

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
TOMO II - VOLUME 1 - TROÇO 85° : S.SEBASTIÃO - AMOREIRAS											
01 - ESTRUTURAS											
1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN 000 NC 087000 0		NOTA DE CÁLCULO CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO		0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 MD 087001 0		TÚNEL. MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 NC 087001 0		TÚNEL. NOTA DE CÁLCULO. SUPORTE PRIMÁRIO		0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087000 0	133477	TÚNEL	85° TROÇO (PARCIAL) - TERMINO SAO SEBASTIAO/ EST. CAMPOLIDE/AMOREIRAS - IMPLANTAÇÃO GERAL - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087001 0	133478	TÚNEL	85° TROÇO 1/3 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087002 0	133479	TÚNEL	85° TROÇO 2/3 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087003 0	133480	TÚNEL	85° TROÇO 3/3 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087004 0	133481	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÕES TIPO, SUPORTE E REVESTIMENTO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087005 0	133482	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÃO TIPO D, CAMBOTA	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087006 0	133483	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÕES TIPO TV-B, TV-C E TV-D, MÉTODO CONSTRUTIVO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087901 0	133484	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087902 0	133485	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087903 0	133486	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087904 0	133487	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087905 0	133488	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087906 0	133489	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087907 0	133490	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087908 0	133491	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087909 0	133492	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087910 0	133493	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087911 0	133494	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087912 0	133495	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087913 0	133496	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087914 0	133497	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T85 NC 087002 0		TÚNEL. NOTA DE CÁLCULO. REVESTIMENTO DEFINITIVO		0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087007 0	133498	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 REVESTIMENTO DEFINITIVO	0							
02 - SERVIÇOS AFETADOS											
1. Projeto de Desvio de Redes, Enterradas e em Superfície											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE SAF TUN T85 MD 057001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE SAF LIN T85 DW 057001 0	133499	PLANTA GERAL MULTIREDES	REDES EXISTENTES - INTERFERÊNCIA	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T85 DW 057002 0	133500	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE SANEAMENTO	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T85 DW 057003 0	133501	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T85 DW 057004 0	133502	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE GÁS	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T85 DW 057005 0	133503	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE TELECOMUNICAÇÕES	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T85 DW 057006 0	133504	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	SLAT	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T85 DW 057007 0	134981	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T85 DW 057008 0	134982	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T85 DW 057009 0	134983	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T85 DW 057010 0	134984	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - 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
LVSSA MSA PE SAF LIN T85 DW 057011 0	134985	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T85 DW 057012 0	134986	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Definitivo	0							
03 - FLUIDOS											
1. Projeto de Rede de incêndios											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN T85 MD 097001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. TÚNEIS. T85	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN T85 DW 097001 0	133505	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. TÚNEIS. T85		0							
04 - ENERGIA											
1. Projeto de Baixa Tensão											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE ENE TUN T85 MD 107002 0		BAIXA TENSÃO	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE ENE LIN T85 DW 101001 0	133506	T85	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
LVSSA MSA PE ENE LIN T85 DW 101002 0	133507	T85	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
05 - TELECOMUNICAÇÕES											
1. Projeto de Telecomunicações											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN T85 ME 117001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN T85 DW 117003 0	133508	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA DE CIRCUITO INTERNO DE TELEVISÃO (CITV)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T85 DW 117007 0	133509	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETEÇÃO DE INCÊNDIO (SADI)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T85 DW 117009 0	133510	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA DE SUPERVISÃO DE INSTALAÇÕES TÉCNICAS (SSIT)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T85 DW 117010 0	133511	TELECOMUNICAÇÕES	TELEFONES ML E SISTEMA DECT	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T85 DW 117012 0	133512	TELECOMUNICAÇÕES	TRAÇADO DE CALEIRAS E ESTEIRAS	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T85 DW 117013 0	133513	TELECOMUNICAÇÕES	CABO RADIANTE	0							
06 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS											
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 T85 DW 197000 0	133514	INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO		0							
LVSSA MSA PE SCI TUN T85 DW 197001 0	133515	INTERLIGAÇÃO DAS CENTRAIS SADI A INSTALAR EM TODAS AS ESTAÇÕES E PVS		0							
07 - OUTRAS ESPECIALIDADES											
1. Estudo de sobreposição de especialidades											
PEÇAS ESCRITAS											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>				0							
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
TOMO II - VOLUME 2 - TROÇO 84º : AMOREIRAS/ CAMPOLIDE - CAMPO DE OURIQUE											
01 - ESTRUTURAS											
1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T84 MD 087001 0		TÚNEL. MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 NC 087001 0		TÚNEL. NOTA DE CÁLCULO. SUPORTE PRIMÁRIO		0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087000 0	133516	TÚNEL	84º TROÇO. EST. CAMPOLIDE/AMOREIRAS/ EST. CAMPO DE OURIQUE - IMPLANTAÇÃO GERAL - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087001 0	133517	TÚNEL	84º TROÇO 1/4 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087002 0	133518	TÚNEL	84º TROÇO 2/4 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087003 0	133519	TÚNEL	84º TROÇO 3/4 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087004 0	133520	TÚNEL	84º TROÇO 4/4 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087005 0	133521	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÕES TIPO, SUPORTE E REVESTIMENTO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087006 0	133522	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÃO TIPO D, CAMBOTA	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087007 0	133523	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÕES TIPO TV-B, TV-C E TV-D, MÉTODO CONSTRUTIVO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087900 0	133524	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087901 0	133525	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087902 0	133526	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087903 0	133527	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087904 0	133528	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087905 0	133529	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087906 0	133530	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087907 0	133531	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087908 0	133532	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087909 0	133533	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087910 0	133534	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087911 0	133535	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087912 0	133536	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087913 0	133537	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D	0							
2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T84 NC 087002 0		TÚNEL. NOTA DE CÁLCULO. REVESTIMENTO DEFINITIVO		0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T84 DW 087008 0	133538	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 REVESTIMENTO 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
02 - SERVIÇOS AFETADOS											
1. Projeto de Desvio de Redes, Enterradas e em Superfície											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE SAF TUN T84 MD 057001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057001 0	133539	PLANTA GERAL MULTIREDES	REDES EXISTENTES - INTERFERÊNCIA	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057002 0	133540	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE SANEAMENTO (1+100/1+1750)	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057003 0	133541	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (1+100/1+1750)	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057004 0	133542	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE GÁS (1+100/1+1750)	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057005 0	133543	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE TELECOMUNICAÇÕES (1+100/1+1750)	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057006 0	133544	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	SLAT (1+100/1+1750)	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057007 0	133545	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE SANEAMENTO (0+600/1+300)	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057008 0	133546	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (0+600/1+300)	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057009 0	133547	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE GÁS (0+600/1+300)	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057010 0	133548	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE TELECOMUNICAÇÕES (0+600/1+300)	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057011 0	133549	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	SLAT (0+600/1+300)	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057012 0	134987	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057013 0	134988	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057014 0	134989	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057015 0	134990	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057016 0	134991	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T84 DW 057017 0	134992	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Definitivo	0							
03 - FLUIDOS											
1. Projeto de Rede de Incêndios											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN T84 MD 097001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. TÚNEIS. T84	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN T84 DW 097001 0	133550	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. TÚNEIS. T84		0							
04 - ENERGIA											
1. Projeto de Baixa Tensão											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE ENE TUN T84 MD 107002 0		BAIXA TENSÃO	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE ENE LIN T84 DW 101001 0	133551	T84	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
LVSSA MSA PE ENE LIN T84 DW 101002 0	133552	T84	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
LVSSA MSA PE ENE LIN T84 DW 101003 0	133553	T84	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
LVSSA MSA PE ENE LIN T84 DW 101004 0	133554	T84	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
05 - TELECOMUNICAÇÕES											
1. Projeto de Telecomunicações											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN T84 MD 117001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN T84 DW 117003 0	133555	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA DE CIRCUITO INTERNO DE TELEVISÃO (CITV)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T84 DW 117007 0	133556	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETEÇÃO DE INCÊNDIO (SADI)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T84 DW 117009 0	133557	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA DE SUPERVISÃO DE INSTALAÇÕES TÉCNICAS (SSIT)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T84 DW 117010 0	133558	TELECOMUNICAÇÕES	TELEFONES ML E SISTEMA DECT	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T84 DW 117012 0	133559	TELECOMUNICAÇÕES	TRAÇADO DE CALEIRAS E ESTEIRAS	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T84 DW 117013 0	133560	TELECOMUNICAÇÕES	CABO RADIANTE	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
06 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS											
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 T84 DW 197000 0	133561	INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO		0							
LVSSA MSA PE SCI TUN T84 DW 197001 0	133562	INTERLIGAÇÃO DAS CENTRAIS SADI A INSTALAR EM TODAS AS ESTAÇÕES E P.V'S		0							
07 - OUTRAS ESPECIALIDADES											
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
TOMO II - VOLUME 3 - TROÇO 83º : CAMPO DE OURIQUE - INFANTE SANTO											
01 - ESTRUTURAS											
1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T83 MD 087001 0		TÚNEL	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 NC 087001 0		TÚNEL	NOTA DE CÁLCULO, SUPORTE PRIMÁRIO		0						
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087000 0	133563	TÚNEL	83º TROÇO, EST. CAMPO DE OURIQUE/ EST. INFANTE SANTO - IMPLANTAÇÃO GERAL - PLANTA E SECCOES		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087001 0	133564	TÚNEL	83º TROÇO 1/3 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087002 0	133565	TÚNEL	83º TROÇO 2/3 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087003 0	133566	TÚNEL	83º TROÇO 3/3 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087004 0	133567	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÕES TIPO, SUPORTE E REVESTIMENTO		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087005 0	133568	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÃO TIPO D, CAMBOTA		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087006 0	133569	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÕES TIPO TV-B, TV-C E TV-D, MÉTODO CONSTRUTIVO		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087900 0	133570	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087901 0	133571	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087902 0	133572	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087903 0	133573	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087904 0	133574	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087905 0	133575	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087906 0	133576	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087907 0	133577	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087908 0	133578	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087909 0	133579	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087910 0	133580	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087911 0	133581	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087912 0	133582	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087913 0	133583	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T83 NC 087002 0		TÚNEL	NOTA DE CÁLCULO, REVESTIMENTO DEFINITIVO		0						
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T83 DW 087007 0	133584	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 REVESTIMENTO DEFINITIVO		0						
02 - SERVIÇOS AFETADOS											
1. Projeto de Desvio de Redes, Enterradas e em Superfície											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE SAF TUN T83 MD 057001 0			MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0						
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057001 0	133585	PLANTA GERAL MULTIREDES	REDES EXISTENTES - INTERFERÊNCIA		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057002 0	133586	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE SANEAMENTO (2+000/2+500)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057003 0	133587	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (2+000/2+500)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057004 0	133588	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE GÁS (2+000/2+500)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057005 0	133589	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE TELECOMUNICAÇÕES (2+000/2+500)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057006 0	133590	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	SLAT (2+000/2+500)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057007 0	133591	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE SANEAMENTO (1+600/2+200)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057008 0	133592	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (1+600/2+200)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057009 0	133593	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE GÁS (1+600/2+200)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057010 0	133594	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE TELECOMUNICAÇÕES (1+600/2+200)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057011 0	133595	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	SLAT (1+600/2+200)		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
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057012 0	134993	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057013 0	134994	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057014 0	134995	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057015 0	134996	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057016 0	134997	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T83 DW 057017 0	134998	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Definitivo	0							
03 - FLUIDOS											
1. Projeto de Rede de Incêndios											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN T83 MD 097001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. TÚNEIS. T83	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN T83 DW 097001 0	133596	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. TÚNEIS. T83		0							
04 - ENERGIA											
1. Projeto de Baixa Tensão											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE ENE TUN T83 MD 107002 0		BAIXA TENSÃO	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE ENE LIN T83 DW 101001 0	133597	T83	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
LVSSA MSA PE ENE LIN T83 DW 101002 0	133598	T83	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
LVSSA MSA PE ENE LIN T83 DW 101003 0	133599	T83	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
05 - TELECOMUNICAÇÕES											
1. Projeto de Telecomunicações											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN T83 MD 117001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN T83 DW 117003 0	133600	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA DE CIRCUITO INTERNO DE TELEVISÃO (CITV)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T83 DW 117007 0	133601	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETEÇÃO DE INCÊNDIO (SADI)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T83 DW 117009 0	133602	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA DE SUPERVISÃO DE INSTALAÇÕES TÉCNICAS (SSIT)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T83 DW 117010 0	133603	TELECOMUNICAÇÕES	TELEFONES ML E SISTEMA DECT	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T83 DW 117012 0	133604	TELECOMUNICAÇÕES	TRAÇADO DE CALEIRAS E ESTEIRAS	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T83 DW 117013 0	133605	TELECOMUNICAÇÕES	CABO RADIANTE	0							
06 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS											
1. Projeto de Segurança contra incêndios											
PEÇAS ESCRITAS											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE SCI TUN T83 DW 197000 0	133606	INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO		0							
LVSSA MSA PE SCI TUN T83 DW 197001 0	133607	INTERLIGAÇÃO DAS CENTRAIS SADI A INSTALAR EM TODAS AS ESTAÇÕES E PVS		0							
07 - OUTRAS ESPECIALIDADES											
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
TOMO II - VOLUME 4 - TROÇO 82º : INFANTE SANTO - ALCÁNTARA											
01 - ESTRUTURAS											
1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T82 MD 087001 0		TÚNEL	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 NC 087001 0		TÚNEL	NOTA DE CÁLCULO, SUPORTE PRIMÁRIO		0						
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087000 0	133608	TÚNEL	82º TROÇO, EST. INFANTE SANTO/ EST. ALCÁNTARA - IMPLANTAÇÃO GERAL - PLANTA E PERFIL		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087001 0	133609	TÚNEL	82º TROÇO 1/3 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087002 0	133610	TÚNEL	82º TROÇO 2/3 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087003 0	133611	TÚNEL	82º TROÇO 3/3 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087004 0	133612	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÕES TIPO, SUPORTE E REVESTIMENTO		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087005 0	133613	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÃO TIPO D, CAMBOTA		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087006 0	133614	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÕES TIPO TV-B, TV-C E TV-D, METODO CONSTRUTIVO		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087900 0	133615	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087901 0	133616	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087902 0	133617	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087903 0	133618	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087904 0	133619	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087905 0	133620	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087906 0	133621	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087907 0	133622	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087908 0	133623	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087909 0	133624	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087910 0	133625	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087911 0	133626	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087912 0	133627	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087913 0	133628	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO, SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T82 NC 087002 0		TÚNEL	NOTA DE CÁLCULO, REVESTIMENTO DEFINITIVO		0						
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T82 DW 087007 0	133629	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 REVESTIMENTO DEFINITIVO		0						
02 - SERVIÇOS AFETADOS											
1. Projeto de Desvio de Redes, Enterradas e em Superfície											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE SAF TUN T82 MD 057001 0			MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0						
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057001 0	133630	PLANTA GERAL MULTIREDES	REDES EXISTENTES - INTERFERÊNCIA		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057002 0	133631	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE SANEAMENTO (2+900/3+500)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057003 0	133632	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (2+900/3+500)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057004 0	133633	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE GÁS (2+900/3+500)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057005 0	133634	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE TELECOMUNICAÇÕES		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057006 0	133635	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	SLAT (2+900/3+500)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057007 0	133636	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE SANEAMENTO (2+500/3+000)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057008 0	133637	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (2+500/3+000)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057009 0	133638	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE GÁS (2+500/3+000)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057010 0	133639	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE TELECOMUNICAÇÕES (2+500/3+000)		0						
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057011 0	133640	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	SLAT (2+500/3+000)		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
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057012 0	134999	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057013 0	135000	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057014 0	135001	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057015 0	135002	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057016 0	135003	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T82 DW 057017 0	135004	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Definitivo	0							
03 - FLUIDOS											
1. Projeto de Rede de incêndios											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN T82 MD 097001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. TÚNEIS. T82	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN T82 DW 097001 0	133641	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. TÚNEIS. T82		0							
04 - ENERGIA											
1. Projeto de Baixa Tensão											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE ENE TUN T82 MD 107002 0		BAIXA TENSÃO	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE ENE LIN T82 DW 101001 0	133642	T82	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
LVSSA MSA PE ENE LIN T82 DW 101002 0	133643	T82	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
LVSSA MSA PE ENE LIN T82 DW 101003 0	133644	T82	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
05 - TELECOMUNICAÇÕES											
1. Projeto de Telecomunicações											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN T82 MD 117001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN T82 DW 117003 0	133645	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA DE CIRCUITO INTERNO DE TELEVISÃO (CITV)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T82 DW 117007 0	133646	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETEÇÃO DE INCÊNDIO (SADI)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T82 DW 117009 0	133647	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA DE SUPERVISÃO DE INSTALAÇÕES TÉCNICAS (SSIT)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T82 DW 117010 0	133648	TELECOMUNICAÇÕES	TELEFONES ML E SISTEMA DECT	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T82 DW 117012 0	133649	TELECOMUNICAÇÕES	TRAÇADO DE CALEIRAS E ESTEIRAS	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T82 DW 117013 0	133650	TELECOMUNICAÇÕES	CABO RADIANTE	0							
06 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS											
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 T82 DW 197000 0	133651	INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO		0							
LVSSA MSA PE SCI TUN T82 DW 197001 0	133652	INTERLIGAÇÃO DAS CENTRAIS SADI A INSTALAR EM TODAS AS ESTAÇÕES E PVS		0							
07 - OUTRAS ESPECIALIDADES											
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
TOMO II - VOLUME 5 - TROÇO 81° - ALCÂNTARA - TÉRMINO											
01 - ESTRUTURAS											
1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T81 MD 087001 0		TÚNEL	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 NC 087001 0		TÚNEL	NOTA DE CÁLCULO. SUPORTE PRIMÁRIO		0						
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087000 0	133653	TÚNEL	81° TROÇO. EST. ALCÂNTARA/ TÉRMINO ALCÂNTARA - IMPLANTAÇÃO GERAL - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087001 0	133654	TÚNEL	81° TROÇO 1/2 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087002 0	133655	TÚNEL	81° TROÇO 2/2 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087003 0	133656	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÕES TIPO. SUPORTE E REVESTIMENTO		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087004 0	133657	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÃO TIPO D, CAMBOTA		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087005 0	133658	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 SECÇÕES TIPO TV-B, TV-C E TV-D, MÉTODO CONSTRUTIVO		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087900 0	133659	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087901 0	133660	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087902 0	133661	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087903 0	133662	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087904 0	133663	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087905 0	133664	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087906 0	133665	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087907 0	133666	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087908 0	133667	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087909 0	133668	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087910 0	133669	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087911 0	133670	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087912 0	133671	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087913 0	133672	TÚNEL	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. SECÇÃO TIPO: TV-D		0						
2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T81 NC 087002 0		TÚNEL	NOTA DE CÁLCULO. REVESTIMENTO DEFINITIVO		0						
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087006 0	133673	TÚNEL	TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 REVESTIMENTO DEFINITIVO		0						
02 - SERVIÇOS AFETADOS											
1. Projeto de Desvio de Redes, Enterradas e em Superfície											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE SAF TUN T81 MD 057001 0			MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		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
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE SAF LIN T81 DW 057001 0	133674	PLANTA GERAL, MULTIREDES	REDES EXISTENTES - INTERFERÊNCIA	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T81 DW 057002 0	133675	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE TELECOMUNICAÇÕES	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T81 DW 057003 0	133676	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE SANEAMENTO	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T81 DW 057004 0	133677	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T81 DW 057005 0	133678	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	REDE DE GÁS	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T81 DW 057006 0	133679	PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	SLAT	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T81 DW 057007 0	135005	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T81 DW 057008 0	135006	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T81 DW 057009 0	135007	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T81 DW 057010 0	135008	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T81 DW 057011 0	135009	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF LIN T81 DW 057012 0	135010	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Definitivo	0							
03 - FLUIDOS											
1. Projeto de Rede de Incêndios											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN T81 MD 097001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS, TÚNEIS, T81	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN T81 DW 097001 0	133680	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS, TÚNEIS, T81		0							
04 - ENERGIA											
1. Projeto de Baixa Tensão											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE ENE TUN T81 MD 107002 0		BAIXA TENSÃO	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE ENE LIN T81 DW 101001 0	133681	T81	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
LVSSA MSA PE ENE LIN T81 DW 101002 0	133682	T81	Iluminação, tomadas e alavanca de disparo	0							
05 - TELECOMUNICAÇÕES											
1. Projeto de Telecomunicações											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN T81 MD 117001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN T81 DW 117003 0	133683	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA DE CIRCUITO INTERNO DE TELEVISÃO (CITV)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T81 DW 117007 0	133684	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETEÇÃO DE INCÊNDIO (SADI)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T81 DW 117009 0	133685	TELECOMUNICAÇÕES	SISTEMA DE SUPERVISÃO DE INSTALAÇÕES TÉCNICAS (SSIT)	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T81 DW 117010 0	133686	TELECOMUNICAÇÕES	TELEFONES ML E SISTEMA DECT	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T81 DW 117012 0	133687	TELECOMUNICAÇÕES	TRAÇADO DE CALEIRAS E ESTEIRAS	0							
LVSSA MSA PE TLM TUN T81 DW 117013 0	133688	TELECOMUNICAÇÕES	CABO RADIANTE	0							
06 - MECÂNICAS											
1. Projeto de ventilação principal, desemfumagem e sistema de AVAC											
PEÇAS ESCRITAS											
sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE											
PEÇAS DESENHADAS											
sem peças desenhadas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE											

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



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)
13/10/2024

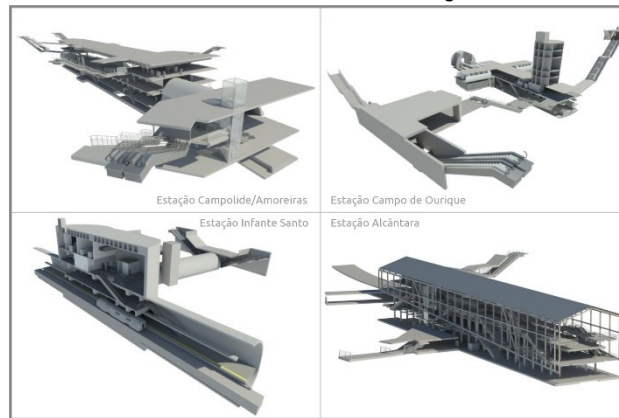
IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
07 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS											
1. Projeto de Segurança contra incêndios											
PEÇAS ESCRITAS											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
				0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE SCI TUN T81 DW 197000 0	133690	INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO		0							
LVSSA MSA PE SCI TUN T81 DW 197001 0	133691	INTERLIGAÇÃO DAS CENTRAIS SADI A INSTALAR EM TODAS AS ESTAÇÕES E PVS		0							
08 - OUTRAS ESPECIALIDADES											
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 escritas. Sem entregáveis no anteprojecto</i>											

METRO DE LISBOA

PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

PROJETO DE EXECUÇÃO



TOMO II

VOLUME 1 – TÚNEL T85

CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO

NOTA DE CÁLCULO

Documento SAP:	LVSSA MSA PE STR TUN 000 NC 087000 0
-----------------------	--------------------------------------

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado	Francisco Bernardo Sofia Casanova		2024-10-03
Revisto	Sandra Ferreira Gonçalo Mateus		2024-10-03
Verificado	Rui Rodrigues		2024-10-03
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-03
Aprovado	Raúl Pistone		2024-10-03

	Nome	Assinatura	Data
	Raúl Pistone		2024-10-03

Índice

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 complementar.....	10
5	CONDICIONAMENTOS AO PROJETO	11
5.1	Traçado	11
5.2	Geológicos e Geotécnicos.....	11
5.3	Desvios de circulação	11
5.4	Ocupação de superfície e de subsolo	11
5.5	Interferências.....	12
5.6	Implantação	12
5.7	Segurança.....	12
5.8	Arquitetura.....	12
5.9	Compatibilidade com outras especialidades	13
5.10	Ambiente.....	13
6	MODELO GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO	14
7	MATERIAIS.....	18
7.1	Suporte Primário.....	18
7.2	Estruturas definitivas	19
7.3	Sistemas de impermeabilização.....	20
8	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO	22
8.1	Tempo de vida útil	22
8.2	Classificação da obra de acordo com a sua importância	22
8.3	Classificação do Tipo de Terreno segundo a NP EN 1998.....	22
8.4	Classe de inspeção	24

8.5	Classe de fiabilidade.....	25
8.6	Categoria Geotécnica.....	25
8.7	Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas.....	25
8.7.1	Considerações gerais.....	25
8.7.2	Requisitos legais de proteção de águas subterrâneas	26
9	SITUAÇÕES DE PROJETO.....	27
9.1	Persistentes.....	27
9.2	Transitórias	27
9.3	Acidentais.....	27
9.4	Sísmica	27
10	PROJETO DO SUPORTE PRIMÁRIO	28
10.1	Metodologia de cálculo.....	28
10.1.1	Análise em meio contínuo.....	28
10.1.2	Análise em meio descontínuo	29
10.2	Ações.....	30
10.3	Combinações de Ações	30
10.4	Verificação da Segurança.....	33
11	PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS	34
11.1	Metodologia de Cálculo	34
11.2	Ações.....	35
11.2.1	Ações permanentes.....	35
11.2.1.1	Peso próprio (PP)	35
11.2.1.2	Fluência e Retração (Ret).....	35
11.2.1.3	Impulso de Terreno (It).....	35
11.2.1.4	Impulso Hidrostático (Iw)	36
11.2.2	Ações Variáveis.....	36
11.2.2.1	Sobrecargas de utilização (SC).....	36
11.2.2.2	Variação Uniforme da Temperatura (ΔTu).....	37
11.2.3	Ação Sísmica.....	38
11.2.3.1	Avaliação do campo de deslocamentos sísmicos	39
11.2.3.2	Calibração da rigidez das “barras de solo” a adotar	41
11.2.3.3	Aplicação do perfil de “deslocamentos sísmicos”	41
11.2.4	Ação Acidental de Incêndio	42

11.3	Combinações de Ações	42
11.3.1	Combinação de Ações para os Estados Limites Últimos (ELU).....	42
11.3.2	Combinação de Ações para os Estados Limites de Utilização (ELS)	43
11.4	Combinações de Ações Consideradas.....	44
11.5	Critérios de Verificação da Segurança	45
11.5.1	Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)	45
11.5.2	Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS).....	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 NATM	48
13.4	Edificações	49
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.....	52
14.1	Enquadramento	52
14.2	Metodologia de avaliação de danos em edifícios.....	53
14.3	Medidas de mitigação.....	56
15	REDE DE TERRAS.....	57

1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento pretende sumarizar os Critérios Gerais de Projeto aplicáveis ao **Projeto de Execução** do conjunto de túneis executados na metodologia NATM, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha do Metro de Lisboa, entre São Sebastião e Alcântara.

Este conjunto é constituído pelos **túneis de via do troço 81, 82, 83, 84 e 85, o Tímpano de São Sebastião (OE1), a passagem sob o Túnel do Marquês (OE2), o Túnel da Via de Resguardo 1 (OE3), Túnel de ligação do PV211, o Túnel da Via de Resguardo 2 (OE4) e o Túnel Término da Via de Resguardo 3 (OE7).**

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.

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 (kN/m^2) ou quilopascals (kPa).
- Tensão nos elementos estruturais: newton por milímetro quadrado (N/mm^2) ou megapascals (MPa).
- Peso específico: quilonewton por metro cúbico (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.

Quando necessário e aplicável, 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 no terreno;
- 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 às obras em questão foram os seguintes:

4.1 Documentos do programa preliminar

- Procedimento – Proc. n.º 125/2022-DLO/ML;
- Programa Preliminar, Tomo IV – Estruturas, Volume 1 – Túnel:
 - Memória Descritiva e Justificativa - “LVSSA ML PP STR TUN 000 MD 087001 0”;
 - Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP STR TUN 000 DW 087000 A” a “LVSSA ML PP STR TUN T85 DW 087003 0”);
- Respostas aos Esclarecimentos do procedimento “Resposta Esclarecimentos_Proc. 125_2022”

4.2 Estudo Prévio apresentado em fase de concurso

- Memória Descritiva e Justificativa do túnel: Tomo IV – Volume 1 – Túnel “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 MD 087001 0”;
- Memória Descritiva e Justificativa da Obra Especial 1: Tomo IV – Volume 2 – Tímpano de São Sebastião “LVSSA CBJ EP STR TUN OE1 MD 088000 0”;
- Memória Descritiva e Justificativa da Obra Especial 2: Tomo IV – Volume 2 – Passagem sob o Túnel do Marquês “LVSSA CBJ EP STR TUN OE2 MD 088001 0”;
- Memória Descritiva e Justificativa da Obra Especial 3: Tomo IV – Volume 2 – Túnel de Via de Resguardo 1 “LVSSA CBJ EP STR TUN OE3 MD 087001 0”;
- Memória Descritiva e Justificativa da Obra Especial 4: Tomo IV – Volume 2 – Túnel de Via de Resguardo 2 “LVSSA CBJ EP STR TUN OE4 MD 087001 0”;
- Memória Descritiva e Justificativa da Obra Especial 7: Tomo IV – Volume 2 – Túnel Término da Via de Resguardo 3 “LVSSA CBJ EP STR TUN OE7 MD 087001 0”;
- Notas de cálculo do túnel: Tomo IV – Volume 1 – Túnel “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 NC 087001 0” e “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 NC 087002 0”;

- Peças desenhadas do túnel: Tomo IV – Volume 1 – Túnel “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 DW 087003 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 DW 087900 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 DW 087913 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T81 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T81 DW 087002 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T82 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T82 DW 087003 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T83 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T83 DW 087003 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T84 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T84 DW 087004 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T85 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T85 DW 087003 0”
- Peças desenhadas da Obra Especial 1: Tomo IV – Volume 2 – Tímpano de São Sebastião “LVSSA CBJ EP STR TUN OE1 DW 088000 0”
- Peças desenhadas da Obra Especial 2: Tomo IV – Volume 2 – Passagem sob o Túnel do Marquês “LVSSA CBJ EP STR TUN OE2 DW 088000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN OE2 DW 088006 0” e “LVSSA CBJ EP STR TUN OE2 DW 088100 0”
- Peças desenhadas da Obra Especial 3: Tomo IV – Volume 2 – Túnel Via de Resguardo 1 “LVSSA CBJ EP STR TUN OE3 DW 088000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN OE3 DW 088005 0”
- Peças desenhadas da Obra Especial 4: Tomo IV – Volume 2 – Túnel Via de Resguardo 2 “LVSSA CBJ EP STR TUN OE4 DW 088000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN OE4 DW 088005 0”
- Peças desenhadas da Obra Especial 7: Tomo IV – Volume 2 – Túnel Término Via de Resguardo 3 “LVSSA CBJ EP STR TUN OE7 DW 088000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN OE7 DW 088005 0”
- Estudo Geológico – Geotécnico: Tomo II – Volume 2
- Serviços afetados: Tomo II – Volume 4
- Desvios de trânsito: Tomo II – Volume 5
- Estaleiros: Tomo II – Volume 11
- Interferências ao longo da linha: Tomo II – Volume 13

4.3 Levantamento topográfico complementar

Onde considerado relevante, serão previstos trabalhos de levantamento topográfico, que servirão de base para a elaboração do Projeto.

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 serão compatibilizados com o projeto do traçado da linha definido no Programa Preliminar.

5.2 Geológicos e Geotécnicos

Os condicionamentos Geológicos e Geotécnicos, encontram-se 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 07 de cada Volume deste Projeto de Execução, não se prevendo desvios específicos associadas a esta parte da obra.

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

5.4 Ocupação de superfície e de subsolo

A execução a céu aberto de troços do túnel, nas obras especiais, 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.

Devido à profundidade a que se encontram, prevê-se, nesta fase do projeto, que os troços de túnel executados através de NATM não irão interferir diretamente com as infraestruturas de serviços existentes no subsolo.

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

5.5 Interferências

As interferências resultantes da construção dos túneis NATM, necessidade de demolições, reforço de edifícios e contenções, encontram-se retratadas no Tomo I – Geral, Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha e Volume 27 – Demolições ao Longo da Linha, deste Projeto de Execução.

As principais interferências serão objeto de estudo autónomo, apresentado nos desenhos de identificação de interferências e em memória específica.

Onde aplicável, nos capítulos 05 e 06 deste volume serão apresentados os projetos de demolição e reforço de edifícios afetados pela execução do túnel.

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.

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 ditos requisitos definidos no Programa Preliminar de Arquitetura.

5.9 Compatibilidade com outras especialidades

O Projeto de Execução será compatibilizado com o Projeto de Arquitetura e com as restantes especialidades também em fase de Projeto de Execução.

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 análise da informação do Programa Preliminar patenteado a concurso, tendo sido produzido um modelo geológico e geotécnico interpretativo. Em fase de Projeto de Execução recorreu-se em geral ao modelo anterior, tendo sido o mesmo complementado com informação proveniente da recolha de dados que se conseguiram entretanto obter.

Apresenta-se na Figura 1, a planta com a cartografia geológica do traçado e, na Figura 2, o excerto do perfil geológico-geotécnico do local.

Em planta as unidades representadas na cartografia geológica de superfície, são desde o início do traçado, o CVL- “Complexo Vulcânico de Lisboa” nos 200 m iniciais, passando a ocorrer a “Formação de Benfica” até à Estação das Amoreiras-Campolide, que já se desenvolve sob a “Formação dos Prazeres”, cuja ocorrência em superfície se estende até próximo do km 1+900, sendo interrompida por afloramento do CVL, sensivelmente entre os pk 1+050 e 1+300. Após pequeno afloramento do CVL, o traçado desenvolve-se sob terrenos cretácicos das formações da Bica e de Caneças, entre os pk 2+075 e 3+650, sendo apenas interrompido por nova mancha de CVL ao pk 3+000 e pelos aluviões do Vale de Alcântara ao pk 3+400.

Relativamente à presença de água subterrânea, consideram-se ao longo do traçado as seguintes posições para o nível de água:

- **Início do traçado** até à estação das Amoreiras (**pk 0+550**), existência de aquífero Cretácico à cota +80,00 m;
- No troço envolvente à estação das Amoreiras (**pk's 0+550 a 0+750**), devido à presença de níveis de água suspensos nas unidades (CVL+ ϕ +M), considera-se o nível de água à cota +85,00 m;
- Do **pk 0+750 a 1+200**, nível de água à cota +75,00 m;
- Do **pk 1+200 a 1+750**, nível de água em variação entre as cotas +75,00 m e +45,00 m;
- Do **pk 1+750 a pk 2+600**, nível de água em variação entre as cotas +70,00 m e +40,00 m;
- Do **pk 2+600 a 3+150**, nível de água em variação entre as cotas +40,00 m e +2,50 m;
- 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);
- Do **pk 3+600 ao 4+097**, nível de água em variação entre as cotas +2,50 m e +15,00 m.

Os níveis de água anteriores são indicados sem prejuízo da possível existência local de níveis de água suspensos.

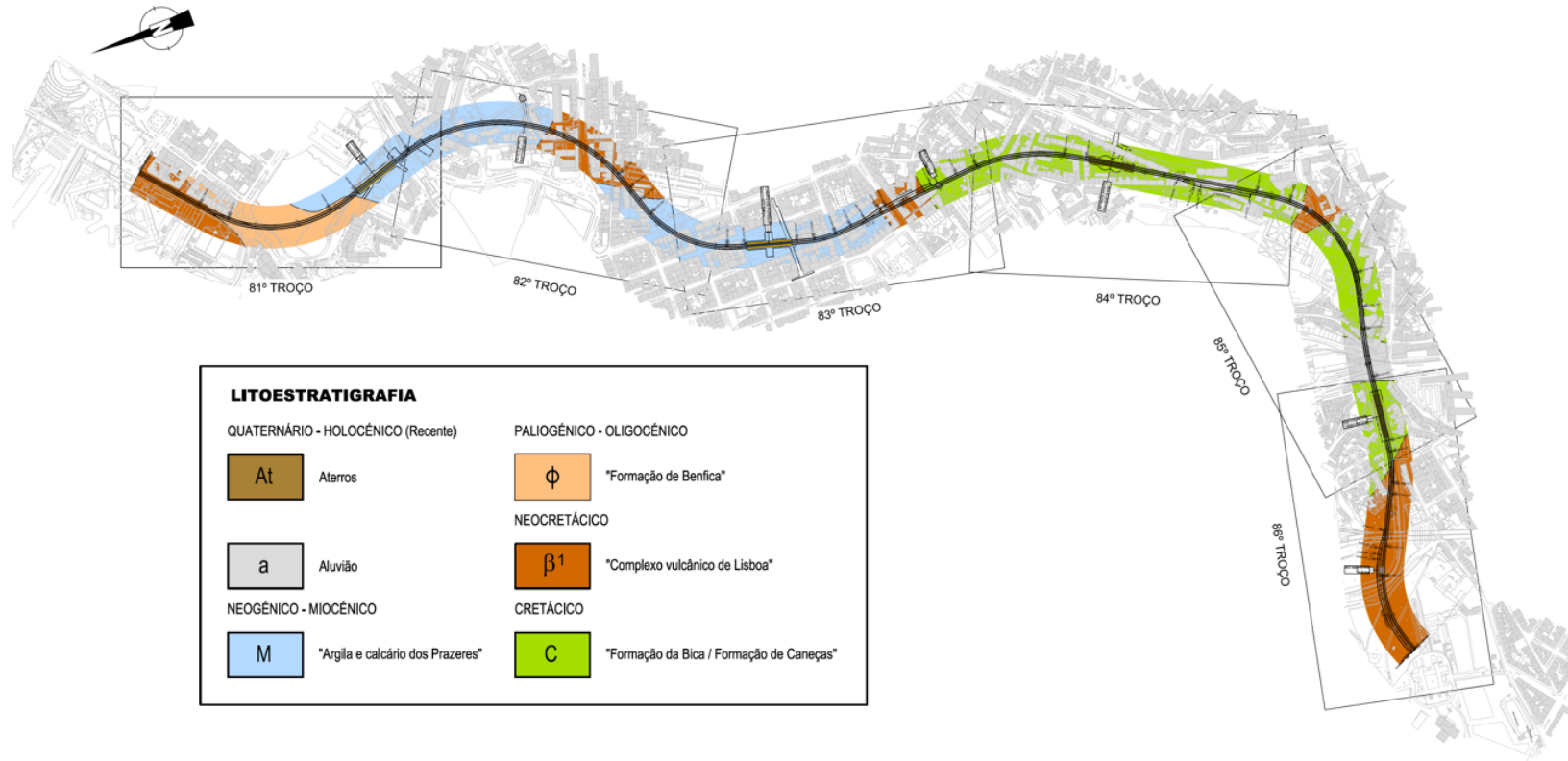


Figura 1 – Planta com traçado e cartografia geológica (Excerto do desenho LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021000 0)

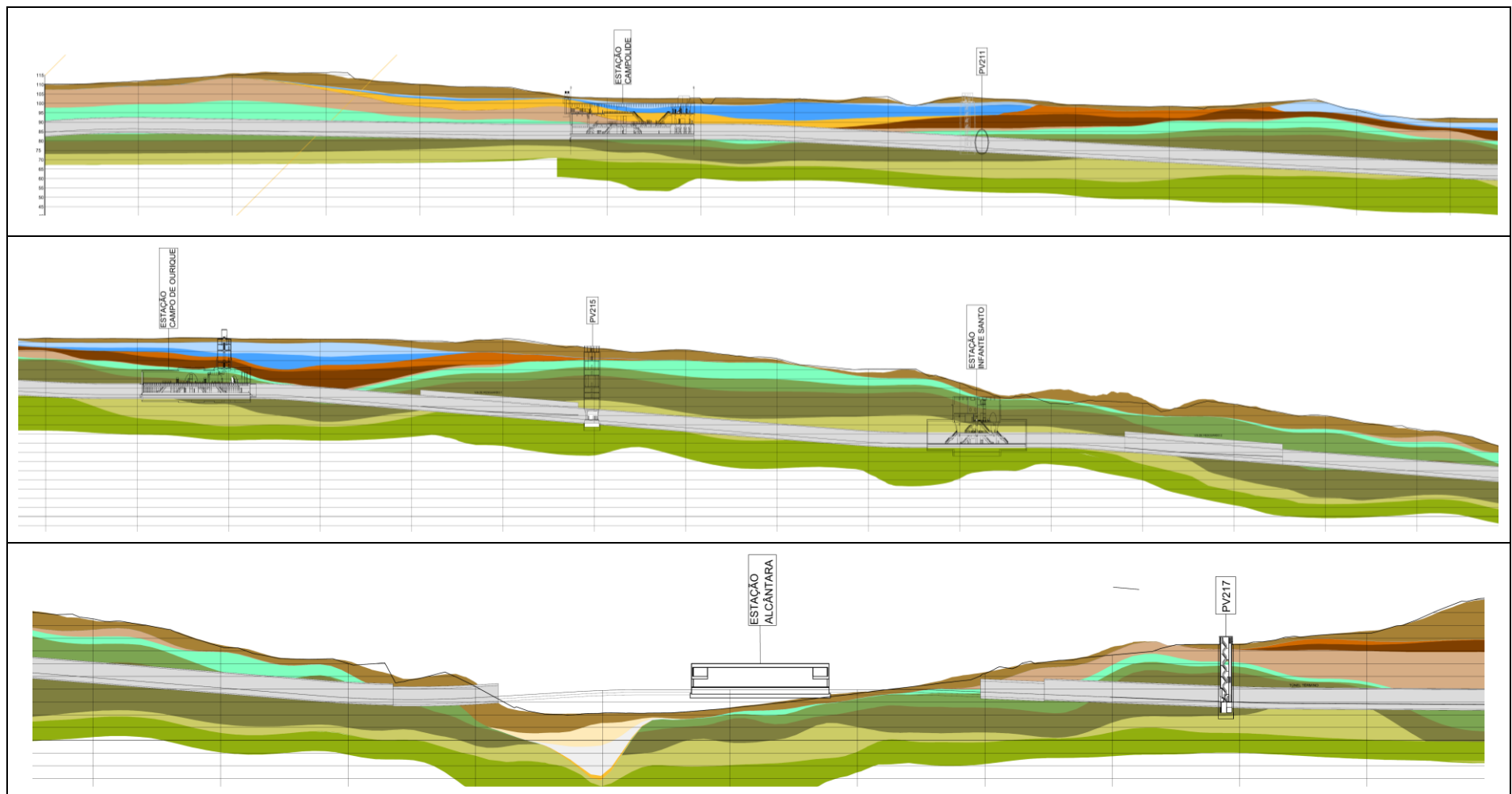


Figura 2 – Modelo geológico-geotécnico dos túneis NATM. Perfil longitudinal

As unidades atravessadas, representadas em perfil, são as indicadas na Figura 3.

LEGENDA		CRETÁCICO	
ESTRATIGRAFIA E CRITÉRIOS DE ZONAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO (Perfil)		Cenomaniano Superior - "Formação de Bica" (C₃^β)	
QUATERNÁRIO - Holocénico (Recente)		C _{3t1a}	Argila margosa e/ou margosa esbranquiçada a amarelada.
At	Aterro heterogéneo, constituído por silte-arenoso, por vezes argiloso, com fragmentos líticos e cerâmicos, de cor castanho amarelado, com vestígios de vegetais.	C _{3t1b}	Calcário nodular, amarelado a esbranquiçado com inclusões margosas frequentes; passando a calcário rosado, amarelado, esbranquiçado por vezes carsificado, umas vezes compacto outras vezes margoso, com passagens argilosas.
a _(a)	Aluvião arenoso (ar)	C _{3t1c}	Calcário semicristalino a cristalino com rudistas, apresentando nódulos a leitos de sílex, pouco alterado a medianamente alterado, fracturas medianam. afastadas a muito próximas.
a _(b)	Aluvião argiloso (ag)	C _{3t1d}	Calcário compacto branco e bege, fendilhado com preatveolinas, pouco alterado a medianamente alterado, com passagens muito alteradas a decompostas, fraturas medianamente afastadas a próximas.
a _(c)	Aluvião com cascalheira (cg)	Cenomaniano Superior - "Formação de" (C₂^α)	
NEOGÉNICO - Miocénico - "Argilas e Calcários dos Prazeres" (MPr)		Albiano superior e cenomaniano médio	
M _(a)	Argilas cinzentas-esverdeadas (a) NSPT ≥ 50, (b) NSPT < 50	C _{2a}	Calcário por vezes margoso, com geoides no topo e com passagens argilosas por vezes com gesso na base. (C _{2a})
M _(b)	Calcarenitos fossilíferos, com passagens de calcários margosos		
OLIGOCÉNICO - "Formação de Benfica" (†)			
φ	Areias finas, siltosas e silto-argilosas, com seixo fino a médio. Siltos argilosos, com seixo frequente; cores acastanhadas, acinzentadas e por vezes avermelhadas.		
NEOCRETÁCICO - "Complexo vulcânico de Lisboa" (β)			
β1	Basalto, com veios calcíticos, muito a medianamente alterado, intensamente a muito fracturado, cinzento escuro, por vezes com passagens de solo residual areno argiloso. (Presença de Serpentina/Talco) (a) Rocha w2 a w3-4 GSI >40, (b) Estrutura rochosa parcialmente visível localmente SPT's 60, w4 a solo		
τ	Tufos vulcânicos silto-margosos, avermelhados com veios esbranquiçados, por vezes silto-arenoso, com passagens fortemente argilosas. Ocorrem por vezes passagens fortemente argilosas de elevada plasticidade, de origem sedimentar. Tufos por vezes brechóides e brechas vulcânicas.		

Figura 3 – Legenda das unidades representadas no Perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia

7 MATERIAIS

7.1 Suporte Primário

As características dos materiais a adotar para o suporte primário dos túneis NATM encontram-se resumidas nas tabelas seguintes:

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

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
BETÃO	BETÃO PROJETADO (VIA HÚMIDA)	C30/37 XC 4(P) CL 0,4 DMAX.10 S5
	REGULARIZAÇÃO/ENCHIMENTO	C12/15 XC 2(P) CL 0.4 DMAX.22 S3
CALDA DE CIMENTO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 7 DIAS	f_{ck} MÍN. = 25 MPa
FIBRAS METÁLICAS	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	1500 MPa
	COMPRIMENTO (EXTREMIDADE COM GANCHO)	< 35 MM
	ESBELTEZA, L/D	65
	CLASSE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA:	E700
PREGAGENS DE FIBRA DE VIDRO	RESISTÊNCIA À TRACÇÃO	≥ 2000 MPa
	CARGA NOMINAL DE ROTURA	430 kN
AÇO	CHAPAS E PERFIS METÁLICOS	S 355 JR
	CAMBOTAS TRELIÇADAS	A 500NR
	REDE ELETROSSOLDADA	A 500ER
	ENFILAGENS	S 355 JR
	ELEMENTOS DE FIXAÇÃO METÁLICA	CLASSE 8.8
PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO	CARGA MÍNIMA DE CEDÊNCIA	$P_y = 130$ kN
	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 ²
	MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 9864)	2 mm
	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (EN ISO 10319)	4,5 kN/m

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
	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)]

7.2 Estruturas definitivas

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

Tabela 3 – Estruturas definitivas. Características dos materiais – Betão

Materiais	Localização	Classe de Resistência	Classe de exposição	Cl. teor de cloretos	D _{max} (mm)	Classe de Consistência
Betão (in situ)	Regularização	C12/15	X0	CL 1,00	25	S3
	Revestimento definitivo dos túneis em NATM	C30/37	XC4	CL 0,40	25	S3
	Enchimento	C20/25	X0	CL 1,00	25	S3

Tabela 4 – Estruturas definitivas. Características dos Materiais – Aço estrutural

Materiais	Localização	Classe de resistência
Aço Estrutural	Armaduras ordinárias	A500 NR SD
	Malha eletrossoldada	A500 EL
	Estruturas metálicas (chapas e perfis)	S355 JR
	Parafusos / Pernos	Classe 8.8/10.9
	Porcas	Classe 8/10

Tabela 5 – Estruturas definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras

Recobrimentos Nominais (*) (**)		
Recobrimentos a Garantir de acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais Vida Útil Considerada: 100 Anos Estabilidade ao Fogo: R120	Elemento	Recobrimento nominal
		Revestimento definitivo do túnel

(*) - 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 os requisitos de estanqueidade definidos no Caderno de Encargos, prevê-se para os túneis NATM a aplicação de um sistema de impermeabilização com recurso a uma barreira geossintética constituída por uma geomembrana impermeabilizante (policloreto de vinil) com 2 mm de espessura protegida com geotêxtil (polipropileno) de acordo com a especificação RT026 do ML e com as peças desenhadas.

A Figura 4 esquematiza o sistema de impermeabilização geral proposto:

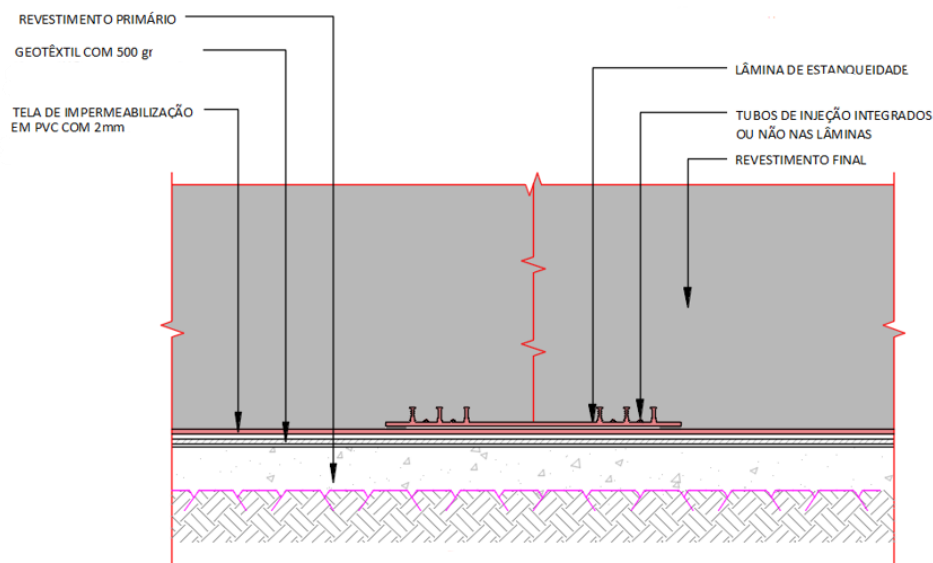


Figura 4 – Sistema de impermeabilização a propor no EP para os túneis e galerias em NATM

Resumem-se na tabela as características do material a considerar no sistema de impermeabilização.

Tabela 6 – Características do material do sistema de impermeabilização

BARREIRA GEOSINTÉTICA	MATERIAL	PVC – P (POLICLORETO DE VINIL)
	ESPESSURA (EN 1849 – 2)	DE ACORDO COM C.E.

MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 1849-2)	2,56 KG/M2
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (EN ISO 527)	16 MPA (DIREÇÃO TRANSVERSAL)
	17 MPA (DIREÇÃO LONGITUDINAL)
EXTENSÃO PARA A CARGA MÁXIMA (EN ISO 527)	> 300 %
PUNÇOAMENTO ESTÁTICO (EN ISO 12236)	2,35 KN
EXPANSÃO TÉRMICA (ASTM D696-91)	<130 X 10-6 (+/-50X10-6) 1/K
RESISTÊNCIA À DEGRADAÇÃO MICROBIOLÓGICA (EN 12225)	<15 %
RESISTÊNCIA À OXIDAÇÃO (EN 14575)	<10 %
RESISTÊNCIA QUÍMICA (EN 14414)	INEXISTÊNCIA DE SINAIS DE DEGRADAÇÃO; PROPRIEDADES INALTERADAS
REAÇÃO AO FOGO (EN ISO 13501-1 E EN ISO 11925-2)	CLASSE E

De acordo com o previsto no caderno de encargos do M.L., 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 (AFTES, 2005).

A compartimentação transversal será conseguida pela solidarização de perfis extrudidos flexíveis (lâminas de estanqueidade do tipo *watersop*) à geomembrana impermeabilizante ao longo do perímetro do túnel. Para a eventual compartimentação longitudinal, em troços localizados, os perfis serão colocados segundo o eixo do túnel nos alinhamentos superior (teto) e inferior (soleira).

A compartimentação transversal para o túnel será realizada aproximadamente a cada 8 metros, limitando-se assim a área máxima de cada compartimento a 250 m².

A eventual necessidade de colocação de uma proteção mecânica, e suas características, deverá ser avaliada em conjunto com o aplicador e fornecedor do sistema de impermeabilização, em função do risco de danificação da tela de Impermeabilização, tendo em conta o tipo de circulação e dos trabalhos a realizar em obra.

Na soleira do troço NATM, deverá ser aplicada uma betonilha de proteção do sistema de impermeabilização com 50 mm de espessura para permitir a circulação mantendo a integridade do sistema de impermeabilização.

O sistema de impermeabilização será confirmado em função das condições encontradas em obra e em conjunto com o fornecedor e aplicador da solução.

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 dos túneis executados em NATM 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 NP EN 1990, os túneis executados em NATM 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.

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.

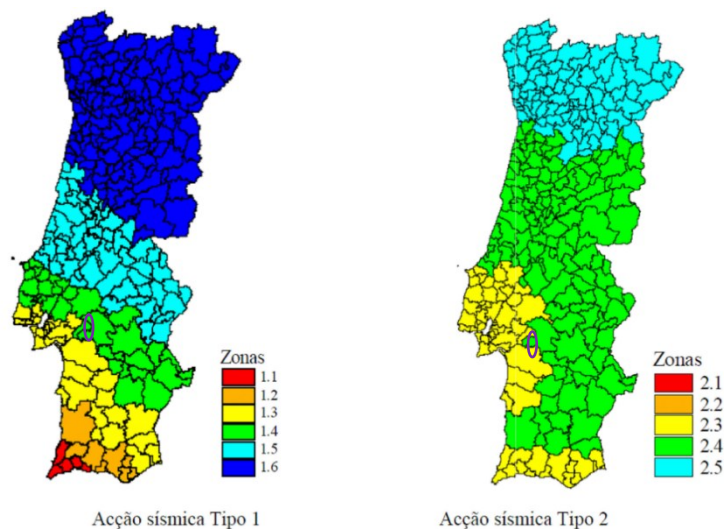


Figura 5 – Zonamento sísmico do território nacional de acordo com o Anexo Nacional NA da NP EN 1998-1:2010

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^2) nas várias zonas sísmicas

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

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 $1,5 m/s^2$ (Zona Sísmica 1.3 e Ação Sísmica Tipo 1) e de $1,7 m/s^2$ (Zona Sísmica 2.3 e Ação Sísmica Tipo 2). Visando ter em conta a influência das condições locais do terreno 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	-	-

Classe de solo	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros		
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT}	C_u (kPa)
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
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_1	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_2	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 e das medições da velocidade das ondas de corte, V_s (m/s), obtidas diretamente dos resultados dos ensaios *in situ* (quando existentes), como os “crosshole” e SCPTu. Na fase de Anteprojecto recorre-se à informação existente em particular aos ensaios existentes, ou seja, ensaios SPT’s.

Assim, e tendo em conta as características das unidades geológicas presentes, considera-se que as em geral as formações rochosas do CVL e do Complexo Carbonatado correspondem a terrenos do tipo A, enquanto as formações com comportamento terroso do Miocénico, Eocénico-Oligocénico e CVL - Tufos inserem-se nos terrenos dos tipos C e B.

A escolha do tipo de terreno a utilizar nesta fase do estudo será efetuada tendo por base a predominância do maciço atravessado pela obra a executar.

8.4 Classe de inspeção

De acordo com a norma NP EN 13670 – 1 anexo G, quadro G.1, os túneis enquadram-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.

8.6 Categoria Geotécnica

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, os túneis NATM fazem parte integrante de uma infraestrutura cujo colapso representa “consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais importantes” (CC3), considera-se ainda que o grau de complexidade do projeto geotécnico é elevado. Assim, para uma classe de consequências CC2, para uma complexidade do projeto geotécnico média, atribui-se a Categoria Geotécnica 3 (CG3) aos túneis NATM.

8.7 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas

8.7.1 Considerações gerais

De acordo com o Caderno de Encargos, as obras em túnel e os poços de ventilação deverão apresentar desempenho correspondente à classe 3 de BTS (2010)(1) complementada com as recomendações STUVA (Haack, 1991(2)) para a mesma classe.

De acordo com estas recomendações o sistema de revestimento deverá garantir que o afluxo de água ao interior do túnel se restrinja a fenómenos de capilaridade, admitindo-se apenas, como manifestações de humidade, a existência de pequenas manchas isoladas sem qualquer escorrência de água, embora possa ocorrer alteração cromática de um papel sobre elas colocado.

