.9	Arquitetónicos.....	18
3.10	Compatibilidade com as Outras Especialidades.....	18
3.11	Ambiente.....	18
4	REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA DE BASE .....	21
5	MATERIAIS.....	23
6	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....	25
6.1	Tempo de Vida Útil.....	25
6.2	Classificação da Obra de Acordo com a sua Importância .....	25
6.3	Classe de Inspeção .....	25
6.4	Classe de Fiabilidade .....	25
6.5	Categoria Geotécnica da obra associada às Estruturas de Contenção .....	25
6.6	Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas .....	25
7	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO.....	27

---

7.1	Solução de Fase Definitiva.....	27
7.2	Solução de Emboquilhamento .....	28
7.3	Sistema de Impermeabilização .....	28
8	PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS.....	30
8.1	Ações .....	30
8.2	Combinações de Ações .....	32
8.3	Verificação da Segurança .....	34
9	DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS .....	36
9.1	Junta de contração .....	36
9.2	Estanqueidade.....	36
10	REDE DE TERRAS.....	37

## Índice de Figuras

Figura 1 - Planta e perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia .....	9
Figura 2 – Planta de localização das carotes executadas .....	12
Figura 3 – Corte transversal na zona da carote C1 (esquerda) e corte transversal na zona da carote C2 (direita).....	13
Figura 4 - Corte transversal na zona da carote C6 .....	13
Figura 5 - Planta de localização com indicação das interferências .....	14
Figura 6 – Fotografia ilustrativa da muralha do Baluarte interferência N° 384 (à esquerda) e fotografia ilustrativa da muralha do Baluarte interferência N° 381b (à direita) com o poço de sondagem realizado e a guarita, a foto foi retirada na plataforma representada pela interferência N° 381 .....	16
Figura 7 – Fotografia ilustrativa de parte da muralha filipina/espanhola atualmente preservada no interior do edifício da casa de Goa, interferência N° 381c .....	16
Figura 8 – Fotografia ilustrativa do muro do miradouro Largo das Necessidades, interferência N° 385 .....	17
Figura 9 - Secção do Túnel do Metro .....	27
Figura 10 – Vista 3D da solução definitiva do Túnel do Metro .....	27
Figura 11 - Sistema de impermeabilização do revestimento definitivo das estruturas executadas a céu aberto.....	28
Figura 12 - Pormenores tipo dos poços de terra .....	37

---

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1 – Valores característicos dos parâmetros a adotar na presente fase do estudo para as várias formações ocorrentes .....</b>	<b>10</b>
<b>Tabela 2 - Edifícios mais suscetíveis à ocorrência de danos.....</b>	<b>14</b>
<b>Tabela 3 – Estruturas definitivas. Características dos materiais – Betão.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabela 4 – Estruturas definitivas. Características dos Materiais – Aço estrutural .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabela 5 – Estruturas definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras .....</b>	<b>24</b>

---

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Memória Descritiva e Justificativa das estruturas definitivas da Obra Especial 5 – Túnel na Zona do Baluarte**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do **Tomo III – Obras Especiais** do **Volume 5 – OE5: Túnel Zona do Baluarte**.

---

## 2 ELEMENTOS DE BASE

Com base nos elementos do Programa Preliminar realizado pelo Metropolitano de Lisboa e do Anteprojeto realizado pelo ACE Metro São Sebastião Alcântara, fizeram-se as verificações necessárias bem como os acrescentos e ajustes considerados como pertinentes para otimização e desenvolvimento detalhado ao nível de Projeto de Execução, das soluções técnicas e elementos de obra, bem como dos processos e faseamento construtivos associados:

- Procedimento – Proc. n.º 125/2022-DLO/ML;
- Programa Preliminar, Tomo IV – Estruturas, Volume 2 – Obras Especiais:
- Memória Descritiva e Justificativa - “LVSSA ML PP STR TUN OE5 MD 088001 0”;
- Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088000 A” a “LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088001 A” e “LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088100 0” a “LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088103 0”);

## 3 CONDICIONAMENTOS

### 3.1 Traçado

A solução estrutural adotada e os processos e faseamento construtivos previstos encontram-se compatibilizados com o projeto do traçado da linha.