Esta exigência limita o influxo médio (espacial) diário de água a 0,2 litros/m² em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,1 litros/m² 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 (AFTES, 2005(3)).

A área máxima de cada compartimento será de 360 m². Nos terrenos com presença de água sob pressão até 3 bar essa área fica limitada a 250 m². Para valores indicativos de pressão superiores, o limite superior de área a considerar será de 200 m².

A compartimentação transversal será conseguida pela solidarização de perfis extrudidos flexíveis à geomembrana impermeabilizante ao longo do perímetro do túnel. Para a eventual compartimentação longitudinal, em troços localizados, os perfis serão colocados segundo o eixo

do túnel num alinhamento superior (abóbada) e em alinhamentos inferiores (juntas de betonagem no arranque dos hasteais).

Aplicam-se nos poços 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, onde aplicável, 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, onde aplicável, 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 estrutural, onde aplicável, serão consideradas as situações de projeto acidentais, correspondentes a condições excecionais aplicáveis às estruturas, nomeadamente a ação do incêndio.

9.4 Sísmica

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

10 PROJETO DO SUPORTE PRIMÁRIO

10.1 Metodologia de cálculo

10.1.1 Análise em meio contínuo

A análise em meio contínuo terá como objetivo a estudo das tensões e deformações experimentadas pelo maciço ao longo das várias fases de execução da obra, em particular, para as secções condicionantes do dimensionamento estrutural. Nesta fase do estudo, será realizada uma análise tensão-deformação recorrendo a modelos numéricos bidimensionais, sendo utilizado o programa de cálculo automático Plaxis 2D. O fator de descompressão que simula em modelos bidimensionais o avanço da frente de escavação, será determinado através de um modelo tridimensional simplificado de referência para todos o túneis NATM, que incluirá na sua modelação as dimensões aproximadas dos túneis, o avanço de escavação proposto e o suporte primário simplificado (betão projetado e pregagens).

Posteriormente, durante o desenvolvimento do Projeto de Execução, nos casos em que a análise dos efeitos tridimensionais seja indispensável para a verificação da segurança das soluções propostas, serão realizados modelos numéricos tridimensionais, sendo utilizado o programa de cálculo automático Plaxis 3D.

Para a produção dos modelos numéricos bidimensionais recorrer-se-á ao desenvolvimento de uma malha de elementos finitos, triangulares de quinze nós, sendo esta malha refinada na zona próxima da escavação, de modo a obter resultados com a precisão necessária na proximidade da escavação. A modelação dos modelos numéricos bidimensionais será efetuada considerando estado plano de deformação, com campo gravítico de tensões. O comportamento mecânico do terreno será simulado por modelos constitutivos de comportamento elástico linear perfeitamente plástico, sendo adotado o comportamento drenado para todos os materiais e admitindo-se todos os materiais como isotrópicos.

Os modelos constitutivos / Critérios de rotura a adotar para as unidades geológicas interessadas pelos túneis NATM são os modelos Mohr-Coulomb, Hardening Soil e Hoek-Brown. Na Tabela 9 apresenta-se a correspondência entre os modelos constitutivos referidos e as unidades interessadas. Por limitações associadas ao fenómeno de descompressão dos maciços, por vezes propõe-se dois cenários de avaliação, adotando-se aquele cujos resultados tenham lógica e que se julguem como os mais representativos.

Tabela 9 – Modelos constitutivos/Critérios de rotura a utilizar para a modelação numérica de elementos finitos de cada unidade geológica

Unidade geológica	Modelo constitutivo / Critério de rotura
ATERRO, At	Mohr-Coulomb
MIOCÉNICO, M(ag)	Hardening Soil
MIOCÉNICO, M(cal)	Hardening Soil/ Mohr-Coulomb
OLIGOCÉNICO, Φ	Hardening Soil
BASALTO, β	Hoek-Brown
BASALTO, $\beta_{w5;w4/5}$	Hardening Soil / Mohr-Coulomb
TUFOS, τ	Hardening Soil / Mohr-Coulomb
CALCÁRIO, Cc1a	Hardening Soil/ Mohr-Coulomb
CALCÁRIO, Cc1b	Hoek-Brown
CALCÁRIO, Cc1c	Hoek-Brown
CALCÁRIO, Cc1d	Hoek-Brown
CALCÁRIO DE CANEÇAS	Hoek-Brown

As fronteiras dos modelos para a análise em meio contínuo serão definidas de modo a abranger a totalidade da zona onde se faz sentir a alteração do estado de tensão e deformação causada pela abertura das escavações.

10.1.2 Análise em meio descontínuo

A análise em meio descontínuo terá como objetivo analisar a possibilidade formação de blocos instáveis. Esta análise será realizada através do método de equilíbrio limite, no qual é analisada a relação entre as forças estabilizantes e instabilizantes atuantes num determinado bloco. As características de cada bloco, nomeadamente a sua geometria e o seu peso, são função da relação entre as características geométricas dos túneis e as características das discontinuidades ocorrentes no maciço.

Tendo em contas as características do maciço atravessado pelos túneis NATM, este tipo de análise será relevante para as escavações realizadas no maciço composto pelas unidades da Formação Caneças/Formação da Bica (Calcários) e complexo vulcânico de Lisboa (basaltos). Para este tipo de análise será necessário estimar as características das discontinuidades ocorrentes no maciço, nomeadamente a sua orientação, o seu espaçamento e a sua persistência. Será utilizado o programa Rocscience Unwedge para o cálculo do fator de segurança associada a cada secção crítica.

Durante a fase de Anteprojeto e de Projeto de Execução serão reavaliadas as condições geológico-geotécnicas, função dos resultados obtidos na campanha de prospeção complementar.

No âmbito das análises numéricas, no que respeita às verificações de segurança e à determinação dos esforços de cálculo atuantes nos elementos estruturais, serão aplicados os coeficientes parciais de segurança estabelecidos pelo EC7.

10.2 Ações

As ações consideradas no projeto geotécnico do suporte primário foram definidas com base na regulamentação em vigor e no Normativo do Metropolitano de Lisboa. Encontram-se resumidas na Tabela 10.

Tabela 10 – Revestimento primário. Ações de dimensionamento

Ações	Valor/Observação
CARGAS PERMANENTES	–
Peso próprio	$\gamma_{\text{betão}} = 25 \text{ kN/m}^3$
AÇÕES DO SOLO	–
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).
IMPULSOS DE ÁGUA	–
Impulsos hidrostáticos	$\gamma_{\text{água}} = 10 \text{ kN/m}^3$ Nível freático definido para cada secção de cálculo. Adotaram-se os níveis definidos no Tomo I – Volume 6 – Estudo Geológico Geotécnico).
SOBRECARGAS À SUPERFÍCIE	–
Carga de ocupação à superfície	10 kN/m ² por cada metro de profundidade
Carregamento imposto por edifícios (quando aplicável)	12 kN/m ² (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:

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 ψ adotados são os definidos no Tabela 11:

Tabela 11 – Revestimento primário. Coeficientes de redução de ações

Ação	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecargas	0,70	0,50	0,30

Em Portugal, segundo o EC7, 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 12) e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes estados limites (

Tabela 13 e Tabela 14).

Tabela 12 – Suporte primário. Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações

Ação		Símbolo	STR/GEO	
			A1	A2
Permanentes	Desfavorável	γ_G	1,35	1,00
	Favorável		1,00	1,00
Variável	Desfavorável	γ_Q	1,50	1,30
	Favorável		0,00	0,00

Tabela 13 – Suporte primário. 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	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso volúmico	γ_V	1,00	1,00

Tabela 14 – Suporte primário. Coeficientes parciais de segurança relativos aos materiais para os estados limites últimos

Material	Símbolo	Situações persistentes e transitórias
Betão	γ_c	1,50
Aço para cambotas metálicas e pregagens expansivas	γ_s	1,15

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.

10.4 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.

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

Tabela 15 – 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 Tabela 16 e será efetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1, NP EN 1993-1 e NP EN 1997-1.

Tabela 16 – Suporte primário. Verificações de segurança

Tipo de verificação	
Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)	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
	Estado limite último de resistência em flexão composta das cambotas
	Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte composto das cambotas
	Estado limite último de resistência à tração da armadura das pregagens
	Estado limite último da capacidade de carga do maciço no pé da cambota
	Estado limite último de resistência em flexão composta das enfilagens
	Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte composto das enfilagens
Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização (ELS)	Deslocamentos e convergências da seção do túnel
	Assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação

11 PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS

11.1 Metodologia de Cálculo

A determinação dos esforços de dimensionamento e dos deslocamentos será realizada por modelos numéricos de elementos finitos.

O dimensionamento estrutural da secção será realizado com recurso a um programa de cálculo automático de estruturas desenvolvido na COBA, que utiliza o método dos elementos finitos e modela a estrutura com elementos de barra apoiados elasticamente.

O cálculo estrutural realizado para a obtenção dos esforços devidos a carregamentos exteriores foi executado através de uma análise não-linear, considerando elementos lineares apoiados elasticamente, tendo-se desativado as molas tracionadas.

Os modelos de cálculo utilizados na análise estrutural são do tipo apresentado na figura seguinte.

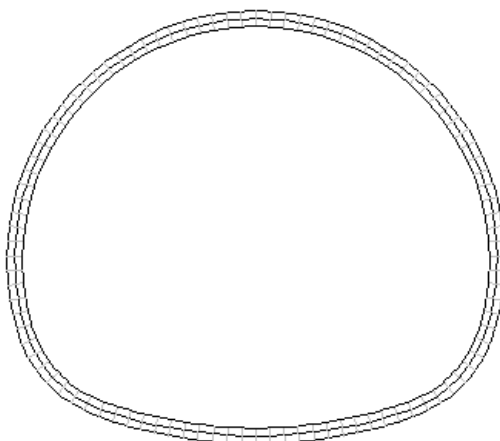


Figura 6 – Modelo de cálculo de uma secção tipo

O módulo de reação (k) dos apoios elásticos foi estimado a partir do módulo de deformabilidade (E) do maciço e do seu coeficiente de Poisson (ν) pela seguinte expressão:

$$k = \frac{E}{R(1 + \nu)}$$

em que R representa o raio do revestimento definitivo.

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

Complementarmente a estes modelos estruturais, serão elaborados modelos de interação solo-estrutura no software Plaxis, particularmente vocacionado para a análise de obras geotécnicas, de forma a avaliar o carregamento sísmico no túnel, nomeadamente através da obtenção do campo de deslocamentos impostos pelo maciço envolvente às estruturas, com recurso a

análises pseudo-estáticas, para as ações sísmicas regulamentares. Estes campos de “deslocamentos sísmicos” serão posteriormente aplicados nos modelos de análise estrutural (SAP2000) como deslocamentos impostos, permitindo desta forma a obtenção dos correspondentes esforços sísmicos. No ponto 11.2.3 detalha-se o procedimento a adotar para a avaliação dos esforços devidos à ação sísmica regulamentar.

11.2 Ações

11.2.1 Ações permanentes

11.2.1.1 Peso próprio (PP)

Peso Próprio da estrutura (PP) – Para o peso do betão armado da estrutura considerou-se um peso específico de $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$.

Para o enchimento em betão simples considerou-se um peso específico de $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$

11.2.1.2 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: $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

11.2.1.3 Impulso de Terreno (It)

Considerou-se que a secção **TV.1** é intersetada pela formação Cc1d quase até ao topo da abóbada e pela formação Cc1b na restante altura. Sendo H a espessura do maciço que descarrega sobre a crista do túnel, o Impulso de Terras considerado na análise do revestimento secundário desta secção foi o equivalente, por simplificação, aos seguintes valores apresentados:

- $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 4,75 \text{ m}$ (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- Análise de sensibilidade do k_0 .

Para o revestimento definitivo da secção **TV.2** considerou-se que esta é intersetada pela formação de Ccaneças na base, Tufos desde a base até ao fim dos hasteais e Oligocénico na restante altura. Fica-se, por simplificação, com as seguintes valores:

- $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 4,85 \text{ m}$ (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- Análise de sensibilidade do k_0 .

Ambas as vias de resguardo apresentadas, correspondentes à OE3 e OE4, para além de serem iguais no ponto de vista geométrico também têm uma envolvente geotécnica muito idêntica e, desse modo, a verificação foi feita apenas para uma das vias de resguardo.

Considerou-se que as vias de resguardo (aqui representadas apenas pela secção **VR1.5**) são intersecionadas pela formação de Caneças até ao início dos hateais e pelo maciço Cc1d no resto da altura sendo que, por simplificação, este foi o Impulso de Terras aplicado à secção:

- $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 8,80 \text{ m}$ para a maior secção (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- Análise de sensibilidade do k_0 .

Para o Túnel Término, secção **TT.3** as considerações foram as mesmas tomadas para as vias de resguardo:

- $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 8,80 \text{ m}$ para a maior secção (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- Análise de sensibilidade do k_0 .

11.2.1.4 Impulso Hidrostático (I_w)

Para a secção **TV.1**, o Impulso Hidrostático foi considerado o correspondente a um nível freático de 8 m acima do revestimento.

Para a secção **TV.2**, o Impulso Hidrostático foi considerado o correspondente a um nível freático de 8 m acima do revestimento.

Para a secção **VR1.5**, o Impulso Hidrostático foi considerado o correspondente a um nível freático de 4,20 m acima do revestimento.

Para a secção **TT.3**, o Impulso Hidrostático foi considerado o correspondente a um nível freático ao nível do topo da abóbada.

11.2.2 Ações Variáveis

11.2.2.1 Sobrecargas de utilização (SC)

Sobrecarga de ocupação à superfície (SC_ML) – 50 kN/m^2 , com redução de 10 kN/m^2 por cada metro de profundidade.

Sobrecarga de terrapleno – (SC_Terr) – Foi considerada uma sobrecarga de 10 kN/m^2 para a determinação dos impulsos de terras, sendo esta apenas considerada nas secções que apresentam pouco recobrimento de terreno acima da crista.

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

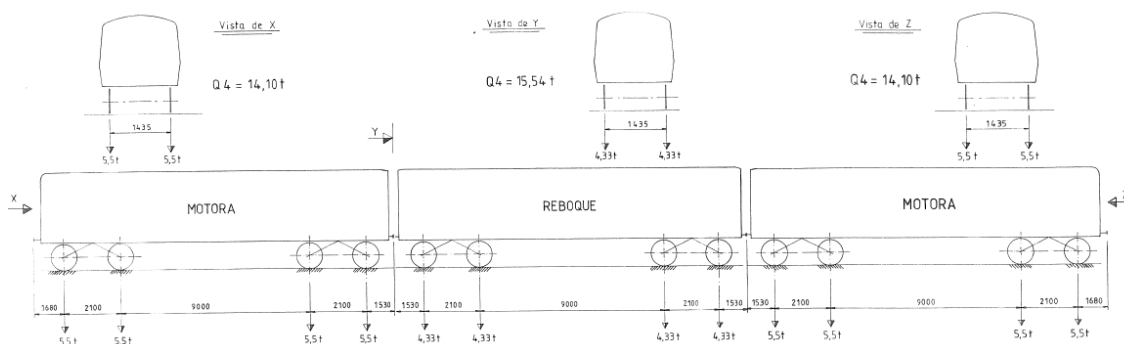


Figura 7 – Cargas transmitidas por uma formação MRM (extrato do ANX_C4, ML 90)

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 (ΔT_u)

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: $T_{\min} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ e $T_{\max} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$. Tratando-se de uma estrutura enterrada tem-se que $T_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_2 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_7 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ e $T_9 = 8 \text{ }^\circ\text{C}$.

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°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:

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

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 $\alpha = 10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$.

Dado se tratar de uma estrutura enterrada não está sujeita às variações diárias de temperatura e não foi considerada a variação diferencial de temperatura.

11.2.3 Ação Sísmica

A ação sísmica foi definida de acordo com a NP EN 1998-1 para a zona de Lisboa.

O valor da aceleração sísmica, a_g , é determinado pela expressão apresentada no ponto 3.2.1 (3) do EC8: $a_g = \gamma_I \times a_{gr}$; em que γ_I é o coeficiente de importância que multiplica a aceleração sísmica de referência para um solo tipo A (rocha), a_{gr} .

O coeficiente de importância, γ_I , foi calculado, tendo em consideração o período de vida útil da estrutura, de acordo com os pontos 2.1(3) e 2.1(4) do EC8, considerando uma probabilidade de excedência de 10% em 100 anos:

$\gamma_I = (TLR/TL)^{(-1/k)}$, em que:

- $TL = 100$ anos e $TLR = 50$ anos,
- k é um expoente que, de acordo com o ponto NA 4.2.5 (5) P do anexo nacional do EC8, toma os seguintes valores: $k = 1,5$ para o sismo tipo 1, e; $k = 2,5$ para o sismo tipo 2.

Tabela 17 – Quantificação da ação sísmica

	Ação Sísmica Tipo 1	Ação Sísmica Tipo 2	Observação
$a_{GR} (m/s^2) =$	1,5	1,7	Quadro NA.I do EC8-1 (zona sísmica 1.3 e 2.3)
$\gamma_I =$	1,59	1,32	-
$a_G (m/s^2) =$	2,38	2,24	-

A metodologia de análise sísmica a adotada compreende:

- a obtenção dos campos de “deslocamentos sísmicos” a aplicar à estrutura, obtidos com base em modelos bidimensionais que incluem a estrutura e a estratificação do maciço envolvente até um substrato rígido;
- a imposição estática, aos modelos estruturais do túnel, do campo cinemático mais desfavorável obtido na análise anterior e cálculo dos correspondentes esforços.

As principais fases da metodologia acima descrita são as seguintes:

- 1) Avaliação do campo de deslocamentos sísmicos no modelo bidimensional de interação solo-estrutura;
- 2) Calibração da rigidez das “barras de solo” equivalentes a adotar no modelo estrutural do túnel;
- 3) Aplicação do perfil de deslocamentos sísmicos no modelo estrutural do túnel.

11.2.3.1 Avaliação do campo de deslocamentos sísmicos

Para a obtenção do campo de “deslocamentos sísmicos” apresenta-se um exemplo de aplicação num caso idêntico em modelos planos em que as camadas de solo foram simuladas com elementos de casca e a estrutura com elementos de barra, como ilustrado nas figuras seguintes.

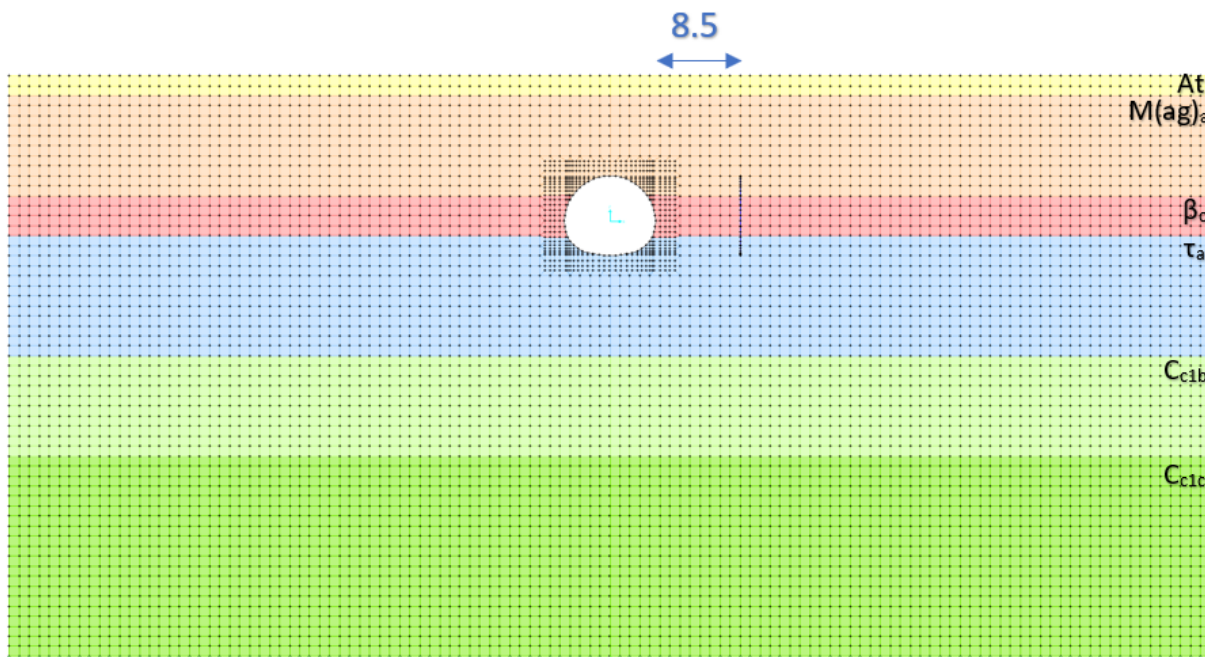


Figura 8 – Exemplo A. Secção em τ_a (soleira), β_c (hasteais) e $M(ag)_a$ (abóboda). Modelo de análise 2D para a obtenção do campo de “deslocamentos sísmicos”.

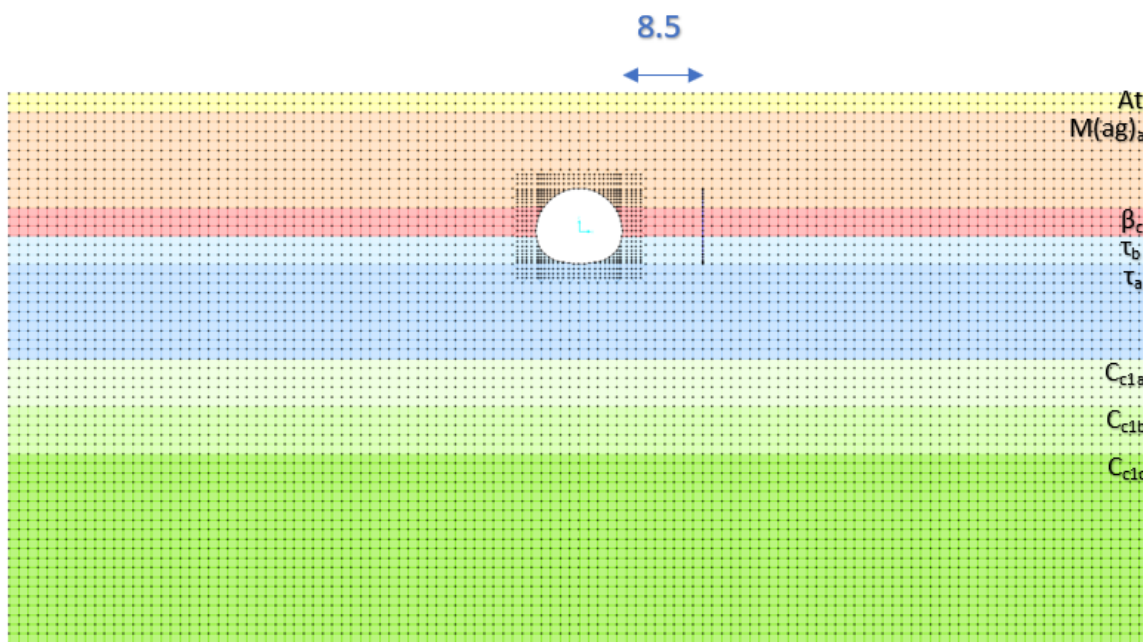


Figura 9 – Exemplo B. Secção em τ_a e τ_b (soleira), β_c (hasteais) e $M(ag)_a$ (abóboda). Modelo de análise 2D para a obtenção do campo de “deslocamentos sísmicos”.

As ações aplicadas foram os espectros de resposta definidos no Eurocodigo 8 – sismo tipo 1, zona 1.3 ($\gamma_I=1.59$) e sismo tipo 2, zona 2.3 ($\gamma_I=1.32$), conforme descrito acima.

Para a estrutura e ações em análise nos exemplos apresentados foram obtidos os campos de “deslocamentos sísmicos” do solo, ilustrando-se na figura seguinte o campo de deslocamentos mais desfavorável e correspondente ao sismo tipo 1:

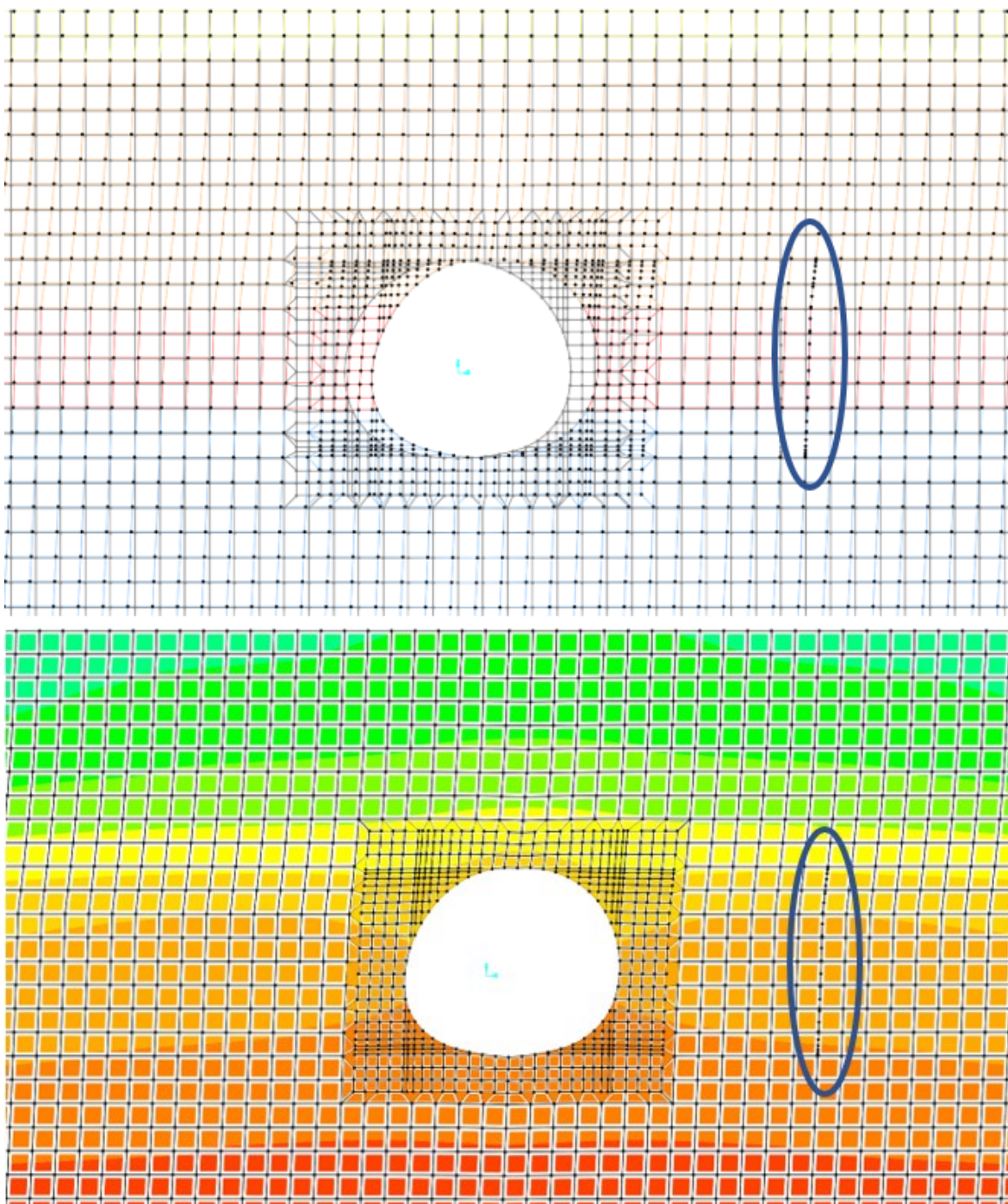


Figura 10 – Campo de deslocamentos obtido

Atendendo à geometria da estrutura exemplo (em perfil e planta) e ao campo de deslocamento obtido, considerou-se o perfil de “deslocamentos sísmicos” obtido a uma distância de 8.5 m da estrutura, como o representativo dos “deslocamentos sísmicos” a aplicar à estrutura bidimensional do túnel.

11.2.3.2 Calibração da rigidez das “barras de solo” a adotar

O campo de “deslocamentos sísmicos”, obtido no caso estudado, foi aplicado no modelo do túnel por intermédio de um conjunto de barras que simulam o comportamento do solo e que têm em consideração a rigidez “real” da estrutura do modelo de interação solo-estrutura. Para tal, definiram-se “barras de solo” com um comprimento compatível com a distância entre o perfil de referência para os deslocamentos sísmicos e a estrutura, ou seja, com 8.5 m, e área igual à área de influência dessa barra na parede da estrutura.

A rigidez das “barras de solo” foi calibrada de forma a se garantir um deslocamento ao nível da estrutura igual ao obtido no modelo de interação solo-estrutura. Desta forma, garante-se que se está aplicar à estrutura, um perfil de deslocamentos compatível com o obtido na análise sísmica no modelo de interação solo-estrutura, tendo em consideração uma rigidez mais realista das “barras de solo”, que não apenas a rigidez axial (E.A) (contabiliza-se assim o acréscimo de rigidez por efeito de Poisson e a rigidez de distorção).

11.2.3.3 Aplicação do perfil de “deslocamentos sísmicos”

Com base no perfil de “deslocamentos sísmicos” (a 8.5 m da estrutura) e nas propriedades das barras que simulam o comportamento do solo é possível executar a análise sísmica no modelo do túnel.

No modelo de análise estrutural (software SAP2000), o comportamento não linear da estrutura, para o campo de “deslocamentos sísmicos” aplicado, é incorporado pela consideração do coeficiente de comportamento $q=1,5$, de acordo com o definido na EN 1998 para este tipo de estruturas.

No que se refere à combinação das componentes direcionais da ação sísmica, adota-se o preconizado no Eurocódigo 8, avaliando-se os esforços para a ação sísmica a atuar independentemente em cada direção, e posteriormente combinado os esforços resultantes:

$$\text{Sismo}_H = 1,0 \times E_H \text{ "+" } 0,3 \times E_V$$

$$\text{Sismo}_V = 0,3 \times E_H \text{ "+" } 1,0 \times E_V$$

em que,

- "+" – significa ser combinado com;
- $E_{h,v}$ – são os efeitos da ação sísmica a atuar isoladamente na direção horizontal e vertical, respetivamente.

11.2.4 Ação Acidental de 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 5 acima, está representado o valor do recobrimento adotado para os tuneis com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

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.

γ_{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;

γ_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;

ψ_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 $(\psi_{1,1} \text{ ou } \psi_{2,1}) S_{Q,1}$ 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;

ψ_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 Freqüente:

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

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.
- ψ_1 e ψ_2 – Valores reduzidos da ação variável j .

11.4 Combinações de Ações Consideradas

Apresentam-se de seguida as combinações de ações específicas consideradas no projeto do revestimento definitivo do trecho de túnel em NATM. Foram diferenciadas as combinações relevantes para o dimensionamento do revestimento exterior e as combinações para o dimensionamento da estrutura interna.

Tabela 18 – Revestimento definitivo. Coeficientes de redução de ações

Ação	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga (SC_terr e SC_ML)	0,70	0,70	0,60
Sobrecarga ferroviária (SC_CT)	0,80	0,70	0
Variação de Temperatura Uniforme (ΔT_u)	0,60	0,60	0,50

Tabela 19 – Revestimento definitivo. Combinações de ações e cenários de cálculo

Combinações	PP	Ret	ΔT_u	P_{terr}	I_{terr}	I_w	SC	SC_CT	Sismo
ELU-estático1	1,35	-	-	1,50	-	-	-	-	-
ELU-estático2	1,35	-	-	1,50	1,50	-	-	-	-
ELU-estático3	1,35	-	-	1,50	1,50	1,50	-	-	-
ELU-estático4	1,00	-	-	1,00	1,50	1,50	-	-	-
ELU-estático5	1,35	-	-	1,50	-	-	1,50	1,50	-
ELU-estático6	1,35	-	-	1,50	1,50	-	1,50	1,50	-
ELU-estático7	1,35	-	-	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	-
ELU-estático8	1,00	-	-	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	-
ELU-Sismo1	1,00	-	-	1,00	-	-	0,60	0	1,00
ELU-Sismo2	1,00	-	-	1,00	1,0	1,00	0,60	0	1,00
ELS-Característica1	1,00	0/1,00	1,00	1,00	0,0 / 1,00	0,0 / 1,00	0,70	0,70	-
ELS-Característica2	1,00	0/1,00	0,60	1,00	0,0 / 1,00	0,0 / 1,00	1,00	1,00	-
ELS-Frequente1	1,00	0/1,00	0,60	1,00	0,0 / 1,00	0,0 / 1,00	0,60	0	-
ELS-Frequente2	1,00	0/1,00	0,50	1,00	0,0 / 1,00	0,0 / 1,00	0,70	0,70	-
ELS-Quase_permanente	1,00	0/1,00	0,50	1,00	0,0 / 1,00	0,0 / 1,00	0,60	0	-

11.5 Critérios de Verificação da Segurança

11.5.1 Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)

A verificação da segurança aos estados limites últimos dos elementos de betão armado foi efetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1.

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

Foi igualmente verificado o estado limite último de resistência do solo de fundação.

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.

11.5.2 Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS)

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

- Limitação das tensões de compressão no betão
- Controle da fendilhação para os elementos de betão armado:
 - Abertura de fendas: limitou-se a abertura de fendas a $w_k = 0,3$ mm para a combinação quase-permanente.
 - Garantiu-se a adoção de armaduras mínimas para os efeitos provocados por deformações impedidas de retração.
- Limitação das vibrações

12 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

12.1 Junta de contração

Serão previstas juntas de contração em zonas de transição de comportamento estrutural.

Tendo em conta o comprimento do trecho com escavação NATM, serão também previstas juntas de contração ao longo do desenvolvimento do túnel, com um afastamento de 12 m a 20 m (a detalhar em fase de execução), por forma a minimizar os efeitos decorrentes da retração e variações de temperatura.

12.2 Estanqueidade

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

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 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
- Inclínometro

- Piezómetro tipo Casagrande (a executar no âmbito da obra, para além dos a realizar no âmbito da campanha de prospeção)
- Fissurómetro (edifícios)
- Prisma topográfico para medição de deslocamentos e de convergência (no intradorso do suporte primário)
- Sismógrafo (edifícios)
- 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 recorrendo a prismas topográficos;
- Medição de deslocamentos verticais e horizontais em edifícios, muros e contenções, através de prismas;
- 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 NATM

A avaliação da evolução do comportamento dos túneis NATM será realizada através do registo dos deslocamentos do suporte primário (deslocamentos e convergências) e observação de eventuais fissurações betão projetado. Para tal serão criadas secções de medição de deslocamentos e convergências, onde serão instalados prismas na abóbada e hasteais.

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 exepetável, situações relevantes na maior parte da extensão da obra. Quando necessário, particular destaque assumem os furos longitudinais para geodrenos e pregagens, realizados em avanço da escavação, que permitirão antever as condições hidrogeológicas do terreno a escavar.

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 20.

Tabela 20 - 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 acções 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. Estas acções aplicam-se somente se forem ultrapassados os limites alarme.

14 AVALIAÇÃO DE DANOS

14.1 Enquadramento

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 Figura 11.

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.

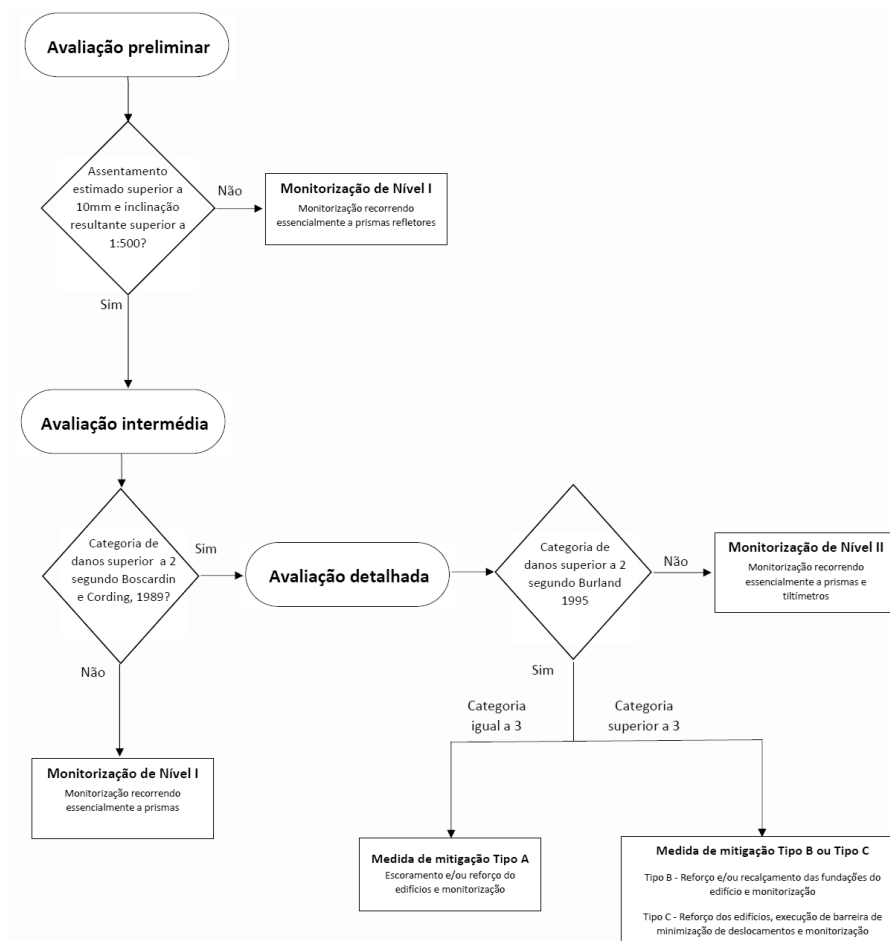


Figura 11 - Metodologia de avaliação de danos em interferências

14.2 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, θ,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, simplificada, considerado como uma viga elástica. Estima-se o valor da razão de deflexão $DRmax=\Delta max/L$ e da deformação horizontal média $\epsilon h=\delta L/L$, onde Δmax é a deflexão relativa entre dois pontos à distância L e δL 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, ϵh . A categoria de danos é, então, avaliada por comparação dos valores obtidos com os valores obtidos com os da Tabela 21. Se a categoria de danos for superior a 2, será necessário prosseguir para a terceira fase.

Tabela 21 – 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, ϵ_{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 Tabela 22. 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 22 – 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, ϵ_{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

Categoria de danos	Grau de severidade	Valor limite da deformação de tração, ϵ_{lim} (%)	Descrição dos danos característicos	Abertura aproximada das fendas (mm)
5	Muito severo	>0,30	Requer grandes reparações envolvendo reconstrução parcial ou completa. As vigas perdem o apoio. As paredes inclinam-se muito e exigem escoramento. As janelas partem por distorção. Perigo de instabilidade.	Geralmente > 25 mm mas depende do 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 Tabela 23.

Tabela 23 – 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, foram identificados como património classificado ou em vias de classificação, na zona de influência dos trabalhos de escavação dos túneis NATM a que se refere o presente documento, o seguinte conjunto de interferências:

- Conjunto do Palácio das Necessidades (interferências 374, 375, 376 e 385);
- Palácio da Anadia (Interferência 53);
- Edifício e estabelecimento da Panificação Mecânica (interferências 37 e 38);
- Núcleo de génese pombalina do Quartel de Campo de Ourique (interferência 96).

14.3 Medidas de mitigação

Após a realização da avaliação de danos em interferências, será efetuado um estudo das medidas de mitigação mais eficientes a adotar. O detalhe da informação disponível permitiu desenvolver os seguintes tipos de medidas de mitigação de assentamentos:

- Incremento da instrumentação e observação;
- Adoção de processos construtivos e soluções estruturais que induzam assentamentos reduzidos;
- Reforço e/ou recalçamento das fundações dos edifícios e/ou barreiras de minimização da propagação de deslocamentos.

Genericamente, foram desenvolvidos três níveis de medidas de mitigação (A, B e C), a serem aplicadas às interferências cuja avaliação de danos irá identificar a necessidade da sua implementação. A escolha do tipo de medida a aplicar terá em conta a análise da solução mais eficiente, função das características estruturais da interferência, classificação patrimonial e profundidade de escavação realizada na sua zona de influência:

- Medida de mitigação Tipo A – Reforço de edifícios;
- Medida de mitigação Tipo B – Recalçamento de edifícios;
- Medida de mitigação Tipo C – Reforço dos edifícios e execução de barreira de minimização da propagação de deslocamentos.

Quando existentes, os detalhes das medidas de mitigação tipo A, B e C, serão apresentados em documento autónomo.

A adoção de medidas de reforço 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 reduzir os riscos humanos e materiais associados a estes movimentos. Consequentemente, foram estabelecidos dois níveis de instrumentação e observação (1 e 2), que se diferenciam, respetivamente, pela complexidade e precisão crescentes da instrumentação instalada e pela frequência de leitura a realizar:

- Instrumentação e observação Nível 1 – Monitorização recorrendo essencialmente a alvos/prismas;
- Instrumentação e observação Nível 2 – Monitorização recorrendo a alvos/prismas, clinómetros, fissurómetros e sismógrafos.

Os detalhes dos níveis de instrumentação 1 e 2, serão apresentados em documento específico e autónomo.

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 composta por barras de cobre estanhado com 65x5x100, instalados em cada um dos lados da galeria de 30 em 30 metros, ligados através de soldadura aluminotérmica a um varão de aço de diâmetro de 12mm instalado ao longo da galeria e que por sua vez será ligado à armadura da estrutura dos toscos de 8 em 8 metros.

Registo e Controlo de Alterações

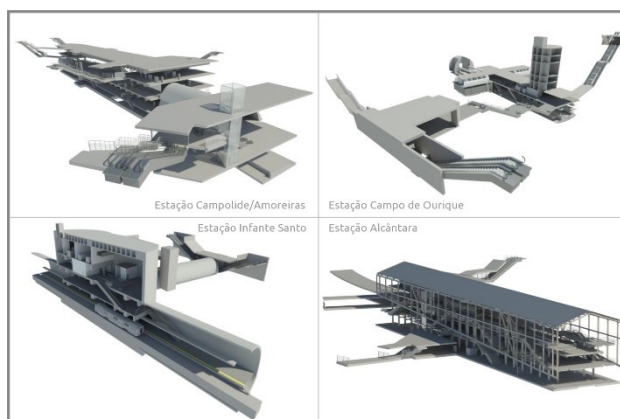
Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-03	Edição Inicial

METRO DE LISBOA

PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

PROJETO DE EXECUÇÃO



TOMO II

VOLUME 1 – TÚNEL T85

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

Documento SAP:	LVSSA MSA PE STR TUN T85 MD 087001 0
-----------------------	--------------------------------------

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado	Francisco Bernardo José Alexandre		2024-10-03
Revisto	Sandra Ferreira		2024-10-03
Verificado	Rui Rodrigues		2024-10-03
Coordenador Projeto	Raúl Pistone		2024-10-03
Aprovado	Raúl Pistone		2024-10-03

	Nome	Assinatura	Data
Gestor Projeto	Raúl Pistone		2024-10-03

Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO	5
2	ELEMENTOS DE BASE	5
3	CONDICIONAMENTOS	5
3.1	Traçado	5
3.2	Geológicos e Geotécnicos (rever)	5
3.3	Desvios de Circulação	9
3.4	Ocupação de Superfície e de Subsolo	9
3.5	Interferências, Demolições de Edifícios, Soluções de Reforço de Edifícios e Contenções	10
3.6	Implantação	10
3.7	Segurança	10
3.8	Arquitetónicos	10
3.9	Compatibilidade com as Outras Especialidades	11
3.10	Ambiente	11
4	REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA DE BASE	12
5	MATERIAIS	13
5.1	Suporte primário	13
5.2	Estruturas Definitivas (rever de acordo com comentários)	14
6	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO	17
6.1	Tempo de Vida Útil	17
6.2	Classificação da Obra de Acordo com a sua Importância	17
6.3	Classe de Inspeção	17
6.4	Classe de Fiabilidade	17
6.5	Classificação do Tipo de Terreno	17
6.6	Crítérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas	19
6.6.1	Túneis	19
6.6.2	Requisitos legais de proteção de águas subterrâneas	19
7	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO	19

7.1	Suporte primário (rever).....	20
7.2	Revestimento definitivo (a rever).....	22
8	FASEAMENTO CONSTRUTIVO.....	24
9	PROJETO GEOTÉCNICO DO SUPORTE PRIMÁRIO.....	25
9.1	Metodologia de Cálculo.....	25
9.2	Verificação da segurança.....	27
10	PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS.....	28
10.1	Metodologia de Cálculo.....	28
10.2	Ações.....	28
10.2.1	Ações Permanentes.....	28
10.2.2	Ações Variáveis.....	29
10.2.3	Ação Sísmica.....	29
10.2.4	Ações Acidentais.....	30
10.2.4.1	Ação Acidental de Incêndio.....	30
10.2.5	Movimentos das Fundações (rever).....	30
10.3	Combinações de Ações.....	31
10.3.1	Combinação de Ações para os Estados Limites Últimos (ELU).....	31
10.3.1.1	Combinações fundamentais:.....	31
10.3.1.2	Combinações acidentais.....	31
10.3.1.3	Combinações Sísmicas:.....	32
10.3.2	Combinação de Ações para os Estados Limites de Serviço (ELS).....	32
10.3.2.1	Combinação rara de ações.....	32
10.3.2.2	Combinação frequente.....	32
10.3.2.3	Combinação quase permanente.....	32
10.4	Critérios de Verificação da Segurança.....	33
10.4.1	Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU).....	33
10.4.2	Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS).....	34
10.4.3	Verificação da Segurança relativamente à rotura por Levantamento Global.....	34
10.5	DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS.....	34
10.5.1	Junta de contração.....	34
10.5.2	Estanqueidade.....	34

11	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO	35
11.1	Introdução	35
11.2	Grandezas a medir	36
11.3	Escavações Mineiras	36
11.4	Edificações	37
11.5	Frequência de leituras	37
11.6	Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência..	38
12	INTERFERÊNCIAS	39
12.1	Enquadramento	39
12.2	Estado do edificado, incluindo património, das infraestruturas enterradas e das infraestruturas ferroviárias.....	40
12.2.1	Atividades realizadas	40
12.2.2	Edifícios	40
12.2.3	Infraestruturas enterradas	41
12.3	MEDIDAS DE MITIGAÇÃO	42
13	AVALIAÇÃO DE DANOS	42
14	REDE DE TERRAS	42

1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Memória Descritiva e Justificativa dos túneis**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do **Tomo II – Estruturas do Volume 1 – Túnel**.

2 ELEMENTOS DE BASE

Com base nos elementos do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, realizado pelo Metropolitano de Lisboa, 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 1 – Túnel:
 - Memória Descritiva e Justificativa - “LVSSA ML PP STR TUN 000 MD 087001 0”;
 - Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP STR TUN 000 DW 087000 A” a “LVSSA ML PP STR TUN T85 DW 087003 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 Geológicos e Geotécnicos (rever)

Nesta fase de Projeto de Execução e de acordo com as condições conhecidas para terrenos com características semelhantes foram estabelecidas soluções de suporte que terão de ser confirmadas e/ou desenvolvidas nas próximas fases de projeto, em função da interpretação dos resultados dos trabalhos de prospeção já concluídos e das campanhas do Programa de prospeção complementar a implementar.

Os condicionamentos Geológicos e Geotécnicos, são descritos no Volume 6 – Estudo Geológico-Geotécnico do Tomo I. Os trabalhos de prospeção complementares são propostos no Programa de reconhecimento complementar (Geológico-geotécnico, hidrogeológico e ambiental)

Apresenta-se na Figura 1, a planta com a cartografia geológica do traçado e, na figura 2, o excerto do perfil geológico-geotécnico do local.

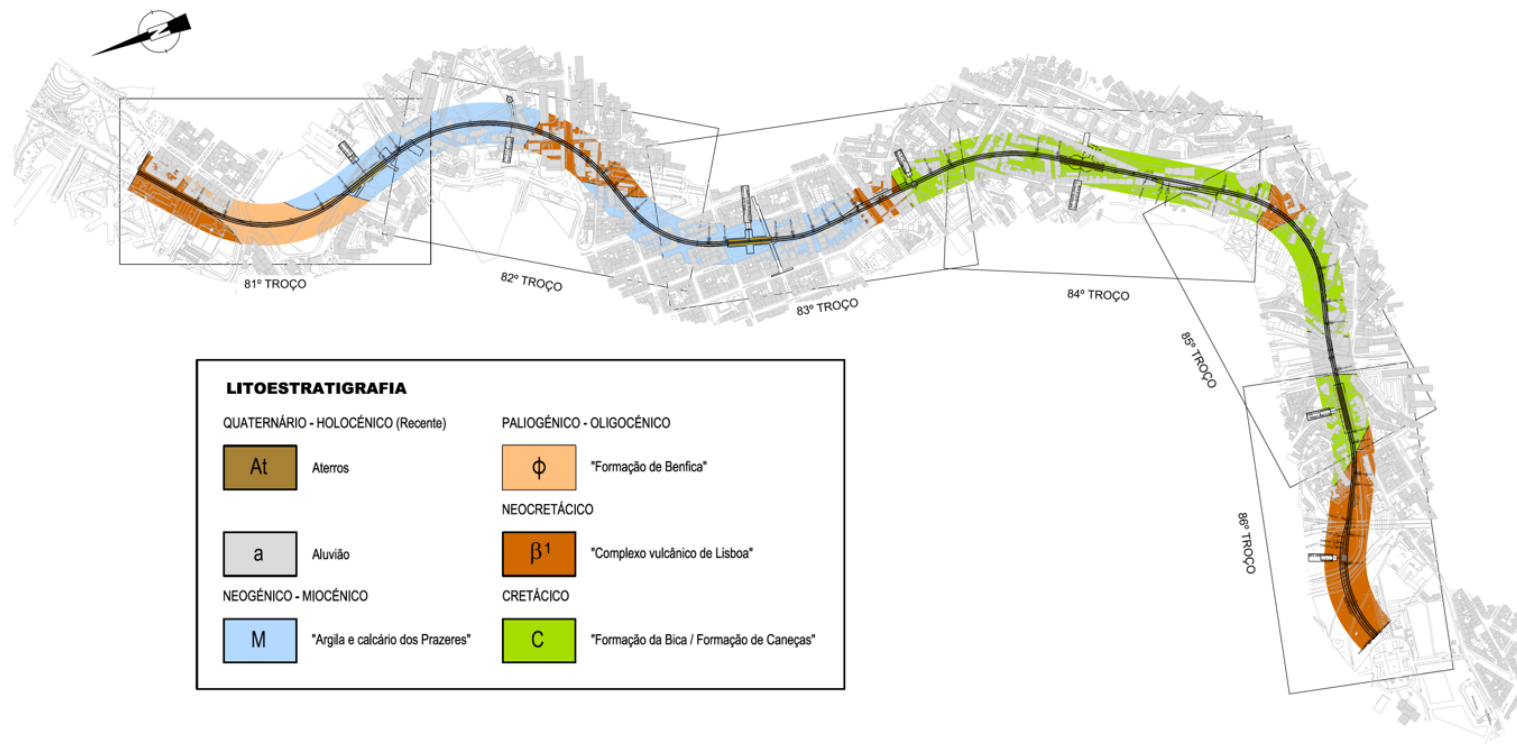


Figura 1 – Planta com traçado e cartografia geológica

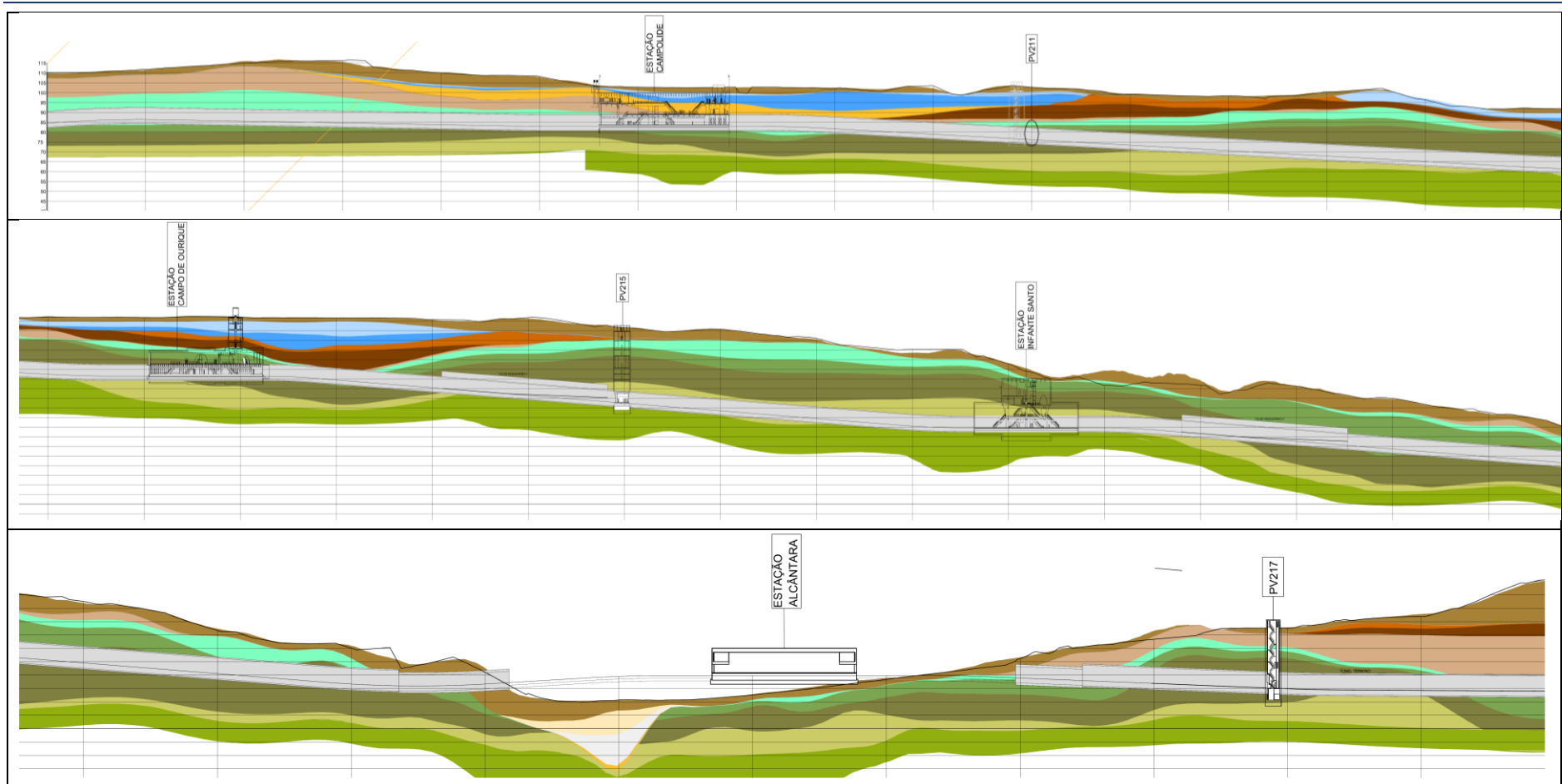


Figura 2 – Perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia

As unidades atravessadas, representadas em perfil, são as indicadas na Figura 3.