### 3.2 Geológico e Geotécnicos

Nesta fase de Projeto de Execução e de acordo com as condições conhecidas para terrenos com características semelhantes foram estabelecidas soluções de suporte que serão confirmadas e/ou desenvolvidas em função da interpretação dos resultados dos trabalhos de prospeção já concluídos e das campanhas do Programa de prospeção complementar em decurso.

Os condicionamentos Geológicos e Geotécnicos são descritos no Tomo I – Geral, Volume 6 – Estudo Geológico-Geotécnico.

Apresenta-se na Figura 1, o excerto do perfil geológico-geotécnico do local.

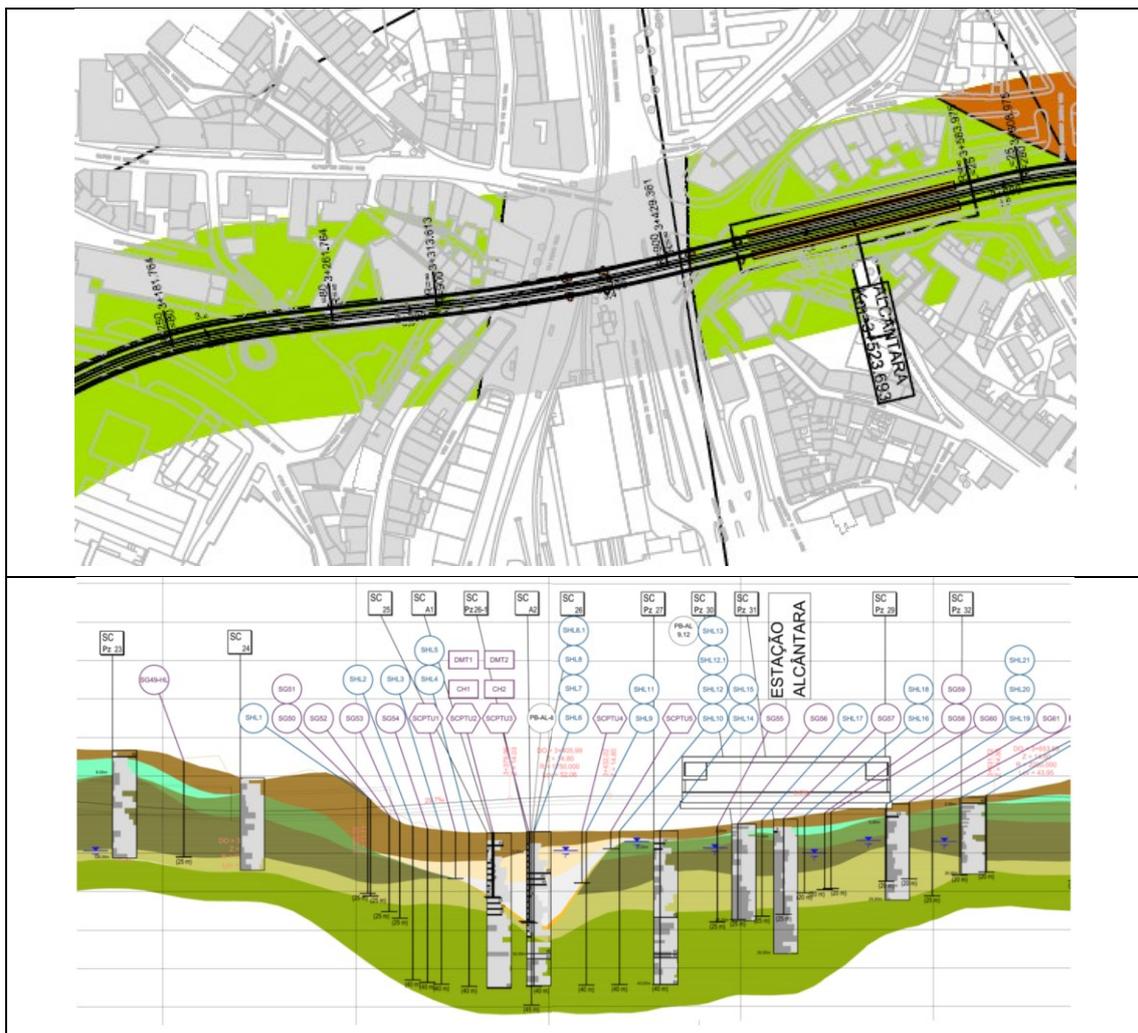


Figura 1 - Planta e perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia

A zona do Vale de Alcântara, onde de nascente para poente, se encontram a OE5, o viaduto metálico, a Estação e a OE6 é dominada pela presença de materiais cretácicos da Formação da Bica, sob cobertura de materiais recentes de aterro, com espessura importante, localmente superior a 10 m, do lado nascente na zona da OE6 e com uma espessura combinada juntamente com os aluviões no centro do vale que pode atingir cerca de 25 m. As unidades cretácicas presentes são a Cc1a, essencialmente correspondente a argilas margosas, aqui com reduzida expressão, Cc1b (calcário nodular), Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas) e Cc1d (calcário compacto fendilhado). Abaixo e já sem se encontrar cortado pelos aluviões do vale de Alcântara, encontram-se os calcários da Formação de Caneças Cc2 (calcários por vezes margosos).

Os aluviões são essencialmente arenosos na parte superior e argilosos na zona central, na base e na parte superior do lado poente. Na base encontra-se pequeno nível de aluvião com cascalheira.

Relativamente aos níveis de água presentes, considera-se que na dependência dos aluviões o nível de água se situe à cota +2,50. A partir desta cota o mesmo sobe nas encostas do vale até cerca da cota 15,00 no final do traçado (450 m a poente) e até à cota 40,00, (550 m a nascente).