LEGENDA		CRETÁCICO	
ESTRATIGRAFIA E CRITÉRIOS DE ZONAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO (Perfil)			
QUATERNÁRIO - Holocénico (Recente)			
At	Aterro heterogéneo, constituído por silte-arenoso, por vezes argiloso, com fragmentos líticos e cerâmicos, de cor castanho amarelado, com vestígios de vegetais.	Cenomaniano Superior - "Formação de Bica" (C_{1b})	
a _{1st}	Aluvião arenoso (ar)	C _{11a}	Argila margosa e/ou marga argilosa esbranquiçada a amarelada.
a _{1st}	Aluvião argiloso (ag)	C _{11b}	Calcário nodular, amarelado a esbranquiçado com inclusões margosas frequentes; passando a calcário rosado, amarelado, esbranquiçado por vezes carbonificado, umas vezes compacto outras vezes margoso, com passagens argilosas.
a _{1st}	Aluvião com cascalheira (cg)	C _{11c}	Calcário semicristalino a cristalino com rudistas, apresentando nódulos a leitos de sílex, pouco alterado a medianam. alterado, fracturas medianam. afastadas a muito próximas.
NEOGÉNICO - Miocénico - "Argilas e Calcários dos Prazeres" (MPr)			
M _{1st}	Argilas cinzentas-esverdeadas (a) NSPT ≥ 50, (b) NSPT < 50	C _{11d}	Calcário compacto branco e bege, fendilhado com prealveolinas, pouco alterado a medianamente alterado, com passagens muito alteradas a decompostas, fraturas medianamente afastadas a próximas.
M _{1st}	Calcarenitos fossilíferos, com passagens de calcários margosos	Cenomaniano Superior - "Formação de" (C _{1a})	
OLIGOCÉNICO - "Formação de Benfica" (φ)			
φ	Areias finas, siltosas e silto-argilosas, com seixo fino a médio. Siltes argilosos, com seixo frequente; cores acastanhadas, acinzentadas e por vezes avermelhadas.	Albiano superior e cenomaniano médio	
NEOCRETÁCICO - "Complexo vulcânico de Lisboa" (β)			
β ₁	Basalto, com veios calcíticos, muito a medianamente alterado, intensamente a muito fracturado, cinzento escuro, por vezes com passagens de solo residual areno argiloso. (Presença de Serpentina/Talco) (a) Rocha w2 a w3-4 GSI > 40, (b) Estrutura rochosa parcialmente visível localmente SPTs 60, w4 a solo	C ₁₂	Calcário por vezes margoso, com geoides no topo e com passagens argilosas por vezes com gesso na base. (C ₁₂)
τ	Tufos vulcânicos silto-margosos, avermelhados com veios esbranquiçados, por vezes silto-arenoso, com passagens fortemente argilosas. Ocorrem por vezes passagens fortemente argilosas de elevada plasticidade, de origem sedimentar. Tufos por vezes brechóides e brechas vulcânicas.		

Figura 3 – Legenda das unidades representadas no Perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia

Em planta as unidades representadas na cartografia geológica de superfície, são desde o início do traçado, o CVL- "Complexo Vulcânico de Lisboa" nos 200 m iniciais, passando a ocorrer a "Formação de Benfica" até à Estação das Amoreiras-Campolide, que já se desenvolve sob a "Formação dos Prazeres", cuja ocorrência em superfície se estende até próximo do km 1+900, sendo interrompida por afloramento do CVL, sensivelmente entre os pk 1+050 e 1+300. Após pequeno afloramento do CVL, o traçado desenvolve-se sob terrenos cretácicos das formações da Bica e de Caneças, entre os pk 2+075 e 3+650, sendo apenas interrompido por mancha de CVL ao pk 3+000 e pelos aluviões do Vale de Alcântara ao pk 3+400.

Relativamente à presença de água subterrânea, consideram-se ao longo do traçado as seguintes posições para o nível de água:

- **Início do traçado** até à estação das Amoreiras (**pk 0+550**), existência de aquífero Cretácico à cota +80,00 m
- No troço envolvente à estação das Amoreiras (**pk's 0+550 a 0+750**), devido à presença de níveis de água suspensos nas unidades (CVL+φ+M), considera-se o nível de água à cota +85,00 m;
- Do **pk 0+750 a 1+200**, nível de água à cota +75,00 m;
- Do **pk 1+200 a 1+750**, nível de água em variação entre as cotas +75,00 m e +45,00 m;
- Do **pk 1+750 a pk 2+600**, nível de água em variação entre as cotas +70,00 m e +40,00 m;
- Do **pk 2+600 a 3+150**, nível de água em variação entre as cotas +40,00 m e +2,50 m;
- 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);
- Do **pk 3+600 ao 4+097**, nível de água em variação entre as cotas +2,50 m e +15,00 m.

Os níveis de água anteriores são indicados sem prejuízo da possível existência local de níveis de água suspensos.

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 ^α	γ^{\leftarrow} (kN/m ³)	$\gamma_{sat}^{\leftarrow}$ (kN/m ³)	c_u^{\leftarrow} (kPa)	E_u^{\leftarrow} (MPa)	c^{\leftarrow} (kPa)	ϕ^{\leftarrow} (°)	E^{\leftarrow} (MPa) ^β	K_0^{\leftarrow}	k^{\leftarrow} (m/s) ^β	v^{\leftarrow}	σ^{\leftarrow} (MPa) ^γ [rocha]	E^{\leftarrow} (GPa) [rocha] ^δ
ATERRO, Δ^{\leftarrow}	18 ^α	20 ^α	---	---	0 ^α	28 ^α	10 ^α	0,5 ^α	10 ^{-5α}	0,35 ^α	---	---
ALUVIÃO, -a(ar) ^α	19 ^α	21 ^α	---	---	0 ^α	34 ^α	50 ^α	0,5 ^α	10 ^{-5α}	0,30 ^α	---	---
ALUVIÃO, -a(ag) ^α	17 ^α	19 ^α	20 ^α	20 ^α	0 ^α	25 ^α	10 ^α	0,5 ^α	10 ^{-8α}	0,46 ^α	---	---
ALUVIÃO, -a(cg) ^α	20 ^α	22 ^α	---	---	0 ^α	35 ^α	75 ^α	0,5 ^α	10 ^{-4α}	0,30 ^α	---	---
MIOCÉNICO, -M(ag)a NSPT > 50 ^α	22 ^α	23 ^α	350 ^α	100 ^α	10 ^α	33 ^α	60 ^α	1,0 ^α	10 ^{-8α}	0,33 ^α	---	---
MIOCÉNICO, -M(ag)b NSPT < 50 ^α	21 ^α	22 ^α	180 ^α	40 ^α	5 ^α	28 ^α	20 ^α	1,0 ^α	10 ^{-8α}	0,38 ^α	---	---
MIOCÉNICO-M(cal)	24 ^α	24 ^α	---	---	100 ^α	34 ^α	400 ^α	0,8 ^α	10 ^{-5α}	0,25 ^α	---	---
OLIGOCÉNICO, -O ^α	20 ^α	22 ^α	400 ^α	150 ^α	25 ^α	30 ^α	75 ^α	1,2 ^α	10 ^{-7α}	0,30 ^α	α	α
BASALTO, β^{\leftarrow}	26 ^α	26 ^α	---	---	200 ^α	40 ^α	2000 ^α	0,8 ^α	10 ^{-7α}	0,26 ^α	20 ^α	12 ^α
BASALTO, $\beta_{WS,W4/8}^{\leftarrow}$	21 ^α	23 ^α	---	---	50 ^α	35 ^α	250 ^α	0,7 ^α	10 ^{-8α}	0,28 ^α	---	---
TUFOS, τ^{\leftarrow}	20 ^α	21 ^α	---	---	60 ^α	35 ^α	120 ^α	1,0 ^α	10 ^{-7α}	0,27 ^α	---	---
CALCÁRIO, Cc1a ^α	23 ^α	23 ^α	---	---	50 ^α	32 ^α	60 ^α	0,8 ^α	10 ^{-7α}	0,23 ^α	---	---
CALCÁRIO, Cc1b ^α	24 ^α	24 ^α	---	---	90 ^α	38 ^α	325 ^α	0,8 ^α	10 ^{-7α}	0,21 ^α	9 ^α	3 ^α
CALCÁRIO, Cc1c ^α	25 ^α	25 ^α	---	---	300 ^α	42 ^α	4000 ^α	0,8 ^α	10 ^{-6α}	0,21 ^α	50 ^α	27,5 ^α
CALCÁRIO, Cc1d ^α	24 ^α	24 ^α	---	---	120 ^α	40 ^α	1250 ^α	0,8 ^α	10 ^{-7α}	0,21 ^α	12 ^α	6 ^α
CALCÁRIO-DE-CANEÇAS ^α	23 ^α	23 ^α	---	---	80 ^α	35 ^α	400 ^α	0,8 ^α	10 ^{-7α}	0,25 ^α	5 ^α	1,5 ^α

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 estaleiros são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo I – Geral, Volume 9 – Estaleiros.

3.4 Ocupação de Superfície e de Subsolo

A execução a céu aberto de parte dos acessos da estação e do arranque do poço vertical 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 presente Volume, capítulo 2 – Serviços Afetados.

3.5 Interferências, Demolições de Edifícios, Soluções de Reforço de Edifícios e Contenções

As interferências resultantes da construção do túnel, necessidade de demolições, reforço de edifícios e contenções, encontram-se retratadas no Tomo I Geral, Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha.

3.6 Implantação

A implantação da obra foi analisada por forma a respeita o traçado, os elementos emergentes definidos no Programa Preliminar e evitar desvios de circulação e minimizar as interferências com os edifícios existentes.

3.7 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.

3.8 Arquitetónicos

O presente projeto procura atingir as soluções técnicas mais adequadas e que estão compatibilizadas com o Projeto de Arquitetura das diferentes estações.

3.9 Compatibilidade com as Outras Especialidades

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

- Via Férrea - Projeto de definição dos eixos da Via;
- Via Férrea - Projeto de Instalação ad Via;
- Via Férrea - Drenagem de Via;
- Sistemas - Energia;
- Sistemas - Telecomunicações;
- Sistemas - Mecânica;
- Fluídos - Redes de águas;
- Fluídos - Redes de drenagem;
- Fluídos - Coluna seca.

3.10 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, que foram 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);
- 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 presente Anteprojecto;
- 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 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

5.1 Suporte primário

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

Quadro 1 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (1/2)

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
BETÃO	BETÃO PROJETADO (VIA HÚMIDA)	C30/37 XC 4(P) CL 0,4 DMAX.10 S5
	REGULARIZAÇÃO/ENCHIMENTO	C12/15 XC 2(P) CL 0.4 DMAX.22 S3
FIBRAS METÁLICAS	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	1500 MPa
	COMPRIMENTO (EXTREMIDADE COM GANCHO)	< 35 MM
	ESBELTEZA, L/D	65
	DOSAGEM MÍNIMA DE FIBRAS	25 kg/m ³
	CLASSE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA:	E700
AÇO	CHAPAS E PERFIS METÁLICOS	S 275 JR
	CAMBOTAS TRELIÇADAS	A 500NR
	REDE ELETROSSOLDADA	A 500ER
	ENFILAGENS	S 355 JR
	Elementos de fixação metálica	CLASSE 8.8
No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no REAE, NP 1515 E NP EN 1993		
PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO	CARGA MÍNIMA DE CEDÊNCIA	Py = 130 kN
	TIPO DE AÇO	S 355 MC

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
FIBRA DE VIDRO	RESISTÊNCIA À TRACÇÃO	≥ 2000 MPa
	CARGA NOMINAL DE ROTURA	430 kN
CALDA DE CIMENTO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 7 DIAS	F _{ck} MÍN. = 25 MPa
GEODRENOS	TUBO DE POLIETILENO RÍGIDO, CORRUGADO E RANHURADO	SN2

Quadro 2 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (2/2)

GEOTÊXIL DO GEODRENO	MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 9864)	150 g/m ²
	MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 9864)	2 mm
	RESISTÊNCIA À TRACÇÃO (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)]

5.2 Estruturas Definitivas (rever de acordo com comentários)

As características dos materiais adotados nas estruturas definitivas encontram-se apresentadas nas tabelas seguintes:

Tabela 2 – Estruturas definitivas. Características dos materiais – Betão

Materiais	Localização	Classe de resistência	Classe de exposição	cl. teor de cloretos	d _{max} (mm)	Classe de consistência
Betão (<i>in situ</i>)	Estrutura interior em ambiente seco (lajes elevadas, vigas, escadas, paredes e pilares)	C30/37	XC1	CL 0,40	D _{inf} =20 D _{sup} =25	S4
	Estrutura interior em zonas húmidas – zonas com sanitários (lajes elevadas, vigas, escadas, paredes e pilares)	C30/37	XC3	CL 0,40	D _{inf} =20 D _{sup} =25	S4
	Estrutura exterior (revestimento definitivo das galerias, paredes de contenção periféricas, laje de fundo do poço da	C30/37	XC4	CL 0,40	≤25	S3

Materiais	Localização	Classe de resistência	Classe de exposição	cl. teor de cloretos	d _{max} (mm)	Classe de consistência
	estação, lajes de cobertura e elementos expostos à intempérie)					
	Enchimento (sub-cais)	C20/25	X0	CL 1,00	≤25	S3

Notas:

As betonilhas de enchimento a realizar para o assentamento dos revestimentos dos pisos e para a formação de penderes nas lajes internas deverão ter um peso específico máximo de 15 kN/m³.

Tabela 3 – Estruturas definitivas. Características dos Materiais – Aço estrutural

Materiais	Localização	Classe de resistência
Aço Estrutural	Armaduras ordinárias	A500 NR SD
	Malha eletrossoldada	A500 EL
	Estruturas metálicas (chapas e perfis)	S355 JR
	Parafusos / Pernos	Classe 8.8/10.9
	Porcas	Classe 8/10

Tabela 4 – Estruturas definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras

Recobrimentos Nominais (*) (**)		
	Elemento	Recobrimento nominal
Recobrimentos a Garantir de Acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais Vida Útil Considerada: 100 Anos Estabilidade ao Fogo: R120	lajes elevadas e escadas	40 mm
	Paredes interiores	40 mm
	Pilares e Vigas	45 mm
	Revestimento definitivo das galerias	45 mm
	Laje de fundo do poço	45 mm
	Lajes de cobertura enterradas	45 mm
	Paredes de contenção	50 mm

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

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

Tabela 5 – Estruturas definitivas. Características dos Materiais – ?????

BARREIRA GEOSINTÉTICA	MATERIAL	PVC – P (POLICLORETO DE VINIL)
	ESPESSURA (EN 1849 - 2)	DE ACORDO COM C.E.
	MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 1849-2)	2,56 KG/M2
	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (EN ISO 527)	16 MPA (DIREÇÃO TRANSVERSAL)
17 MPA (DIREÇÃO LONGITUDINAL)		

EXTENSÃO PARA A CARGA MÁXIMA (EN ISO 527)	> 300 %
PUNÇAMENTO ESTÁTICO (EN ISO 12236)	2,35 KN
EXPANSÃO TÉRMICA (ASTM D696-91)	<130 X 10 ⁻⁶ (+/-50X10 ⁻⁶) 1/K
RESISTÊNCIA À DEGRADAÇÃO MICROBIOLÓGICA (EN 12225)	<15 %
RESISTÊNCIA À OXIDAÇÃO (EN 14575)	<10 %
RESISTÊNCIA QUÍMICA (EN 14414)	INEXISTÊNCIA DE SINAIS DE DEGRADAÇÃO; PROPRIEDADES INALTERADAS
REAÇÃO AO FOGO (EN ISO 13501-1 E EN ISO 11925-2)	CLASSE E

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 e Poços de Ventilação 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 Classificação do Tipo de Terreno

Relativamente ao tipo de terreno, o EC8 preconiza a seguinte classificação:

Tabela 6 – Tipos de Solos de acordo com o EC8

Tipo de solo	Descrição
A	Rocha ou formação rochosa, incluindo no máximo 5m de material fraco à superfície
B	Depósitos muito densos de areias, cascalho ou argila muito compacta, com alguma espessura (na ordem das dezenas), caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade
C	Depósitos fundos de areia de média/alta densidade, cascalho ou argila compacta, com espessuras consideráveis (das dezenas às centenas de metros)
D	Depósitos de solos de média coesão soltos ou de solos de baixa coesão compactos
E	Formações aluvionares de pequena espessura (5 a 20m) sobre formações rochosas
S ₁	Depósitos com uma espessura mínima de 10m, constituídos por argila/sedimentos com elevado nível de plasticidade e alto nível freático
S ₂	Depósitos de solos susceptíveis de liquefação, argilas incoerentes ou outro tipo de solo que não se enquadre nas categorias acima descritas

Cada tipo de terreno é assim definido de forma mais rigorosa e a sua classificação é função da velocidade de propagação, das ondas de corte e coesão não drenada, conforme quadro abaixo.

Tabela 7 – Caracterização dos Solos de acordo com o EC8

Tipo de Solo	$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT}	c_u (kPa)
A	> 800	-	-
B	360 - 800	> 50	> 250
C	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	< 180	< 15	< 70
E	Formações brandas com $v_{s,30}$ do tipo C ou D		

Onde:

$v_{s,30}$ - Velocidade das ondas de corte;

N_{SPT} - nº pancadas associadas ao ensaio SPT, para a cravação de 30 cm;

c_u – coesão não drenada.

Com base no referido acima, e tendo em conta o tipo de maciço expectável, maciço calcário, foi admitido um solo do Tipo A correspondente a “rocha ou outra formação geológica do tipo rochoso, que inclua, no máximo, 5m de material mais fraco à superfície”.

6.6 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas

6.6.1 Túneis

As obras em túnel e os poços de ventilação deverão apresentar desempenho correspondente à classe 3 de BTS (2010)(1) complementada com as recomendações STUVA (Haack, 1991(2)) para a mesma classe.

De acordo com estas recomendações o sistema de revestimento deverá garantir que o afluxo de água ao interior do túnel se restrinja a fenómenos de capilaridade, admitindo-se apenas, como manifestações de humidade, a existência de pequenas manchas isoladas sem qualquer escorrência de água, embora possa ocorrer alteração cromática de um papel sobre elas colocado.

Esta exigência limita o influxo médio (espacial) diário de água a 0,2 litros/m² em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,1 litros/m² 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 (AFTES, 2005(3)).

A área máxima de cada compartimento será de 360 m². Nos terrenos com presença de água sob pressão até 3 bar essa área fica limitada a 250 m². Para valores indicativos de pressão superiores, o limite superior de área a considerar será de 200 m².

A compartimentação transversal será conseguida pela solidarização de perfis extrudidos flexíveis à geomembrana impermeabilizante ao longo do perímetro do túnel. Para a eventual compartimentação longitudinal, em troços localizados, os perfis serão colocados segundo o eixo do túnel num alinhamento superior (abóbada) e em alinhamentos inferiores (juntas de betonagem no arranque dos hasteais).

Aplicam-se nos poços os princípios acima enunciados relativamente à compartimentação do sistema de impermeabilização, com as devidas adaptações.

6.6.2 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.

7 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

7.1 Suporte primário (rever)

Em termos gerais, o suporte primário dos túneis de via encontra-se tipificado em 4 secções (B1, B2, C1 e D) executadas por meio de escavação faseada e desfasada, em cujo o suporte da calote e do rebaixo é composto pela aplicação de betão projetado reforçado com fibras metálicas, sendo executadas pregagens sistemáticas do tipo expansivo na calote.

Para a secção tipo D, a executar em maciços constituídos por materiais com baixa resistência, o betão projetado com fibras metálicas a executar na calote será reforçado com cambotas metálicas treliçadas, ao abrigo de um chapéu troncocónico recorrendo a enfilagens autoperfurantes em tubo metálico.

O resumo das características dos elementos que constituem o suporte primário para cada secção tipo, encontra-se indicado no Quadro 3 e as figuras ilustrativas dos elementos que compõem o suporte primário são apresentadas na Figura 4 a Figura 7.

Quadro 3 - Resumo das características do suporte primário

SUPORTE TIPO	B1	B2	C1	D
SUSTIMENTO DA CALOTE	<ul style="list-style-type: none"> BPRFM^{*1} = 7cm Pregagens expansivas L=3,6m em malha 2,0m x 2,0m 	<ul style="list-style-type: none"> BPRFM^{*1} = 12cm Pregagens expansivas L=3,6m em malha 1,8m x 1,8m 	<ul style="list-style-type: none"> BPRFM^{*1} = 15cm Pregagens expansivas L=3,6m em malha 1,5m x 1,5m 	<ul style="list-style-type: none"> BPRFM^{*1} = 20cm Cambotas treliçadas P95-20-30 // 1,0m Chapéu troncocónico de enfilagens metálicas autoperfurantes L=12,0m com 4,0m de sobreposição
SUSTIMENTO DO REBAIXO	<ul style="list-style-type: none"> B1 - BPRFM^{*1} = 7cm B1* - BP^{*2} = 5cm 	<ul style="list-style-type: none"> B2 - BPRFM^{*1} = 12cm B2* - BP^{*2} = 5cm 	<ul style="list-style-type: none"> BPRFM^{*1} = 15cm 	<ul style="list-style-type: none"> BPRFM^{*1} = 20cm
DRENAGEM DO SUPORTE	<ul style="list-style-type: none"> B1** - Geodrenos na abóbada L=3,0m em malha 2,0m x 4,0m B1*** - Geodrenos na frente de escavação L=9,0m 	<ul style="list-style-type: none"> B2** - Geodrenos na abóbada L=3,0m em malha 2,0m x 4,0m B2*** - Geodrenos na frente de escavação L=9,0m 	<ul style="list-style-type: none"> C1** - Geodrenos na abóbada L=3,0m em malha 2,0m x 4,0m C1*** - Geodrenos na frente de escavação L=9,0m 	<ul style="list-style-type: none"> D** - Geodrenos na abóbada L=3,0m em malha 2,0m x 4,0m D*** - Geodrenos na frente de escavação L=9,0m
PARCIALIZAÇÃO DA ESCAVAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> 2 Fases (calote e rebaixo) 	<ul style="list-style-type: none"> 2 Fases (calote e rebaixo) 	<ul style="list-style-type: none"> 2 Fases (calote e rebaixo) 	<ul style="list-style-type: none"> 3 Fases (calote, núcleo central e rebaixo)
AVANÇOS DE ESCAVAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> Calote = 2,0m Rebaixo = 2,0m Desfasamento = 20,0m 	<ul style="list-style-type: none"> Calote = 2,0m Rebaixo = 2,0m Desfasamento = 20,0m 	<ul style="list-style-type: none"> Calote = 2,0m Rebaixo = 2,0m Desfasamento = 20,0m 	<ul style="list-style-type: none"> Calote = 2,0m Rebaixo = 2,0m Desfasamento = 20,0m

NOTAS:

^{*1} BPRFM – Betão projetado reforçado com fibras metálicas

^{*2} BP – Betão projetado simples

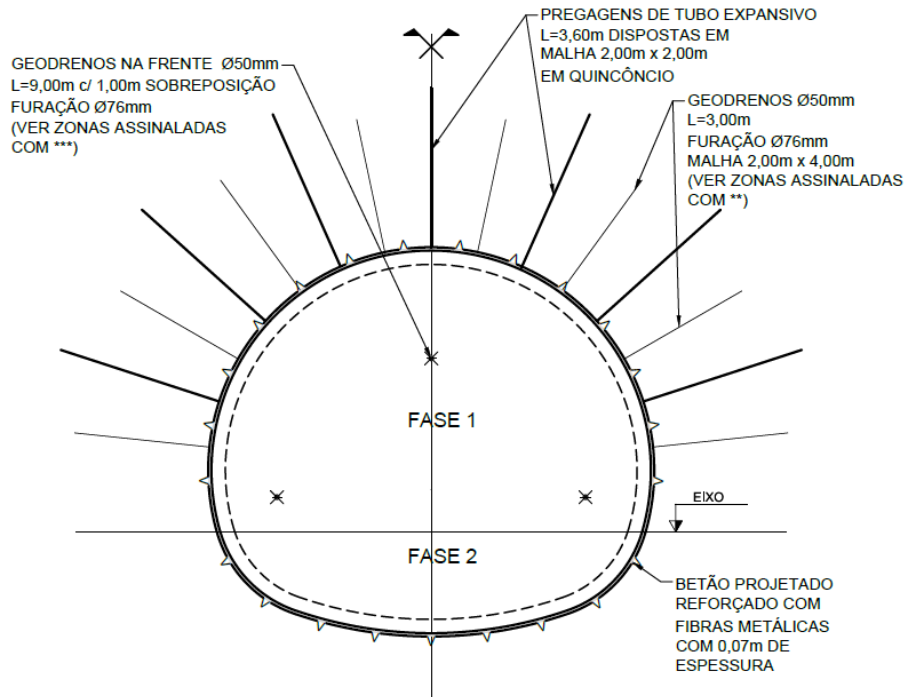


Figura 4 - Suporte Tipo B1

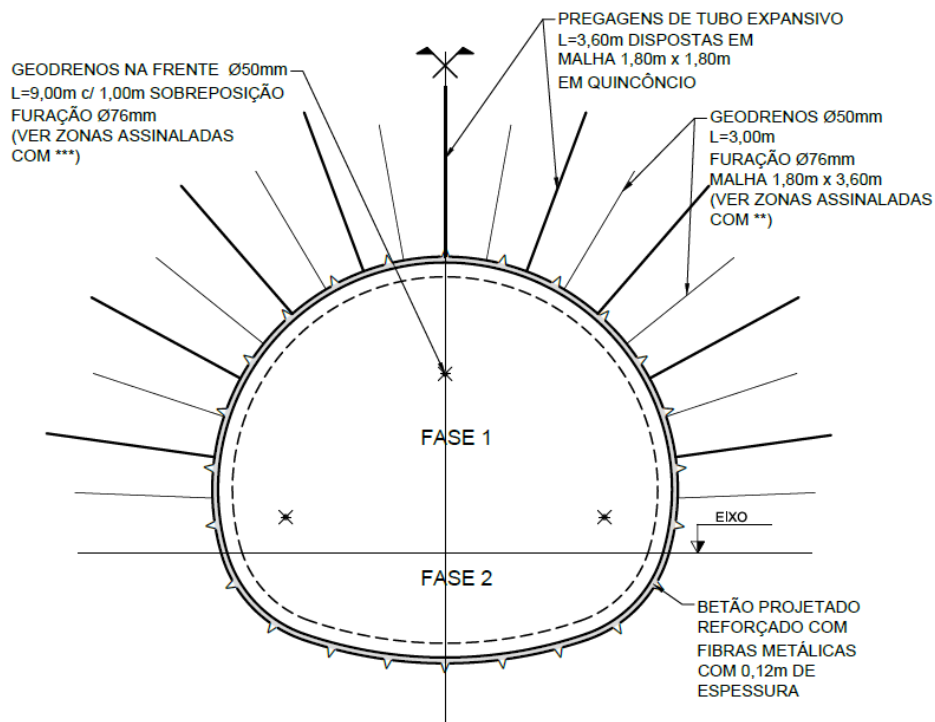


Figura 5 - Suporte Tipo B2

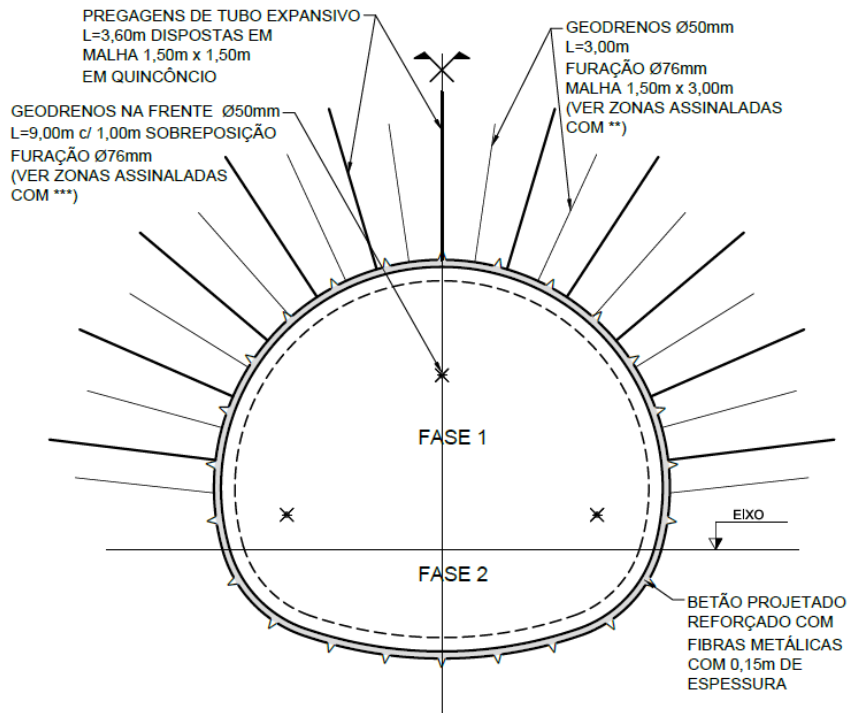


Figura 6 - Suporte Tipo C1

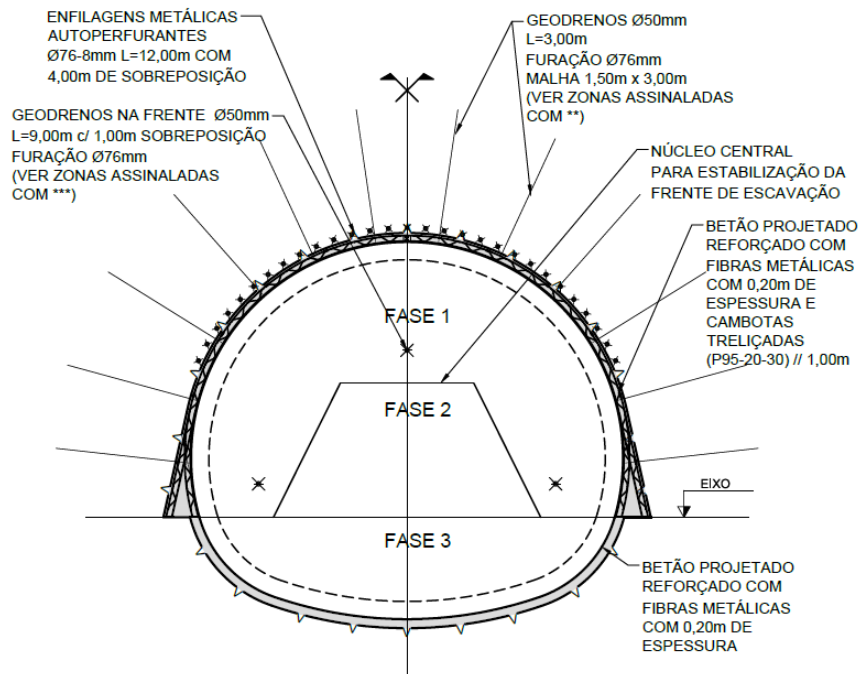


Figura 7 - Suporte Tipo D

7.2 Revestimento definitivo (a rever)

Como definido anteriormente, o túnel de via, no que toca ao revestimento primário, foi dividido em 4 secções genéricas: TV-B1, TV-B2, TV-C e TV-D. A utilização de cada uma depende do meio geotécnico envolvente. O mesmo aplica-se ao revestimento definitivo, especificamente, foram definidas duas tipologias de secção, para situações de secções inseridas em maciços rochosos (TV.1) e terrosos (TV.2).

A secção **TV.1** corresponde a uma secção caracterizada por uma espessura de recobrimento considerável e um maciço de implantação com bom comportamento mecânico. Esta secção apresenta uma espessura de 0.30 m em toda a secção e prevê-se a sua aplicação em zonas com revestimento primário do tipo TV-B1, TV-B2, TV-C.

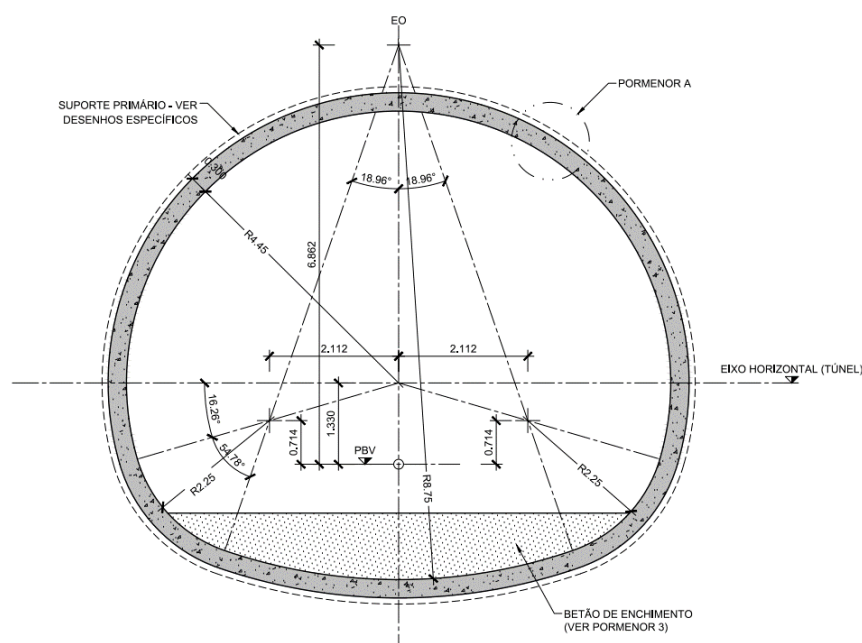


Figura 4 – Revestimento Definitivo: Secção TV.1

A secção **TV.2** corresponde a uma secção caracterizada por espessuras de recobrimento inferiores e um maciço de implantação de pior qualidade. Esta secção apresenta uma espessura mínima de 0.40 m, sendo a espessura constante em toda a secção. Prevê-se a sua aplicação desta secção em zonas com revestimento primário do tipo TV-D. Visto ser prevista uma escavação troncocónica, a espessura de betão varia com a escavação, no entanto, para efeitos de cálculo, considerou-se apenas a espessura mínima da secção.

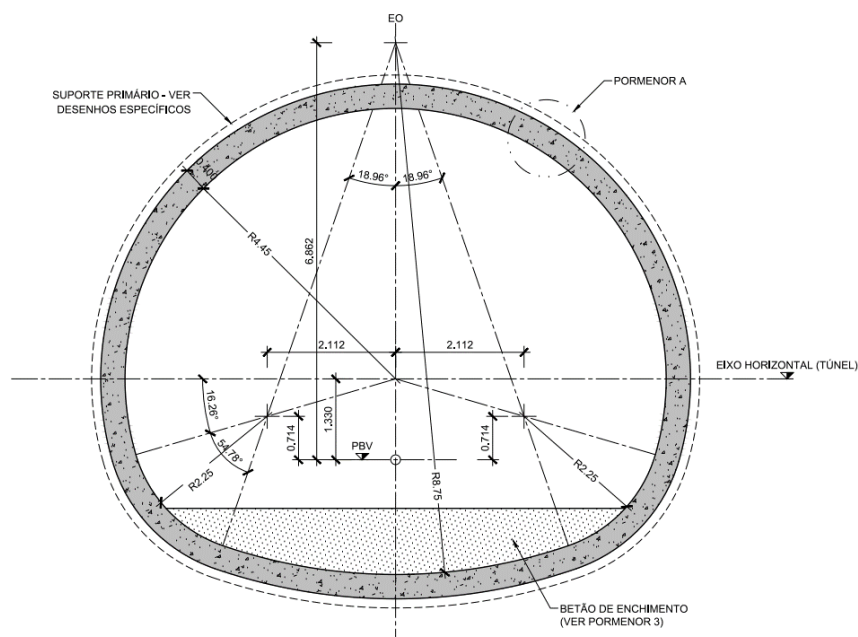


Figura 5 – Revestimento Definitivo: Secção TV.2

O perímetro interno das duas secções é igual, tendo a abóbada um raio de 4.45m e a soleira um raio de 8.75m. É prevista também uma transição nos hasteais com um raio de 2.25m.

Prevê-se a adoção de processos construtivos habituais para este tipo de estruturas, adotando-se soluções betonadas “in-situ” executadas com recurso a cofragens tradicionais.

8 FASEAMENTO CONSTRUTIVO

O suporte primário para as secções tipo B1, B2 e C1 será aplicado segundo o seguinte faseamento:

1. Escavação de um avanço da fase 1 (calote) em avanços de 2,0m (ajustável em função das condições geológicas encontradas);
2. Execução de uma camada de 5cm em betão projetado para regularização da superfície exposta pela escavação da calote;
3. Execução de pregagens, geodrenos (onde aplicável) e instalação de prismas de convergência para monitorização da deformação do suporte primário;
4. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário até se atingir a espessura total de projeto;
5. Escavação de um avanço da fase 2 (rebaixo) em avanços de 4,0m, com um desfasamento mínimo de 20,0m em relação à frente de escavação;
6. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário no rebaixo até se atingir a espessura total de projeto;
7. Execução do revestimento definitivo.

O suporte primário para a secção tipo D será aplicado segundo o seguinte faseamento:

1. Execução de um chapéu troncocónico de enfilagens metálicas;
2. Escavação de um avanço da fase 1 (calote) em avanços de 2,0m (ajustável em função das condições geológicas encontradas);
3. Execução de uma camada de 5cm em betão projetado para regularização da superfície exposta pela escavação da calote;
4. Instalação de cambotas metálicas treliçadas a cada 1,0m;
5. Execução de geodrenos (onde aplicável) e instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;
6. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário até se atingir a espessura total de projeto;
7. Desmonte do núcleo central em avanços de 3,0m;
8. Escavação de um avanço da fase 2 (rebaixo) com um desfasamento mínimo de 20,0m em avanços de 4,0m;
9. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário no rebaixo até se atingir a espessura total de projeto;
10. Execução do revestimento definitivo.

9 PROJETO GEOTÉCNICO DO SUPORTE PRIMÁRIO

9.1 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, foi realizada uma análise tensão deformação recorrendo a um modelo numérico bidimensional, 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 gravítico de tensões. O comportamento mecânico do terreno 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.

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.

Os modelos de cálculo bidimensionais adotados para cada secção de suporte primário encontram-se ilustrados na figuras abaixo.

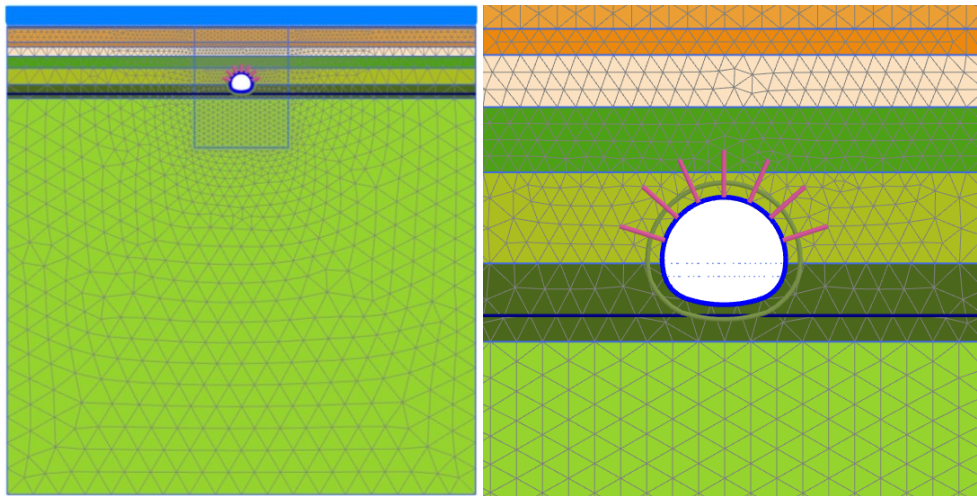


Figura 8 - Suporte Tipo B1

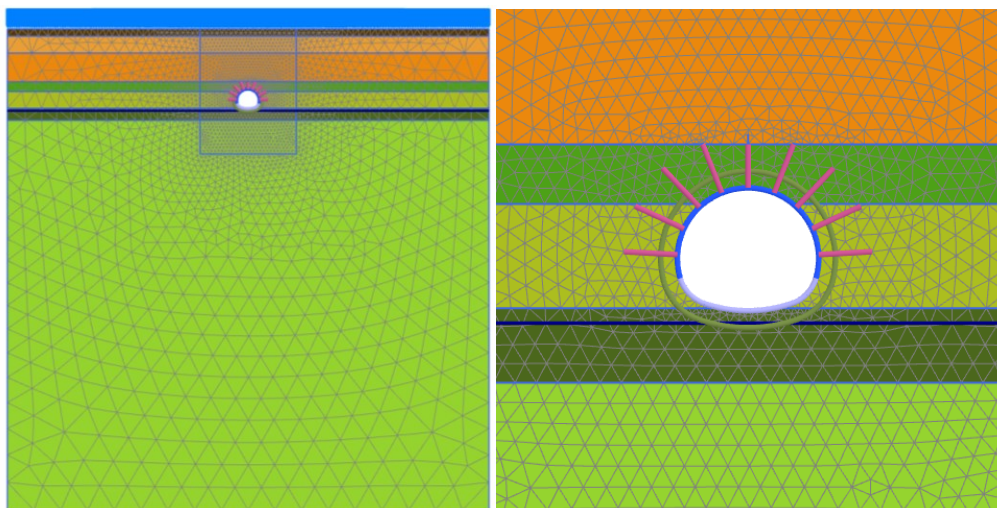


Figura 9 - Suporte Tipo B2

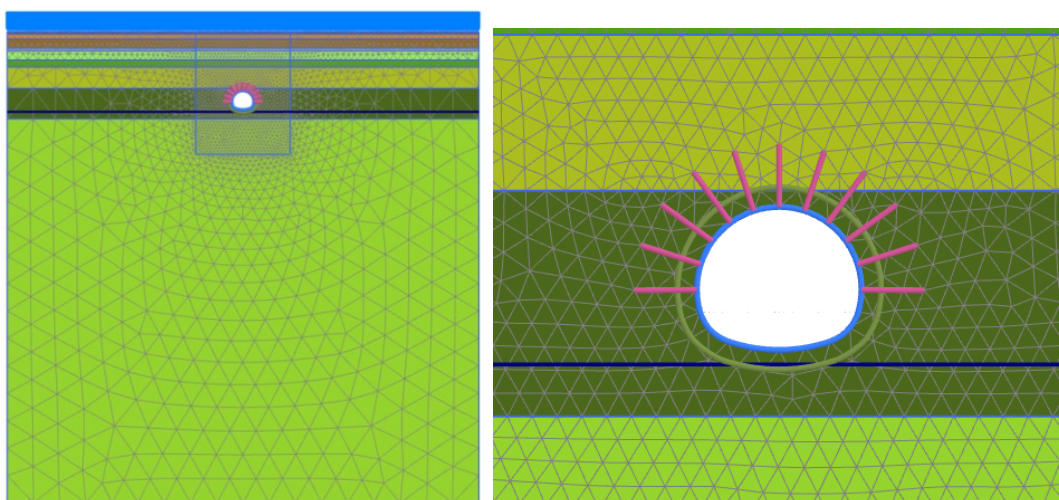


Figura 10 - Suporte Tipo C1

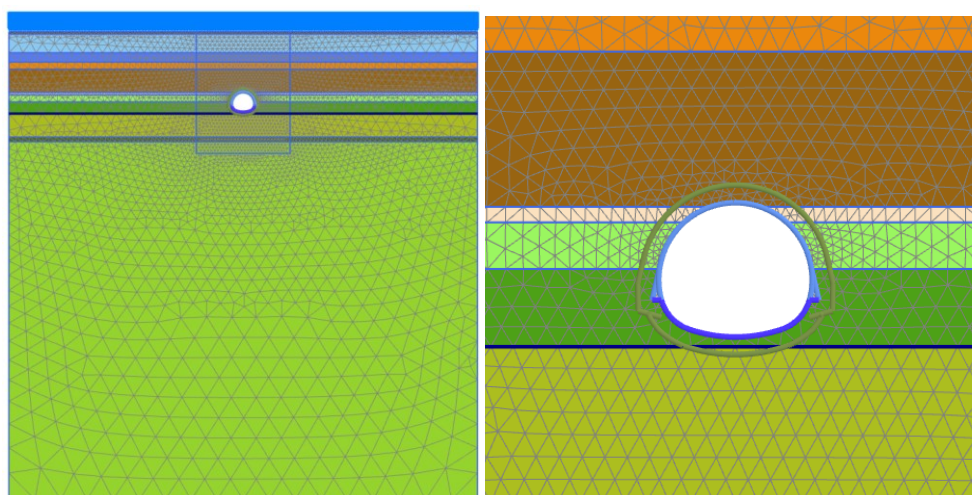


Figura 11 - Suporte Tipo D

9.2 Verificação da segurança

A verificação da segurança dos diversos elementos revestimento primário foi efetuada de acordo com as disposições regulamentares, nacionais e internacionais, em vigor no nosso país. 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 ao dimensionamento dos elementos estruturais, as ações foram agrupadas nas seguintes combinações:

- Estados limites últimos: combinação fundamental de ações;
- Estados limites de utilização: 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.

10 PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS

10.1 Metodologia de Cálculo

O dimensionamento estrutural da secção foi realizado com recurso a um programa de cálculo automático de estruturas desenvolvido na COBA, que utiliza o método dos elementos finitos e modela a estrutura com elementos de barra apoiados elasticamente.

O cálculo estrutural realizado para a obtenção dos esforços devidos a carregamentos exteriores foi executado através de uma análise não-linear, considerando elementos lineares apoiados elasticamente, tendo-se desactivado as molas tracionadas.

O módulo de reação (k) dos apoios elásticos foi estimado a partir do módulo de deformabilidade (E) do maciço e do seu coeficiente de Poisson (ν) pela seguinte expressão:

$$k = \frac{E}{R(1 + \nu)}$$

em que R representa o raio do revestimento definitivo.

10.2 Ações

Foram consideradas no dimensionamento das estruturas as ações regulamentares bem como as ações definidas no Normativo do Metropolitano de Lisboa.

10.2.1 Ações Permanentes

As ações permanentes consideradas na análise foram as seguintes:

- Peso Próprio da estrutura (PP) – Para o peso do betão armado da estrutura considerou-se um peso específico de $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$;
- Restantes Cargas Permanentes (RCP) (revestimentos em zonas correntes, técnicas e coberturas) – valores determinados em função dos materiais e tipo de revestimento previsto;
- Retração e Fluência (Ret+Flu) – 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: $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.
- 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 nas peças desenhadas
- Impulso Hidrostático (Iw) – Considera-se a existência de água e consequentemente a ação do impulso hidrostático abaixo da interface do afloramento do complexo vulcânico ($\beta + \tau$) e na faixa onde ocorrem os aterros heterogéneos. Para a determinação dos impulsos hidrostático considerou-se um peso específico da água de $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$.

10.2.2 Ações Variáveis

As ações variáveis consideradas na análise foram as seguintes:

- Sobrecarga de terraplano – (SC_Terr) – Foi considerada uma sobrecarga de 10 kN/m² para a determinação dos impulsos de terras;
- Sobrecarga Ferroviária: Comboio Tipo (CT);
- Ação da temperatura – temperatura uniforme + temperatura diferencial ($\Delta T_U + \Delta T_D$);

10.2.3 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 espectro 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 m/s. A consideração dos efeitos não lineares no

comportamento dinâmico do terreno é garantida através da adoção do espectro 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 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 detalhado, do campo cinemático de distorção mais desfavorável obtido na análise anterior e cálculo dos correspondentes esforços nas estruturas subterrâneas.
- 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.

Nas estruturas totalmente enterradas os efeitos inerciais da sua resposta são desprezáveis, pelo que se recorreu simplificada a uma análise de interação cinemática. Nesta, a envolvente mais desfavorável de deslocamentos sísmicos é imposta, estaticamente, a um modelo estrutural detalhado da estrutura enterrada. Os esforços sísmicos assim calculados são considerados nas situações de projeto sísmicas.

10.2.4 Ações Acidentais

10.2.4.1 Ação Acidental de Incêndio

Na verificação da segurança estrutural para a ação do fogo foram 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 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 4 estão representados os valores dos recobrimentos adotados para cada elemento estrutural com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

10.2.5 Movimentos das Fundações (rever)

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 encontra-se desenvolvido em projeto específico, apresentado no Tomo II.4.

10.3 Combinações de Ações

10.3.1 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:

10.3.1.1 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.

γ_{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;

γ_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;

ψ_{0i} – Valor reduzido da ação variável i .

10.3.1.2 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 accidental correspondente (choque, incêndio ou a sobrevivência após uma situação de acidente).

10.3.1.3 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;

ψ_2 – Valor reduzido da ação variável j .

10.3.2 Combinação de Ações para os Estados Limites de Serviço (ELS)

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

10.3.2.1 Combinação rara de ações

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

10.3.2.2 Combinação frequente

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

10.3.2.3 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.

ψ_1 e ψ_2 – Valores reduzidos da ação variável j .

10.4 Critérios de Verificação da Segurança

10.4.1 Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)

A verificação da segurança aos estados limites últimos dos elementos de betão armado foi efetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1.

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

Foi igualmente verificado o estado limite último de resistência do solo de fundação.

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.

A 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 4 acima, estão representados os valores dos recobrimentos adotados

para cada elemento estrutural com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

10.4.2 Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS)

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

- Limitação das tensões de compressão no betão armado:
- Controle da fendilhação para os elementos de betão armado:
 - Abertura de fendas: limitou-se a abertura de fendas a $w_k = 0,3$ mm para a combinação quase-permanente.
 - Garantiu-se a adoção de armaduras mínimas para os efeitos provocados por deformações impedidas de retração;
- Controle da Deformação para os elementos de betão armado:
 - Limitação das flechas de lajes e vigas a $l/250$ para a combinação de ações quase permanente.
 - Limitação das flechas de elementos estruturais suscetíveis de danificar elementos adjacentes à estrutura, ou equipamentos a $l/500$ para a combinação de ações quase permanente.

10.4.3 Verificação da Segurança relativamente à rotura por Levantamento Global

A verificação da segurança relativamente à rotura por levantamento global foi efetuada através da comparação, em valor característico, das ações permanentes globais na direção vertical (F_v) com a subpressão (U). Considera-se verificada a segurança garantindo:

$$\frac{F_v}{U} \geq FS$$

Em que FS corresponde a um fator de segurança global a indicar juntamente com a verificação.

10.5 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

10.5.1 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

10.5.2 Estanqueidade

A aplicação do sistema de impermeabilização que cumpra o descrito no capítulo 6.6 acima garantirá a estanqueidade da Obra.

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

11 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

11.1 Introdução

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 deverá ser robusto e garantir a durabilidade adequada, devendo ser 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 sempre ser de acordo 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 automatizadas.

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

- Prisma topográfico (edifícios)
- Prisma topográfico (pavimentos)

- Prisma topográfico para carris
- Extensómetro multiponto
- Inclínómetro
- Piezómetro tipo casagrande (a executar no âmbito da obra)
- Fissurómetro (edifícios)
- Prisma de convergência
- Sismógrafo (edifícios)
- Tiltmetro (edifícios)
- Extensómetro de corda vibrante para estruturas subterrâneas (*)
- Sensor de nível líquido

Para cada uma das obras, os sistemas de observação preconizados atendem às diferentes fases da obra (construção, entrada em serviço e exploração), pelo que nuns casos a observação está limitada ao período de construção e, noutros, se estenderá à fase de exploração (sendo, posteriormente, integrada no Plano de Observação).

11.2 Grandezas a medir

De um modo geral as grandezas a medir serão:

- Medições de convergências no interior do túnel e galerias das estações recorrendo a prismas topográficos;
- Medição da inclinação dos edifícios recorrendo a tiltmetros;
- 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 assentamentos utilizando prismas topográficos com nivelção precisa;
- Medições piezométricas de água recorrendo a piezómetros;
- Medição de vibrações induzidas recorrendo a sismógrafos;
- Medições de deslocamentos axiais recorrendo a extensómetros (tipo strain gauges).

11.3 Escavações Mineiras

A avaliação da evolução do comportamento das obras subterrâneas será realizada através do registo dos deslocamentos do terreno (convergências) e observação de eventuais fissurações no suporte primário. Para tal serão criadas secções de medição de convergências, onde serão instalados pontos de convergência, na abóbada e hasteais.

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 exepetável, neste caso específico a sua existência na maior parte da extensão da obra. Quando necessário, particular destaque assumem os furos longitudinais realizados em avanço da escavação, que permitirão antever as condições hidrogeológicas do terreno a escavar.

11.4 Edificações

Para o controlo das edificações próximas às obras será implementado un sistema de monitorização composto por:

- Prismas topográficos para o controlo dos deslocamentos das estruturas
- Prismas de pavimento para o controlo dos deslocamentos verticais
- Níveis líquidos para controlo de pequenos deslocamentos verticais (elevada precisão)
- Sismógrafos para o controlo das vibrações induzidas pela execução das obras
- Tiltímetros 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 da instrumentação instalada e pela frequência de leitura a realizar.

- Instrumentação e observação Nível I – Monitorização recorrendo essencialmente a prismas refletores;
- Instrumentação e observação Nível II – Monitorização recorrendo a alvos e prismas refletores e ainda a tiltímetros, níveis líquidos, 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.

11.5 Frequência de leituras

As leituras iniciais (zeragem) 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 e exploração são as que constam no Quadro 6.

Quadro 6 – 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			
Piezómetro elétrico	6 leituras diárias			
Piezómetros Tipo Casagrande	Semanalmente			
Fissurómetro	Bi-semanal	Bi-semanal		
Sismógrafo	1 leitura por hora	1 leitura por hora	1 leitura por hora	
Prisma de convergência	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	
Inspecção visual – sup. primário	Diariamente			

11.6 Critérios de alerta e alarme, incluindo medidas de atuação/plano de contingência

O estabelecimento dos níveis de alerta e alarme para os parâmetros referidos tem por objetivo limitar os danos a uma dada categoria, uma vez que ao atingir-se o valor fixado para o nível de alerta será obrigatório fazer uma análise da evolução das deformações, para poder-se encarar atempadamente a aplicação de medidas de estabilização dos deslocamentos (inclinómetros, alvos, marcas e fissurómetros) ou das forças de tração (células de carga) quando for atingido o nível de alarme.

Os valores associados a estes limites são definidos 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 são os valores definidos pelo projeto.

Limite de alarme

Cenário onde a evolução dos valores medidos apresenta uma velocidade/variação no tempo acentuada, sendo em muito superiores aos valores de projeto.

Propõe-se ainda que o sistema de alerta seja também baseado nos seguintes critérios:

- evolução das curvas de deslocamentos ao longo do tempo, tendo por base a análise da evolução da mesma grandeza medida através de instrumentos diferentes – fissurómetros, alvos de precisão, marcas de nivelamento, inclinómetros e células de carga;
- comparação entre os resultados obtidos nas distintas secções de observação;
- interpretação das deformações em função das características geológicas-geotécnicas dos terrenos.

Os critérios de alerta propostos para os deslocamentos, deverão também ser aferidos com base na variação da taxa de deformação (velocidade) sendo que valores superiores a 0,5 mm/dia podem ser considerados como o primeiro nível de alerta.

A necessidade de aplicação do plano de contingência verifica-se caso as grandezas aferidas através do plano de instrumentação ultrapassem os valores de alerta, não compatíveis com a segurança da obra e das estruturas adjacentes. Neste cenário poderão propor-se, entre outras, a adoção das seguintes medidas de contingência mais imediatas:

- Instalação de dispositivos de monitorização adicionais;
- Aumento da frequência de leitura dos dispositivos;
- Realização de inspeções visuais à estrutura;
- Redução da distância de avanço de escavação;
- Aumento da densidade de pregagens de fibra de vidro na frente de escavação;
- Realização de chapéu de enfilagens nos avanços intermédios;
- Realização de furos de drenagem adicionais na frente e/ou nos hasteais;
- Aplicação de betão projetado na frente de escavação;
- Aumento da parcialização da escavação da frente;

Estas medidas são contudo indicativas e caso se verifique um cenário de necessidade de aplicação do plano de contingência deverão ser estudadas e aplicadas medidas apropriadas à real situação detetada face, função dos fenómenos em causa.

12 INTERFERÊNCIAS

12.1 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, 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 estruturas e dos materiais intercedidos 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.

12.2 Estado do edificado, incluindo património, das infraestruturas enterradas e das infraestruturas ferroviárias

12.2.1 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 influência, 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, serão realizados contactos com as entidades concessionárias das infraestruturas com o objetivo de aferir o seu posicionamento e estado de conservação. Paralelamente, serão realizadas vistorias aos serviços e efetuados levantamentos topográficos dos elementos visíveis à superfície.

12.2.2 Edifícios

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 se 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 8).

Tabela 8 - Edifícios mais suscetíveis à ocorrência de danos

N.º	CATEGORIA	LOCALIZAÇÃO2	TIPO DE ESTRUTURA	TIPO DE FUNDAÇÃO
001a	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 52-60	Betão Armado com alvenaria	Desconhecida
001b	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 52-60	Betão Armado com alvenaria	Desconhecida
001c	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 52-60	Betão Armado com alvenaria	Desconhecida
001d	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 52-60	Betão Armado com alvenaria	Desconhecida
002	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 111	Betão Armado	Superficial
003	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 113	Betão Armado	Superficial
004	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 115	Betão Armado	Superficial
005	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 117	Betão Armado	Superficial
006	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 121	Betão Armado	Superficial
007	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 123	Betão Armado	Superficial
008	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 125	Betão Armado	Superficial
009	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 127	Betão Armado	Superficial
010	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 129	Betão Armado	Superficial
011	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 131	Betão Armado	Superficial
012	Edifício	Rua Marquês da Fronteira, 133 & Rua Artilharia 1, 117	Betão Armado	Superficial
014	Edifício	Rua Rodrigo da Fonseca, 151	Misto (Betão Armado/Alvenaria)	Superficial
015	Edifício	Rua Artilharia 1, 116	Betão Armado	Superficial

12.2.3 Infraestruturas enterradas

O traçado do projeto atravessa uma área da cidade de Lisboa que é simultaneamente servida por infraestruturas enterradas para saneamento, drenagem, abastecimento de água, telecomunicações e eletricidade.

À semelhança do referido no ponto anterior para edifícios, também as infraestruturas enterradas foram instaladas em diferentes períodos históricos, em que a sua composição, estado de conservação e material utilizado, diferem significativamente (ver documento sobre serviços afetados emitido no âmbito de cada volume).

A análise dos elementos acima referidos, em combinação com o posicionamento das infraestruturas enterradas em relação aos trabalhos de escavação, permitiu identificar as infraestruturas enterradas mais suscetíveis à ocorrência de danos (Tabela 9). Assinala-se que algumas destas infraestruturas serão desviadas faseadamente durante a execução dos trabalhos.

Tabela 9 – Infraestruturas enterradas mais suscetíveis à ocorrência de danos

N.º	CATEGORIA	LOCALIZAÇÃO	TIPO DE ESTRUTURA
013	Aqueduto	Rua Marquês da Fronteira	Alvenaria
016	Aqueduto	Rua Artilharia 1 com Rua Marquês da Fronteira	Alvenaria

Nesta fase de projeto foi considerado que os aquedutos e galerias de adução enterrados são constituídos por paredes de alvenaria rebocada com 2.5m de altura, apresentando 50 a 80cm de espessura e tetos em abóboda com largura de 1.5m.

12.3 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.

13 AVALIAÇÃO DE DANOS

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 incluída no Tomo 1 – Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha.

14 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 composta por barras de cobre estanhado com 65x5x100, instalados em cada um dos lados da galeria de 30 em 30 metros, ligados através de soldadura aluminotérmica a um varão de aço de diâmetro de 12mm instalado ao longo da galeria e que por sua vez será ligado à armadura da estrutura dos toscos de 8 em 8 metros.

Registo e Controlo de Alterações

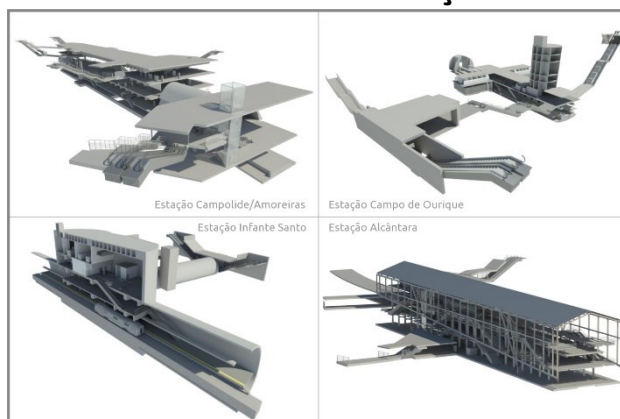
Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-03	Emissão inicial

METRO DE LISBOA

PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

PROJETO DE EXECUÇÃO



TOMO II

VOLUME 1 – TÚNEL T85 – REVESTIMENTO DEFINITIVO

NOTA DE CÁLCULO

Documento SAP:	LVSSA MSA PE STR TUN T85 NC 087001 0
-----------------------	--------------------------------------

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado	José Alexandre		2024-10-03
Revisto	Rui Rodrigues		2024-10-03
Verificado	Rui Rodrigues		2024-10-03
Coordenador Projeto	Raúl Pistone		2024-10-03
Aprovado	Raúl Pistone		2024-10-03

	Nome	Assinatura	Data
Gestor Projeto	Raúl Pistone		2024-10-03

Índice

1	INTRODUÇÃO	5
2	REGULAMENTAÇÃO	5
3	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS/GEOTÉCNICAS E HIDROLÓGICAS	6
4	MATERIAIS.....	6
5	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO	8
6	DESCRIÇÃO GERAL DA SOLUÇÃO	8
7	METODOLOGIA DE CÁLCULO	9
8	AÇÕES.....	10
8.1	Ações Permanentes.....	10
8.1.1	Peso próprio (PP).....	11
8.1.2	Retração e Fluência (Ret+Flu)	11
8.1.3	Impulso de Terras (It)	11
8.1.4	Impulso Hidrostático (Iw).....	12
8.2	Ações Variáveis.....	12
8.3	Ação Sísmica.....	12
8.4	Ações Acidentais	13
8.4.1	Ação Acidental de Incêndio.....	13
9	COMBINAÇÕES DE AÇÕES.....	14
9.1	Combinação de Ações para os Estados Limites Últimos (ELU).....	14
9.2	Combinação de Ações para os Estados Limites de Serviço (ELS)	14
10	CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA	15
10.1	Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU).....	15
10.2	Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS)	15

10.3	Verificação da Segurança relativamente à rotura por Levantamento Global	16
11	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL	16
11.1	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos (ELU)	16
11.1.1	Secção TV.1	17
11.1.2	Secção TV.2	18
11.1.3	Via de Resguardo – Secção VR1.5	20
11.1.4	Túnel Término – Secção TT.3	22
11.2	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites de Serviço (ELS).....	23
11.2.1	Secção TV.1	23
11.2.2	Secção TV.2	24
11.2.3	Via de Resguardo – Secção VR1.5	24
11.2.4	Túnel Término – Secção TT.3	25
11.2.5	Plataforma de via	26

Índice de Figuras

Figura 1 – Revestimento Definitivo: Secção TV.1 e TV.2.....	8
Figura 2 – Revestimento Definitivo: Via de Resguardo 1 (OE3) e Via de Resguardo 2 (OE4)	9
Figura 3 – Revestimento Definitivo: Túnel Término (OE7) – Secção TT.3.....	9
Figura 4 – Modelo de cálculo de uma secção tipo	10
Figura 5 – Secção TV.1. Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) para a Combinação 4 (ELU)	17
Figura 6 – Secção TV.1. Armaduras de cálculo de flexão (cm^2/m)	17
Figura 7 – Secção TV.1. Esforço transversal de dimensionamento V_{sd} (kN/m)	18
Figura 8 – Secção TV.2. Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) para a Combinação 2 (ELU)	19
Figura 9 – Secção TV.2. Armaduras de cálculo de flexão (cm^2/m)	19
Figura 10 – Secção TV.2. Esforço transversal de dimensionamento V_{sd} (kN/m)	20
Figura 11 – Secção VR1.5. Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) para a Combinação 2 (ELU)	21
Figura 12 – Secção VR1.5. Armaduras de cálculo de flexão (cm^2/m).....	21
Figura 13 – Secção VR1.5. Esforço transversal de dimensionamento V_{sd} (kN/m).....	21

Figura 14 – Secção TT.3. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 2 (ELU)	22
Figura 15 – Secção TT.3. Armaduras de cálculo de flexão (cm ² /m)	22
Figura 16 – Secção TT.3. Esforço transversal de dimensionamento Vsd (kN/m)	23
Figura 17 – Secção TV.1. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 4 (ELS)	23
Figura 18 – Secção TV.2. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 2 (ELS)	24
Figura 19 – Secção VR1.5. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 4 (ELS)	25
Figura 20 – Secção TT.3. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 4 (ELS)	25
Figura 21 – Cargas transmitidas pelo material circulante conforme anexo ANX_C4_Cargas MC_ML	26

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Estruturas definitivas. Características dos materiais – Betão	6
Tabela 2 – Estruturas definitivas. Características dos Materiais – Aço estrutural	7
Tabela 3 – Estruturas definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras	7
Tabela 4 – Parâmetros geotécnicos adotados	10
Tabela 5 – Combinações para o Estado Limite de Último (ELU)	14
Tabela 6 – Combinações para o Estado Limite de Serviço (ELS)	14

1 INTRODUÇÃO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de Projeto de Execução, da Nota de Cálculo das estruturas definitivas da obra do Túnel no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do Tomo II – Estruturas, Projeto Geotécnico de Escavação e Estruturas Provisórias do Volume 1 – Túnel T85.

2 REGULAMENTAÇÃO

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.

3 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS/GEOTÉCNICAS E HIDROLÓGICAS

Da análise desenvolvida às condições geológico-geotécnicas na zona da obra, resultam os parâmetros geotécnicos indicados nos documentos das memórias descritivas de cada obra específica:

- Tunel de Via;
- OE3 (Via de Resguardo);
- OE4 (Via de Resguardo);
- OE7 (Tunel Término).

4 MATERIAIS

As características dos materiais adotados nas estruturas definitivas encontram-se apresentadas nas tabelas seguintes:

Tabela 1 – Estruturas definitivas. Características dos materiais – Betão

Materiais	Localização	Classe de resistência	Classe de exposição	cl. teor de cloretos	d _{max} (mm)	Classe de consistência
Betão (<i>in situ</i>)	Regularização	C12/15	X0	CL 1,00	≤25	S3
	Estrutura interior em ambiente seco	C30/37	XC1	CL 0,40	Dinf=20	S4

Materiais	Localização	Classe de resistência	Classe de exposição	cl. teor de cloretos	d _{max} (mm)	Classe de consistência
	(lajes elevadas, vigas, escadas, paredes e pilares)				Dsup=25	
	Estrutura interior em zonas húmidas – zonas com sanitários (lajes elevadas, vigas, escadas, paredes e pilares)	C30/37	XC3	CL 0,40	Dinf=20 Dsup=25	S4
	Estrutura exterior (revestimento definitivo das galerias, paredes de contenção periféricas, laje de fundo do poço da estação, lajes de cobertura e elementos expostos à intempérie)	C30/37	XC4	CL 0,40	≤25	S3
	Enchimento (sub-cais)	C20/25	XC0	CL 1,00	≤25	S3

Notas:

As betonilhas de enchimento a realizar para o assentamento dos revestimentos dos pisos e para a formação de pendentes nas lajes internas deverão ter um peso específico máximo de 15 kN/m³.

Tabela 2 – Estruturas definitivas. Características dos Materiais – Aço estrutural

Materiais	Localização	Classe de resistência
Aço Estrutural	Armaduras ordinárias	A500 NR SD
	Malha eletrossoldada	A500 EL
	Estruturas metálicas (chapas e perfis)	S355 JR
	Parafusos / Pernos	Classe 8.8/10.9
	Porcas	Classe 8/10

Tabela 3 – Estruturas definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras

Recobrimentos Nominais (*) (**)		
	Elemento	Recobrimento nominal
Recobrimentos a Garantir de Acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais Vida Útil Considerada: 100 Anos Estabilidade ao Fogo: R120	Lajes elevadas e escadas	40 mm
	Paredes interiores	40 mm
	Pilares e Vigas	45 mm
	Revestimento definitivo das galerias	45 mm
	Laje de fundo do poço principal	45 mm
	Lajes de cobertura enterradas	45 mm
	Paredes de contenção	50 mm

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

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

5 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Os critérios de dimensionamento adotados estão descritos na Memória Descritiva e Justificativa, integrada no presente Volume.

Resumindo o que nesse documento foi descrito refere-se que:

- Tempo útil de vida de projeto: 100 anos;
- Classe de consequência CC3;
- Classe de inspeção 3, para betão moldado;
- Classe de fiabilidade RC3;
- Terreno Tipo A

6 DESCRIÇÃO GERAL DA SOLUÇÃO

As secções verificadas neste documento são as descritas nos documentos das memórias descritivas. Os principais pontos a salientar são:

- Túnel de Via - Secção Tipo TV.1: Secção com 0.30m de espessura constante a aplicar em zonas com revestimento primário do tipo TV-B1, TV-B2 e TV-C (Figura 1);
- Túnel de Via - Secção Tipo TV.2: Secção com 0.40m de espessura constante a aplicar em zonas com revestimento primário do tipo TV-D (Figura 1);
- Vias de Resguardo 1 e 2 (OE3 e OE4): Secções com 0.30m de espessura na abobada e espessamento na base dos hasteais e soleira (Figura 2);
- Túnel Término (OE7): Secções com 0.30m de espessura na abobada e espessamento na base dos hasteais e soleira (Figura 3);

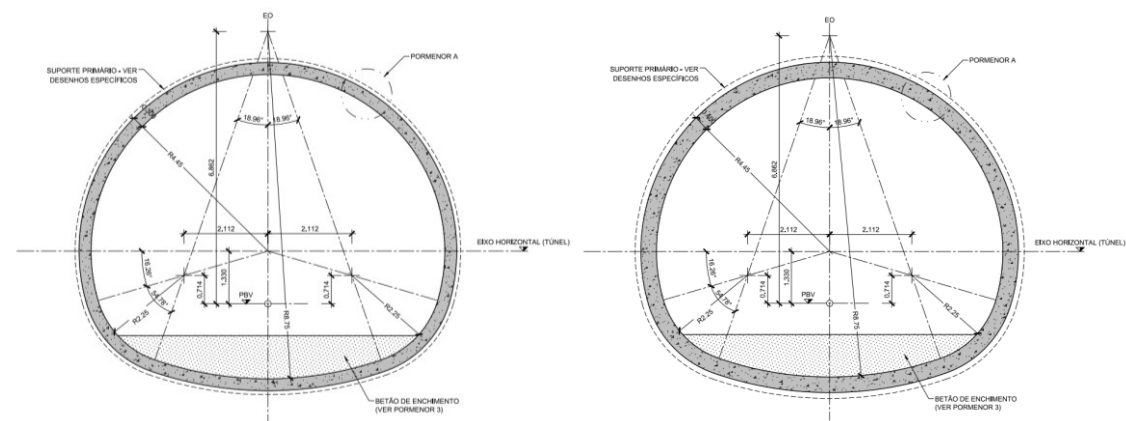


Figura 1 – Revestimento Definitivo: Secção TV.1 e TV.2

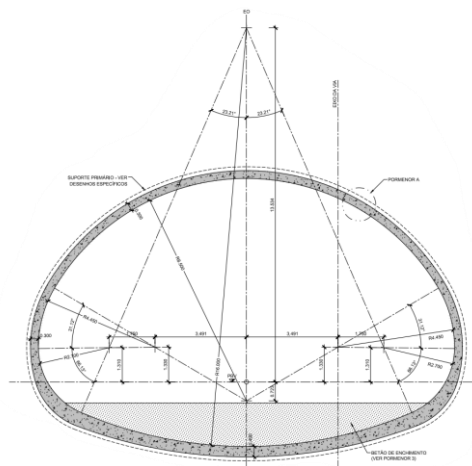


Figura 2 – Revestimento Definitivo: Via de Resguardo 1 (OE3) e Via de Resguardo 2 (OE4)

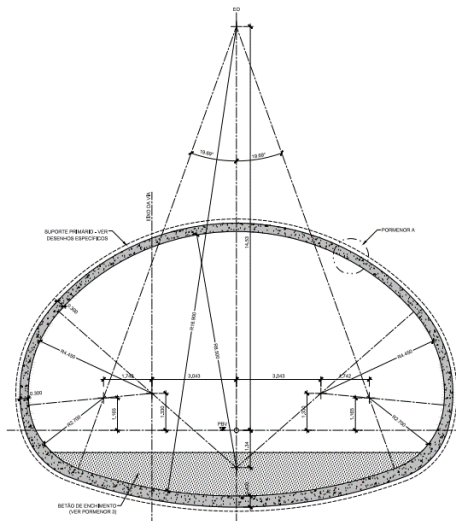


Figura 3 – Revestimento Definitivo: Túnel Término (OE7) – Secção TT.3

7 METODOLOGIA DE CÁLCULO

O dimensionamento estrutural da secção foi realizado com recurso a um programa de cálculo automático de estruturas desenvolvido na COBA, que utiliza o método dos elementos finitos e modela a estrutura com elementos de barra apoiados elasticamente.

O cálculo estrutural realizado para a obtenção dos esforços devidos a carregamentos exteriores foi executado através de uma análise não-linear, considerando elementos lineares apoiados elasticamente, tendo-se desativado as molas tracionadas.

Os modelos de cálculo utilizados na análise estrutural são do tipo apresentado na figura seguinte.

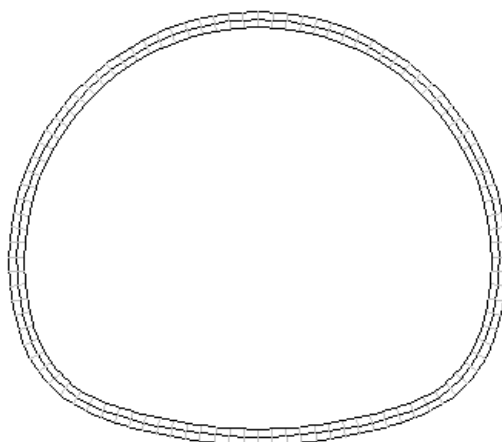


Figura 4 – Modelo de cálculo de uma secção tipo

O módulo de reação (k) dos apoios elásticos foi estimado a partir do módulo de deformabilidade (E) do maciço e do seu coeficiente de Poisson (ν) pela seguinte expressão:

$$k = \frac{E}{R(1 + \nu)}$$

em que R representa o raio do revestimento definitivo.

Nos quadros seguintes apresentam-se os parâmetros geotécnicos adotados no cálculo e que correspondem aos complexos geomecânicos Cc1d e Oligocénico.

Tabela 4 – Parâmetros geotécnicos adotados

	Cc1d	Cc1b	Tufos	Oligocénico	Ccaneças
E' (MPa)	1250	325	120	20	400
ν	0,21	0,21	0,27	0,30	0,25
γ (kN/m ³)	24	24	20	20	23

Os parâmetros apresentados no quadro acima têm o seguinte significado:

- E – módulo de deformabilidade do maciço;
- ν – coeficiente de Poisson do maciço;
- γ – peso específico do maciço.

8 AÇÕES

Na fase de Projeto de Execução foram consideradas no dimensionamento das estruturas as ações regulamentares bem como as ações definidas no Normativo do Metropolitano de Lisboa.

8.1 Ações Permanentes

8.1.1 Peso próprio (PP)

Peso Próprio da estrutura (PP) – Para o peso do betão armado da estrutura considerou-se um peso específico de $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$.

8.1.2 Retração e Fluência (Ret+Flu)

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: $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

8.1.3 Impulso de Terras (It)

Considerou-se que a secção **TV.1** é revestida por Cc1d quase até ao topo da abóbada e Cc1b na restante altura. Sendo H a espessura do maciço que descarrega sobre a crista do túnel, o Impulso de Terras considerado na análise do revestimento secundário desta secção foi o equivalente, por simplificação, aos seguintes valores apresentados:

- $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 4,75 \text{ m}$ (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- Análise de sensibilidade do k_0 , variando entre 0,0 e 0,5.

Para o revestimento definitivo da secção **TV.2** considerou-se que esta é revestida por Ccaneças na base, Tufos da base até ao fim dos hasteais e Oligocénico na restante altura. Fica-se, por simplificação, com as seguintes valores:

- $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 4,85 \text{ m}$ (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- Análise de sensibilidade do k_0 , variando entre 0,2 e 0,5.

Ambas as vias de resguardo apresentadas, correspondentes à OE3 e OE4, para além de serem iguais no ponto de vista geométrico também têm uma envolvente geotécnica muito idêntica e, desse modo, a verificação foi feita apenas para uma das vias de resguardo.

Considerou-se que as vias de resguardo (aqui representadas apenas pela secção **VR1.5**) são revestidas por Ccaneças até ao início dos hasteais e por Cc1d no resto da altura sendo que, por simplificação, este foi o Impulso de Terras aplicado à secção:

- $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 8,80 \text{ m}$ para a maior secção (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- Análise de sensibilidade do k_0 , variando entre 0,0 e 0,5.

Para o Túnel Término, secção **TT.3** as considerações foram as mesmas tomadas para as vias de resguardo:

- $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 8,80 \text{ m}$ para a maior secção (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- Análise de sensibilidade do k_0 , variando entre 0,0 e 0,5.

8.1.4 Impulso Hidrostático (Iw)

Para a secção **TV.1**, o Impulso Hidrostático foi considerado o correspondente a um nível freático de 8 m acima do revestimento.

Para a secção **TV.2**, o Impulso Hidrostático foi considerado o correspondente a um nível freático de 8 m acima do revestimento.

Para a secção **VR1.5**, o Impulso Hidrostático foi considerado o correspondente a um nível freático de 4,20 m acima do revestimento.

Para a secção **TT.3**, o Impulso Hidrostático foi considerado o correspondente a um nível freático ao nível do topo da abóbada.

8.2 Ações Variáveis

As ações variáveis consideradas na análise foram as seguintes:

- Sobrecarga de terrapleno – (SC_Terr) – Foi considerada uma sobrecarga de 10 kN/m² para a determinação dos impulsos de terras, sendo esta apenas considerada nas secções que apresentam pouco revestimento de solo acima da crista;
- Sobrecarga Ferroviária: Comboio Tipo (CT);
- Ação da temperatura – temperatura uniforme + temperatura diferencial ($\Delta t_u + \Delta t_d$).

8.3 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 espectro 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 m/s. A consideração dos efeitos não lineares no comportamento dinâmico do terreno é garantida através da adoção do espectro 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 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 detalhado, do campo cinemático de distorção mais desfavorável obtido na análise anterior e cálculo dos correspondentes esforços nas estruturas subterrâneas.
- 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.

Nas estruturas totalmente enterradas os efeitos inerciais da sua resposta são desprezáveis, pelo que se recorreu simplificada a uma análise de interação cinemática. Nesta, a envolvente mais desfavorável de deslocamentos sísmicos é imposta, estaticamente, a um modelo estrutural detalhado da estrutura enterrada. Os esforços sísmicos assim calculados são considerados nas situações de projeto sísmicas.

8.4 Ações Acidentais

8.4.1 Ação Acidental de Incêndio

Na verificação da segurança estrutural para a ação do fogo foram 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 4 estão representados os valores dos recobrimentos adotados para cada elemento estrutural com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

9 COMBINAÇÕES DE AÇÕES

As combinações de ações baseiam-se nas regras definidas na EN 1990. Consideram-se as seguintes combinações de ações, combinações estas, que pode ser consultadas com maior descrição na Memória Descritiva e Justificativa, LVSSA CBJ EP STR TUN 000 MD 087001 0.

9.1 Combinação de Ações para os Estados Limites Últimos (ELU)

Tabela 5 – Combinações para o Estado Limite de Último (ELU)

Combinações /Ações	Estado Limite	Peso Próprio (PP)	Impulso das Terras (I_t)	Impulso hidrostático (I_w)	Sobrecarga de terraplano (SC_Terr)	Sobrecarga Ferroviária: Comboio Tipo (CT)	Ação da temperatura ($\Delta t_u + \Delta t_d$)
Combinação 1	ELU	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
Combinação 2	ELU	1.35	1.5	0.0	0.0	0.0	1.5
Combinação 3	ELU	1.35	1.5	1.5	0.0	0.0	1.5
Combinação 4	ELU	1.35	0.0	1.5	0.0	0.0	1.5
Combinação 5	ELU	1.35	0.0	0.0	1.5	1.5	1.5
Combinação 6	ELU	1.35	1.5	0.0	1.5	1.5	1.5
Combinação 7	ELU	1.35	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Combinação 8	ELU	1.35	0.0	1.5	1.5	1.5	1.5

9.2 Combinação de Ações para os Estados Limites de Serviço (ELS)

Tabela 6 – Combinações para o Estado Limite de Serviço (ELS)

Combinações /Ações	Estado Limite	Peso Próprio (PP)	Impulso das Terras (I_t)	Impulso hidrostático (I_w)	Sobrecarga de terraplano (SC_Terr)	Sobrecarga Ferroviária: Comboio Tipo (CT)	Ação da temperatura ($\Delta t_u + \Delta t_d$)
Combinação 1	ELS	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Combinação 2	ELS	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Combinação 3	ELS	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0
Combinação 4	ELS	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
Combinação 5	ELS	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0
Combinação 6	ELS	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0
Combinação 7	ELS	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Combinação 8	ELS	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0
--------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

10 CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

10.1 Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)

A verificação da segurança aos estados limites últimos dos elementos de betão armado foi efetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1.

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

Foi igualmente verificado o estado limite último de resistência do solo de fundação.

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.

A verificação da segurança estrutural para a ação do fogo são considerados nos 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 4) 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 4 da EN 1992 1-2 são em geral inferiores aos mínimos necessários para garantir os requisitos de durabilidade. Na Tabela 3 acima, estão representados os valores dos recobrimentos adotados para cada elemento estrutural com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

10.2 Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS)

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

- Limitação das tensões de compressão no betão armado:

- Controle da fendilhação para os elementos de betão armado:
 - Abertura de fendas: limitou-se a abertura de fendas a $w_k = 0,3$ mm para a combinação quase-permanente.
 - Garantiu-se a adoção de armaduras mínimas para os efeitos provocados por deformações impedidas de retração;
 - Garantiu-se a adoção de armadura de alma nas faces laterais em vigas com altura superior a 1m.
- Controle da Deformação para os elementos de betão armado:
 - Limitação das flechas de lajes e vigas a $l/250$ para a combinação de ações quase permanente.
 - Limitação das flechas de elementos estruturais suscetíveis de danificar elementos adjacentes à estrutura, ou equipamentos a $l/500$ para a combinação de ações quase permanente.

10.3 Verificação da Segurança relativamente à rotura por Levantamento Global

A verificação da segurança relativamente à rotura por levantamento global foi efetuada através da comparação, em valor característico, das ações permanentes globais na direção vertical (F_v) com a subpressão (U). Considera-se verificada a segurança garantindo:

$$\frac{F_v}{U} \geq FS$$

Em que FS corresponde a um fator de segurança global a indicar juntamente com a verificação.

11 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

Nos pontos seguintes são apresentados os resultados dos cálculos efetuados, bem como a verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência e em relação ao estado limite de abertura de fendas.

11.1 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos (ELU)

De seguida apresentam-se os esforços e as armaduras de cálculo obtidos, para cada secção, na verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de flexão composta e de esforço transversal. Para fins de dimensionamento, apresenta-se apenas os resultados dos cenários que se mostraram mais desfavoráveis.

11.1.1 Secção TV.1

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi o da Combinação 4, onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática de 8 m de água acima do revestimento. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

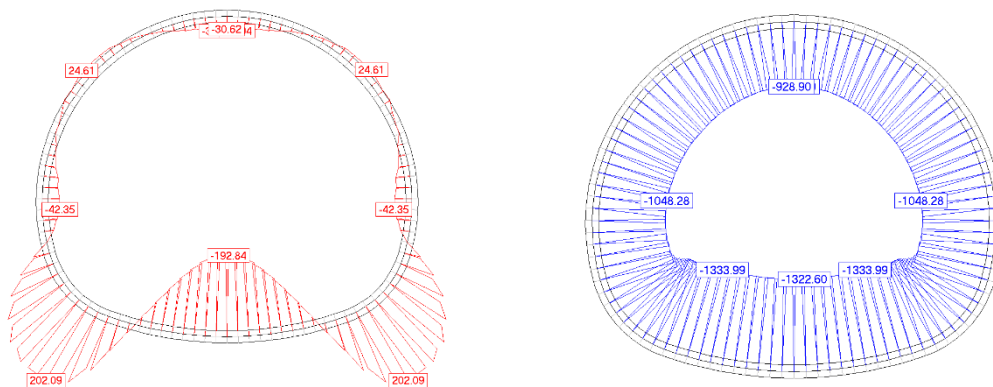


Figura 5 – Secção TV.1. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 4 (ELU)

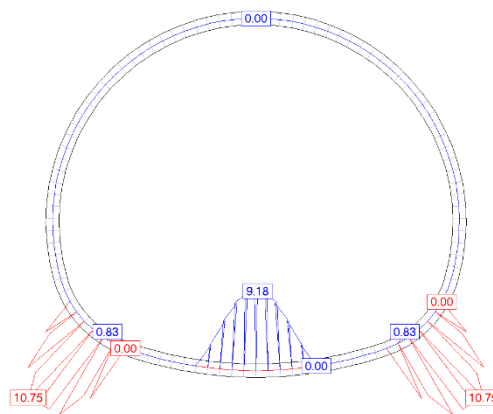


Figura 6 – Secção TV.1. Armaduras de cálculo de flexão (cm²/m)

De acordo com a armadura de cálculo obtida, foi adotada uma malha sol de Ø12//0,10 nas duas faces da secção **TV.1**, verificando-se a segurança ao Estado Limite de Flexão Composta

Relativamente ao esforço transversal, a combinação que se demonstrou mais desfavorável foi onde se considerou a presença de água, sendo o definido no capítulo 8.1.4 para esta secção e um Impulso de Terras com um k_0 de 0,50, mais precisamente a combinação 3 da tabela 5. Apresentam-se de seguida o diagrama de esforço transversal obtido.

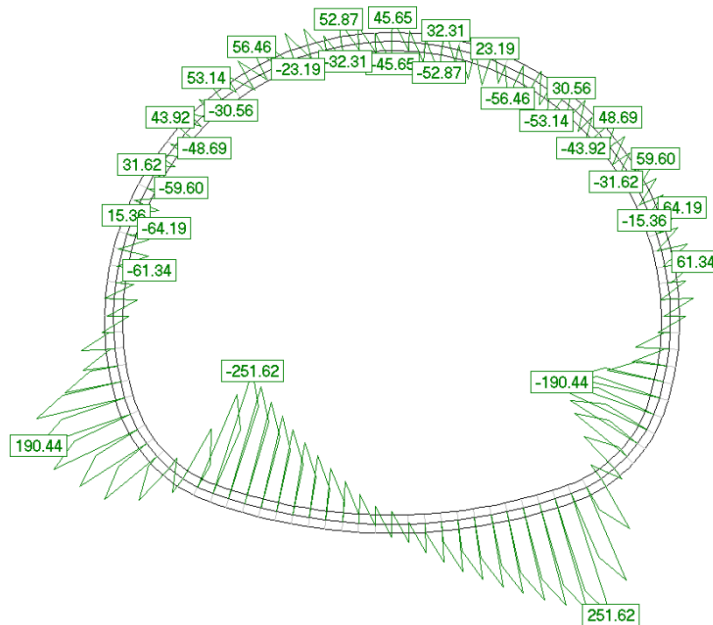


Figura 7 – Secção TV.1. Esforço transverso de dimensionamento Vsd (kN/m)

Considerando que a verificação da segurança ao esforço transverso tem em conta a componente da compressão calculou-se o $V_{Rd,c}$ com a seguinte expressão presente no EC2-1 [6.2.2 (1)].

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$$

Aplicando a expressão à presente secção obteve-se um $V_{Rd,c}$ de cerca de 306 kN/m, superior ao V_{sd} e conclui-se que não será necessária armadura de esforço transverso.

11.1.2 Secção TV.2

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi o da Combinação 2, onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio e um Impulso de Terras (com $k_0 = 0,2$ como desfavorável) e sem presença de água pois esta mostrou-se favorável. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

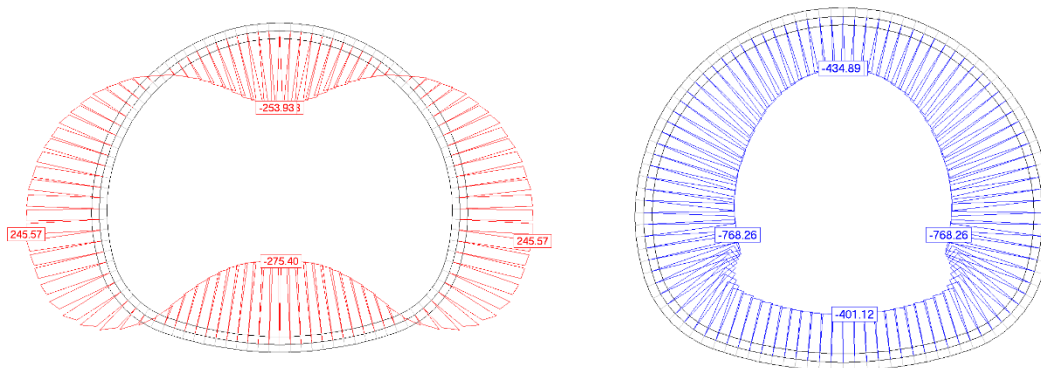


Figura 8 – Secção TV.2. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 2 (ELU)

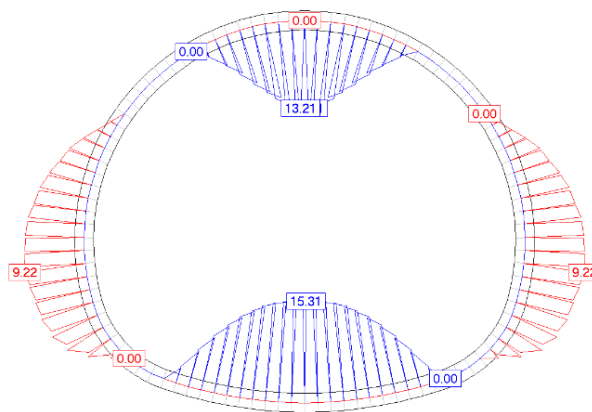


Figura 9 – Secção TV.2. Armaduras de cálculo de flexão (cm²/m)

Para a secção **TV.2** e de acordo com a armadura de cálculo obtida, foi adotada uma malha sol de $\varnothing 12//0,10$ na face exterior e na face interior o mesmo mas com a exceção de um reforço de $\varnothing 16//0,20 + \varnothing 12//0,20$ na base e na abóbada, verificando-se a segurança ao Estado Limite de Flexão Composta

Relativamente ao esforço transversal, a combinação que se demonstrou mais desfavorável foi onde se considerou a presença de água, sendo o definido no capítulo 8.1.4 para esta secção e um Impulso de Terras com um k_0 de 0,20, mais precisamente a combinação 3 da tabela 5. Apresentam-se de seguida o diagrama de esforço transversal obtido.

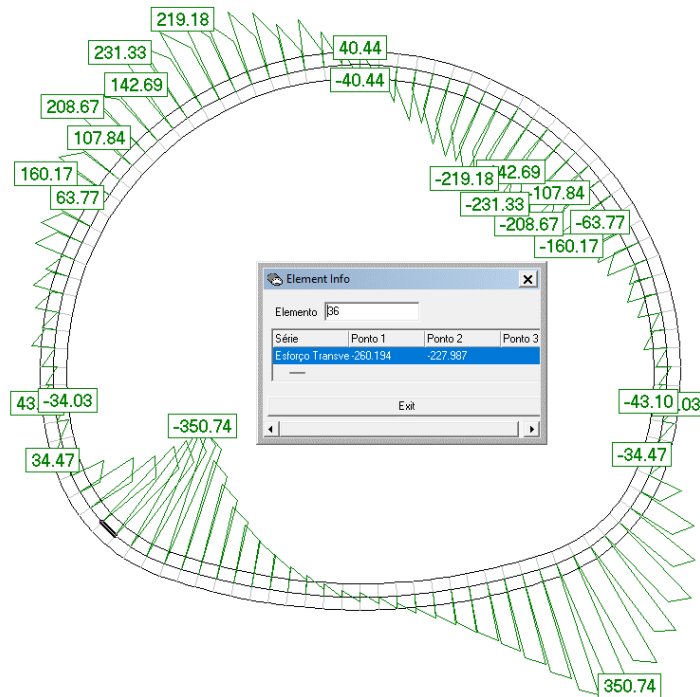


Figura 10 – Secção TV.2. Esforço transverso de dimensionamento V_{sd} (kN/m)

Aplicando a mesma expressão apresentada no capítulo da secção TV.1 à presente secção obteve-se um $V_{Rd,c}$ de cerca de 284 kN/m, superior ao V_{sd} a $z.cot\theta$ do apoio e conclui-se que não será necessária armadura de esforço transverso.

11.1.3 Via de Resguardo – Secção VR1.5

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi o da Combinação 4, onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática de 4,2 m de água acima do revestimento. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

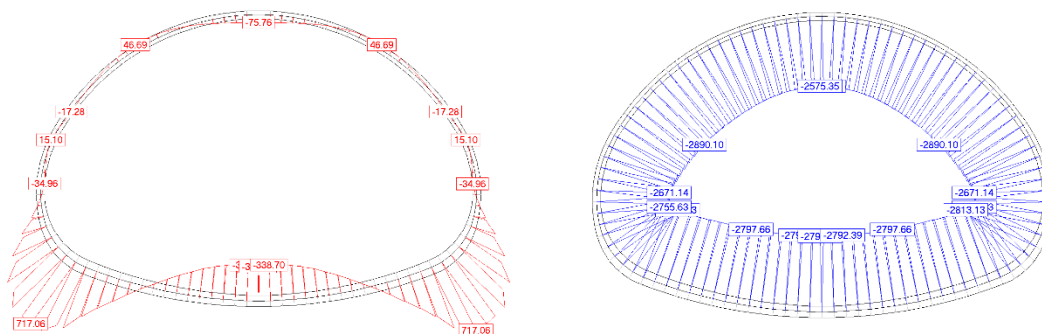


Figura 11 – Secção VR1.5. Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) para a Combinação 2 (ELU)

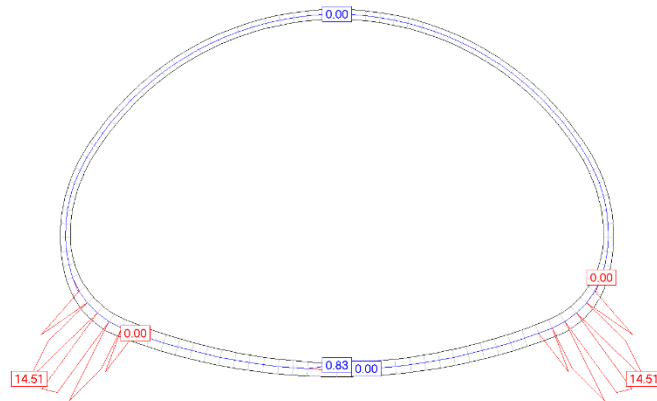


Figura 12 – Secção VR1.5. Armaduras de cálculo de flexão (cm²/m)

Para a secção **VR1.5** e de acordo com a armadura de cálculo obtida, foi adotada uma malha sol de $\varnothing 12//0,10$ na face interior e na face exterior o mesmo mas com a exceção de um reforço de $\varnothing 16//0,20 + \varnothing 12//0,20$ nos hasteais, verificando-se a segurança ao Estado Limite de Flexão Composta

Relativamente ao esforço transversal, a combinação que se demonstrou mais desfavorável foi onde se considerou a presença de água, sendo o definido no capítulo 8.1.4 para esta secção e um Impulso de Terras com um k_0 de 0,50, mais precisamente a combinação 3 da tabela 5. Apresentam-se de seguida o diagrama de esforço transversal obtido.

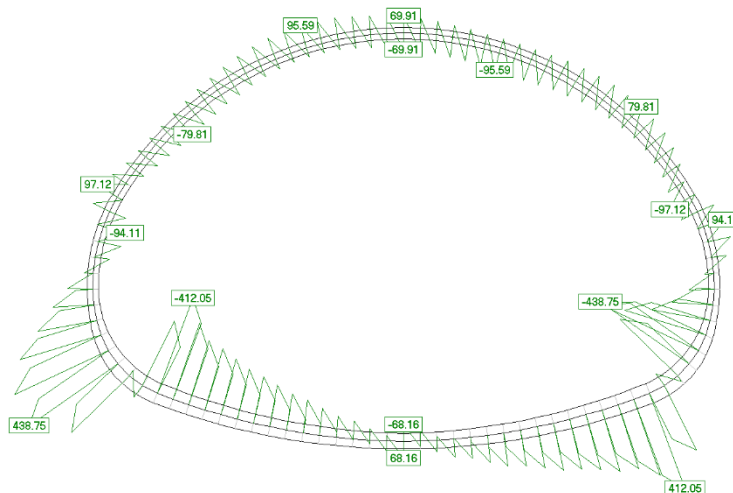


Figura 13 – Secção VR1.5. Esforço transversal de dimensionamento V_{sd} (kN/m)

Aplicando a mesma expressão apresentada no capítulo da secção TV.1 à presente secção obteve-se um $V_{Rd,c}$ de cerca de 521 kN/m, superior ao V_{sd} e conclui-se que não será necessária armadura de esforço transversal.

11.1.4 Túnel Término – Secção TT.3

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi o da Combinação 4, onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática ao nível do revestimento no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

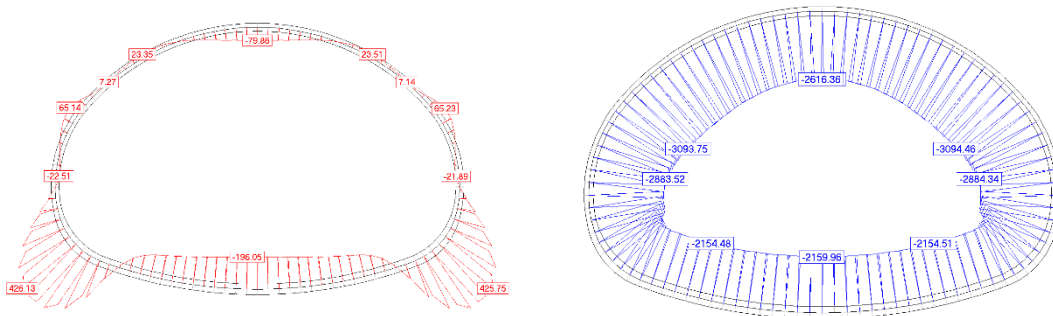


Figura 14 – Secção TT.3. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 2 (ELU)

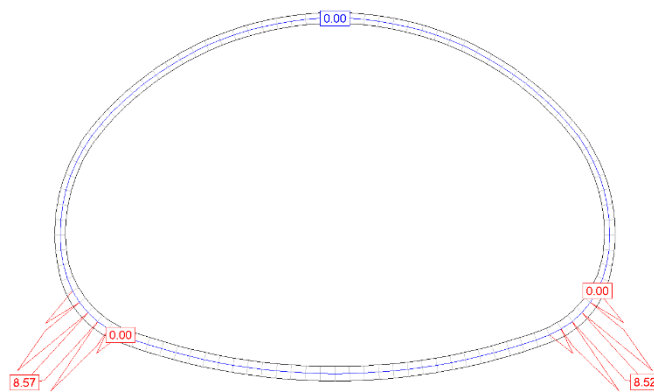


Figura 15 – Secção TT.3. Armaduras de cálculo de flexão (cm²/m)

De acordo com a armadura de cálculo obtida, foi adotada uma malha sol de $\varnothing 12//0,10$ nas duas faces da secção **TT.3**, verificando-se a segurança ao Estado Limite de Flexão Composta

Relativamente ao esforço transversal, a combinação que se demonstrou mais desfavorável foi onde se considerou a presença de água, sendo o definido no capítulo 8.1.4 para esta secção e um Impulso de Terras com um k_0 de 0,50, mais precisamente a combinação 3 da tabela 5. Apresentam-se de seguida o diagrama de esforço transversal obtido.

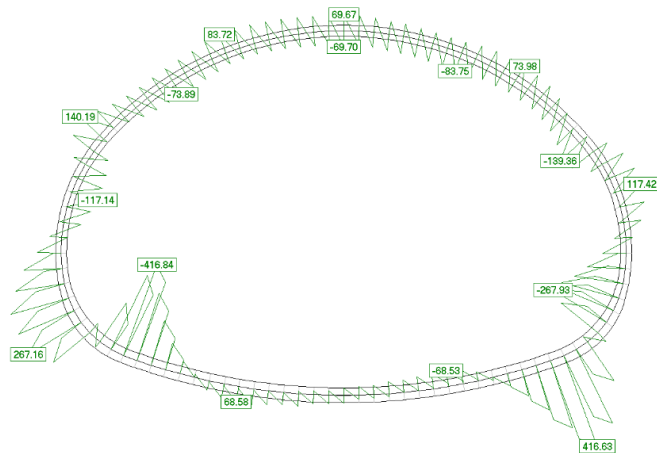


Figura 16 – Secção TT.3. Esforço transverso de dimensionamento V_{sd} (kN/m)

Aplicando a mesma expressão apresentada no capítulo da secção TV.1 à presente secção obteve-se um $V_{Rd,c}$ de cerca de 480 kN/m, superior ao V_{sd} e conclui-se que não será necessária armadura de esforço transverso.

11.2 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites de Serviço (ELS)

11.2.1 Secção TV.1

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi o da Combinação 4, onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática de 8 m de água. Apresentam-se de seguida os esforços obtidos.

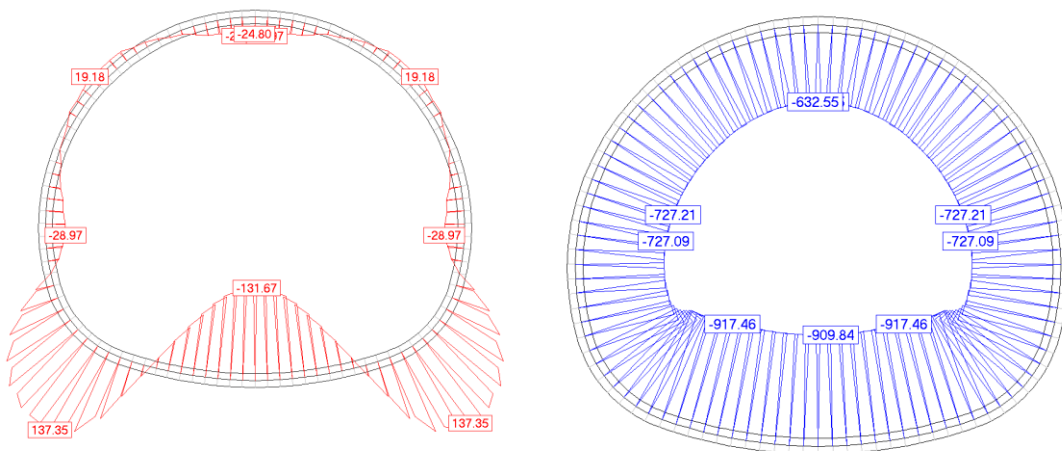


Figura 17 – Secção TV.1. Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) para a Combinação 4 (ELS)

A verificação da fendilhação de $wk = 0.3$ mm foi efetuada através do controlo sem cálculo direto, por limitação da tensão no aço e adotando diâmetros e espaçamentos da armadura de acordo com o ponto 7.3.3 da EN 1999-1-1.

11.2.2 Secção TV.2

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi o da Combinação 2, onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio e um Impulso de Terras (com $k_0 = 0,2$ como desfavorável) e sem presença de água pois esta mostrou-se favorável. Apresentam-se de seguida os esforços.

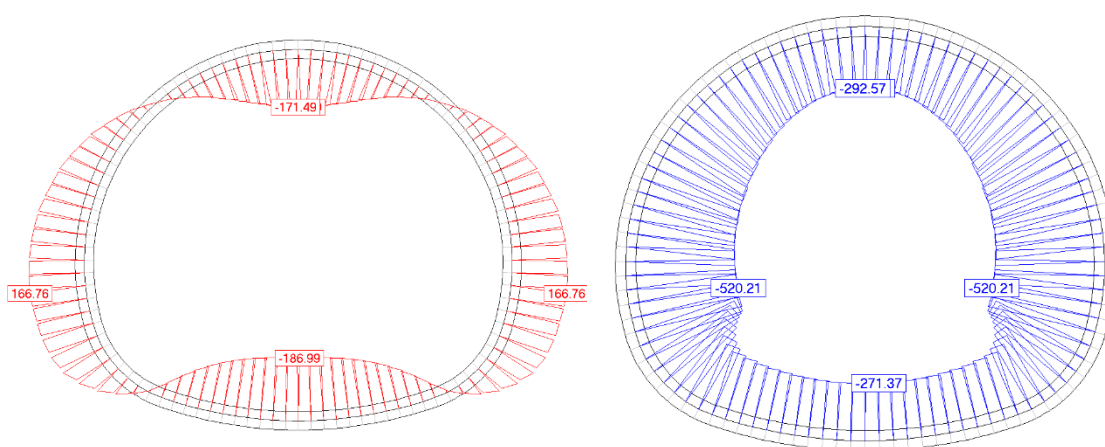


Figura 18 – Secção TV.2. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 2 (ELS)

A verificação da fendilhação de $wk = 0.3$ mm foi efetuada através do controlo sem cálculo direto, por limitação da tensão no aço e adotando diâmetros e espaçamentos da armadura de acordo com o ponto 7.3.3 da EN 1999-1-1.

11.2.3 Via de Resguardo – Secção VR1.5

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi o da Combinação 4, onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática de 4,2 m de água acima do revestimento. Apresentam-se de seguida os esforços.

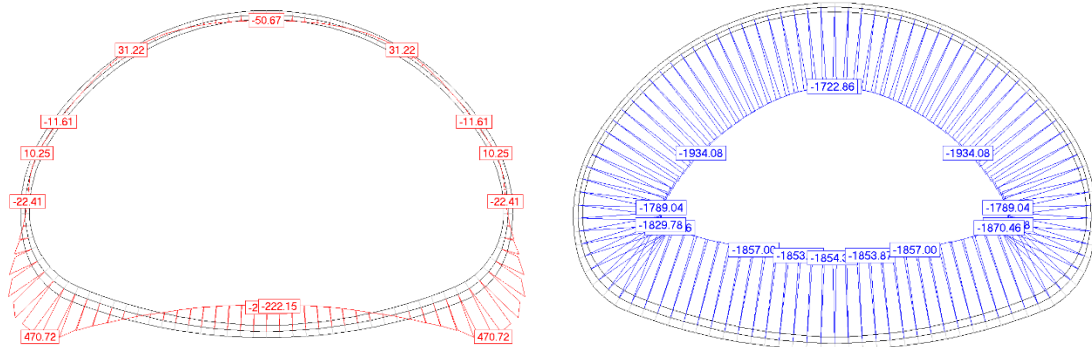


Figura 19 – Secção VR1.5. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 4 (ELS)

A verificação da fendilhação de $wk = 0.3$ mm foi efetuada através do controlo sem cálculo direto, por limitação da tensão no aço e adotando diâmetros e espaçamentos da armadura de acordo com o ponto 7.3.3 da EN 1999-1-1.

11.2.4 Túnel Término – Secção TT.3

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi o da Combinação 4, onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática ao nível do revestimento no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços.

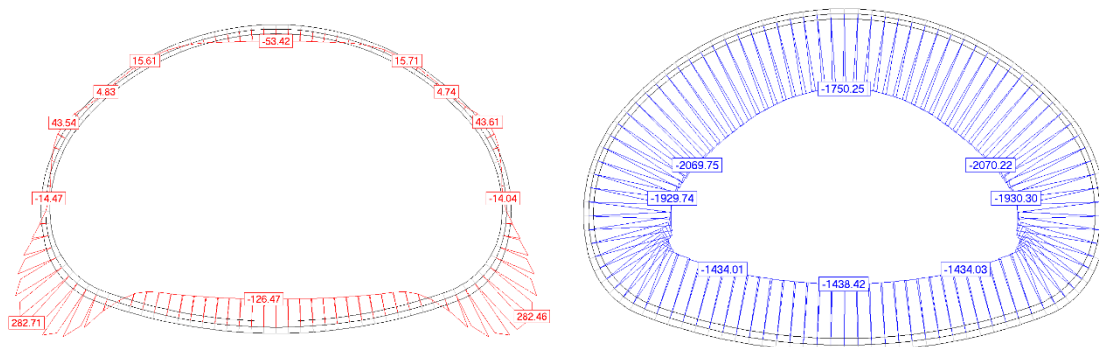


Figura 20 – Secção TT.3. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 4 (ELS)

A verificação da fendilhação de $wk = 0.3$ mm foi efetuada através do controlo sem cálculo direto, por limitação da tensão no aço e adotando diâmetros e espaçamentos da armadura de acordo com o ponto 7.3.3 da EN 1999-1-1.

11.2.5 Plataforma de via

Para a verificação da plataforma de via, consideram-se as cargas transmitidas pelo material circulante – conforme excerto do anexo ANX_C4-Cargas MC ML que se ilustra a seguir:

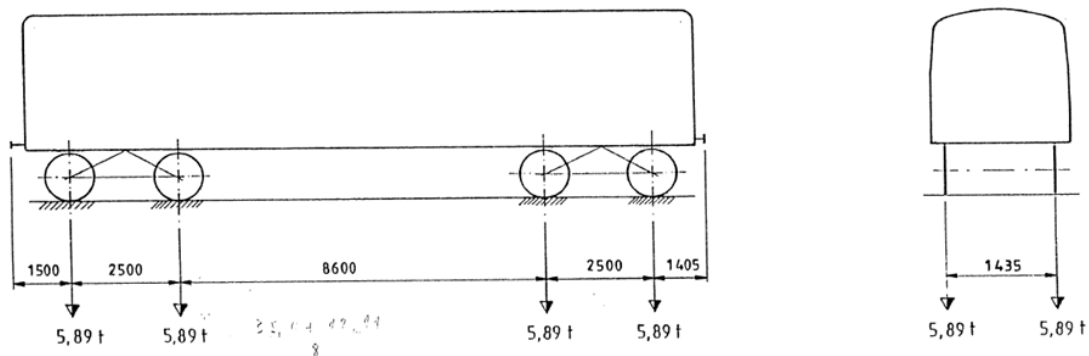
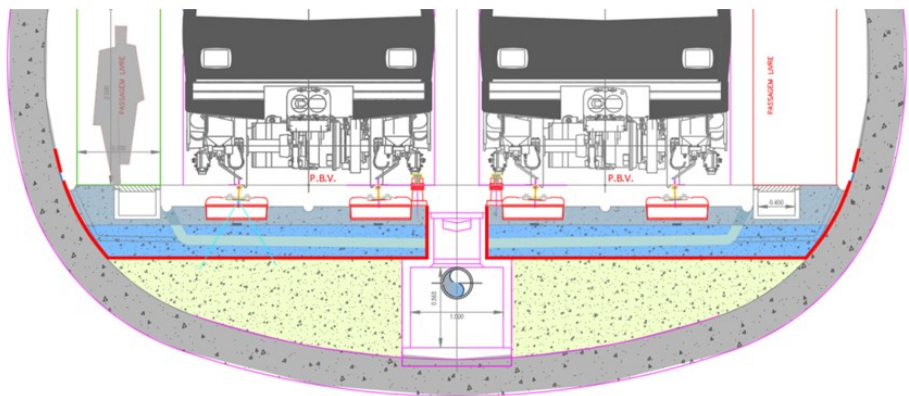


Figura 21 – Cargas transmitidas pelo material circulante conforme anexo ANX_C4_Cargas MC_ML.

Para efeitos de pré-dimensionamento, a tensão vertical na superfície da manta antivibrática (inferior à camada do betão de selagem), tomando a espessura da laje de betão representada nas secções transversais resulta em :

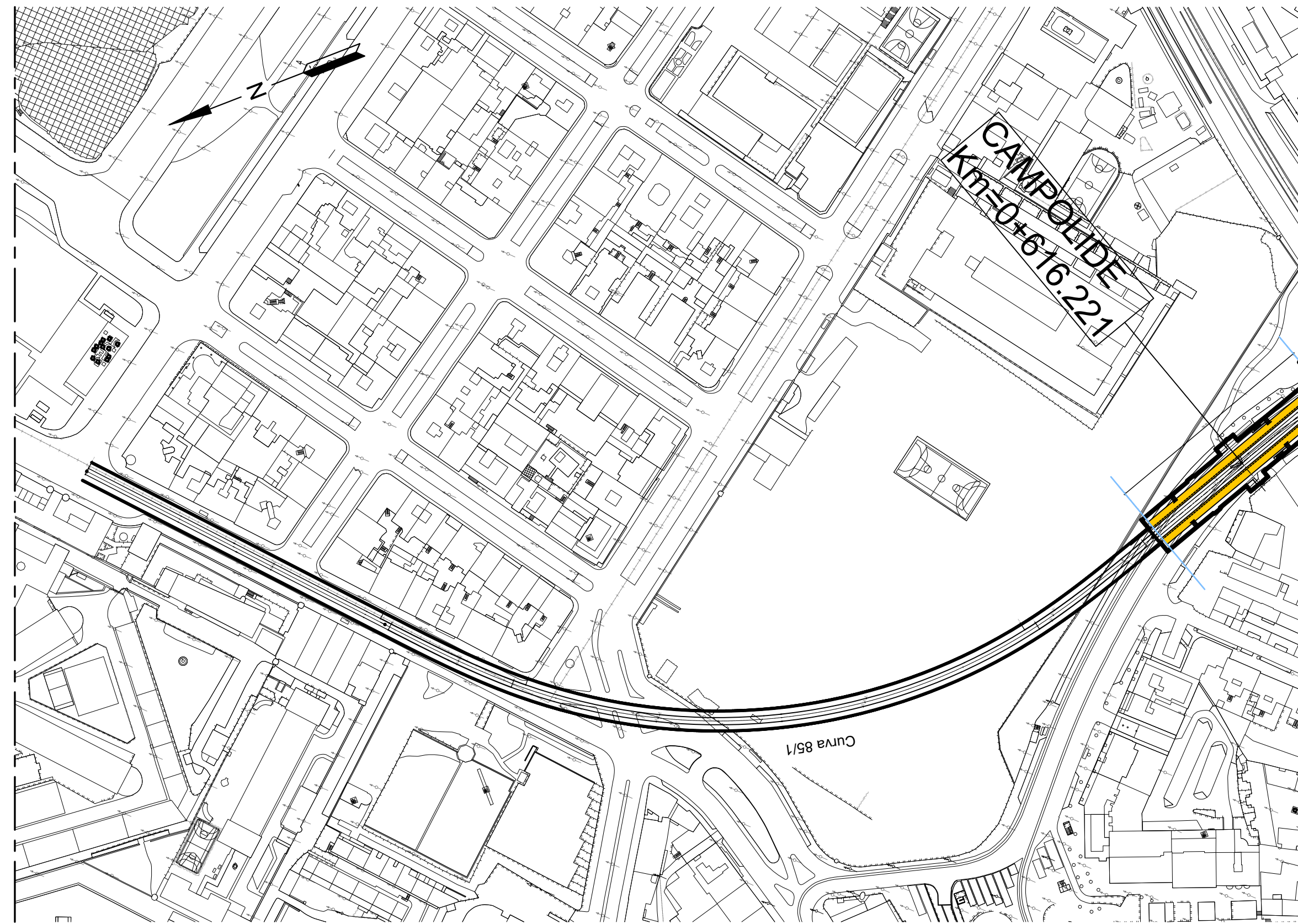
$$(60 \text{ kN}/(1.20\text{m}\times 1.20\text{m})) = 42 \text{ kN/m}^2$$



Conclui-se que do ponto de vista estrutural, a espessura da laje do betão de selagem de via é adequada.