Da análise desenvolvida às condições geológico-geotécnicas na zona da obra, resultam os parâmetros geotécnicos resumidos na tabela seguinte:

**Tabela 1 – Valores característicos dos parâmetros a adotar na presente fase do estudo para as várias formações ocorrentes**

Unidade	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$E'$ (MPa)	$K_0$	$k$ (m/s)	$\nu$	$\sigma$ (MPa) [rocha]	$E'$ (GPa) [rocha]
ATERRO, At	<u>18</u>	<u>20</u>	---	---	<u>0</u>	<u>28</u>	<u>8</u>	<u>0,5</u>	<u>10<sup>-5</sup></u>	<u>0,35</u>	---	---
ALUVIÃO, a(ar)	<u>19</u>	<u>21</u>	---	---	<u>0</u>	<u>34</u>	<u>50</u>	<u>0,5</u>	<u>10<sup>-5</sup></u>	<u>0,30</u>	---	---
ALUVIÃO, a(ag)	<u>17</u>	<u>19</u>	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>0</u>	<u>28</u>	<u>4</u>	<u>0,5</u>	<u>10<sup>-8</sup></u>	<u>0,46</u>	---	---
ALUVIÃO, a(cg)	<u>20</u>	<u>22</u>	---	---	<u>0</u>	<u>35</u>	<u>75</u>	<u>0,5</u>	<u>10<sup>-4</sup></u>	<u>0,30</u>	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)a NSPT > 50	22	23	350	100	10	33	60	1,0	10 <sup>-8</sup>	0,33	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)b NSPT < 50	21	22	180	40	5	28	20	1,0	10 <sup>-8</sup>	0,38	---	---
MIOCÉNICO M(cal)	24	24	---	---	100	34	400	0,8	10 <sup>-5</sup>	0,25	---	---
OLIGOCÉNICO, $\Phi$	20	22	400	150	15	30	75	1,2	10 <sup>-7</sup>	0,30		
BASALTO, $\beta$	26	26	---	---	200	40	2000	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,26	20	12
BASALTO, $\beta_{w5;w4/5}$	21	23	---	---	50	35	250	0,7	10 <sup>-6</sup>	0,28	---	---
TUFOS, $\tau$	20	21	---	---	60	35	120	1,0	10 <sup>-7</sup>	0,27	---	---
CALCÁRIO, Cc1a	<u>23</u>	<u>23</u>	---	---	<u>50</u>	<u>32</u>	<u>60</u>	<u>0,8</u>	<u>10<sup>-7</sup></u>	<u>0,23</u>	---	---
CALCÁRIO, Cc1b	<u>24</u>	<u>24</u>	---	---	<u>90</u>	<u>38</u>	<u>325</u>	<u>0,8</u>	<u>10<sup>-7</sup></u>	<u>0,21</u>	<u>9</u>	<u>3</u>
CALCÁRIO, Cc1c	<u>25</u>	<u>25</u>	---	---	<u>300</u>	<u>42</u>	<u>4000</u>	<u>0,8</u>	<u>10<sup>-6</sup></u>	<u>0,21</u>	<u>50</u>	<u>27,5</u>
CALCÁRIO, Cc1d	<u>24</u>	<u>24</u>	---	---	<u>120</u>	<u>40</u>	<u>600</u>	<u>0,8</u>	<u>10<sup>-7</sup></u>	<u>0,21</u>	<u>12</u>	<u>6</u>