Registo e Controlo de Alterações

Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-03	Emissão inicial

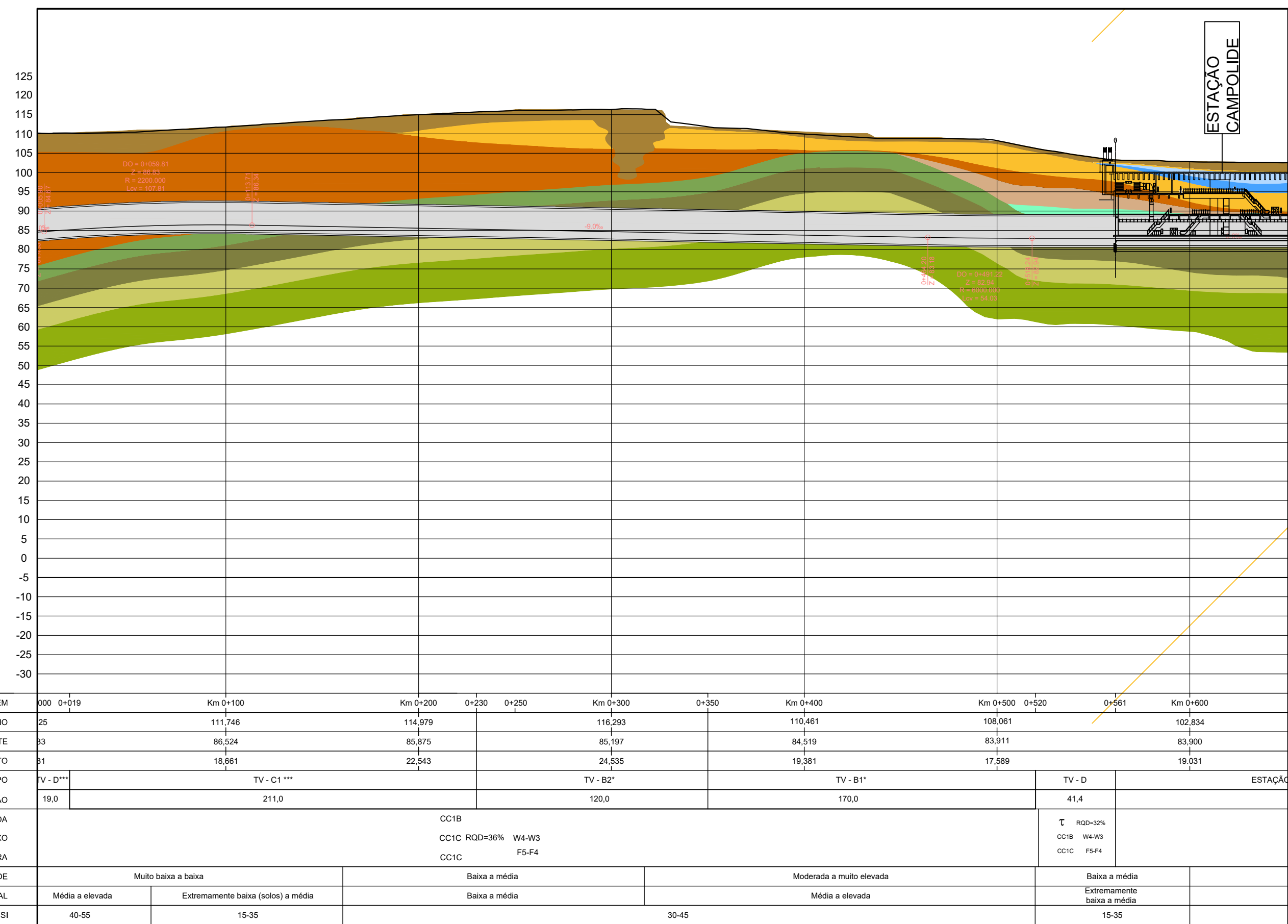


PLANTA - 85° TROÇO
ESC. 1:2000

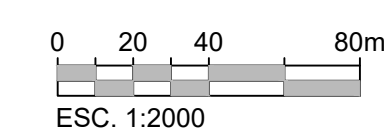
PARA 84° TROÇO - VER DES. T84-087000

LEGENDA
ESTRATIGRAFIA E CRITÉRIOS DE ZONAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO (Perfil)

- QUATERNÁRIO - Holocénico (Recente)
- At Aterro heterogéneo, constituído por silte-arenoso, por vezes argiloso, com fragmentos líticos e cerâmicos, de cor castanho amarelado, com vestígios de vegetais.
 - a_{ar} Aluvião arenoso (ar)
 - a_{ag} Aluvião argiloso (ag)
 - a_{cg} Aluvião com cascalheira (cg)
- NEOGENÍCO - Miocénico - "Argilas e Calcários dos Prazeres" (MP)
- M_{ar} Argilas cinzentas-esverdeadas (a) NSPT ≥ 50, (b) NSPT < 50
 - M_{mr} Calcarenitos fossilíferos, com passagens de calcários margosos
- OLIGOCÉNICO - "Formação de Benfica" (φ)
- φ Areias finas, siltosas e silto-argilosas, com seixo fino a médio. Siltos argilosos, com seixo frequente; cores acastanhadas, acinzentadas e por vezes avermelhadas.
- NEOCRETÁCICO - "Complexo vulcânico de Lisboa" (β)
- β1 Basalto, com veios calcíticos, muito a medianamente alterado, intensamente a muito fracturado, cinzento escuro, por vezes com passagens de solo residual areno argiloso. (Presença de Serpentina/Talco) (a) Rocha w2 a w3-4 GSI >40, (b) Estrutura rochosa parcialmente visível localmente SPT ≤ 60, w4 a solo
 - τ Tufos vulcânicos silto-margosos, avermelhados com veios esbranquiçados, por vezes silto-arenoso, com passagens fortemente argilosas. Ocorrem por vezes passagens fortemente argilosas de elevada plasticidade, de origem sedimentar. Tufos por vezes brechóides e brechas vulcânicas.
- CRETÁCICO
- Cenomaniano Superior - "Formação de Bica" (C_{3i})
- C_{3ia} Argila margosa e/ou marga argilosa esbranquiçada a amarelada.
 - C_{3ib} Calcário nodular, amarelado a esbranquiçado com inclusões margosas frequentes; passando a calcário rosado, amarelado, esbranquiçado por vezes carsificado, umas vezes compacto outras vezes margoso, com passagens argilosas.
 - C_{3ic} Calcário semicristalino a cristalino com rudistas, apresentando nódulos a leitões de sílex, pouco alterado a medianamente alterado, fracturas medianam. afastadas a muito próximas.
 - C_{3id} Calcário compacto branco e bege, fendilhado com prealveolinas, pouco alterado a medianamente alterado, com passagens muito alteradas a decompostas, fraturas medianamente afastadas a próximas.
- Albiano superior e Cenomaniano médio - "Formação de Caneças" (C_{2on})
- C₂ Calcário por vezes margoso, com geoides no topo e com passagens argilosas por vezes com gesso na base. (C_{2z})

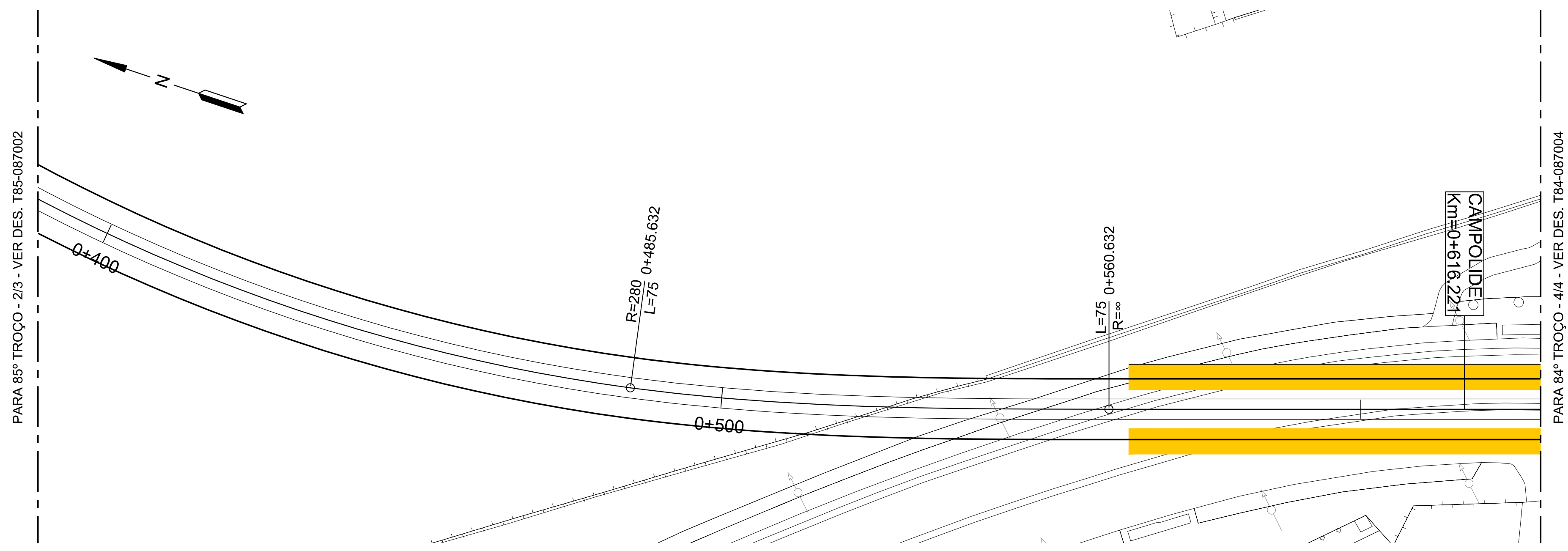


PERFIL - 85° TROÇO
ESC. 1:2000

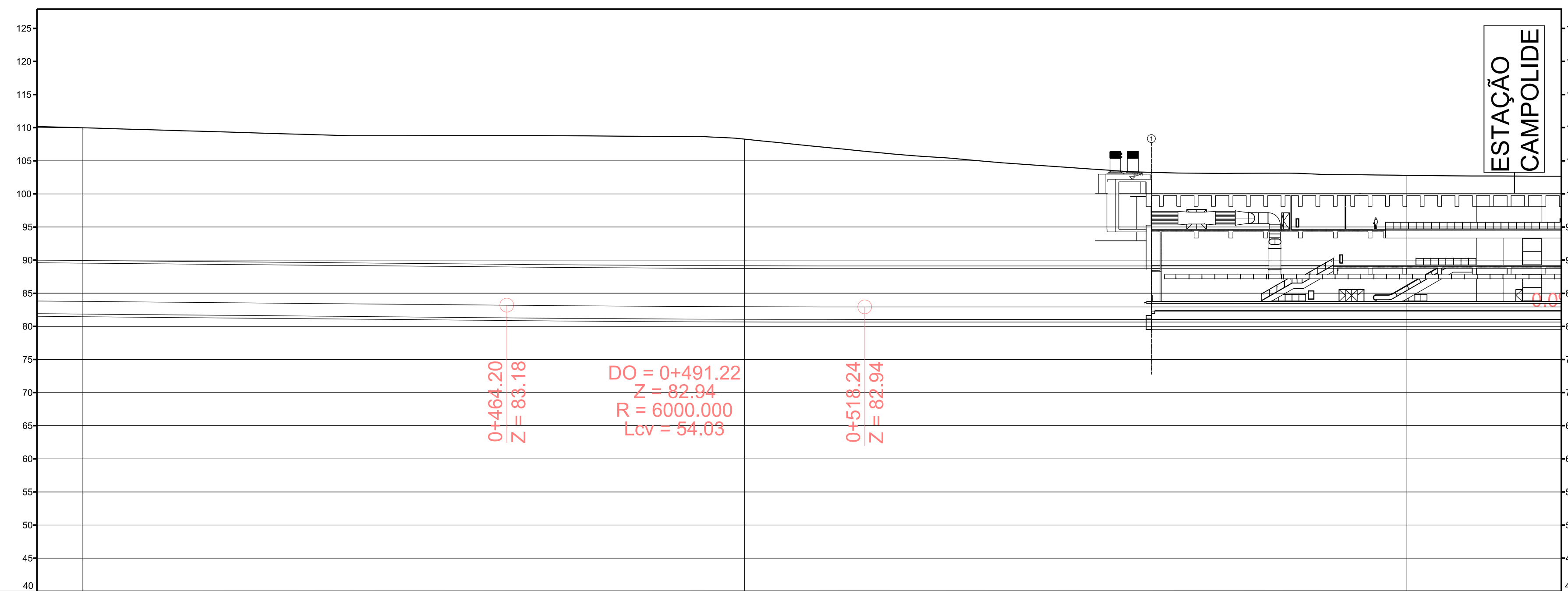


- NOTAS:**
- As secções tipo encontram-se distribuídas ao longo do traçado segundo o indicado nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN T81 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T82 DW 087000, LVSSA AP AP STR TUN T83 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T84 DW 087000 e LVSSA MSA AP STR TUN T85 DW 087000.
 - Os materiais encontram-se definidos nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087001 e LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087002.

ALTERAÇÕES:					
0	EMISSÃO INICIAL		03/10/2024	TAS	RVR
			DATA	DES.	VERIF.
PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO ESTRUTURAS 85° TROÇO PARA ATERRO DE S. SEBASTIÃO EST. CAMPOLIDE-M. DOREIRAS TUNEL IMPLANTAÇÃO GERAL - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL					
Data:		Escalas:	Des. nº	133477	
Aprov.:			Alter.:		
Verif.:			Substituído		
Proj.:			Nº SAP		
Des.:			Alter.:		
			Identificação Empresa-Proprietária: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO Escalas: 1/2000 Folha:		
Aprov.:	RP	Desenho nº		LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087000 0	
Verif.:	RVR	Alter.:		0	
Proj.:	FAB				
Des.:	TNC				



PLANTA 85° TROÇO - 1/3
ESC. 1:500



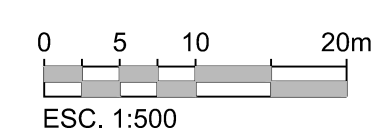
QUILOMETRAGEM	SEÇÃO DE CÁLCULO			
	Km 0+400	Km 0+500	0+520	0+561
COTA DO TERRENO	110,461	108,061		102,834
COTA DA RASANTE	84,519	83,911		83,900
SECÇÃO TIPO	TV - B1*		TV - D	
EXTENSÃO	170,0		41,4	
MÉTODO DE ESCAVAÇÃO	NATM			

PERFIL LONGITUDINAL
Escala 1:500

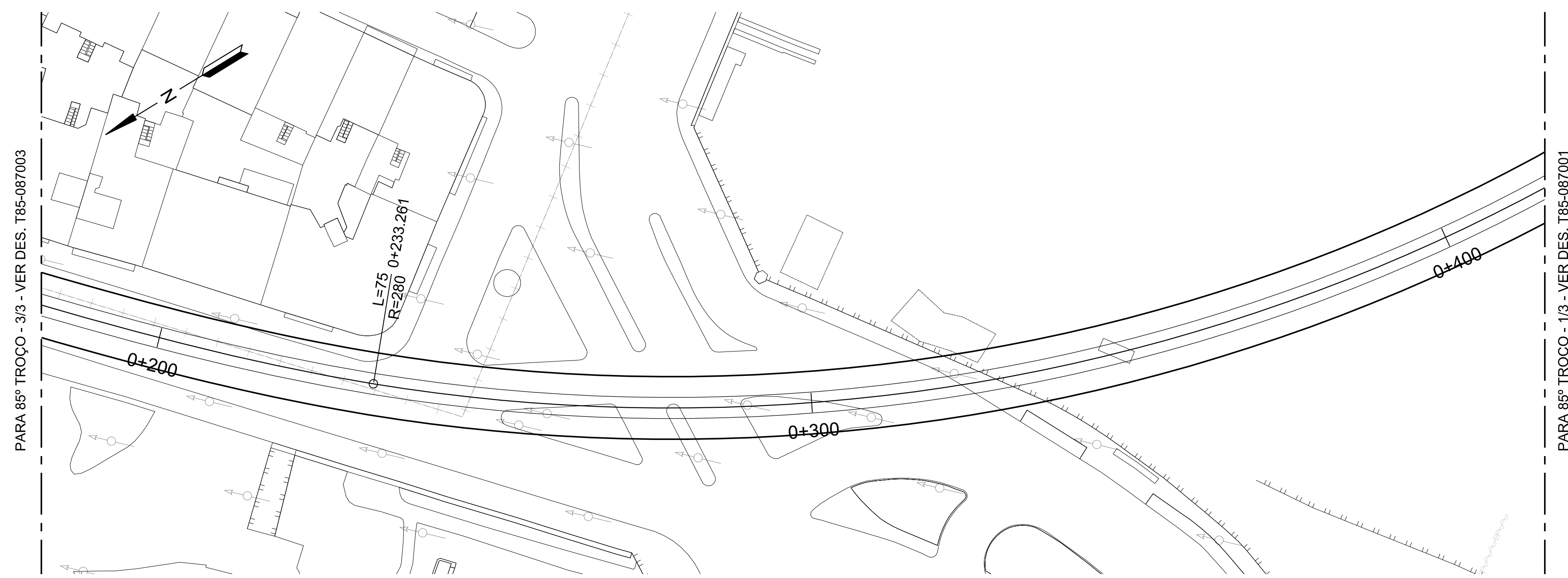
NOTAS:

- As secções tipo encontram-se distribuídas ao longo do traçado segundo o indicado nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN T81 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T82 DW 087000, LVSSA AP AP STR TUN T83 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T84 DW 087000 e LVSSA MSA AP STR TUN T85 DW 087000.
- Os materiais encontram-se definidos nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087001 e LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087002.

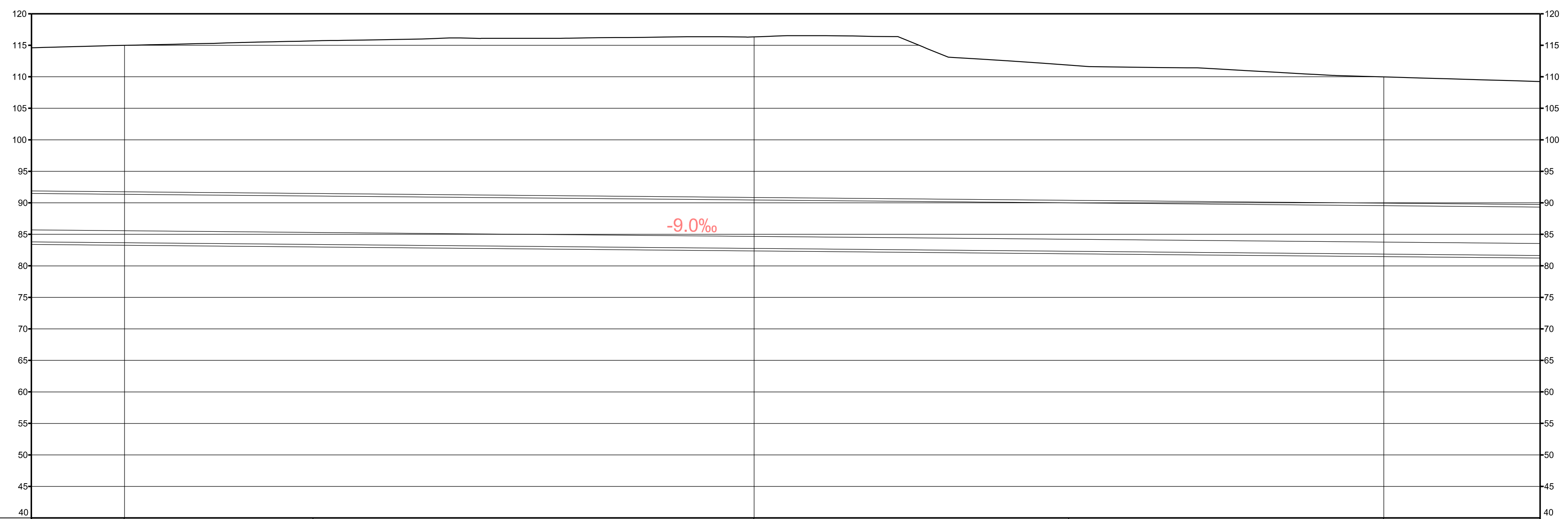
ALTERAÇÕES			
0 EMISSÃO INICIAL		03/10/2024	TAS RVR
		DATA	DES. VERIF.
Data: _____ Aprov. _____ Verif. _____ Proj. _____ Des. _____		PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO ESTRUTURAS TÚNEL 85° TROÇO 1/3 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	
Des. n.º 133478 F. / / Alter. _____ Substituído _____ Nº SAP _____ Versão _____ Folha _____		Identificação Empresa Proponente: COBA / JET S.J. / JLCM / TALPROJECTO Escalas: 1:500 Folha: _____	
Aprov. RP Verif. RVR Proj. FAB Des. TNC		Desenho n.º LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087001 0 Alter. 0	



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.

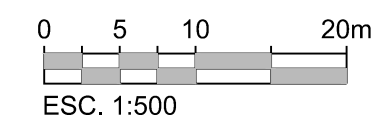


PLANTA 85 ° TROÇO - 2/3
ESC. 1:500



QUILOMETRAGEM	Km 0+200	0+230	Km 0+300	0+350	Km 0+400
COTA DO TERRENO	114,979		116,293		110,461
COTA DA RASANTE	85,875		85,197		84,519
SECÇÃO TIPO			TV - B2*		TV - B
EXTENSÃO			120,0		170,0
MÉTODO DE ESCAVAÇÃO			NATM		

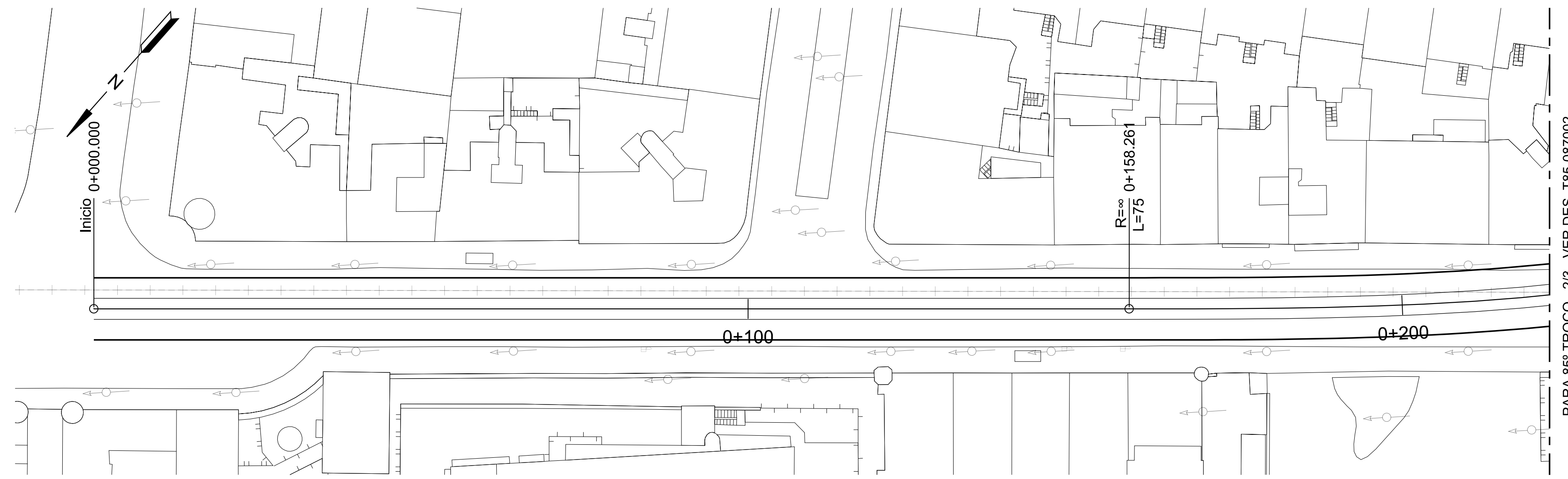
PERFIL LONGITUDINAL
Escala 1:500



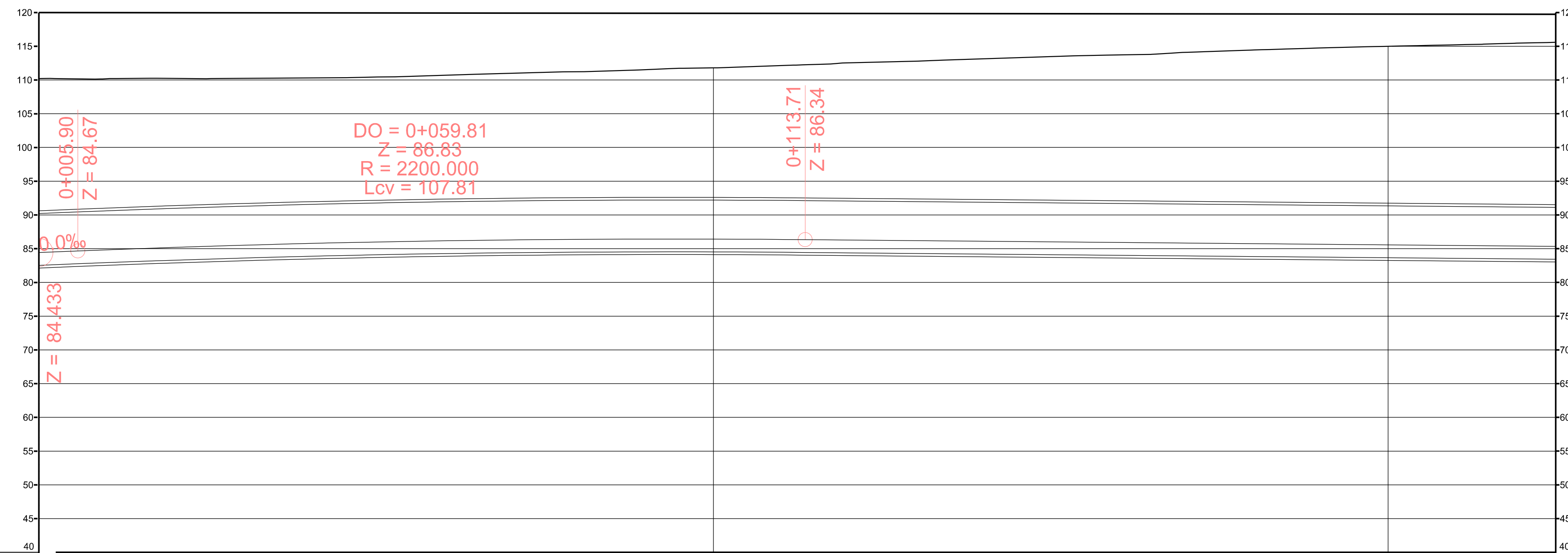
NOTAS:

- As secções tipo encontram-se distribuídas ao longo do traçado segundo o indicado nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN T81 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T82 DW 087000, LVSSA AP AP STR TUN T83 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T84 DW 087000 e LVSSA MSA AP STR TUN T85 DW 087000.
- Os materiais encontram-se definidos nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087001 e LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087002.

ALTERAÇÕES					
0 EMISSÃO INICIAL		03/10/2024		TAS	RVR
		DATA		DES.	VERIF.
Data:		PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO			
Aprov.		ESTRUTURAS		Escala: Des. nº 133479 F. /	
Verif.		TÚNEL		Alter.:	
Proj.		85° TROÇO 2/3 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		Substituído	
Des.				Nº SAP Versão	
				Folha	
Aprov. RP				Identificação Empresa Proponente	
Verif. RVR		COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO		Escala: 1:500	
Proj. FAB				Folha: /	
Des. TNC		Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087002 0		Alter.:	



PLANTA 85° TROÇO - 3/3
ESC. 1:500



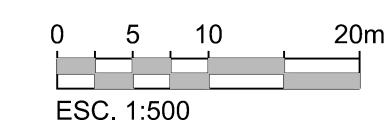
QUILOMETRAGEM	+000	0+019	Km 0+100	Km 0+200
COTA DO TERRENO	025		111,746	114,979
COTA DA RASANTE	433		86,524	85,875
SECÇÃO TIPO	TV - D***		TV - C1	
EXTENSÃO	19,0		211,0	
MÉTODO DE ESCAVAÇÃO			NATM	

PERFIL LONGITUDINAL
Escala 1:500

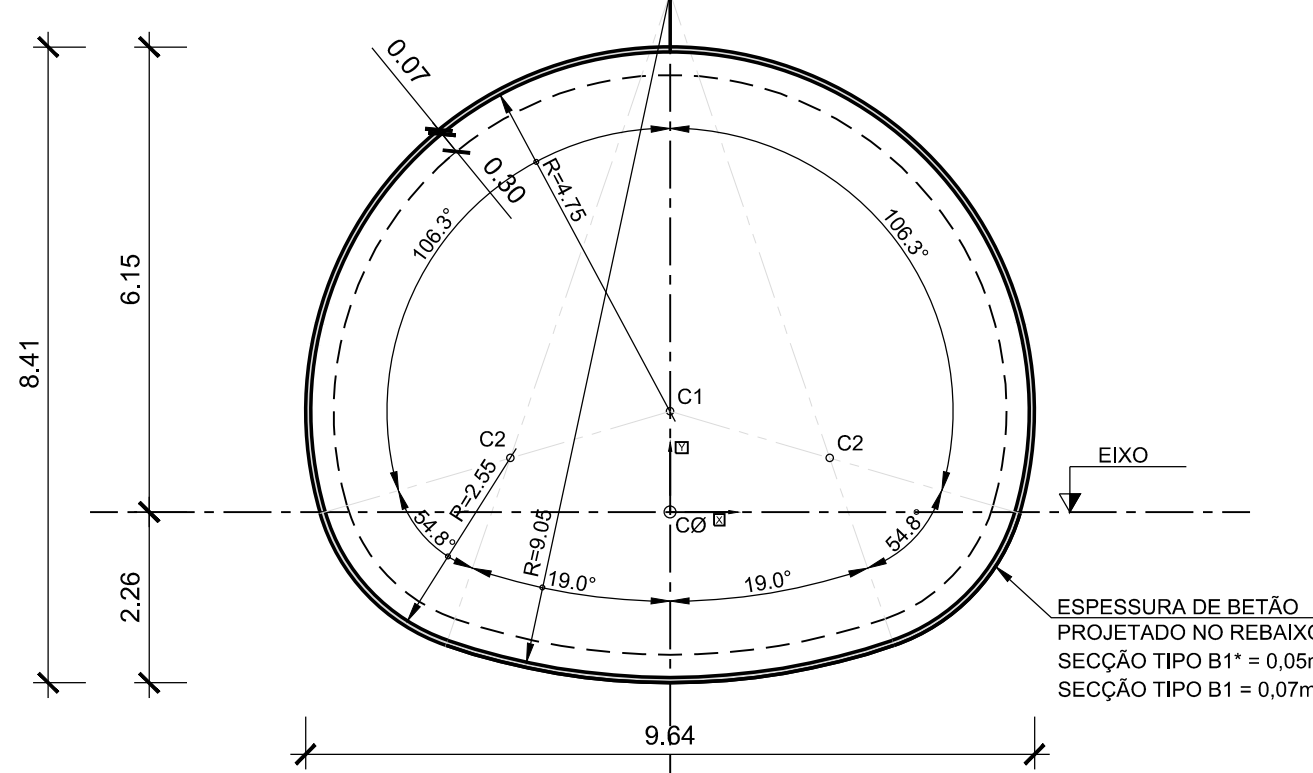
NOTAS:

- As secções tipo encontram-se distribuídas ao longo do traçado segundo o indicado nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN T81 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T82 DW 087000, LVSSA AP AP STR TUN T83 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T84 DW 087000 e LVSSA MSA AP STR TUN T85 DW 087000.
- Os materiais encontram-se definidos nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087001 e LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087002.

ALTERAÇÕES					
0 EMISSÃO INICIAL		03/10/2024		TAS	RVR
		DATA		DES.	VERIF.
Data:		PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO			
Aprov.:		ESTRUTURAS		Escala: Des. nº 133480 F. / /	
Verif.:		TUNEL		Alter.:	
Proj.:		85° TROÇO 3/3 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		Substituído	
Des.:				Nº SAP	
				Versão	
				Folha	
Aprov. RP				Identificação Empresa Proponente: COBA / JET S.J. / JLCM / TALPROJECTO	
Verif. RVR		Escala: 1:500		Folha: / /	
Proj. FAB		Desenho nº: LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087003 0		Alter.:	
Des. TNC				0	

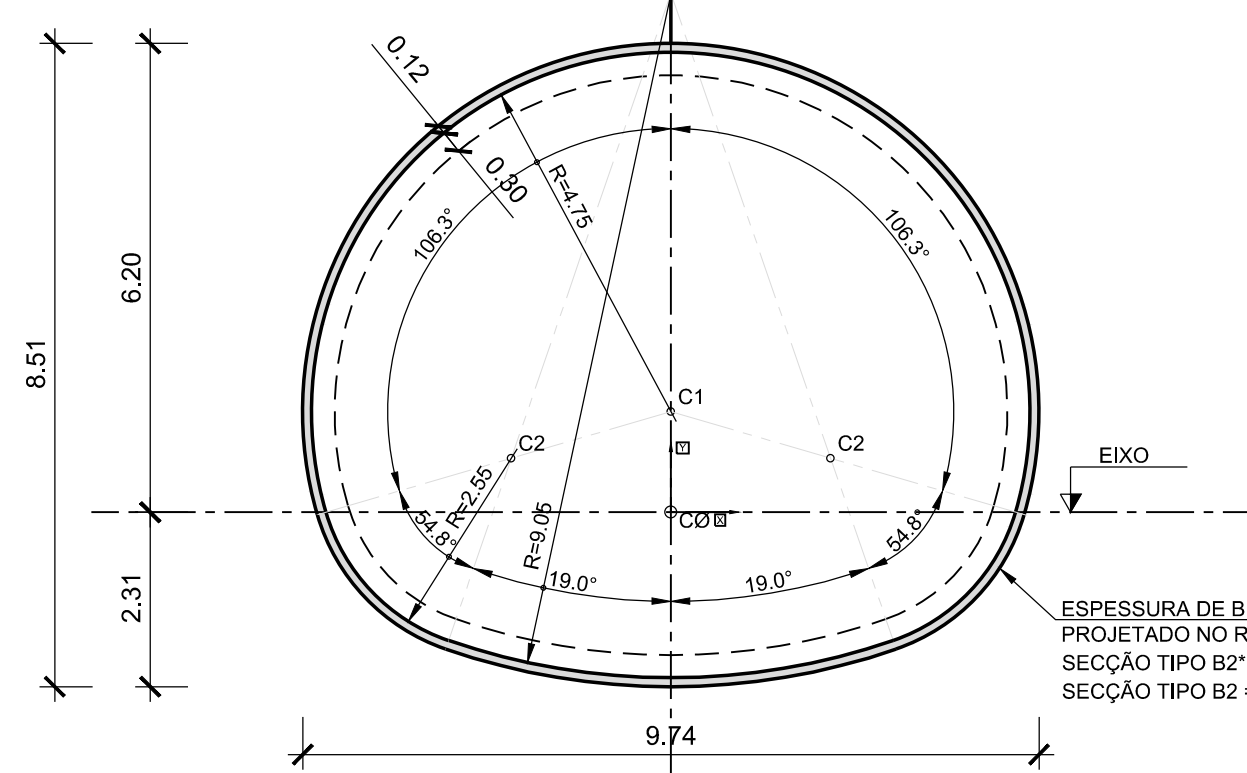


PONTO	COORDENADAS (m)	
	X	Y
C0	0	0
C1	0	1,33
C2	±2,11	0,71
C3	0	6,86



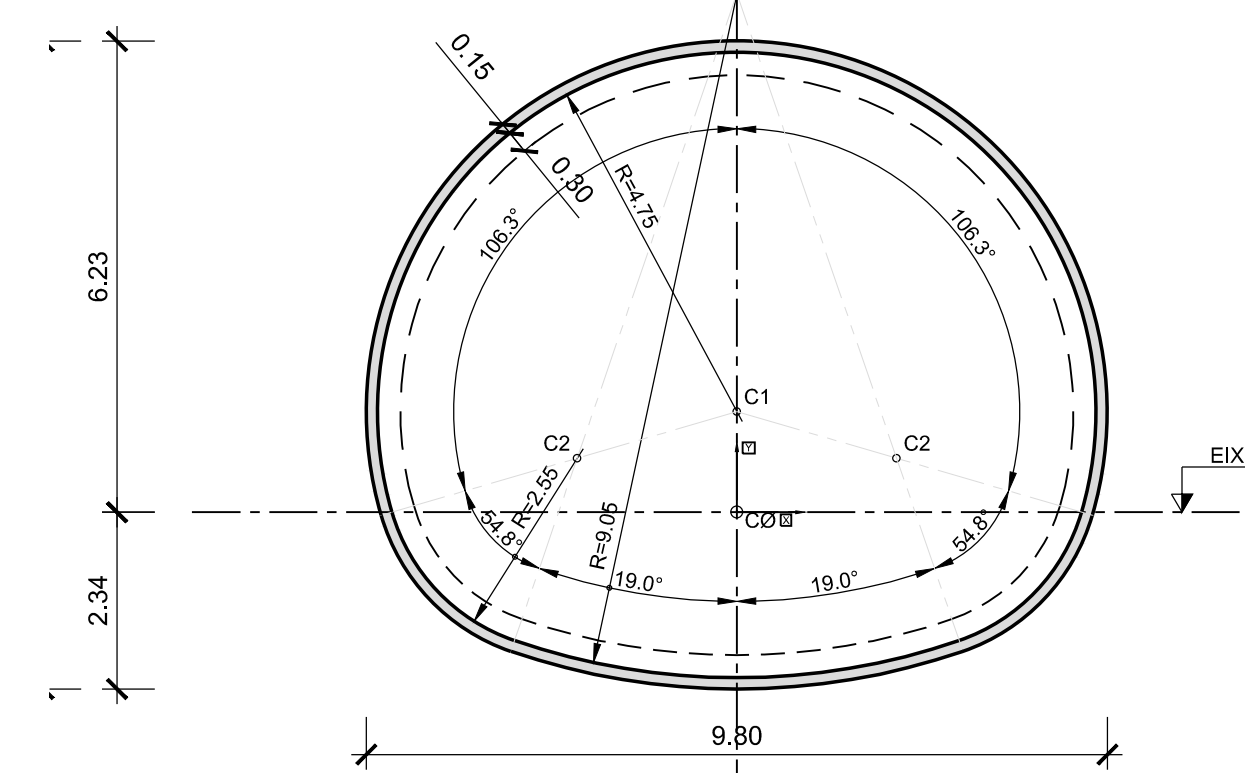
DEFINIÇÃO GEOMÉTRICA SECÇÃO TV-B1 E TV-B1*
ESC. 1:100

PONTO	COORDENADAS (m)	
	X	Y
C0	0	0
C1	0	1,33
C2	±2,11	0,71
C3	0	6,86



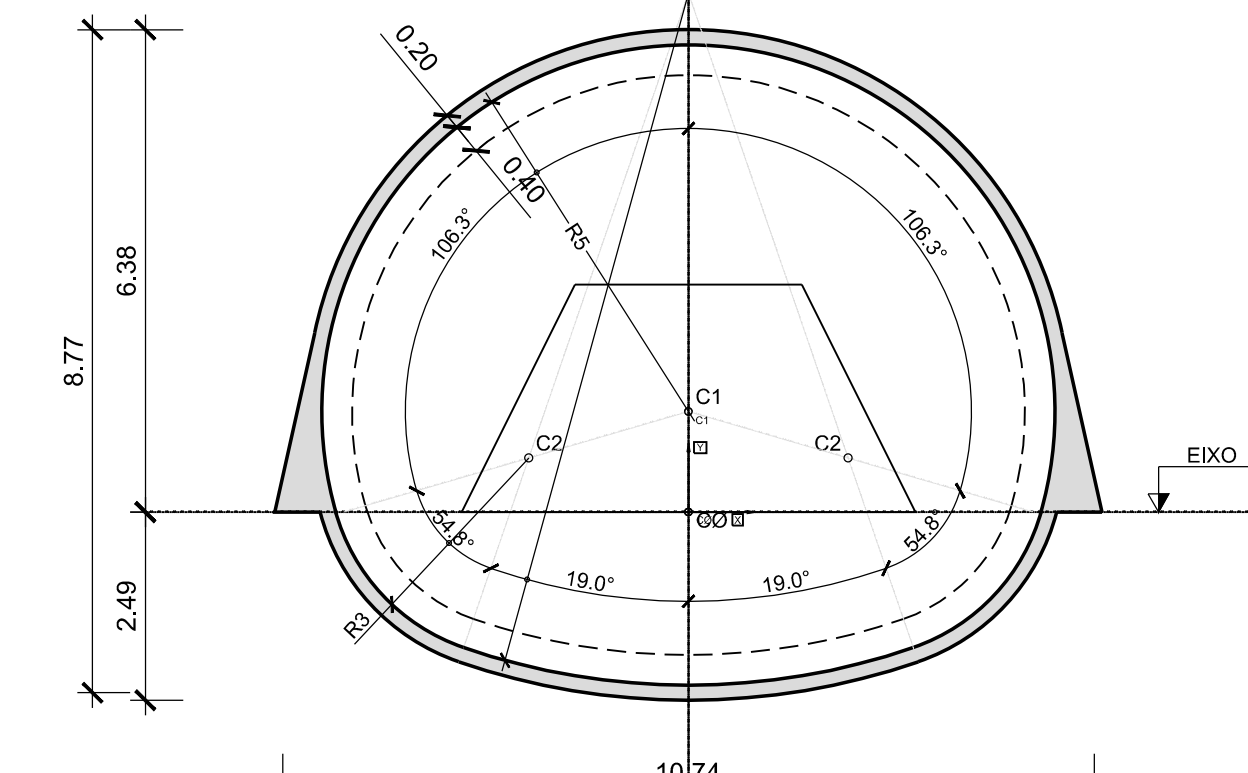
DEFINIÇÃO GEOMÉTRICA SECÇÃO TV-B2 E TV-B2*
ESC. 1:100

PONTO	COORDENADAS (m)	
	X	Y
C0	0	0
C1	0	1,33
C2	±2,11	0,71
C3	0	6,86

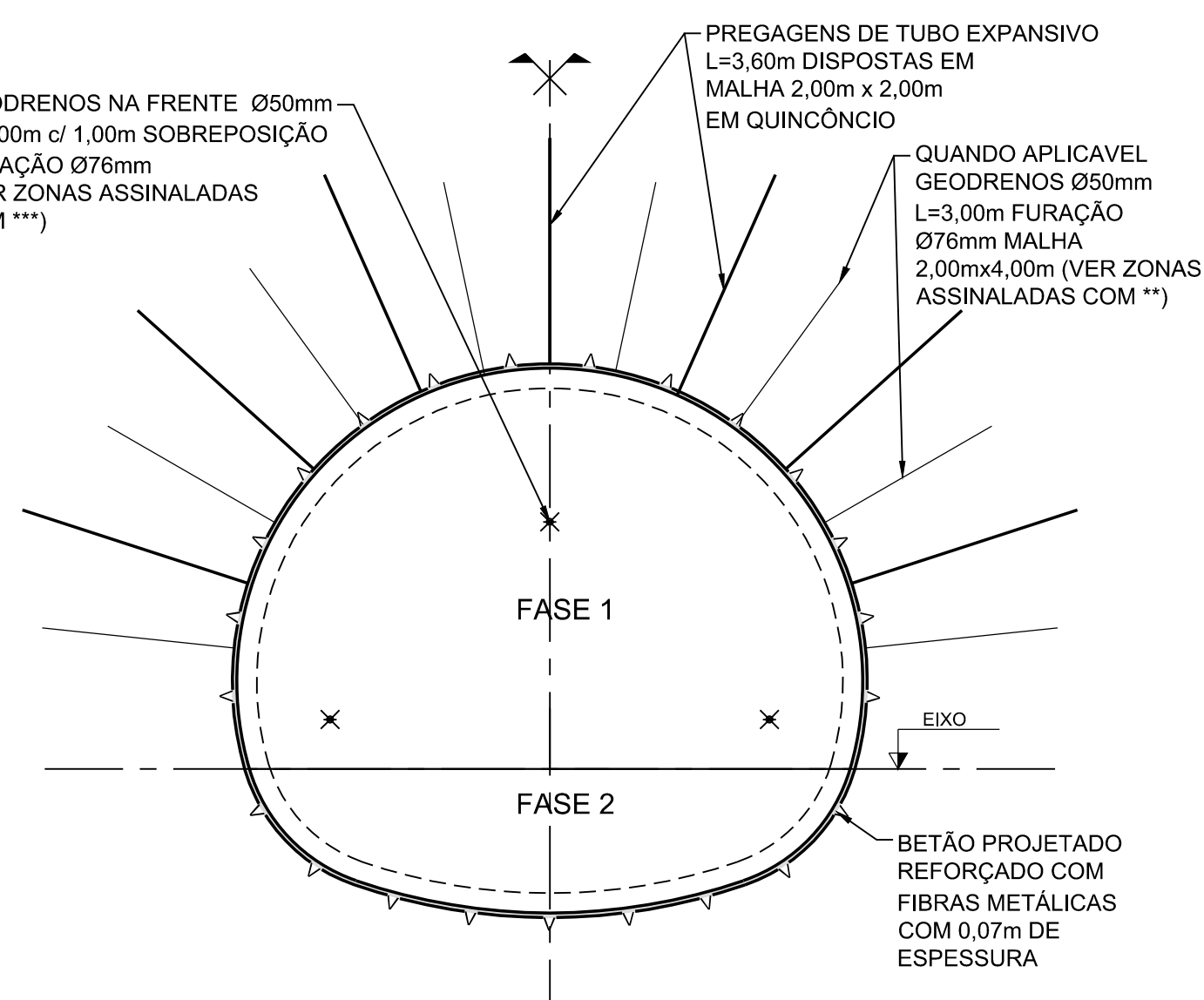


DEFINIÇÃO GEOMÉTRICA SECÇÃO TV-C1
ESC. 1:100

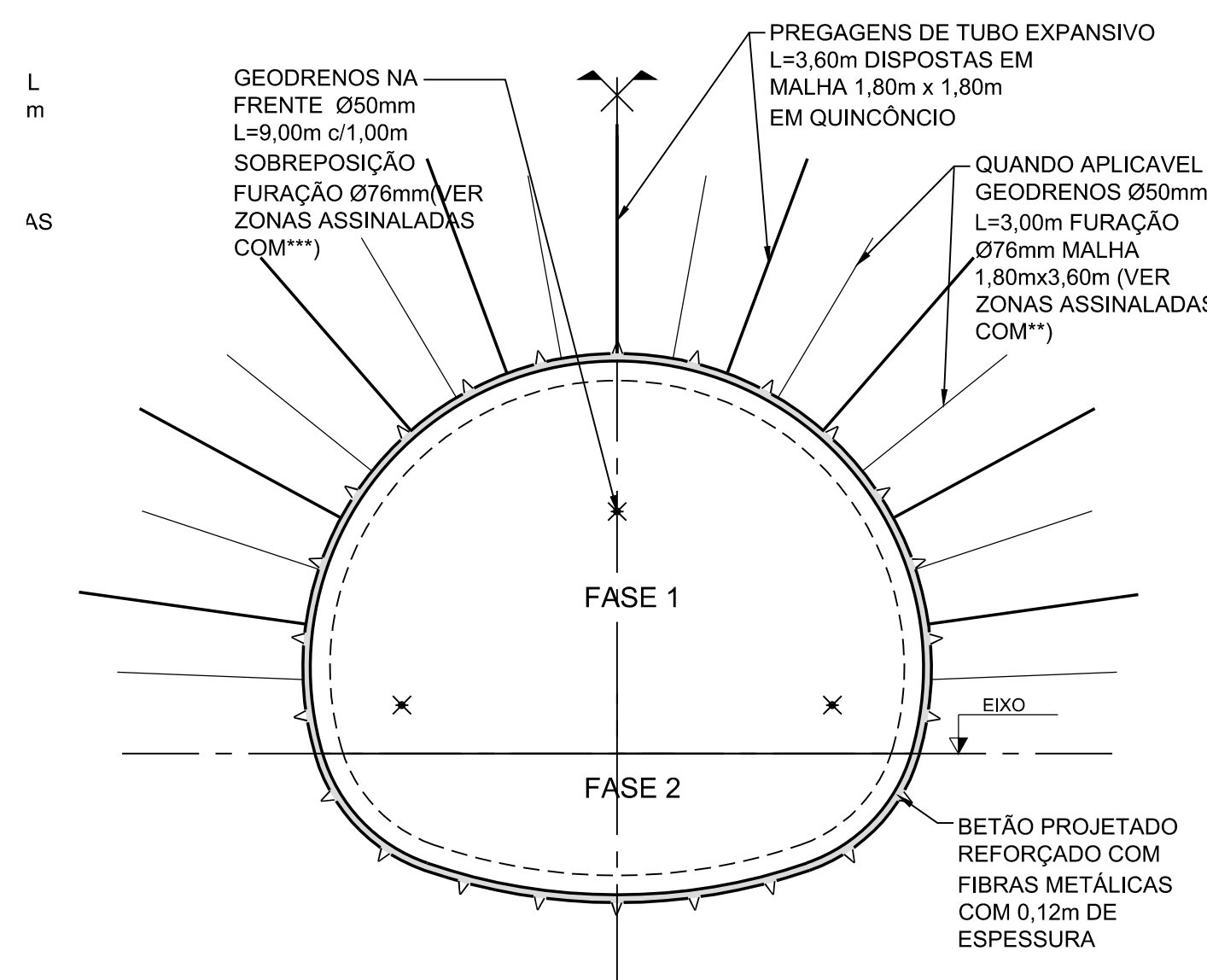
PONTO	COORDENADAS (m)	
	X	Y
C0	0	0
C1	0	1,33
C2	±2,11	0,71
C3	0	6,86



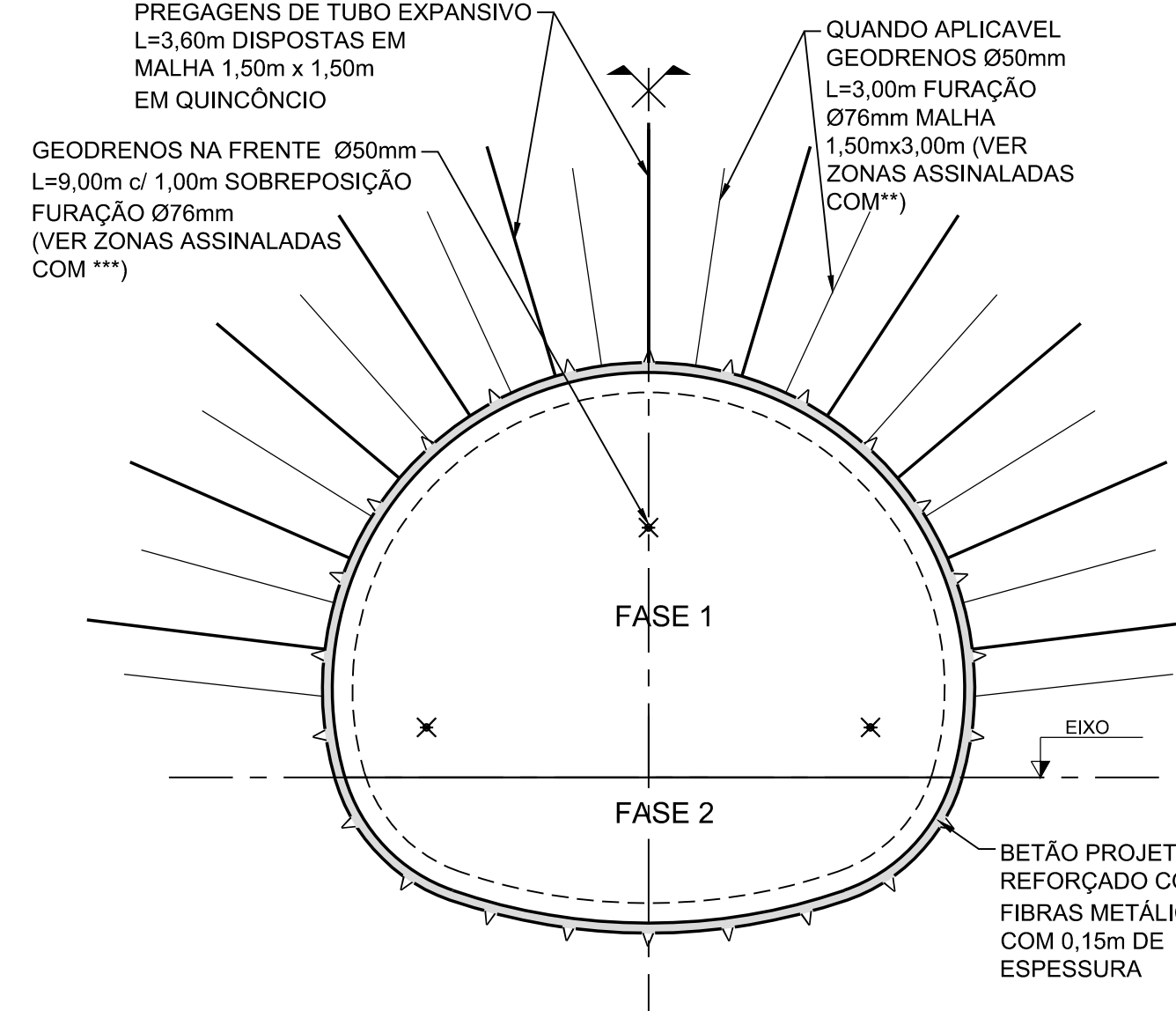
DEFINIÇÃO GEOMÉTRICA SECÇÃO TV-D
ESC. 1:100



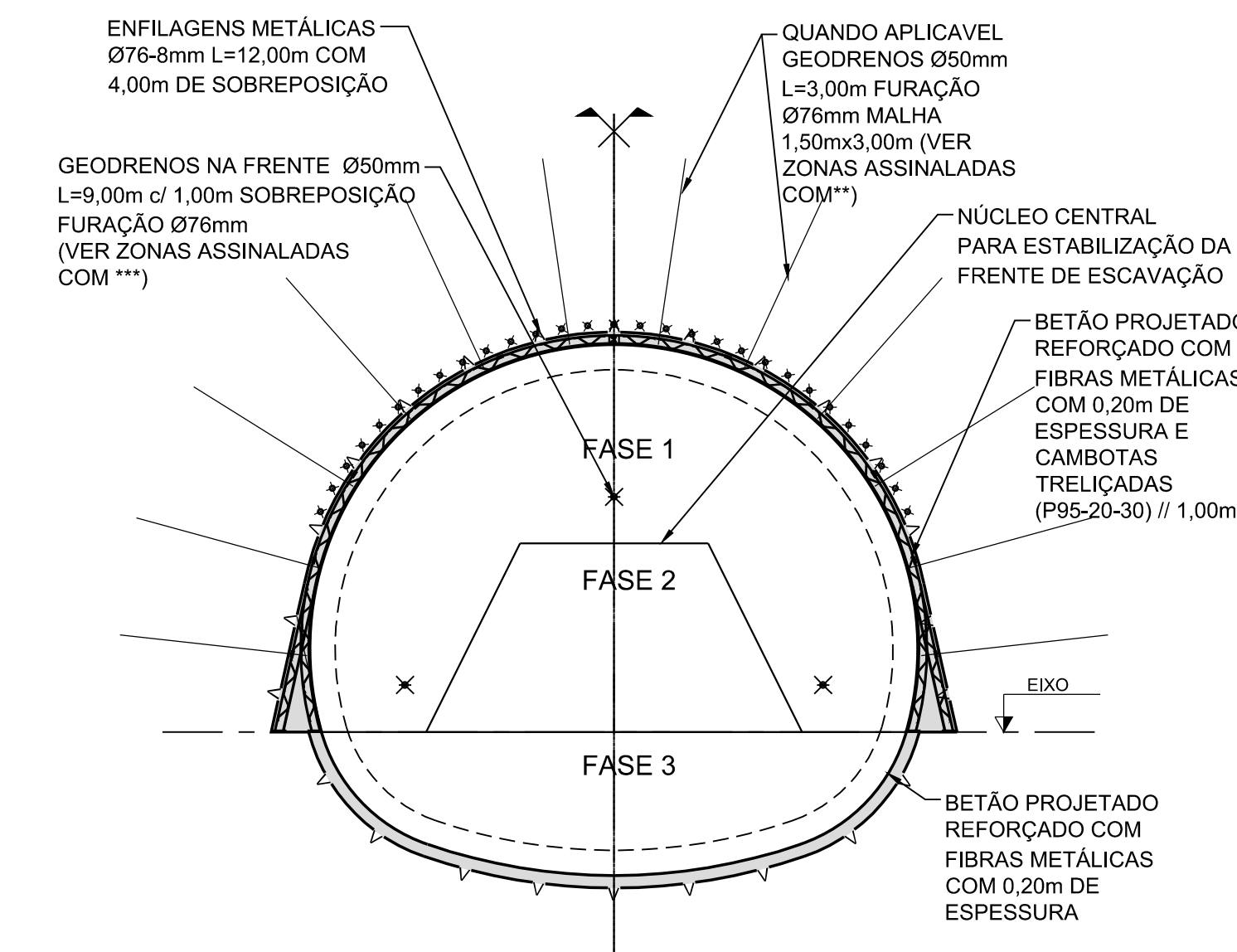
DEFINIÇÃO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO TV-B1
ESC. 1:100



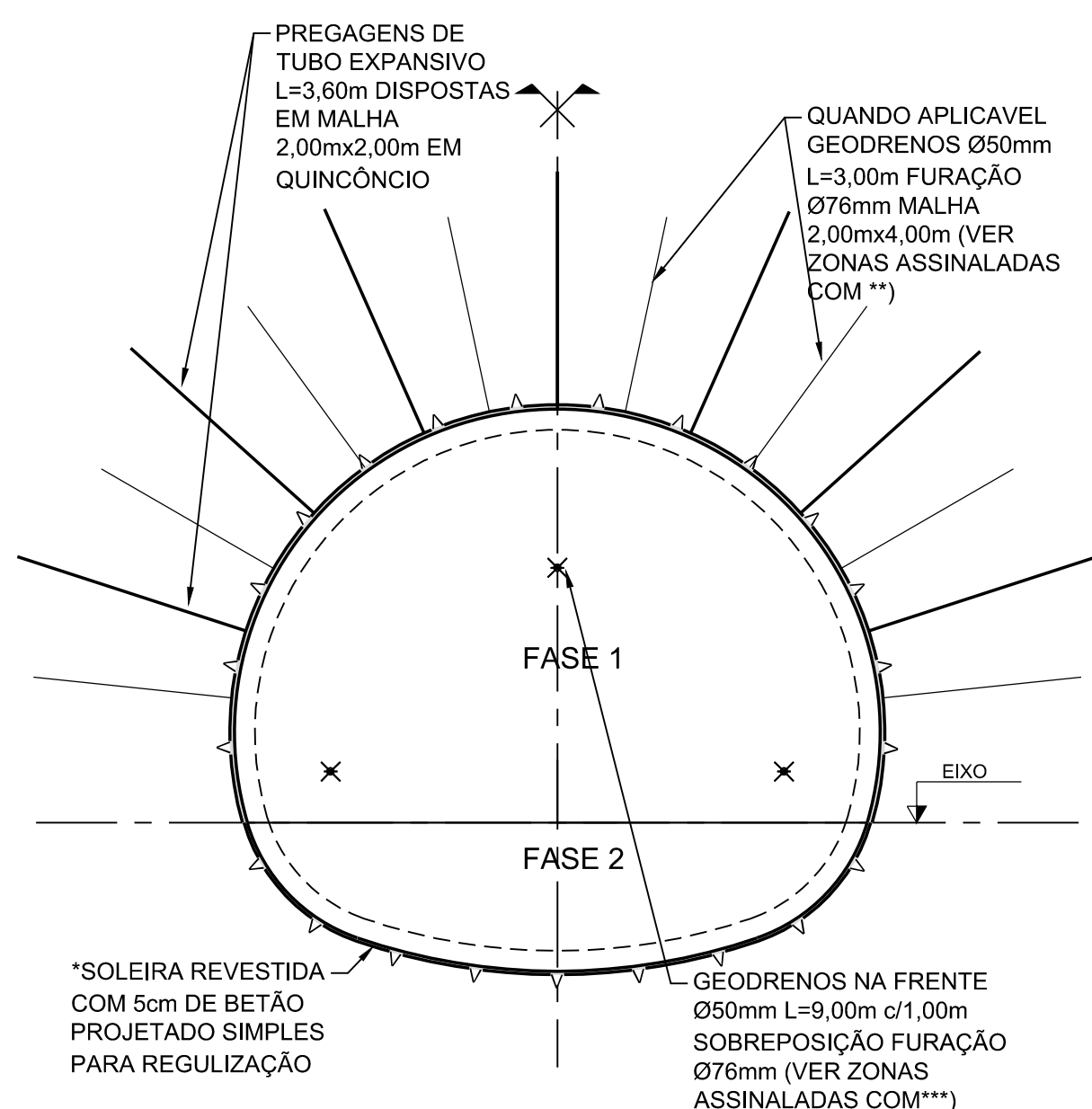
DEFINIÇÃO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO TV-B2
ESC. 1:100



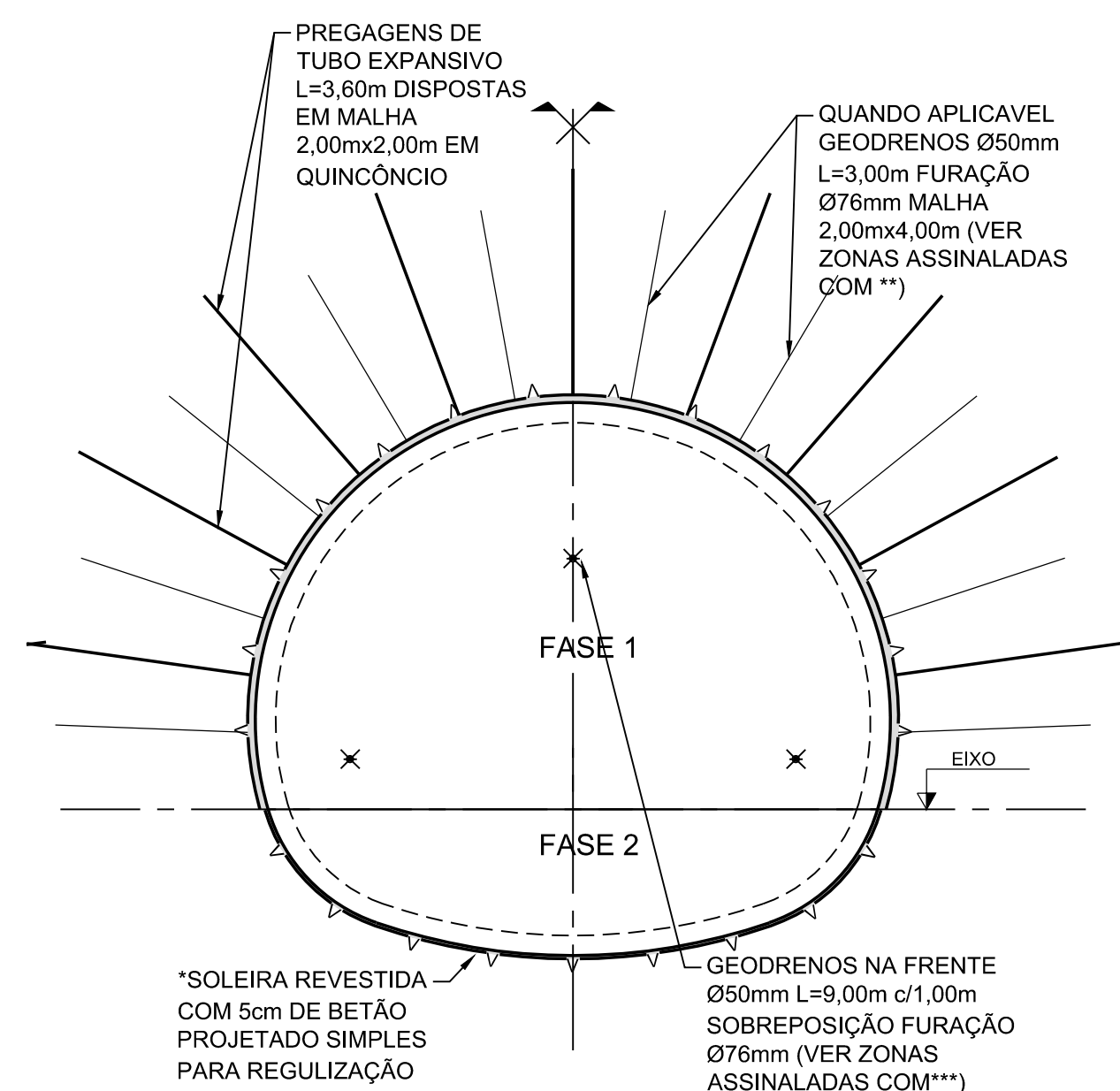
DEFINIÇÃO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO TV-C1
ESC. 1:100



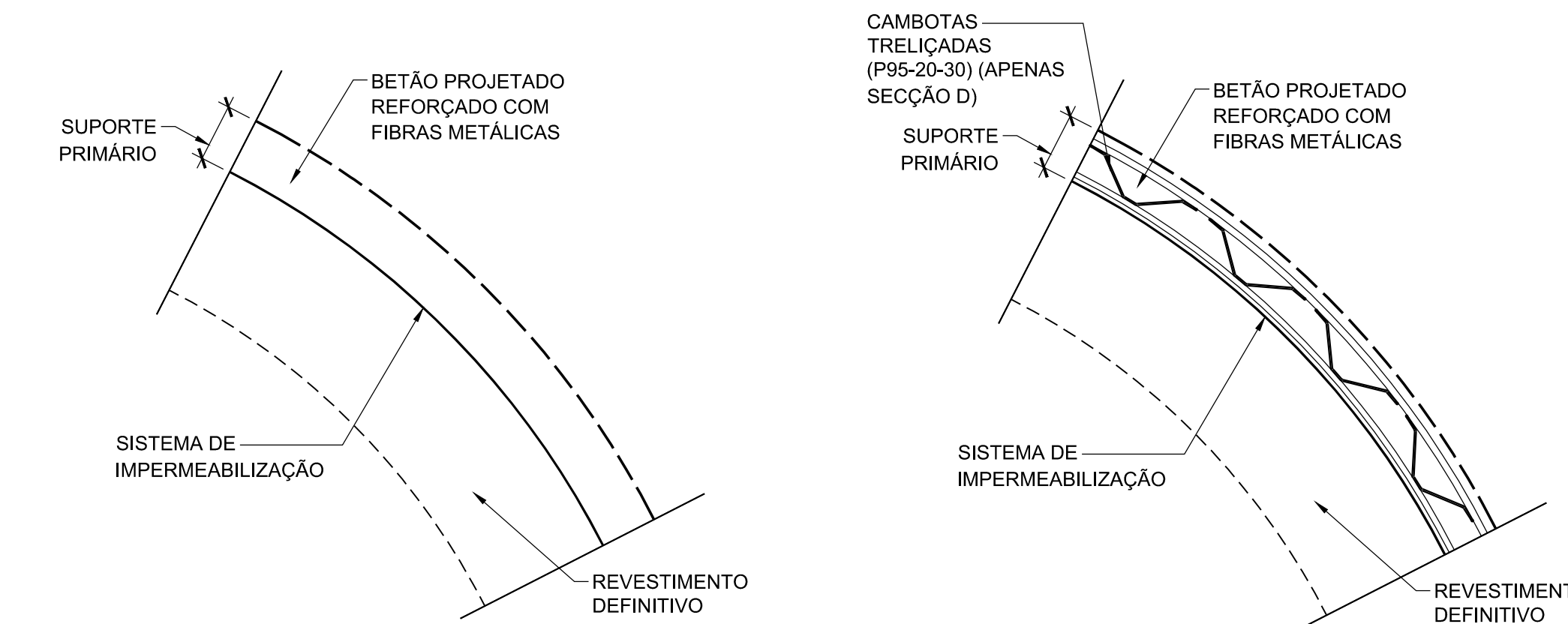
DEFINIÇÃO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO TV-D
ESC. 1:100



DEFINIÇÃO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO TV-B1*
ESC. 1:100



DEFINIÇÃO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO TV-B2*
ESC. 1:100



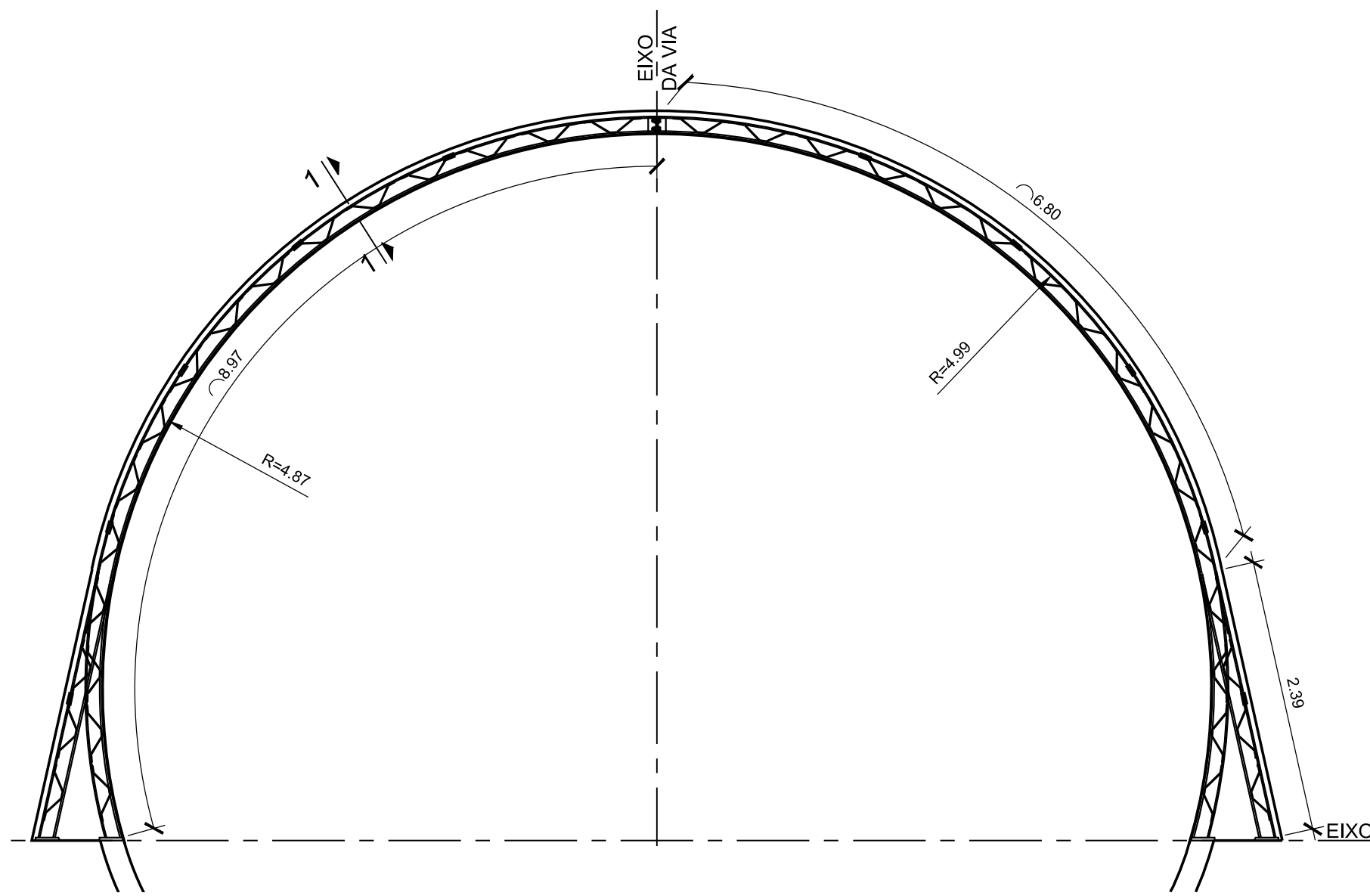
SECÇÃO TRANSVERSAL TIPO (SECÇÃO B1, B2 E C1)
ESC. 1:20

SECÇÃO TRANSVERSAL TIPO (SECÇÃO D)
ESC. 1:20

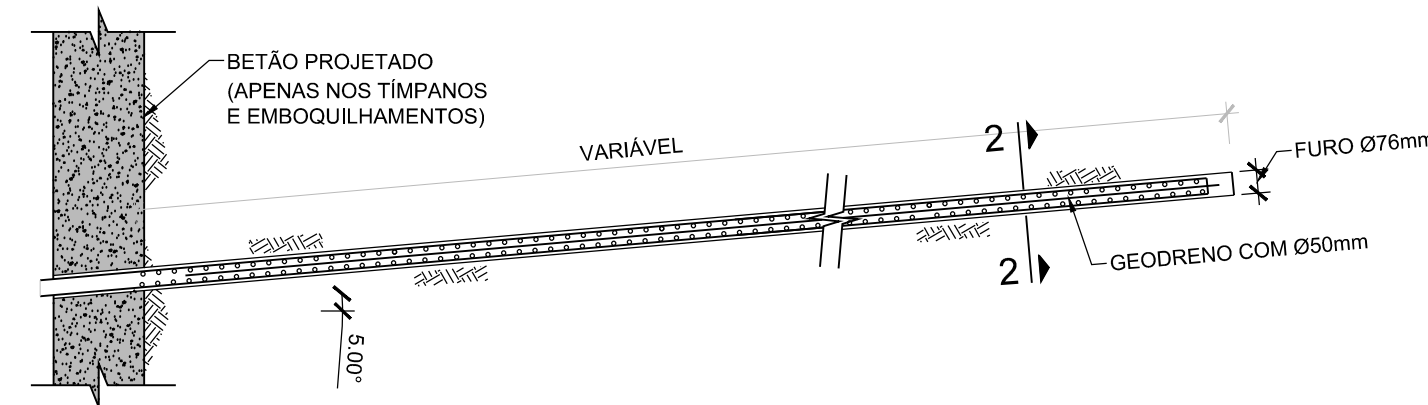
NOTAS:

- As secções tipo encontram-se distribuídas ao longo do traçado segundo o indicado nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN T81 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T82 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T83 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T84 DW 087000 e LVSSA MSA AP STR TUN T85 DW 087000.
- Os materiais encontram-se definidos nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087001 e LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087002.

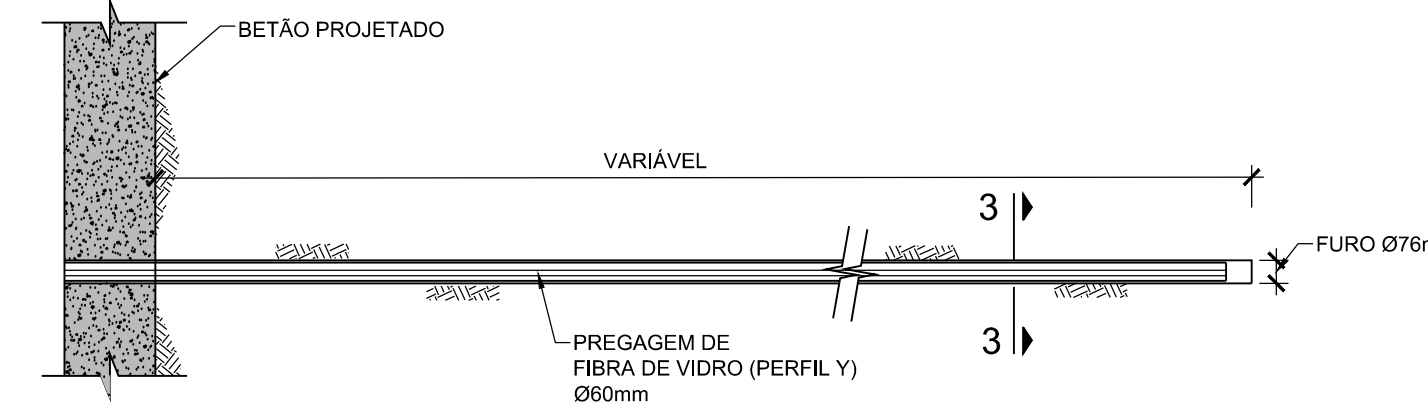
ALTERAÇÕES			
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TAS RVR
		DATA	DES. VERIF.
PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO			
Data:	ESTRUTURAS		Escalas: Des. nº 133481 F. /
Aprov.:	85º TROÇO (PARCIAL): TÉRMINO SÃO SEBASTIÃO/ EST. CAMPOLIDE/AMOREIRAS		Alter.:
Proj.:	TÚNEL		Substituído
Des.:	SECÇÕES TIPO, SUPORTE E REVESTIMENTO		Nº SAP
			Versão
			Folha
Aprov.:	RP	Identificação Empresa Proponente	
Verif.:	RVR	COBA / JET SJ / JLCM / TALPROECTO	
Proj.:	FAB	Escalas: 1/100 1/20	
Des.:	TNC	Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087004 0	
		Alter.:	



PORMENOR TIPO - CAMBOTA DA SEÇÃO TV-D
ESC. 1:50



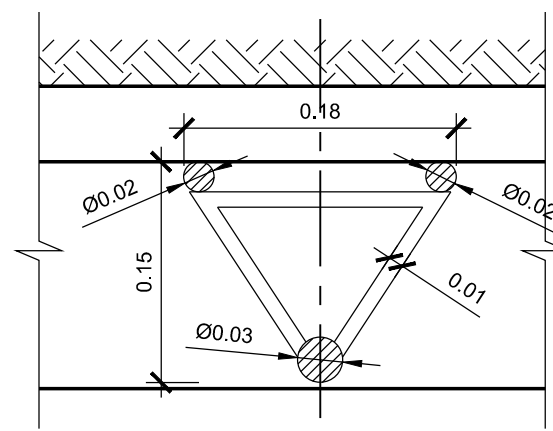
PORMENOR DE EXECUÇÃO DOS GEODRENOS NA FRENTE DE ESCAVAÇÃO, EMBOQUILHAMENTOS E TÍMPANOS
ESC. 1:100



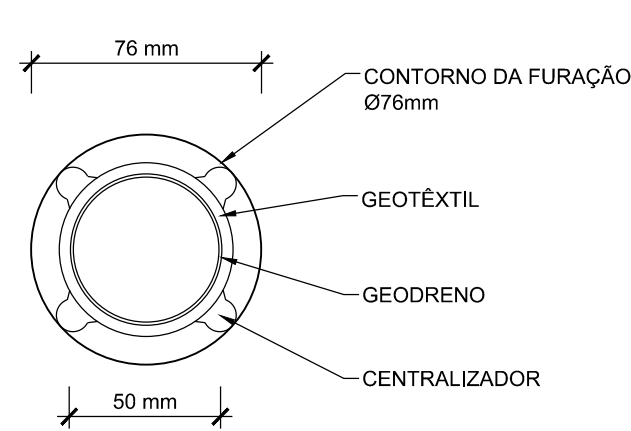
PORMENOR DE EXECUÇÃO DAS PREGAGENS DE FIBRA DE VIDRO NOS EMBOQUILHAMENTOS E TÍMPANOS
ESC. 1:100

MATERIAIS:

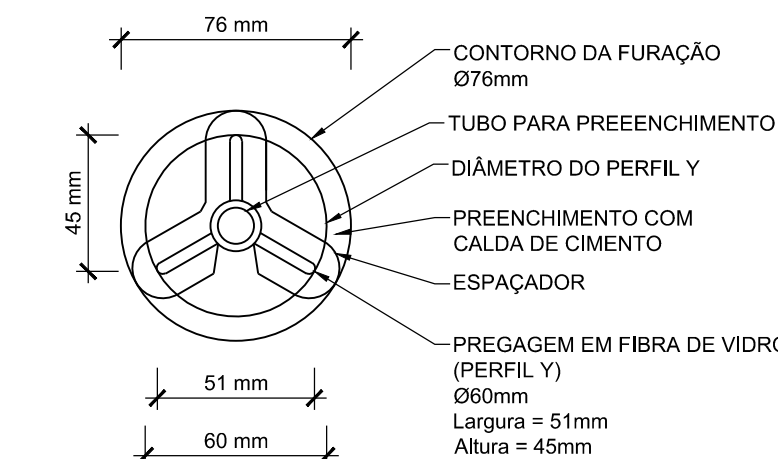
BETÃO (NP EN 206-1):	
Betão projetado (via húmida)	C30/37 XC4(P) CL 0.4 D _{MAX} 10 S5
Regularização/Enchimento	C12/15 XC0(P) CL 1.0 D _{MAX} 25 S3
FIBRAS METÁLICAS:	
Resistência à tração	1500 MPa
Comprimento (extremidade em gancho)	< 35mm
Esbelteza, L/D	65
Dosagem mínima de fibras	25 kg/m ³
Classe de absorção de energia	E700
AÇO:	
Chapas e perfis metálicos	S 355 JR
Cambotas treliçadas	A500 NR
Rede eletrossoldada	A 500 ER
Enfilagens	S 355 JR
Elementos de fixação metálica	CLASSE 8.8
No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no REAE, NP 1515 E NP EN 1993	
PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO	
Carga mínima de cedência	P _y = 130 kN
Tipo de aço	S 355 MC
FIBRA DE VIDRO:	
Resistência à tração	≥ 2000 MPa
Carga nominal de rotura	430 kN
CALDA DE CIMENTO:	
f _{ck} (7 dias)	EQUIVALENTE A C25/30
Relação A/C	A/C = 0,45
GEODRENOS:	
Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	SN2
GEOTÊXTIL DO GEODRENO:	
Massa por unidade de área (EN 9864)	150 g/m ²
Espessura (EN ISO 9863-1)	2mm
Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m
Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80 %
Punção estática (EN ISO12236)	≥ 700 N
Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28mm
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)	



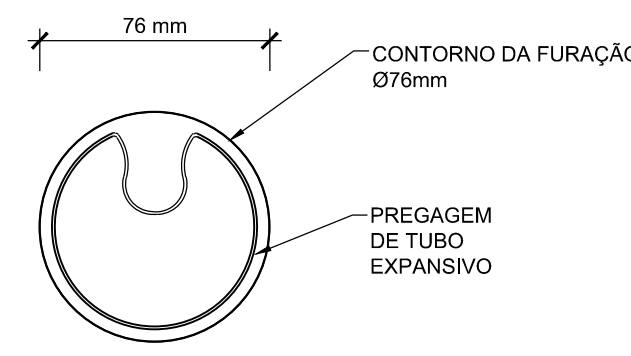
CORTE 1-1
ESC. 1:5



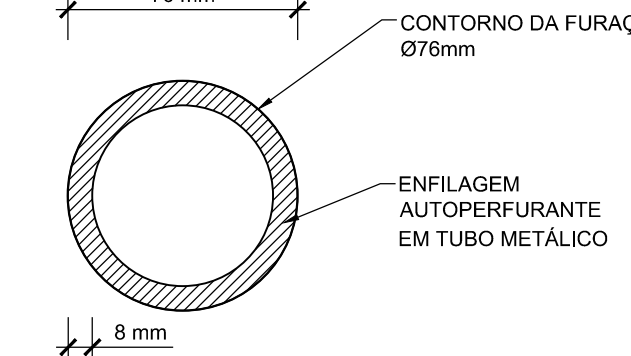
CORTE 2-2
ESC. 1:2,5



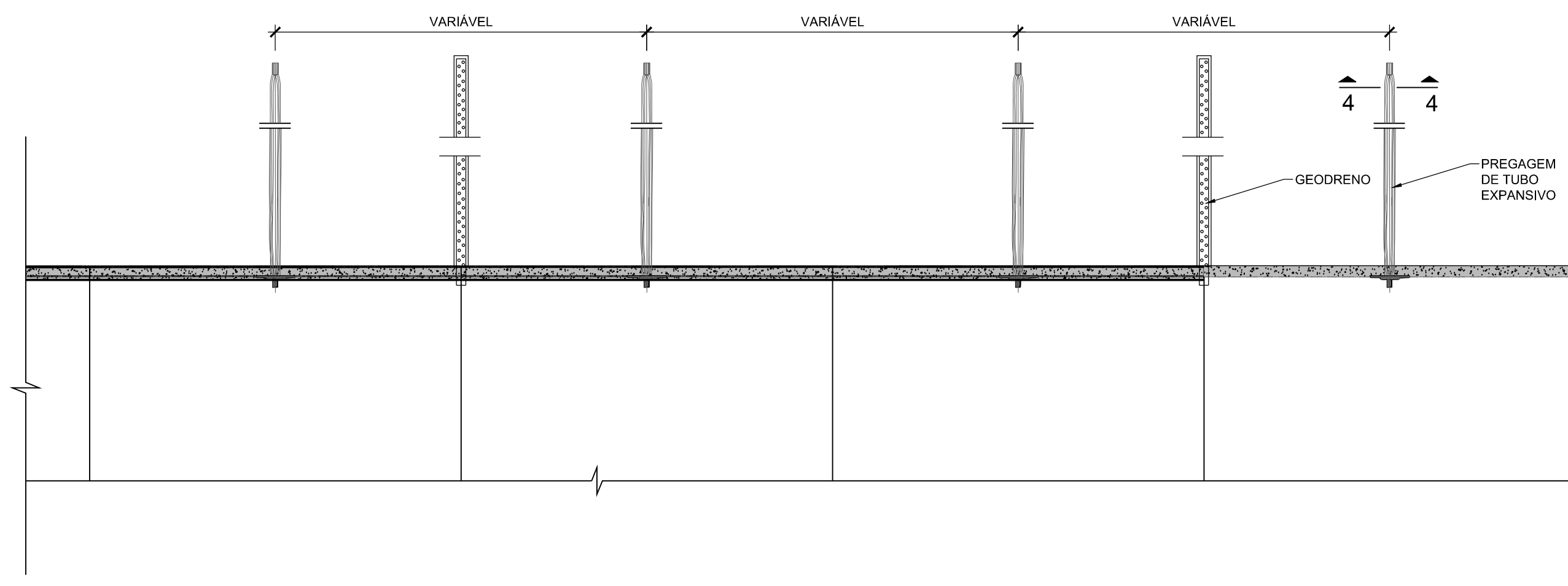
CORTE 3-3
ESC. 1:2,5



CORTE 4-4
ESC. 1:2,5

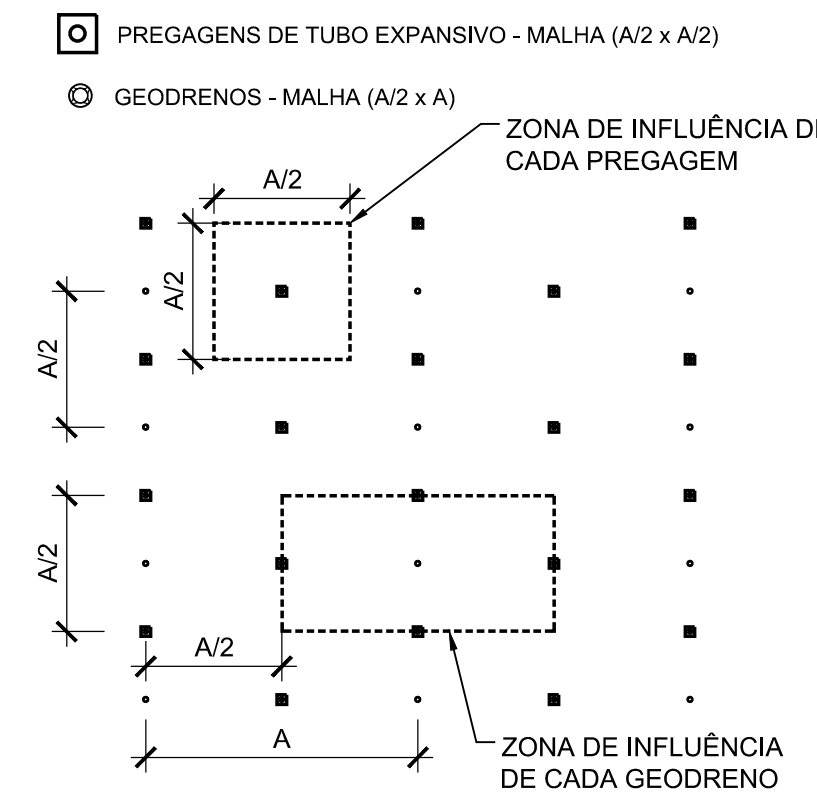


CORTE 5-5
ESC. 1:2,5

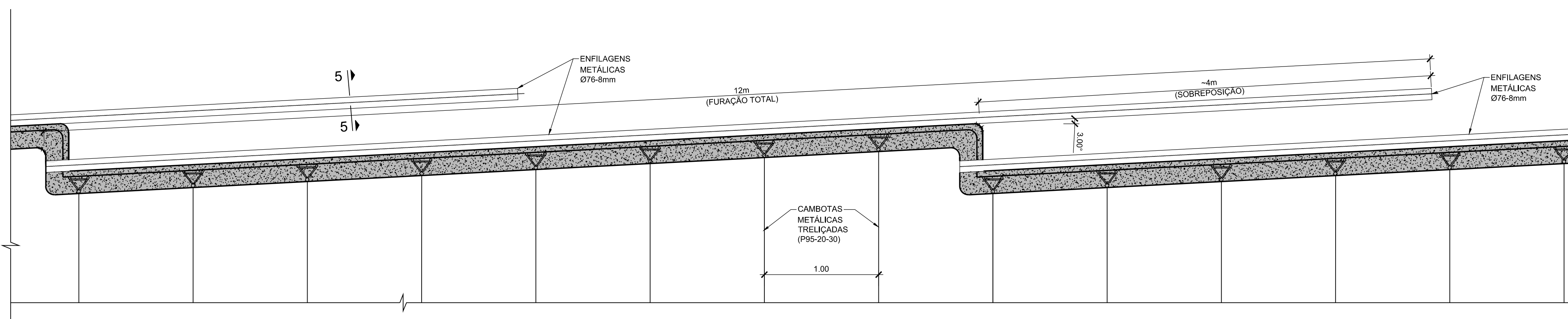


PORMENOR DE EXECUÇÃO DAS PREGAGENS EXPANSIVAS E GEODRENOS - SECÇÕES TV-B1, TV-B2, TV-C1, TV-B1* E TV-B2*
ESC. 1:100

LEGENDA



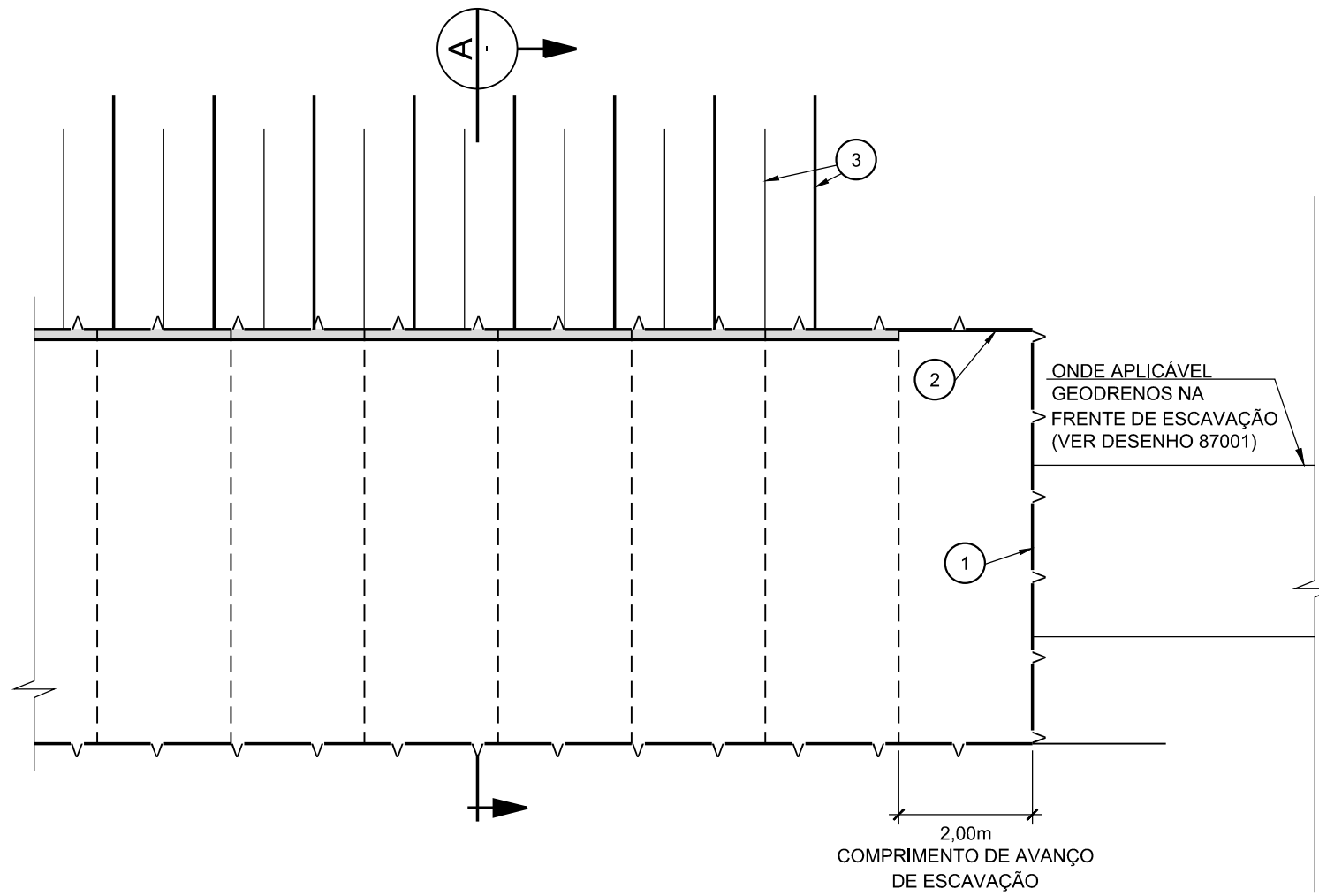
DISPOSIÇÃO DA MALHA DE PREGAGENS E GEODRENOS
ESC. 1:100



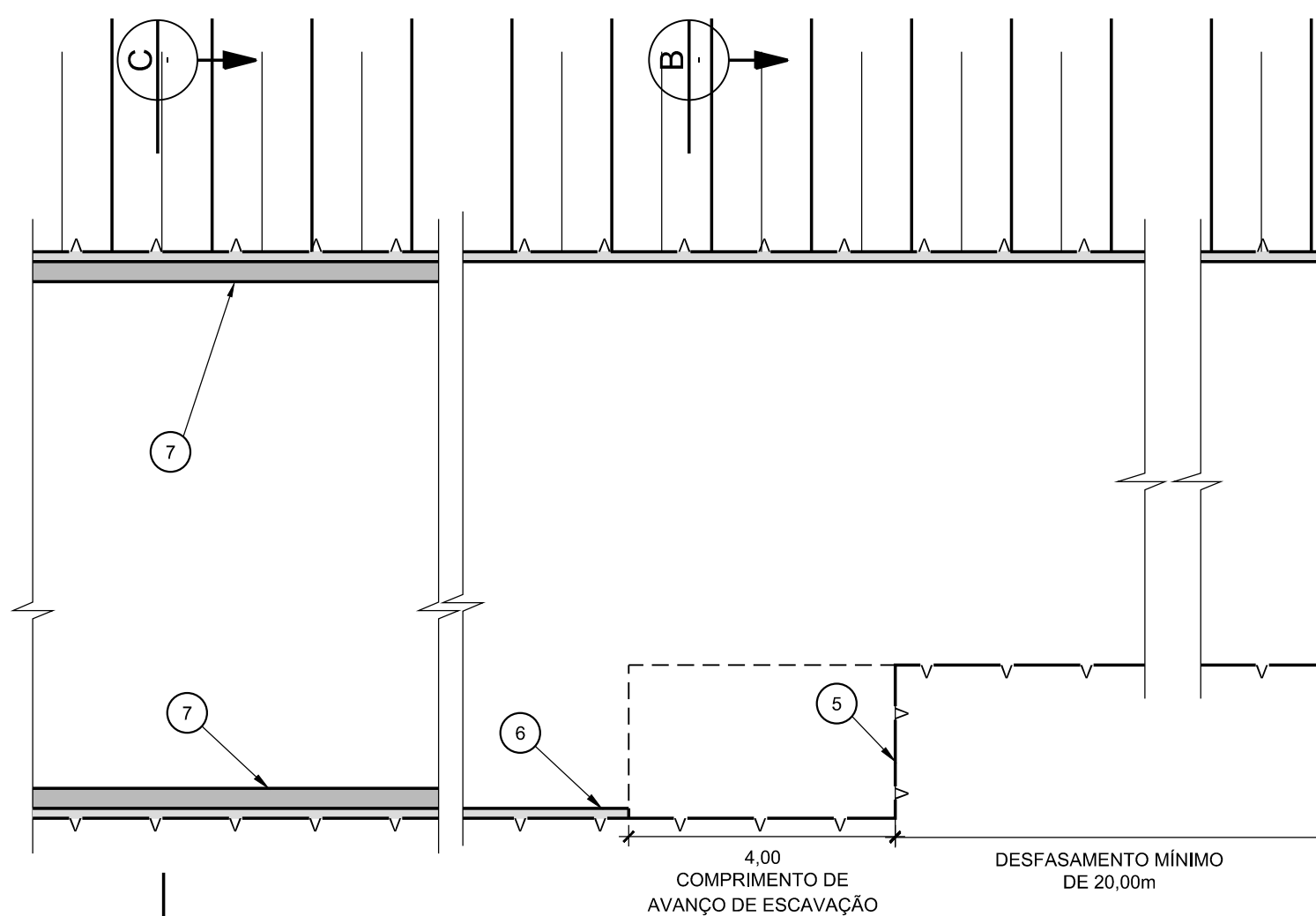
PORMENOR DE EXECUÇÃO DAS ENFILAGENS - SECÇÃO TV-D
ESC. 1:100

ALTERAÇÕES			
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TAS RVR
		DATA	DES. VERIF.

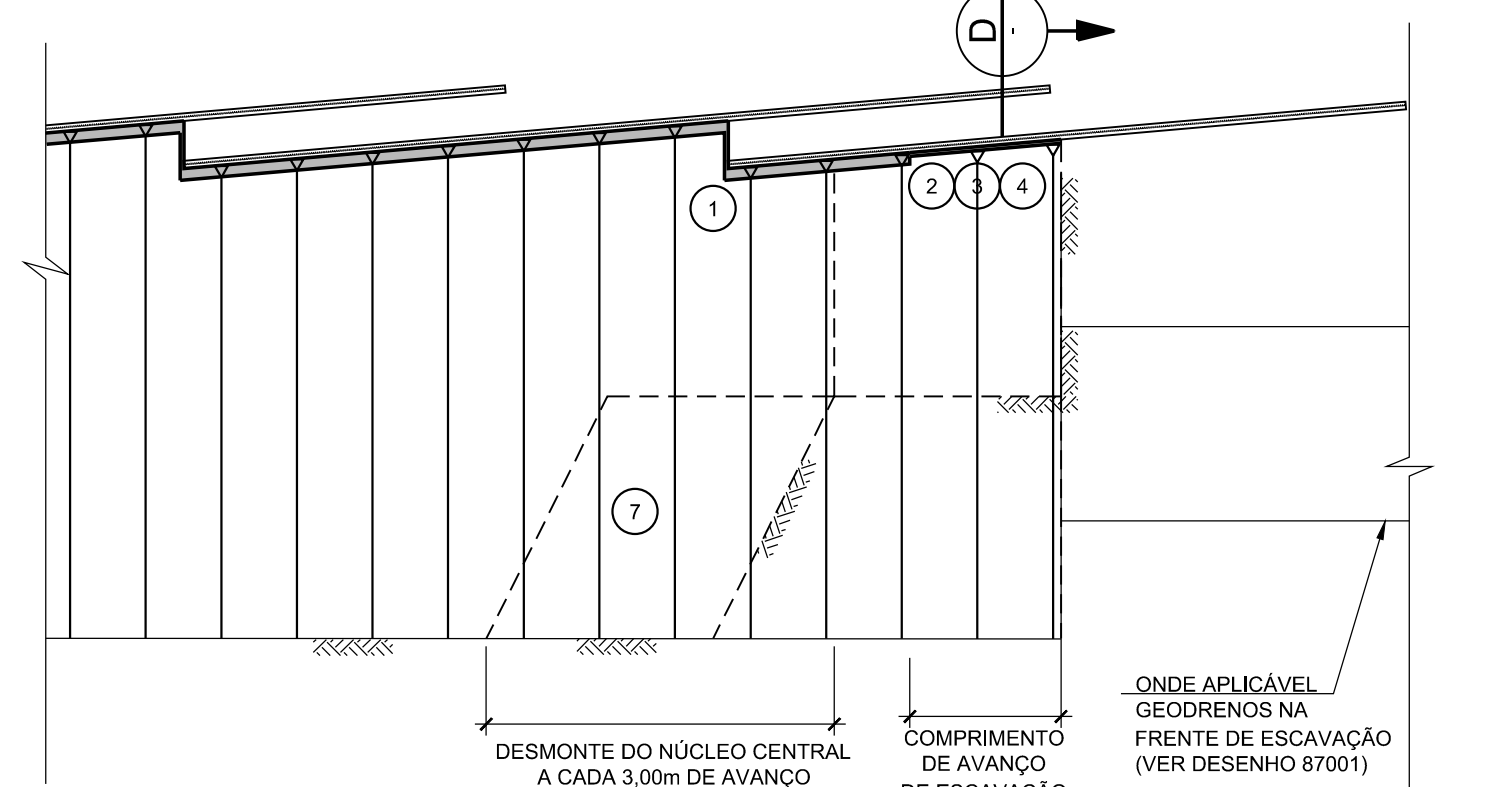
PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO		
ESTRUTURAS 85º TROÇO TÚNEL SECÇÃO TIPO D, CAMBOTA		
Data: Aprov. Verif. Proj. Des.	Escalas: Des. nº 133482 F. / Alter. Substituído Nº SAP Versão	
Aprov. RP Verif. RVR Proj. FAB Des. TNC	Identificação Empresa Proponente: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO Escalas: AS INDICADAS	Folha: /
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087005 0		Alter. 0



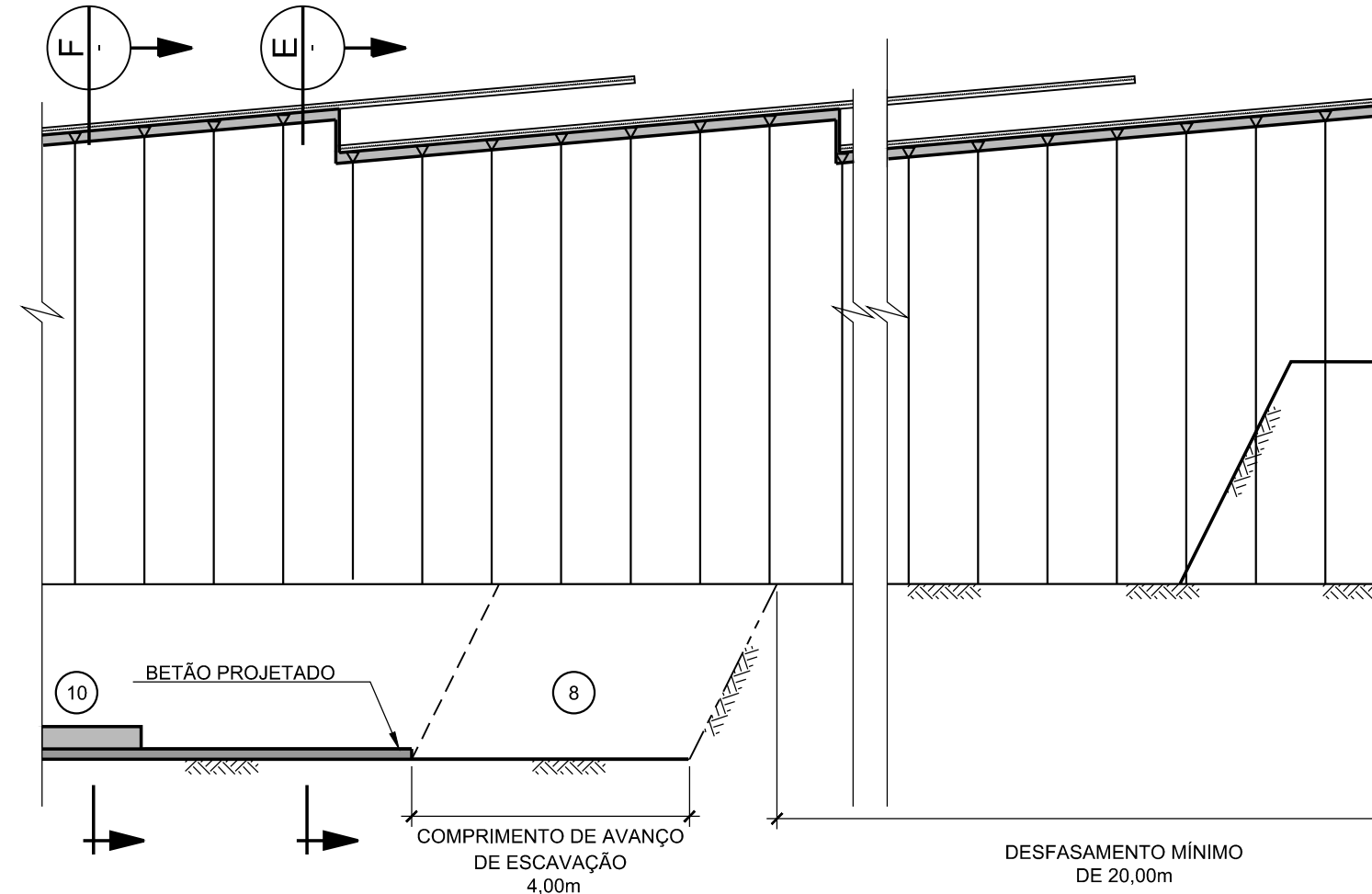
PERFIL LONGITUDINAL TIPO - SECÇÃO B1 / TV-B1* / TV-B2 / TV-B2* / TV-C1
ESC. 1:100



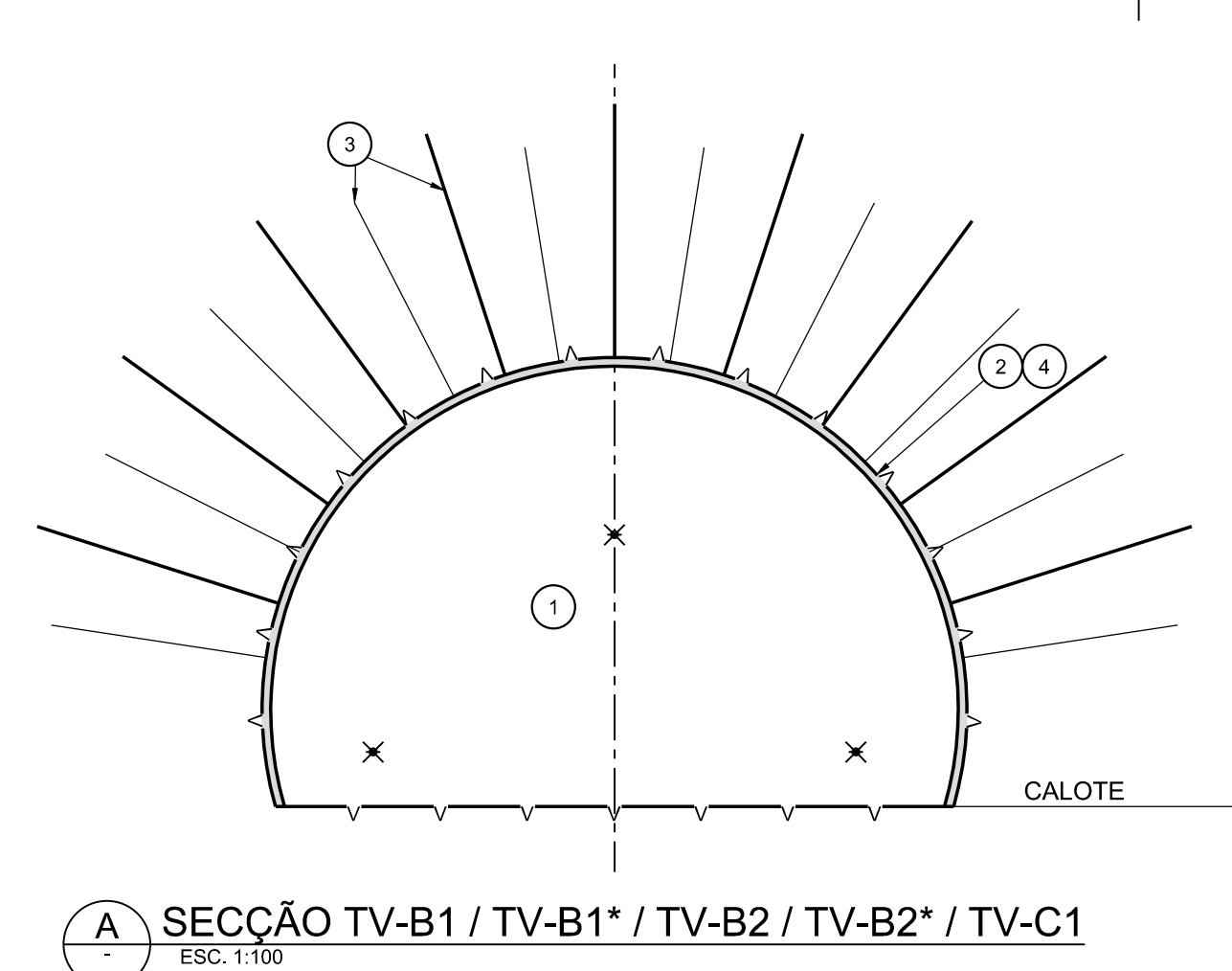
PERFIL LONGITUDINAL TIPO - SECÇÃO TV-B1 / TV-B1* / TV-B2 / TV-B2* / TV-C1
ESC. 1:100