Unidade	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$E'$ (MPa)	$K_0$	$k$ (m/s)	$\nu$	$\sigma$ (MPa) [rocha]	$E'$ (GPa) [rocha]
<b>CALCÁRIO DE CANEÇAS</b>	23	23	---	---	100	35	200	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,25	5	1,5

\*As camadas a negrito e sublinhadas correspondem às camadas encontradas na zona do Baluarte e viaduto

### 3.3 Desvios de Circulação

Ao longo da duração da obra os estaleiros e áreas reservadas junto à zona a realizar a céu aberto, que interfiram com a circulação existente, serão demarcadas como áreas temporárias de ocupação com os consequentes desvios de trânsito.

Os desvios de circulação são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo I – Geral, Volume 12 – Projeto Viário, deste Projeto de Execução.

Os estaleiros são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo I – Geral, Volume 09 – Outras Estaleiros, deste Projeto de Execução.

### 3.4 Ocupação de Superfície e de Subsolo

A execução a céu aberto do túnel definitivo interfere com as redes de infraestruturas existentes no subsolo. As infraestruturas serão objeto de desvios provisórios/definitivos ou eventual suspensão, de modo a compatibilizar-se com o faseamento construtivo proposto.

Os serviços afetados são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo III – Obras Especiais, Volume 5 – OE5: Túnel na Zona do Baluarte, deste Projeto de Execução.

### 3.5 Interferências

#### 3.5.1 Enquadramento

A avaliação de danos foi realizada com base na metodologia preconizada no Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha, já mencionada nos Critérios Gerais de Projeto, apoiada pelas recomendações do Eurocódigo 7, Anexo H e ainda pelo relatório ITA/AITES Report 2006 - Settlements induced by tunneling in Soft Ground.

Genericamente, todas as interferências estudadas encontram-se dentro da faixa de 30 m de ambos os lados do eixo do traçado e na zona de influência das escavações. A avaliação risco contemplou diversos tipos de interferências (EIEIF), nomeadamente:

- Edificado, incluindo os de interesse patrimonial;
- Infraestruturas enterradas;
- Infraestruturas ferroviárias.

Após a realização da avaliação de danos, em função do tipo de interferência e da magnitude dos danos estimados, serão selecionadas medidas de mitigação de assentamentos tendo em consideração:

- Tipo de obra a realizar;
- Cenário geológico, geotécnico e hidrogeológico estimado;
- Relação custo-benefício.

A execução dos trabalhos de escavação irá originar alterações do estado de tensão do maciço que resultarão em descompressões e conseqüentemente em deslocamentos na sua zona de influência. O método construtivo adotado em combinação com o comportamento das