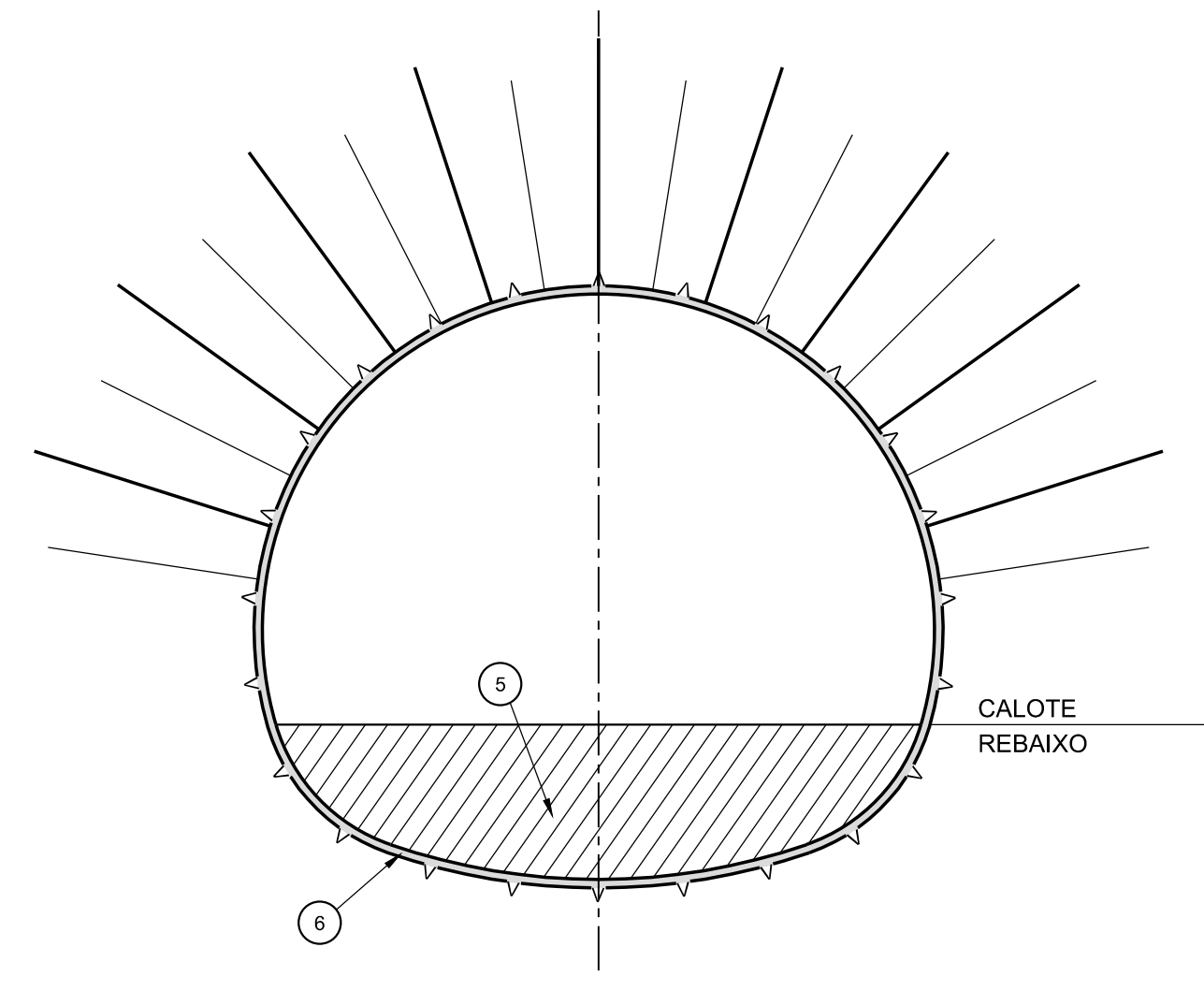
PERFIL LONGITUDINAL TIPO - SECÇÃO TV-D
ESC. 1:100



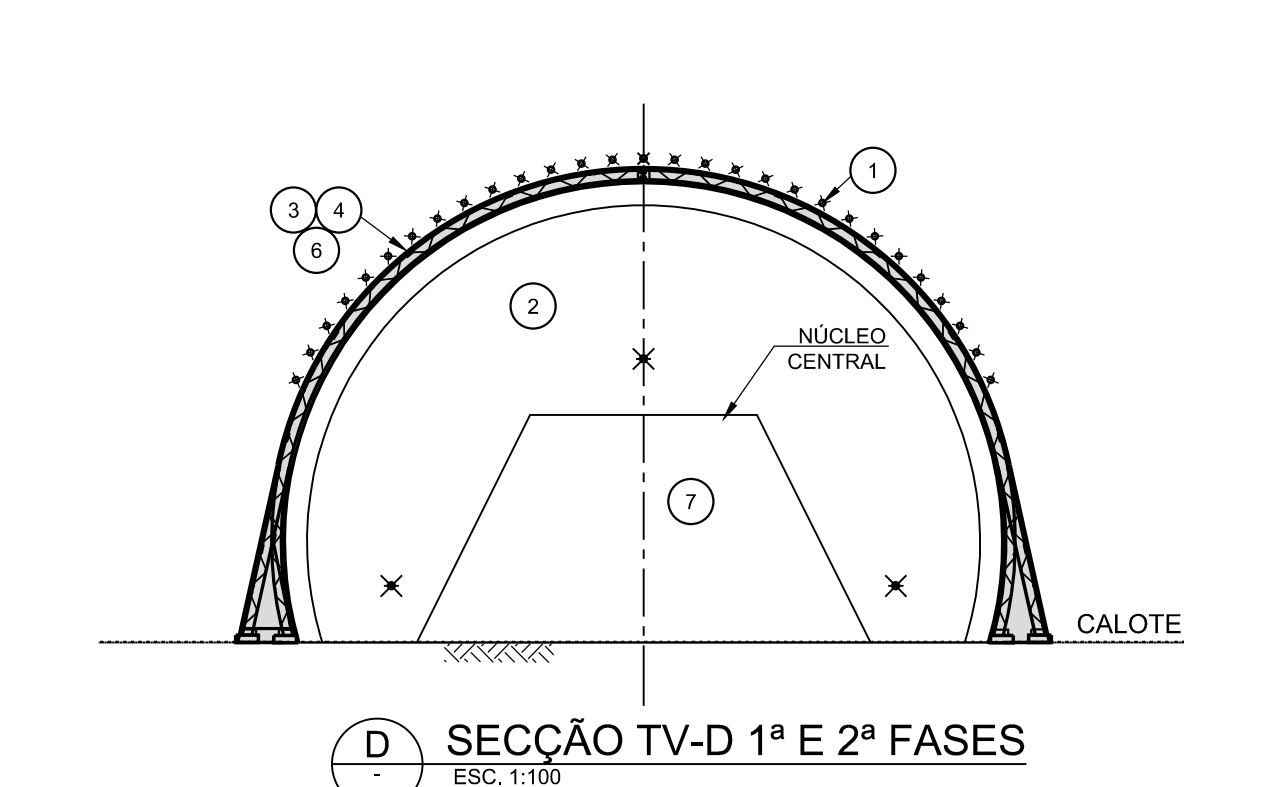
PERFIL LONGITUDINAL TIPO - SECÇÃO TV-D
ESC. 1:100



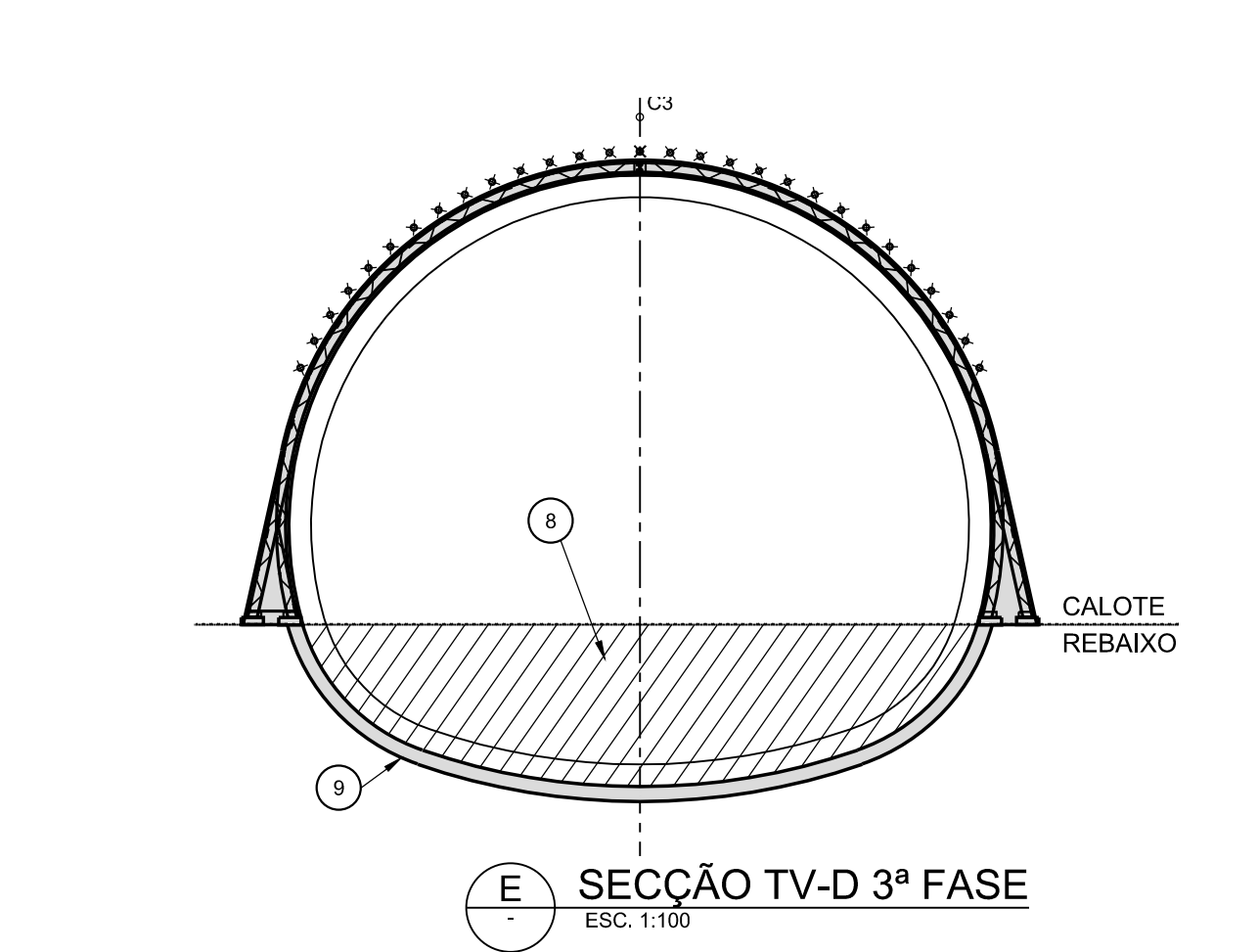
A SECÇÃO TV-B1 / TV-B1* / TV-B2 / TV-B2* / TV-C1
ESC. 1:100



B SECÇÃO TV-B1 / TV-B1* / TV-B2 / TV-B2* / TV-C1 1ª FASE
ESC. 1:100



D SECÇÃO TV-D 1ª E 2ª FASES
ESC. 1:100

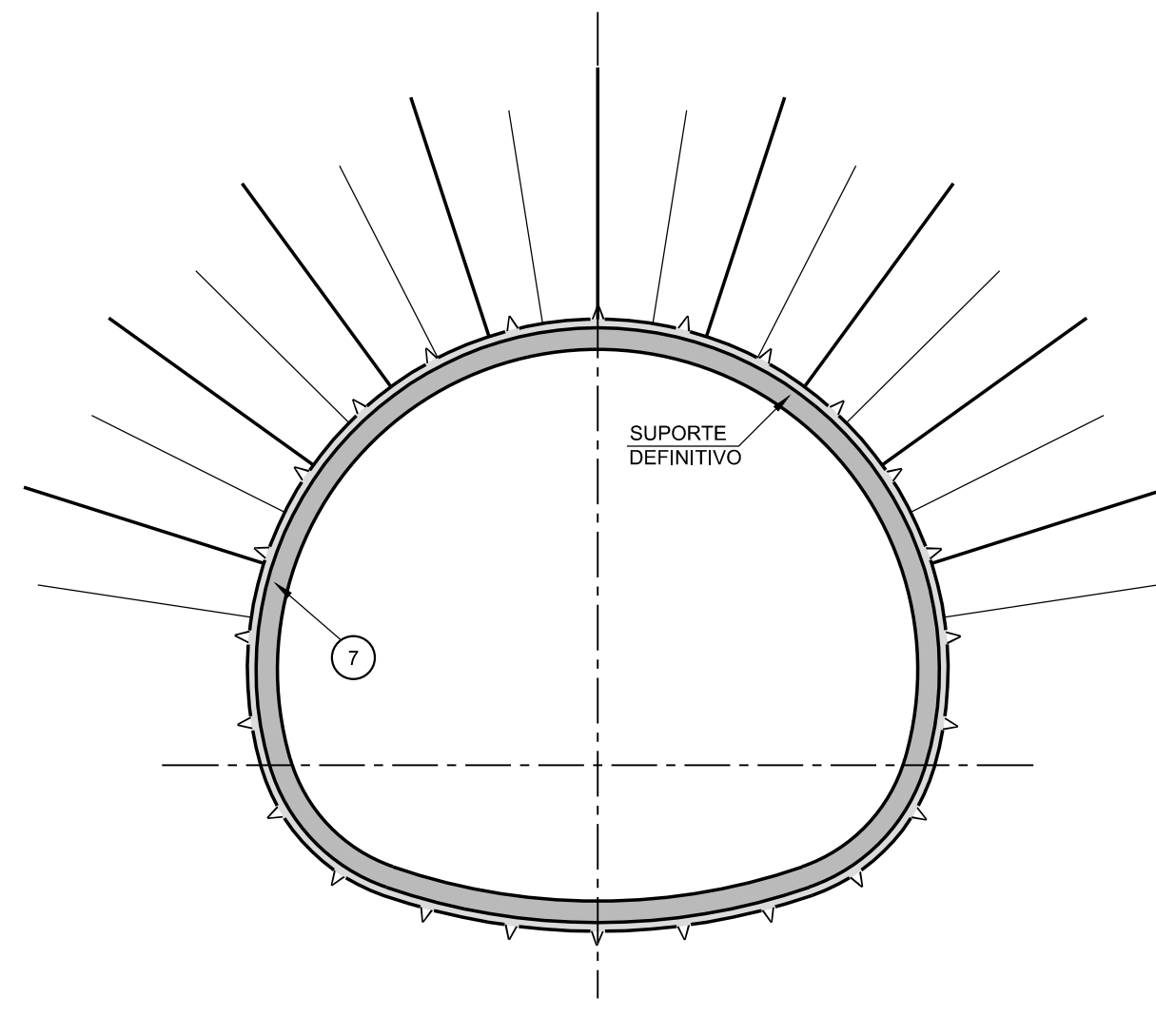


E SECÇÃO TV-D 3ª FASE
ESC. 1:100

MÉTODO CONSTRUTIVO - SECÇÕES B1, B1*, B2, B2* e C1

1ª FASE

- 1 - ESCAVAÇÃO DA FASE 1 EM AVANÇOS DE 2,00m (AJUSTÁVEL EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS ENCONTRADAS);
 - 2 - EXECUÇÃO DE UMA CAMADA DE 5cm EM BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS IMEDIATAMENTE APÓS A ESCAVAÇÃO PARA MINUIÇÃO DA DESCOMPRESSÃO E REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE
 - 3 - EXECUÇÃO DE PREGAGENS E DOS GEODRENOS (ONDE APLICÁVEL) E INSTALAÇÃO DE PRISMAS DE CONVERGÊNCIA PARA MONITORIZAÇÃO DA DEFORMAÇÃO DO SUPORTE PRIMÁRIO;
 - 4 - APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE 5cm DE BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
- 2ª FASE**
- 5 - ESCAVAÇÃO DE AVANÇOS DE 4,00m DA 2ª FASE COM UM DESFASAMENTO MÍNIMO DE 20,00m RELATIVAMENTE À 1ª FASE;
 - 6 - APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE 5cm DE BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
 - 7 - COLOCAÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO E EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO DEFINITIVO.



C SECÇÃO TV-B1 / TV-B1* / TV-B2 / TV-B2* / TV-C1 2ª FASE
ESC. 1:100

MÉTODO CONSTRUTIVO - SECÇÃO D

1ª FASE

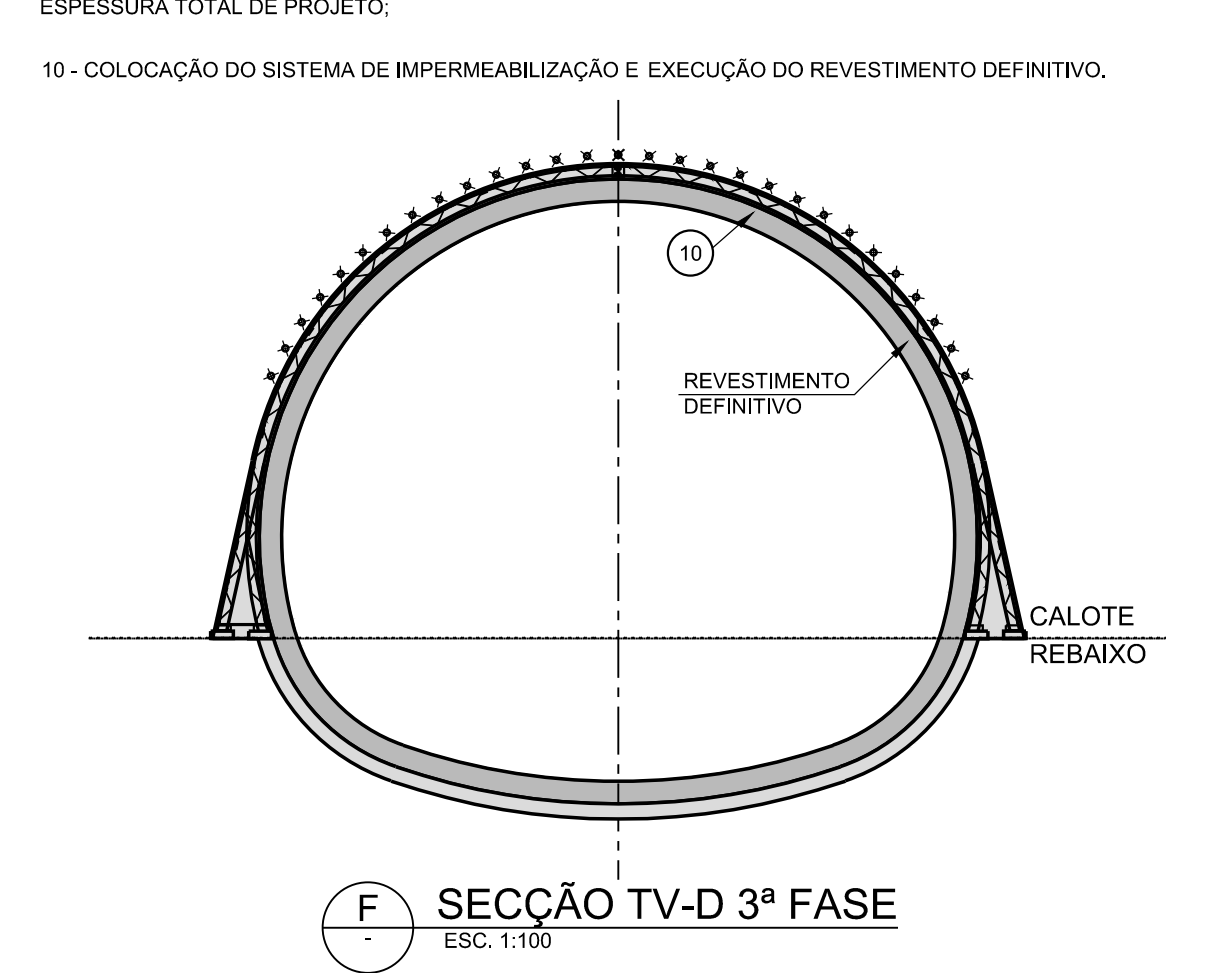
- 1 - EXECUÇÃO DE UM CHAPÉU TRONCOCÔNICO DE ENFILAGENS METÁLICAS;
- 2 - ESCAVAÇÃO DA 1ª FASE EM AVANÇOS DE 2,00m (AJUSTÁVEL EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS ENCONTRADAS);
- 3 - EXECUÇÃO DE UMA CAMADA DE 5cm EM BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS IMEDIATAMENTE APÓS A ESCAVAÇÃO PARA MINUIÇÃO DA DESCOMPRESSÃO E REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE
- 4 - INSTALAÇÃO DE CÂMBOTAS METÁLICAS TRELICADAS A CADA 1,00m;
- 5 - EXECUÇÃO DE GEODRENOS (ONDE APLICÁVEL) E INSTALAÇÃO DE PRISMAS DE CONVERGÊNCIA PARA MONITORIZAÇÃO DA DEFORMAÇÃO DO SUPORTE PRIMÁRIO;
- 6 - APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE 5cm DE BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;

2ª FASE

- 7 - DESMONTE DO NÚCLEO CENTRAL A CADA AVANÇO DE 3,00m;

3ª FASE

- 8 - ESCAVAÇÃO DA 3ª FASE EM AVANÇOS DE 4,00m RELATIVAMENTE À 1ª FASE COM UM DESFASAMENTO MÍNIMO DE 20,00m
- 9 - APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE 5cm DE BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
- 10 - COLOCAÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO E EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO DEFINITIVO.



F SECÇÃO TV-D 3ª FASE
ESC. 1:100

MATERIAIS:

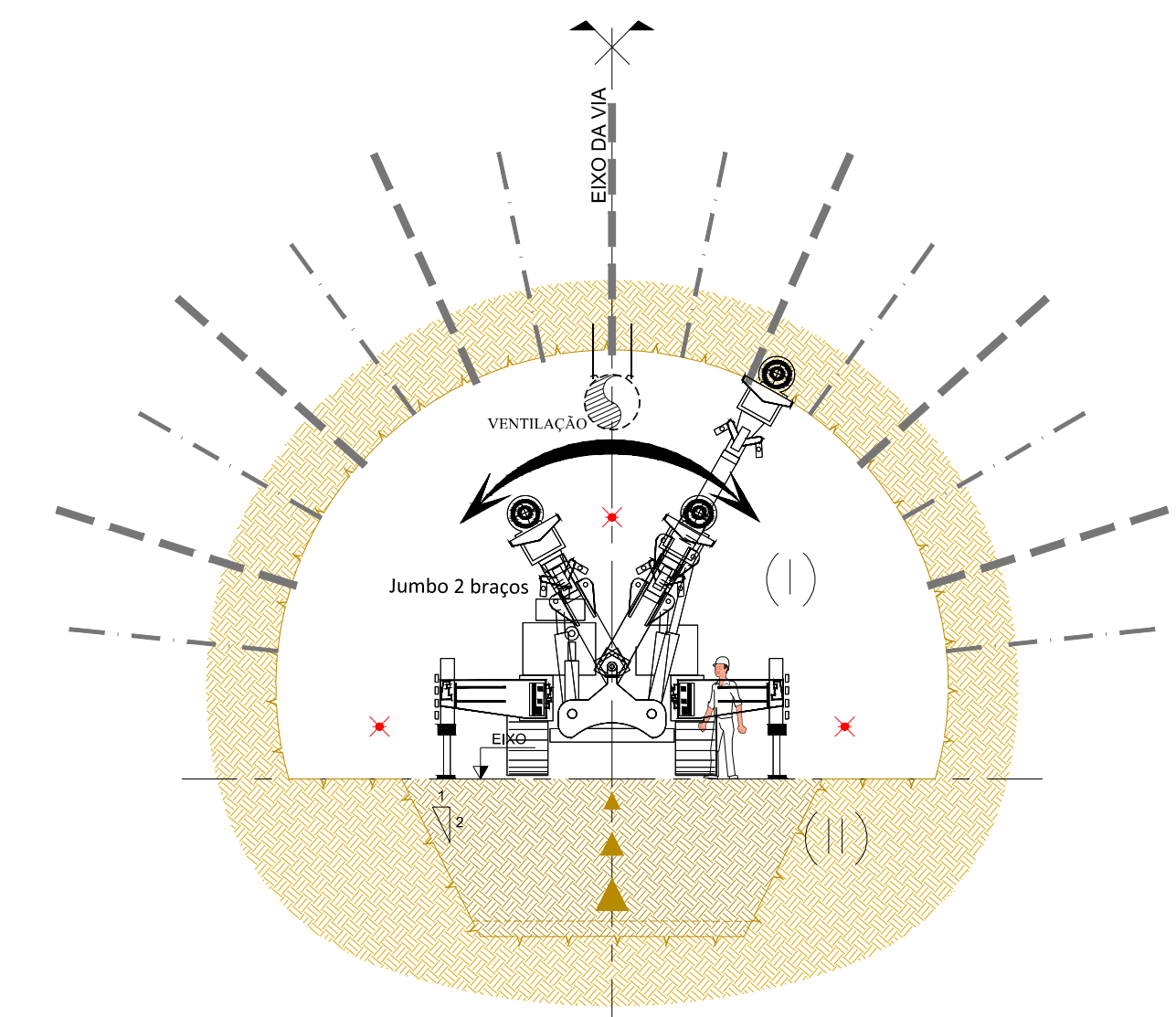
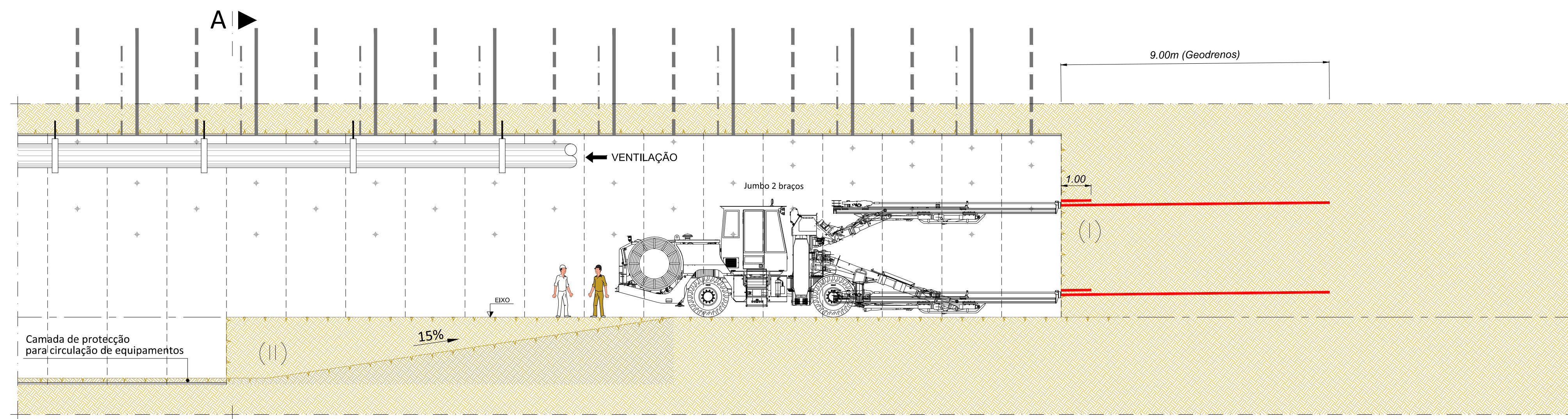
BETÃO (NP EN 206-1):	
Betão projetado (via húmida)	C30/37 XC4(P) CL 0.4 D _{MAX} 10 S5
Regularização/Enchimento	C12/15 XC0(P) CL 1.0 D _{MAX} 25 S3
FIBRAS METÁLICAS:	
Resistência à tração	1500 MPa
Comprimento (extremidade em gancho)	< 35mm
Esbelzeza, L/D	65
Dosagem mínima de fibras	25 kg/m ³
Classe de absorção de energia	E700
AÇO:	
Chapas e perfis metálicos	S 355 JR
Cambotas treliçadas	A500 NR
Rede eletrossoldada	A 500 ER
Enfilagens	S 355 JR
Elementos de fixação metálica	CLASSE 8.8
No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no REAE, NP 1515 E NP EN 1993	
PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO	
Carga mínima de cedência	Py = 130 kN
Tipo de aço	S 355 MC
FIBRA DE VIDRO:	
Resistência à tração	≥ 2000 MPa
Carga nominal de rotura	430 kN
CALDA DE CIMENTO:	
f _{ck} (7 dias)	EQUIVALENTE A C25/30
Relação A/C	A/C = 0,45
GEODRENOS:	
Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	SN2
GEOTÊXTIL DO GEODRENO:	
Massa por unidade de área (EN 9864)	150 g/m
Espessura (EN ISO 9863-1)	2mm
Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m
Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80 %
Punção estática (EN ISO 12236)	≥ 700 N
Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28mm
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)	

NOTAS:

1. O ganho de resistência médio do betão projetado em 24 horas deverá ser superior a f_{ck, cube} > 10 MPa; em 3 dias deverá ser superior a f_{ck, cube} > 24 MPa; em 7 dias deverá ser superior a f_{ck, cube} > 30 MPa; em 28 dias deverá ser superior a f_{ck, cube} > 37 MPa.
2. Caso o material da frente de escavação apresente carácter evoluto e/ou maciço muito fraturado, deverá proceder-se à proteção da frente com betão projetado.
3. Conforme definido, prevê-se a colocação de geodrenos nos hasteais, abóbada e frente de escavação do suporte primário. Função da realidade hidrogeológica efetivamente encontrada durante a obra, poderá existir a necessidade de realizar elementos adicionais.
4. Os avanços definidos no projeto serão a confirmar, em função das reais condições geológicas e geotécnicas encontradas durante a obra e também, em função dos resultados obtidos ao nível da monitorização. Caso se justifique a solução definida pode ter que ser ajustada.

ALTERAÇÕES			
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TAS
		DATA	DES.
			VERIF.
PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO ESTRUTURAS 85º TROÇO TÚNEL SECÇÕES TIPO TV-B, TV-C E TV-D, MÉTODO CONSTRUTIVO		 Escalas: Des. nº 133483 F. / Alter. / Substituído / Nº SAP / Versão / Folha /	
Aprox. RP Verif. RVR Proj. FAB Des. TNC		MOTACENIL ENGENHARIA COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO Identificação Empresa Proponente Escalas: 1/100 Folha: / Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087006 0 Alter. 0	

SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1



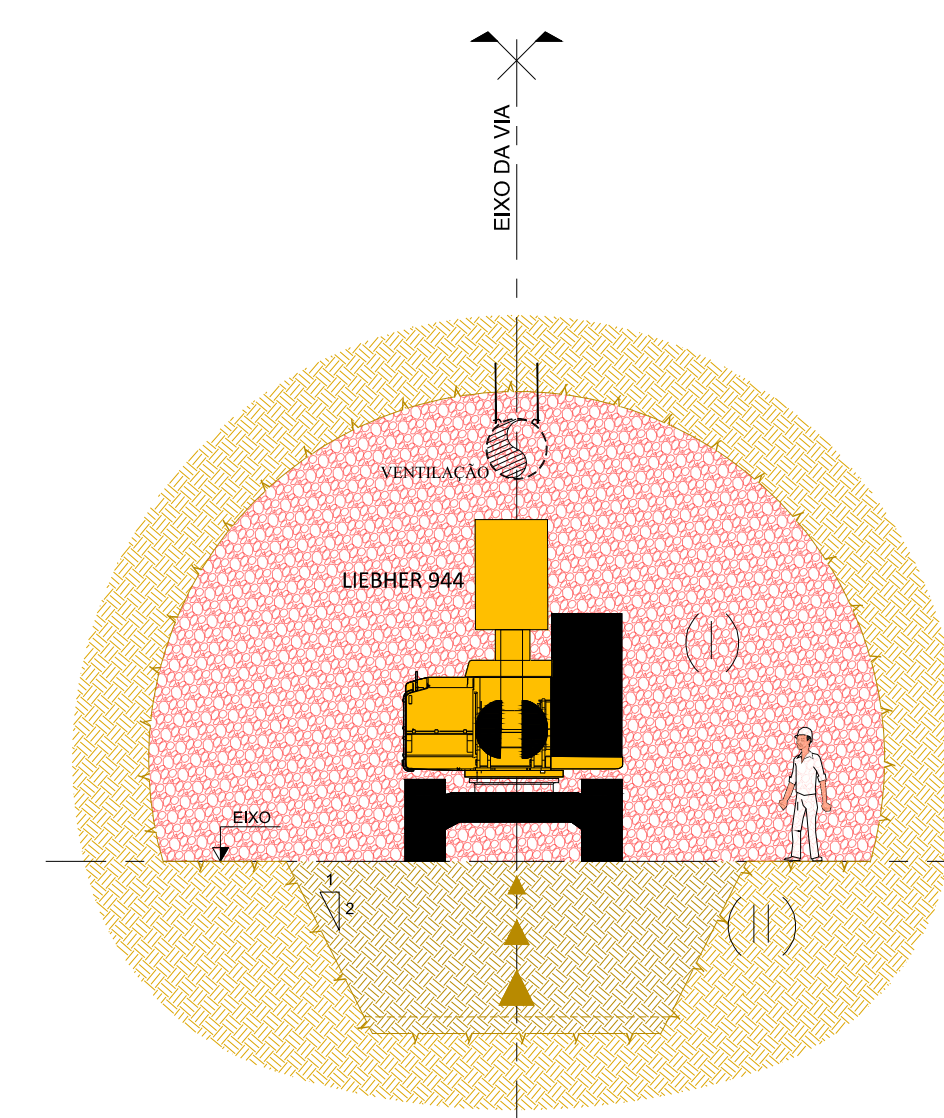
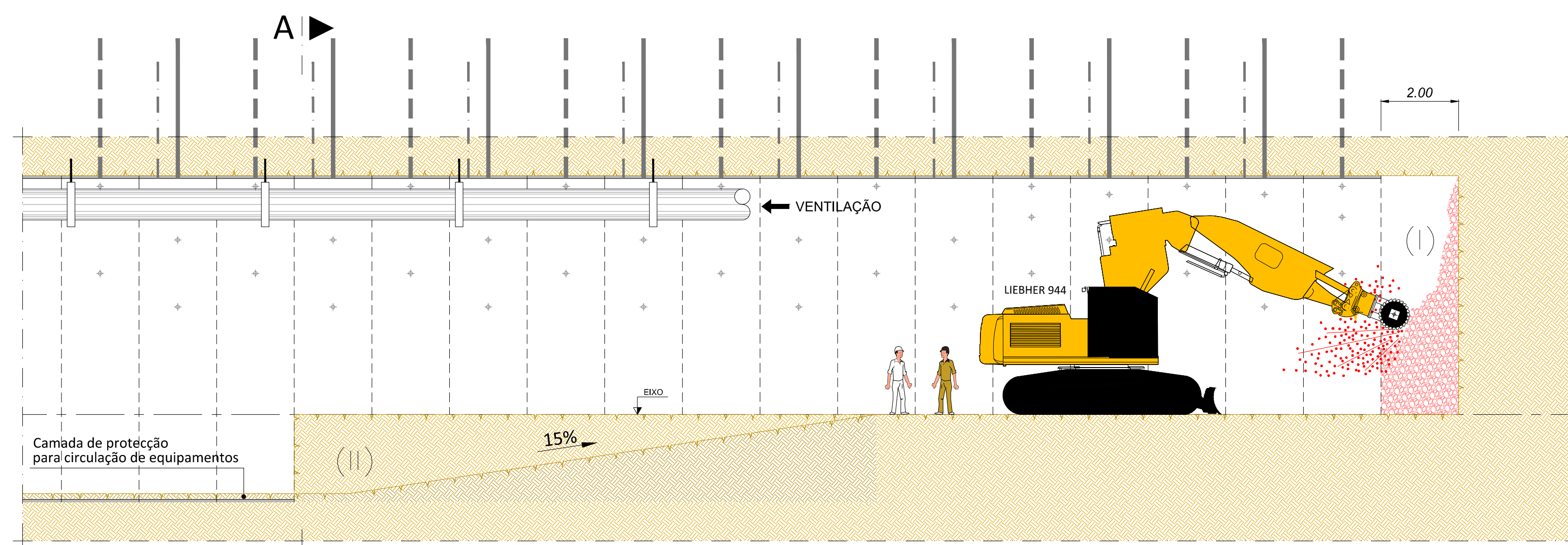
Fase 1: A ▶

- Execução de 3 geodrenos na frente (nas zonas assinaladas com ***) $\varnothing 50\text{mm}$ L=9,00m e furação $\varnothing 76\text{mm}$ e sobreposição de 1.00m, com jumbo de 2 braços.

Corte A

(Escala: 1/100)

SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1



Fase 2: A ▶

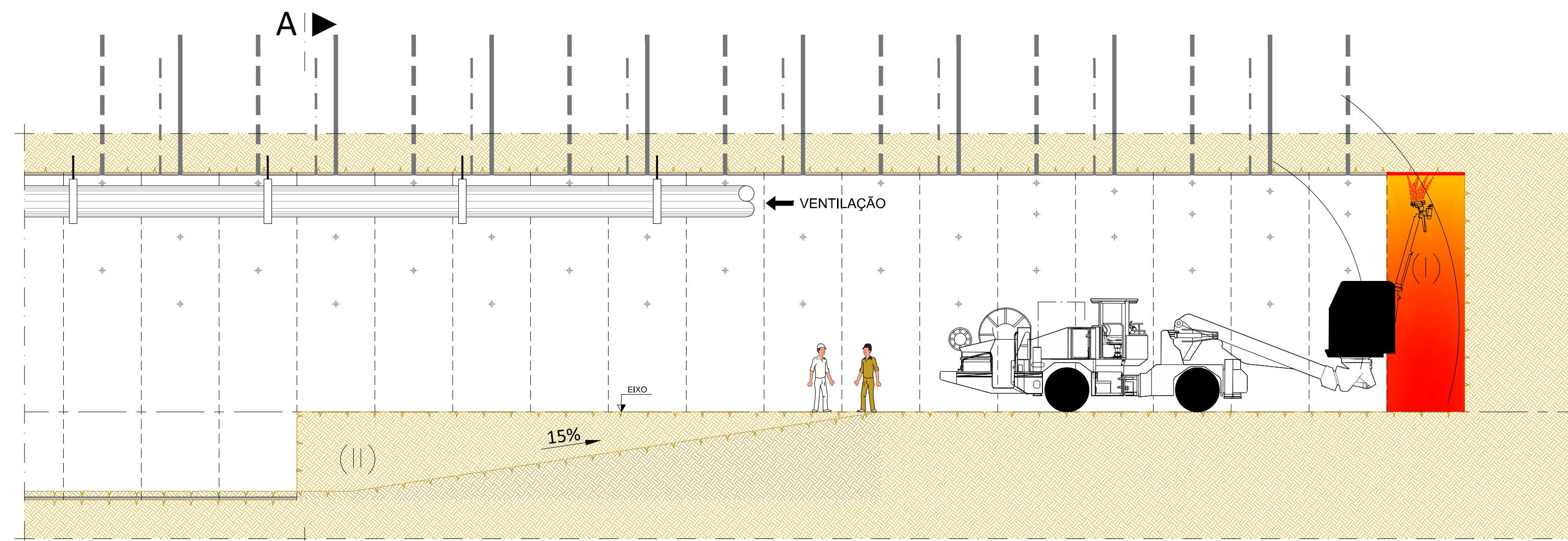
- Escavação de avanço de 2.00m, da abóbada (I), com escavadora do tipo LIEBHERR 944 com cabeça roçadora

Corte A

(Escala: 1/100)

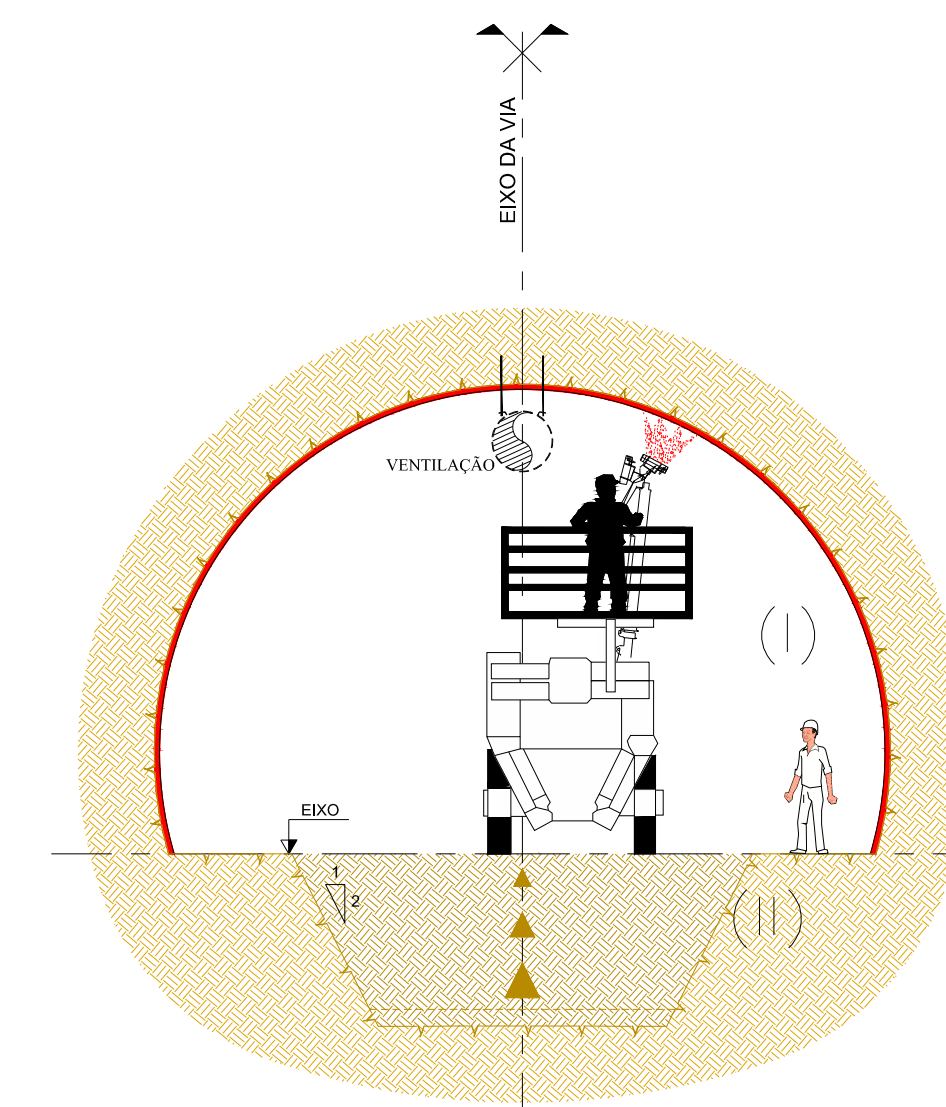
ALTERAÇÕES		0 EMISSÃO INICIAL		03/10/2024	TNC	RVR
DATA	DES.	VERIF.	VERIF.	DATA	DES.	VERIF.
Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara		Projeto de Execução		MOTAENGIIL ENGENHARIA		
ESTRUTURAS		TUNEL DE VIA		Des. n.º 133484		
METODOLOGIA DE EXECUÇÃO		SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		Alter.:		
Substituído		N.º SAP		Versão		
Des.		Folha		Folha		
Aprov. RVP 05/07/2024		Verif. RVR 05/07/2024		Pres. FAB 05/07/2024		Des. TNC 05/07/2024
Identificação Empresa Projeção:		COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO		Escala: 1/100		
Desenho nº: LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087901 0		Alter.:		0		

SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1



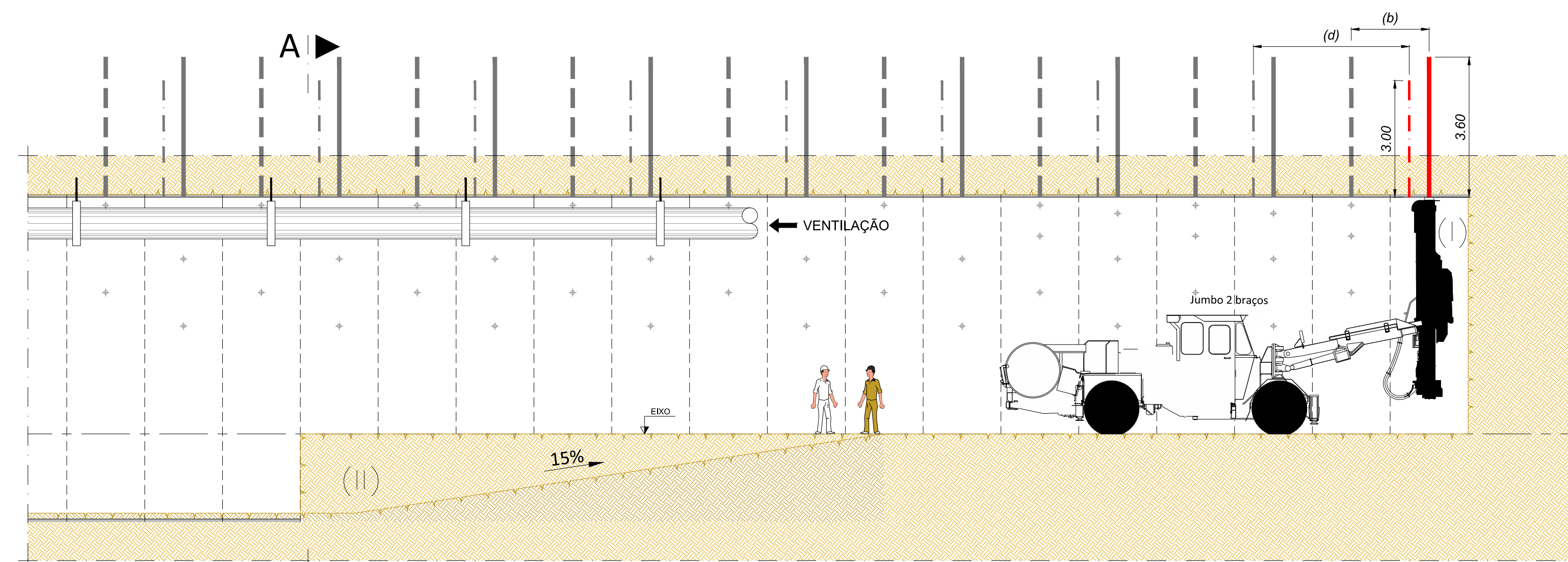
Fase 5: A ▶

- Aplicação de camada de regularização de betão projetado com fibras metálicas, na abóbada, com robot de projecção.



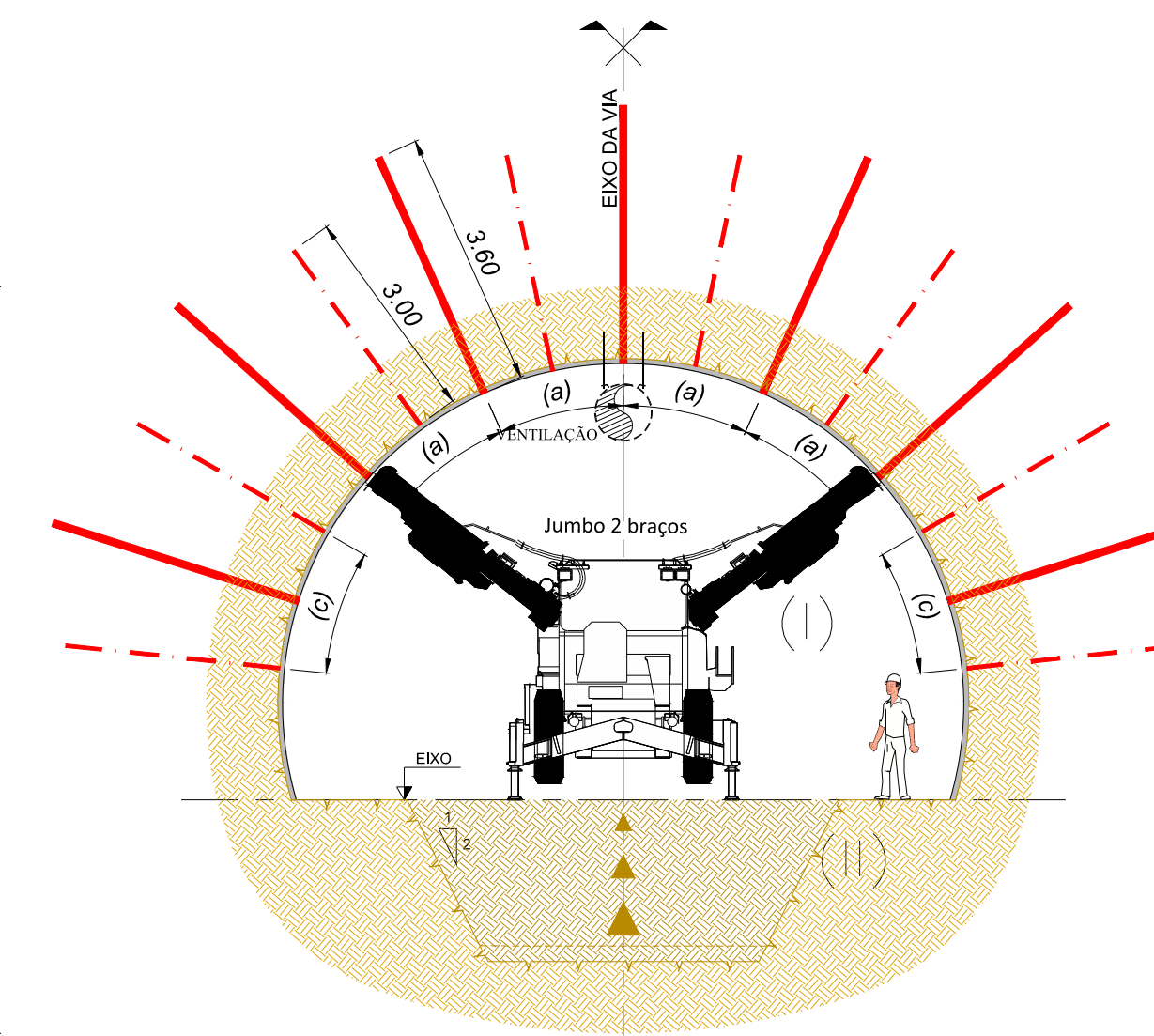
Corte A
(Escala: 1/100)

SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1



Fase 6: A ▶

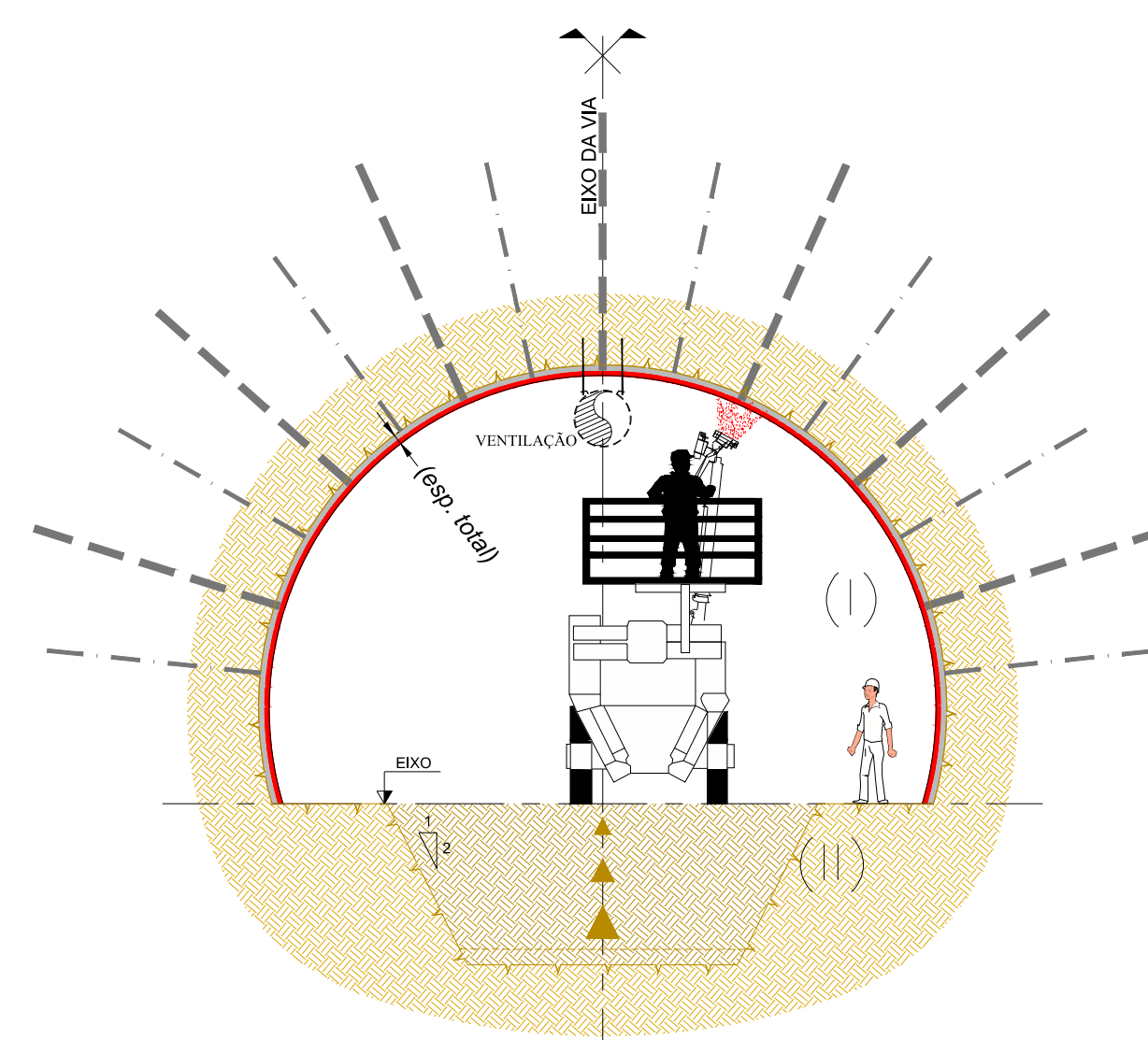
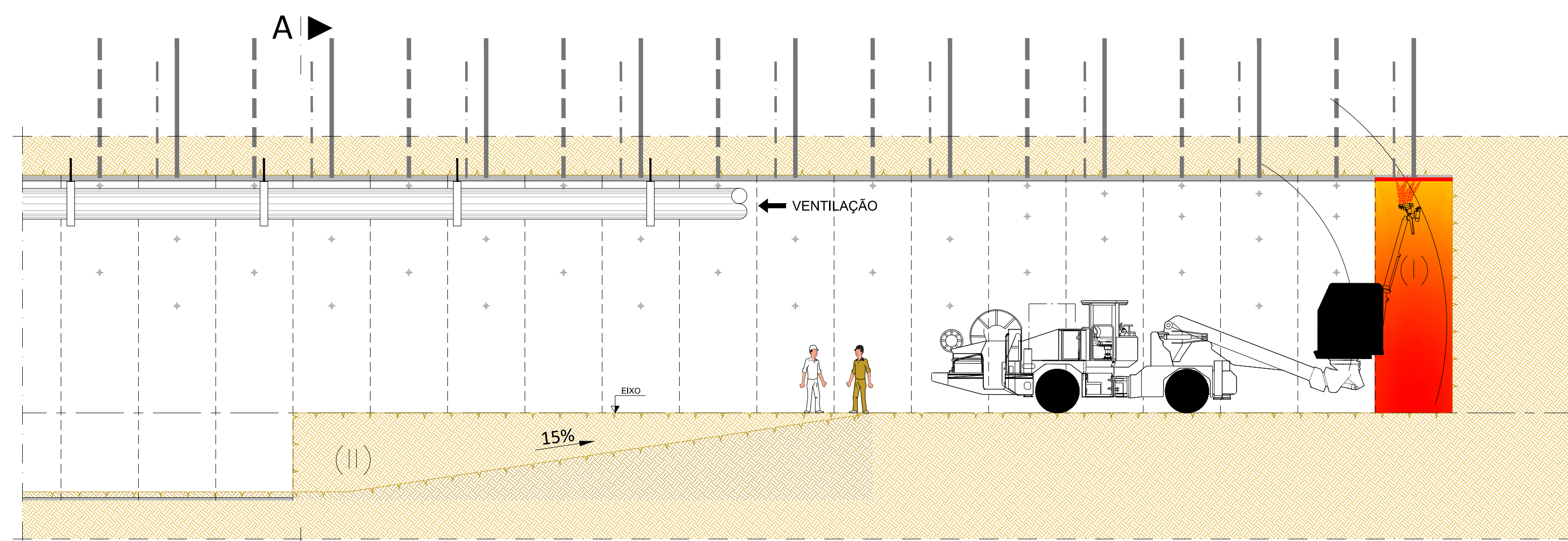
- Instalação de pregagens de tubo expansivo L=3,60m, com jumbo de 2 braços.
 - Secção TV-B1: = Dispostas em malha 2.00m(a) x 2.00m(b) em quincôncio
 - Secção TV-B2: = Dispostas em malha 1.80m(a) x 1.80m(b) em quincôncio
 - Secção TV-C1: = Dispostas em malha 1.50m(a) x 1.50m(b) em quincôncio
- Execução de geodrenos (nas zonas assinaladas com **) quando aplicável. Ø50mm L=3,00m furação Ø76mm, com jumbo de 2 braços.
 - Secção TV-B1: = Dispostas em malha 2.00m(c) x 4.00m(d)
 - Secção TV-B2: = Dispostas em malha 1.80m(c) x 3.60m(d)
 - Secção TV-C1: = Dispostas em malha 1.50m(c) x 3.00m(d)



Corte A
(Escala: 1/100)

ALTERAÇÕES		PROMISSÃO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA		Metropolitano de Lisboa	
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TNC	RVR	
Data:		Des. n.º		Escala:	
Aprov.		133486		1/100	
Verif.		Alter.		Folha	
Proj.		Substituído		Versão	
Des.		N.º SAP		Folha	
Aprov. RVP		Identificação Empresa Projeção:		MOTAENGIL ENGENHARIA	
Verif. RVR		COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO		JET. JLCM	
Proj. FAB		Escala:		1/100	
Des. TNC		Folha:		3 / 6	
Desenho nº		Alter.		0	
LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087903 0					

SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1



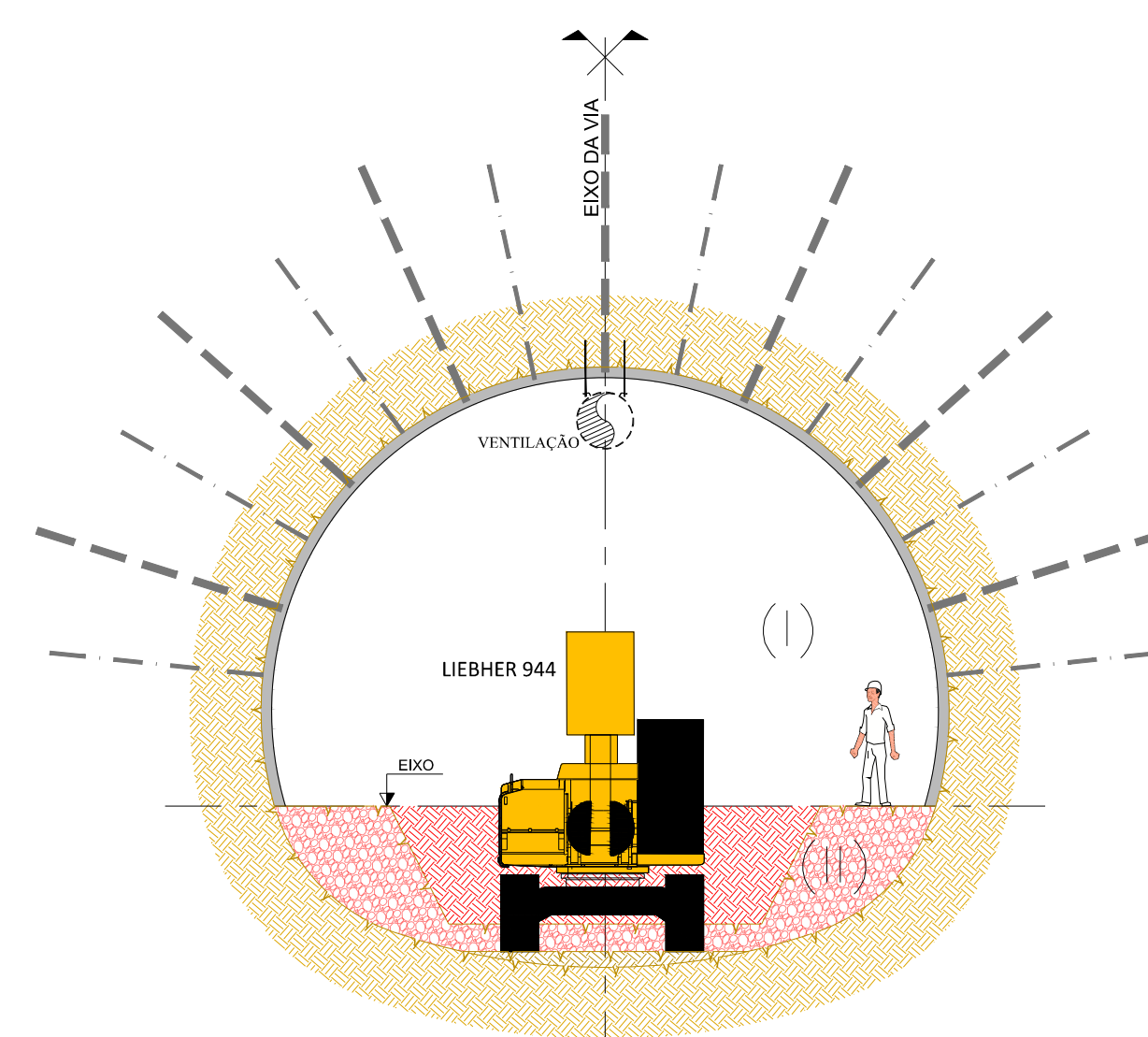
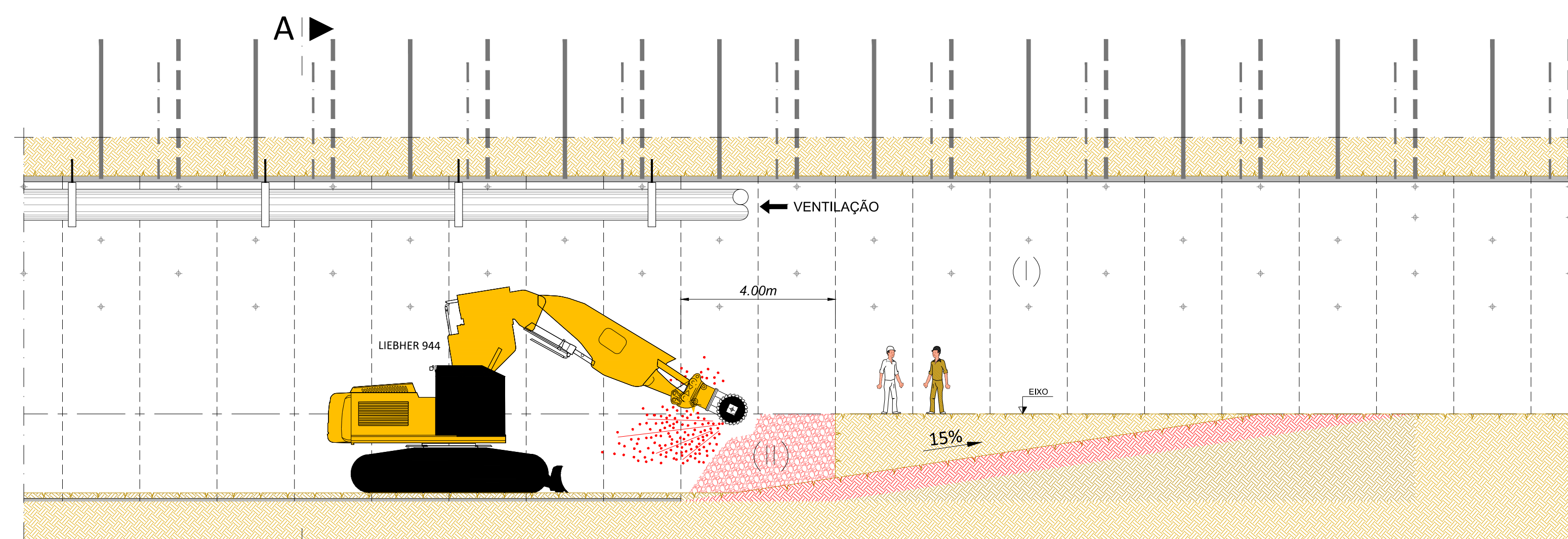
Fase 7: A ▶

- Aplicação sucessiva de camadas de betão projetado com fibras metálicas, na abóbada, até atingir a espessura total de projeto.
 - Secção TV-B1: (esp. total) = 7cm
 - Secção TV-B2: (esp. total) = 12cm
 - Secção TV-C1: (esp. total) = 15cm

Corte A

(Escala: 1/100)

SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1



Fase 8: A ▶

- Escavação da soleira (II), com avanço de 4.00m e reposicionamento da rampa de acesso provisório, com escavadora do tipo Liebherr 944, com cabeça roçadora.

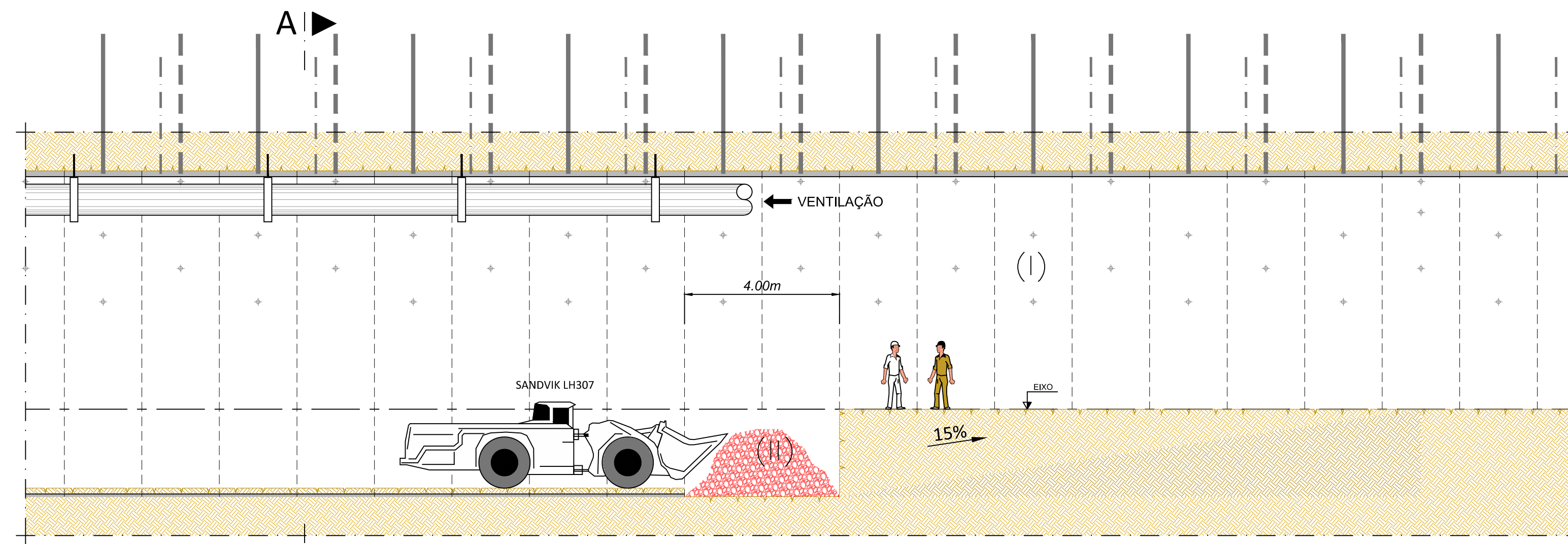
Corte A

(Escala: 1/100)

ALTERAÇÕES		DATA		DES.		VERIF.	
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TNC	RVR			

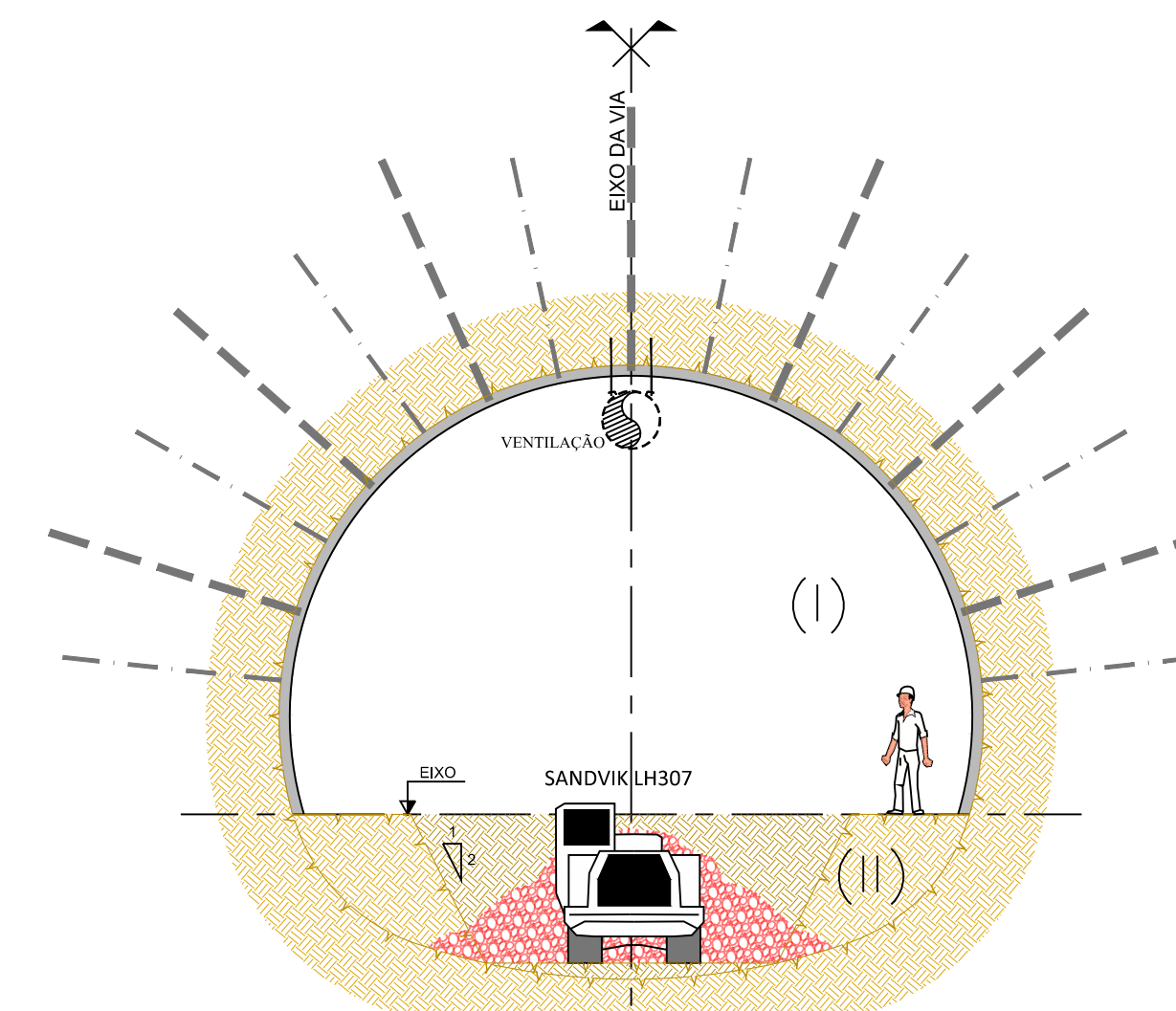
Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara PROJETO DE EXECUÇÃO		
ESTRUTURAS TÚNEL DE VIA METODOLOGIA DE EXECUÇÃO SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		
Data: _____ Aprov. _____ Verif. _____ Proj. _____ Des. _____	Escalas: Des. n.º 133487 F. / / Alter. _____ Substituído _____ Nº SAP _____ Versão _____ Folha _____	
Aprov. RVP 05/07/2024 Verif. RVR 05/07/2024 Proj. FAB 05/07/2024 Des. TNC 05/07/2024	Identificação Empresa Projeção: COBA / JET S.J. / JLGM / TALPROJECTO Escalas: 1/100 Folha: 4 / 6	Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087904 0 Alter. 0

SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1



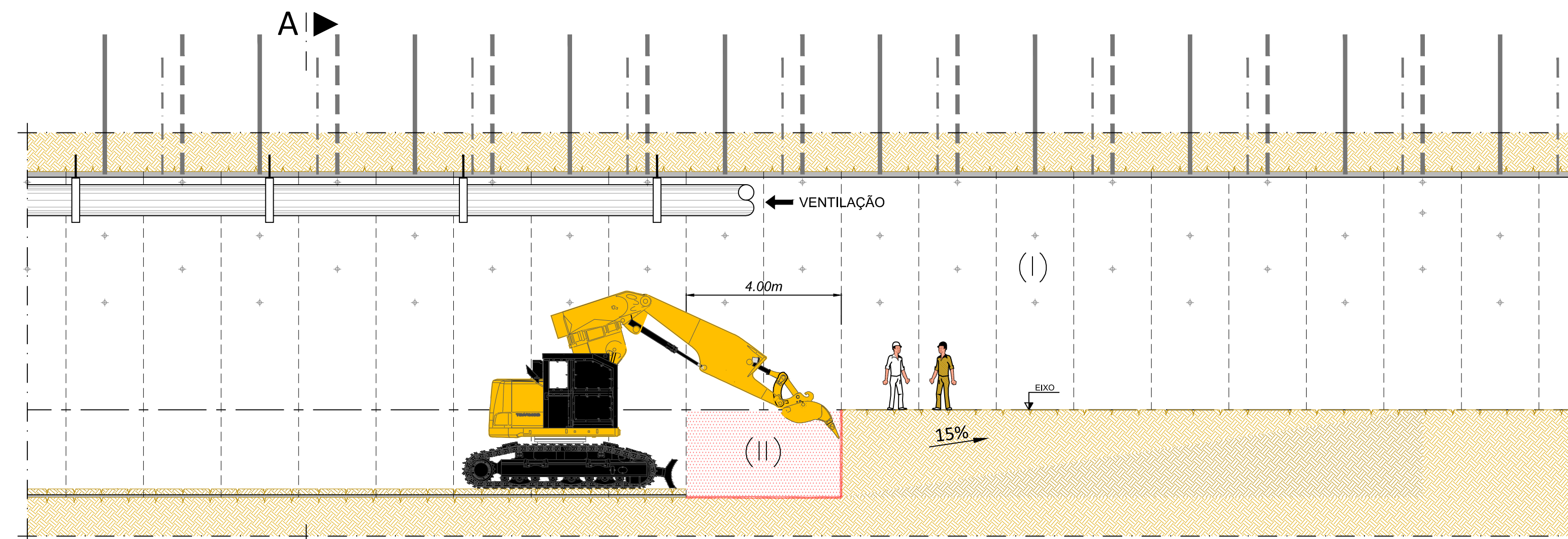
Fase 9: A ▶

- Remoção dos escombros com pá mineira do tipo SANDVIK LH307.



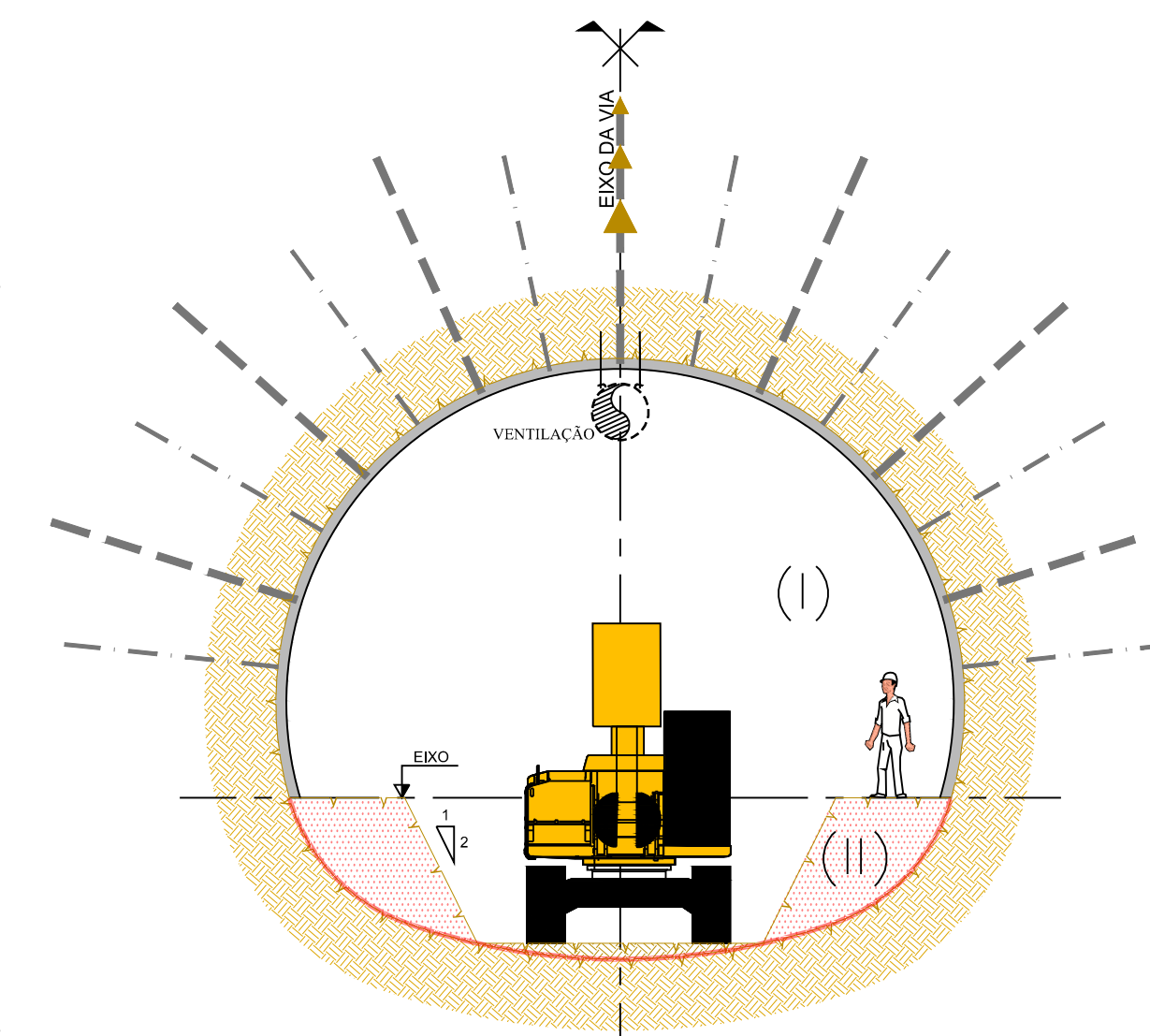
Corte A
(Escala: 1/100)

SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1



Fase 10: A ▶

- Saneamento do terreno.

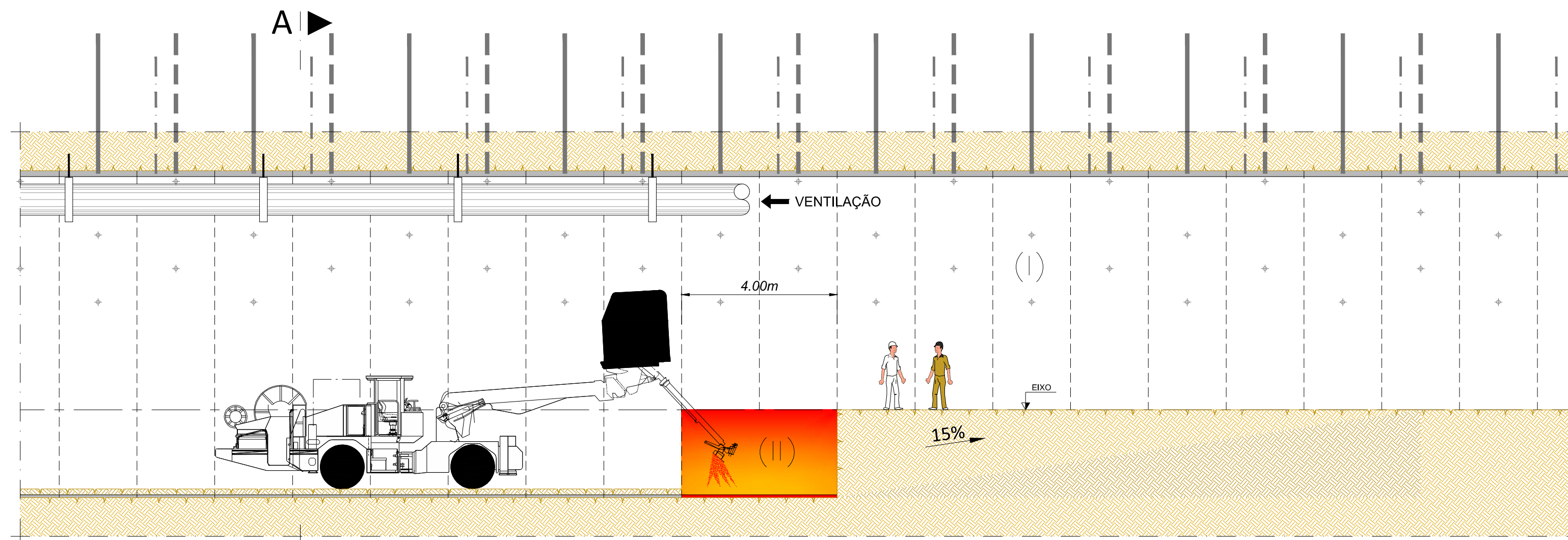


Corte A
(Escala: 1/100)

ALTERAÇÕES					
0 EMISSÃO INICIAL		03/10/2024	TNC	RVR	
		DATA	DES.	VERIF.	
Data:		PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA			
Aprov.		PROJETO DE EXECUÇÃO		Escala: Des. n.º 133488 F. /	
Verif.		ESTRUTURAS		Alter. /	
Proj.		TÚNEL DE VIA		Substituído /	
Des.		METODOLOGIA DE EXECUÇÃO		N.º SAP / Versão	
		SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		Folha /	
				Folha	
Aprov. RVP		05/07/2024			
Verif. RVR		05/07/2024			
Proj. FAB		05/07/2024			
Des. TNC		05/07/2024			
				Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLDM / TALPROJECTO	
		Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087905 0		Escala: 1/100	
				Folha: 5 / 6	
				Alter. 0 /	

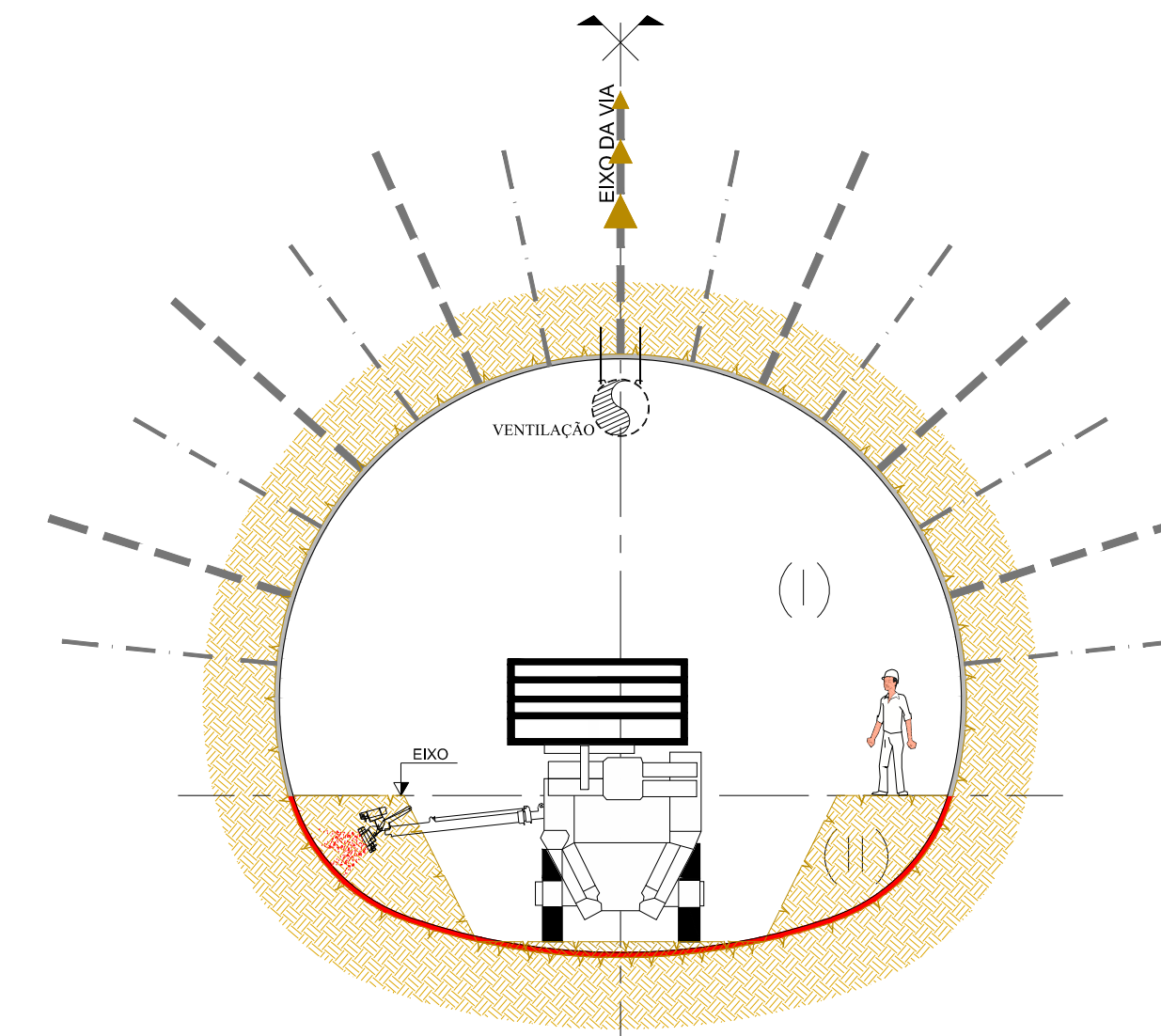
Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara do Metropolitano de Lisboa. E.P.E.

SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1



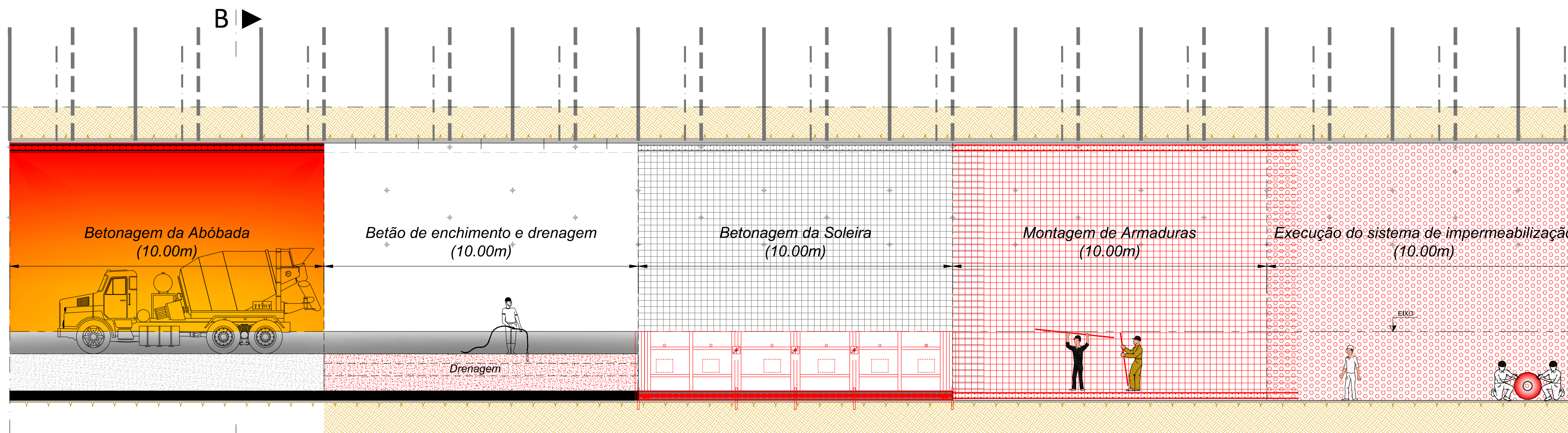
Fase 11: A ▶

- Aplicação de camada de betão projetado com fibras metálicas, na soleira, com robot de projecção.
- Secção TV-B1: (esp. total) = 7cm
- Secção TV-B1*: (esp. total) = 5cm (Betão simples para regularização)
- Secção TV-B2: (esp. total) = 12cm
- Secção TV-B2*: (esp. total) = 5cm (Betão simples para regularização)
- Secção TV-C1: (esp. total) = 15cm



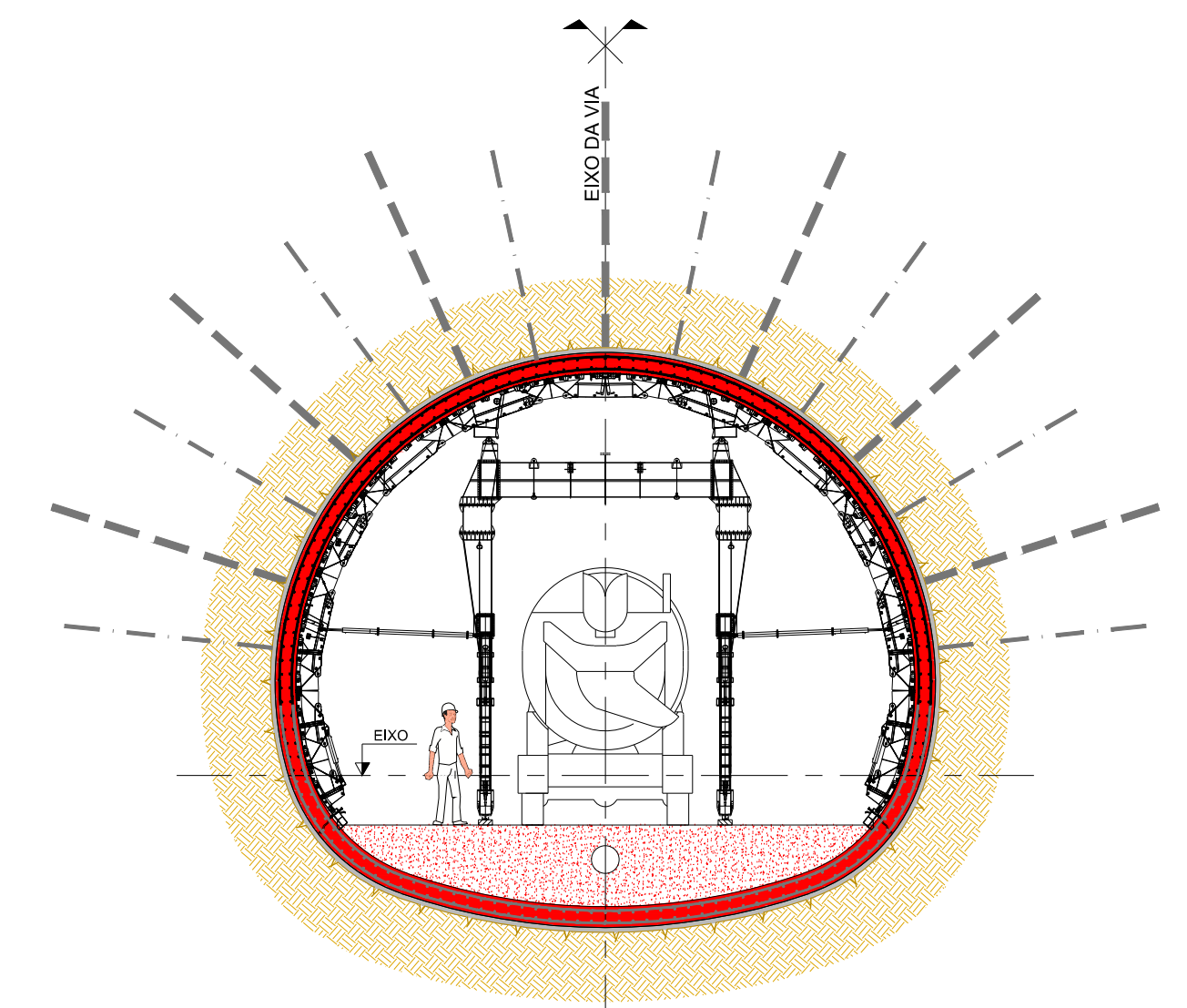
Corte A
(Escala: 1/100)

SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1



Fase 12: B ▶

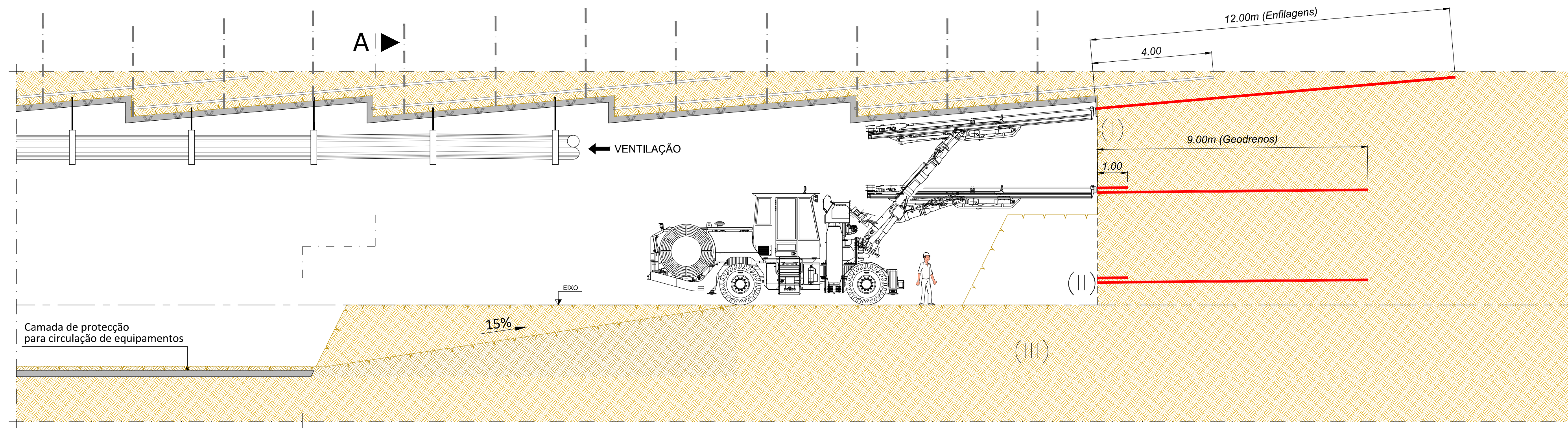
- 1º Execução do sistema de impermeabilização
- 2º Montagem de armaduras
- 3º Betonagem da soleira
- 4º Betão de enchimento e sistema de drenagem
- 5º Betonagem da abóbada



Corte B
(Escala: 1/100)

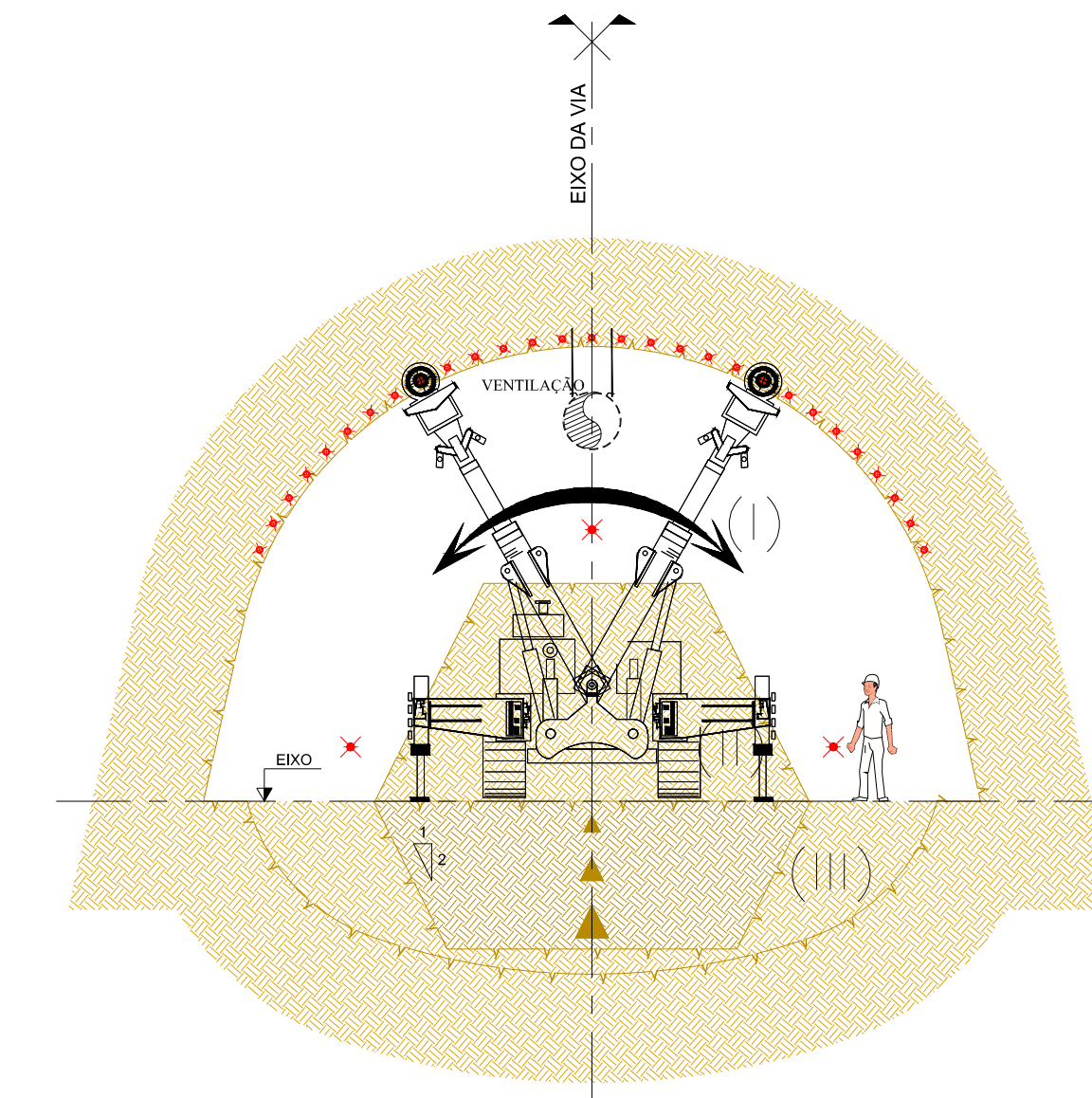
ALTERAÇÕES		0 EMISSÃO INICIAL		03/10/2024	TNC	RVR
DATA	DES.	VERIF.	VERIF.	VERIF.	VERIF.	VERIF.
PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÁNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO ESTRUTURAS TÚNEL DE VIA METODOLOGIA DE EXECUÇÃO SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1						
Data: _____ Aprov. _____ Verif. _____ Proj. _____ Des. _____		Escalas: Des. n.º 133489 F. / / Alter. _____ Substituído _____ Nº SAP _____ Versão _____ Folha _____				
Aprov. RVP 05/07/2024 Verif. RVR 05/07/2024 Proj. FAB 05/07/2024 Des. TNC 05/07/2024		Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO Escalas: 1/100 Folha: 6 / 6			Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087906 0 Alter. 0	

SECÇÃO TIPO TV-D



Fase 1: A

- Execução de "guarda-chuva" com enfilagens metálicas autoperforantes $\varnothing 76-8\text{mm}$ a cada 8.00m , com jumbo de 2 braços. (com 12.00m de comprimento e 4.00m de sobreposição).
- Execução de 3 geodrenos na frente (nas zonas assinaladas com ***) $\varnothing 50\text{mm}$ L= $9,00\text{m}$ e furação $\varnothing 76\text{mm}$, com sobreposição de 1.00m , com jumbo de 2 braços.

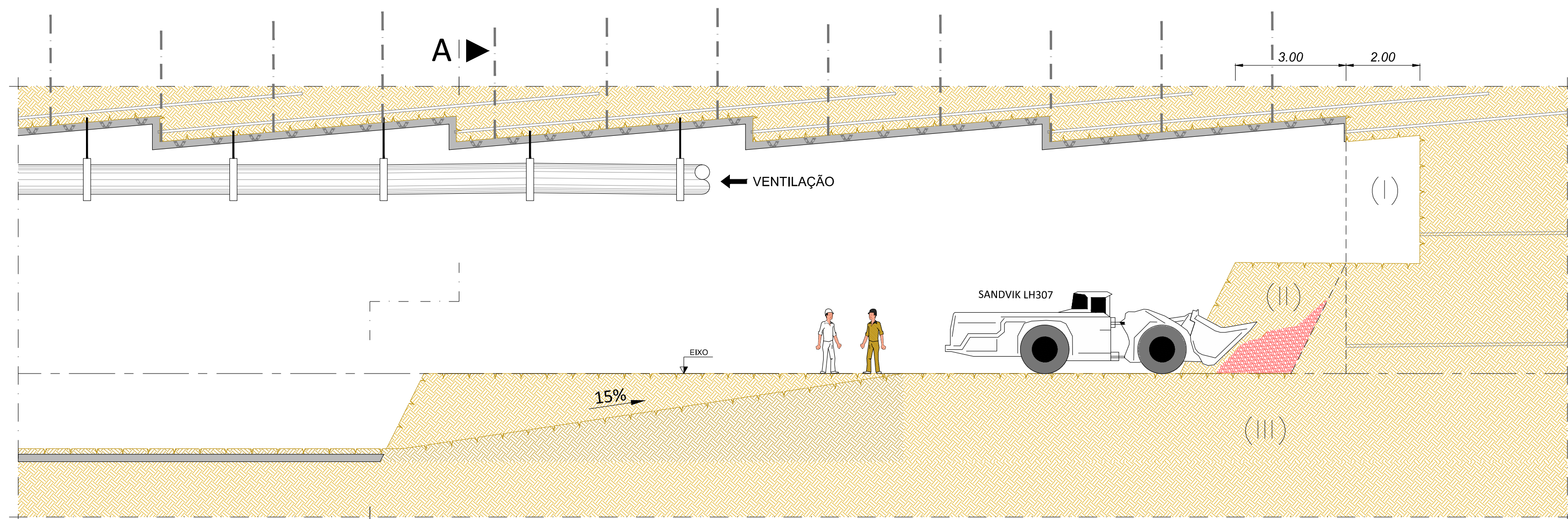


Corte A
(Escala: 1/100)

ALTERAÇÕES					
0 EMISSÃO INICIAL		03/10/2024	TNC	RVR	
		DATA	DES.	VERIF.	
Data:		PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÁNTARA			
Aprov.		PROJETO DE EXECUÇÃO		Escala: Des. n.º 133490 F. /	
Verif.		ESTRUTURAS		Alter.:	
Proj.		TÚNEL DE VIA		Substituído:	
Des.		METODOLOGIA DE EXECUÇÃO		N.º SAP	
		SECÇÃO TIPO: TV-D		Versão	
				Folha	
Aprov. RVP		05/07/2024			Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO
Verif. RVR		05/07/2024			
Proj. FAB		05/07/2024	Escala: 1/100		
Des. TNC		05/07/2024	Folha: 1 / 8		
		Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087907 0		Alter.:	

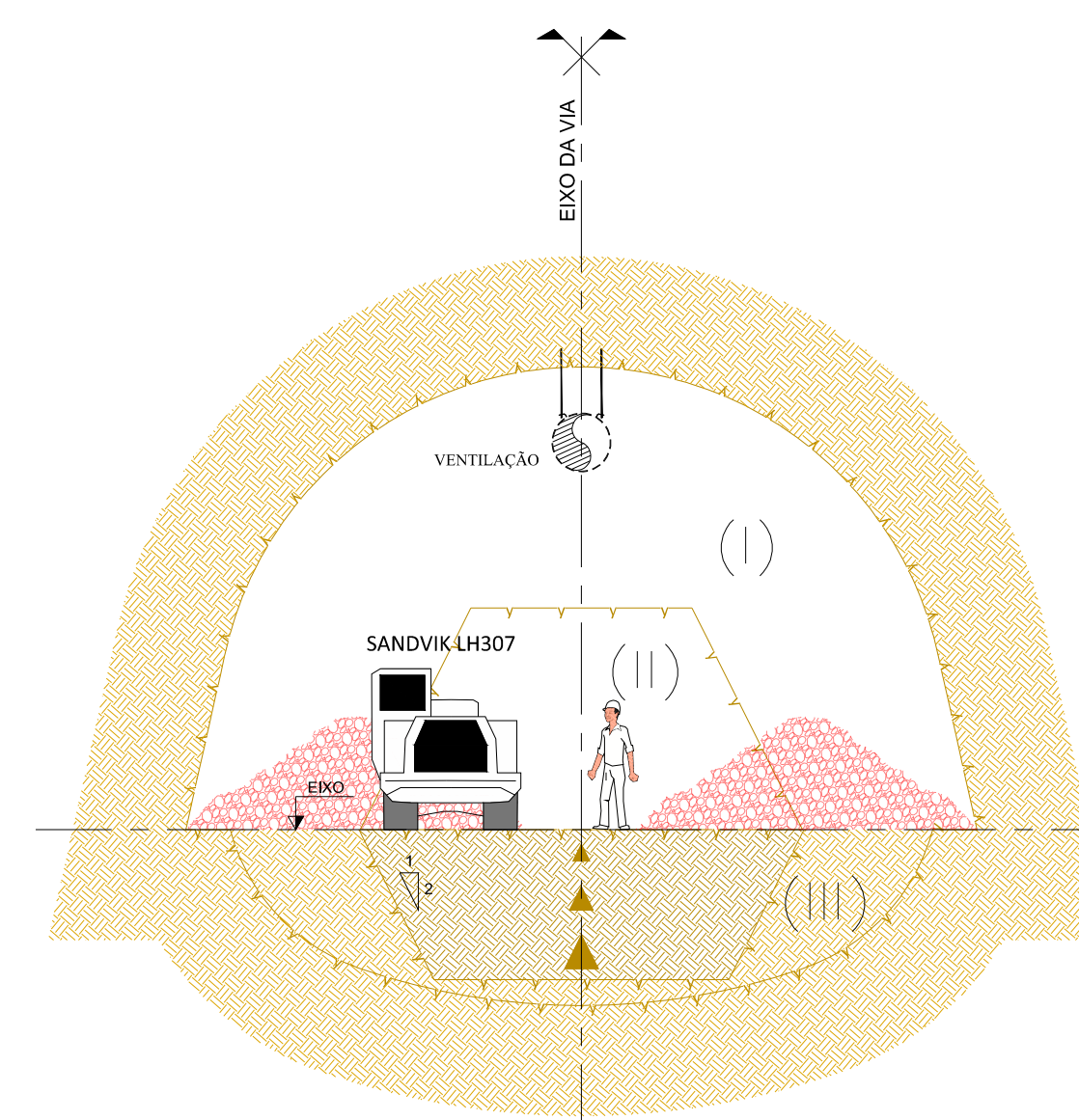
Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara do Metropolitano de Lisboa. E.P.E.

SECÇÃO TIPO TV-D



Fase 3:

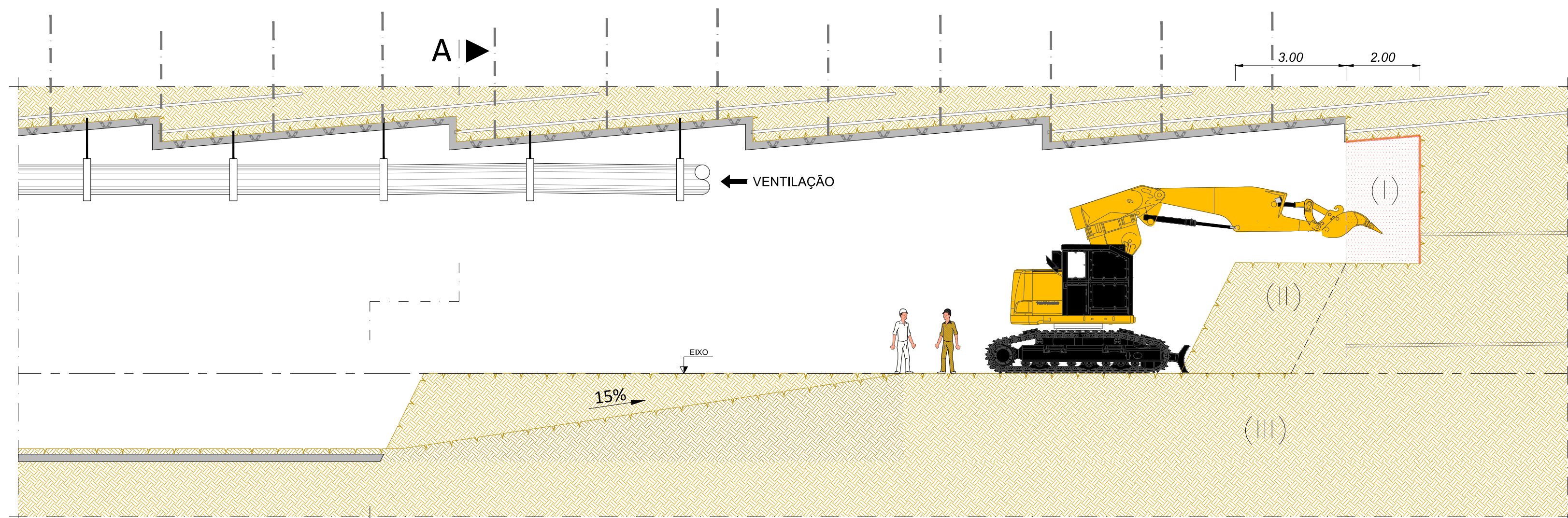
- Remoção dos escombros com pá mineira do tipo SANDVIK LH307.



Corte A

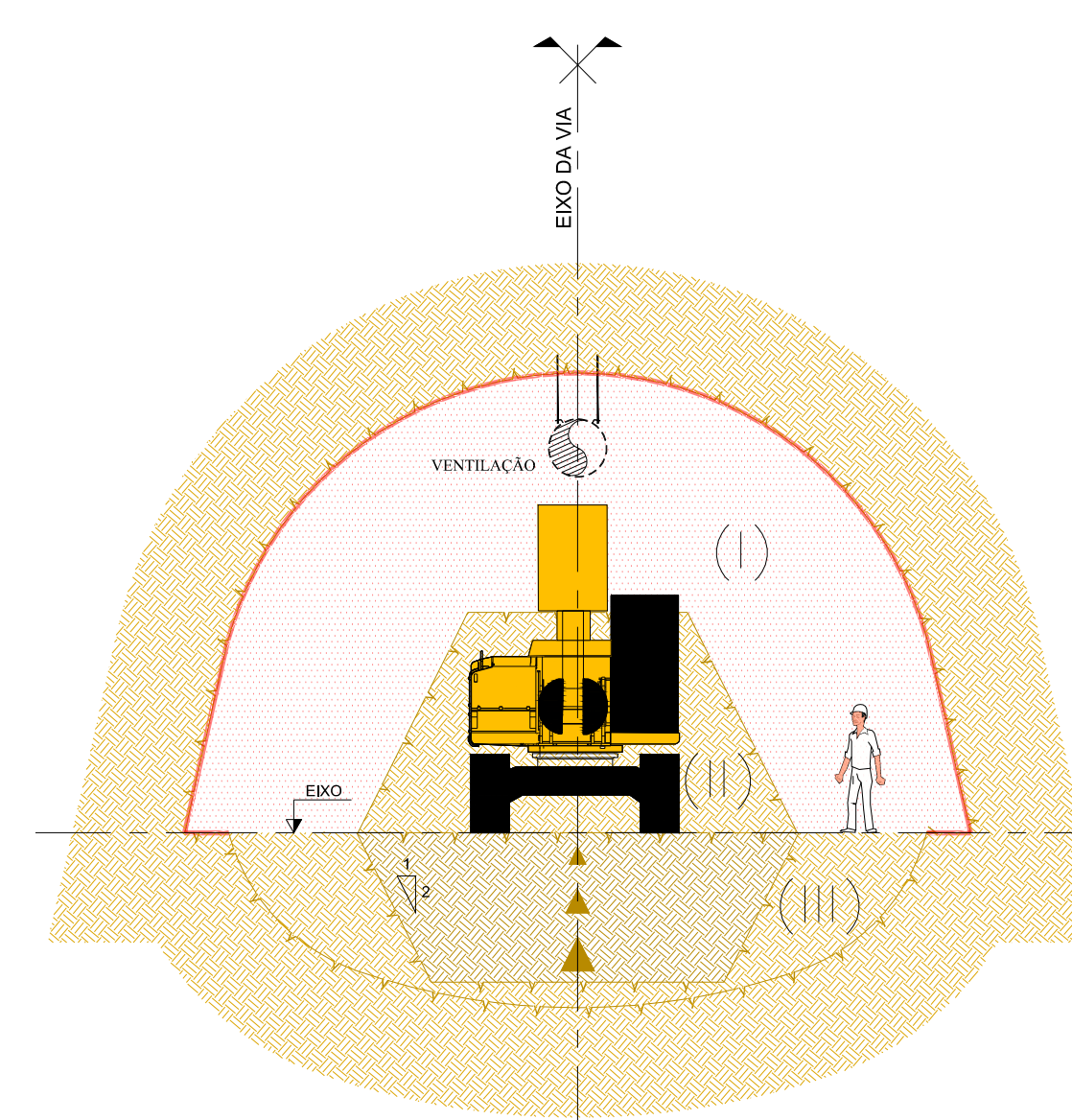
(Escala: 1/100)

SECÇÃO TIPO TV-D



Fase 4:

- Saneamento do terreno.

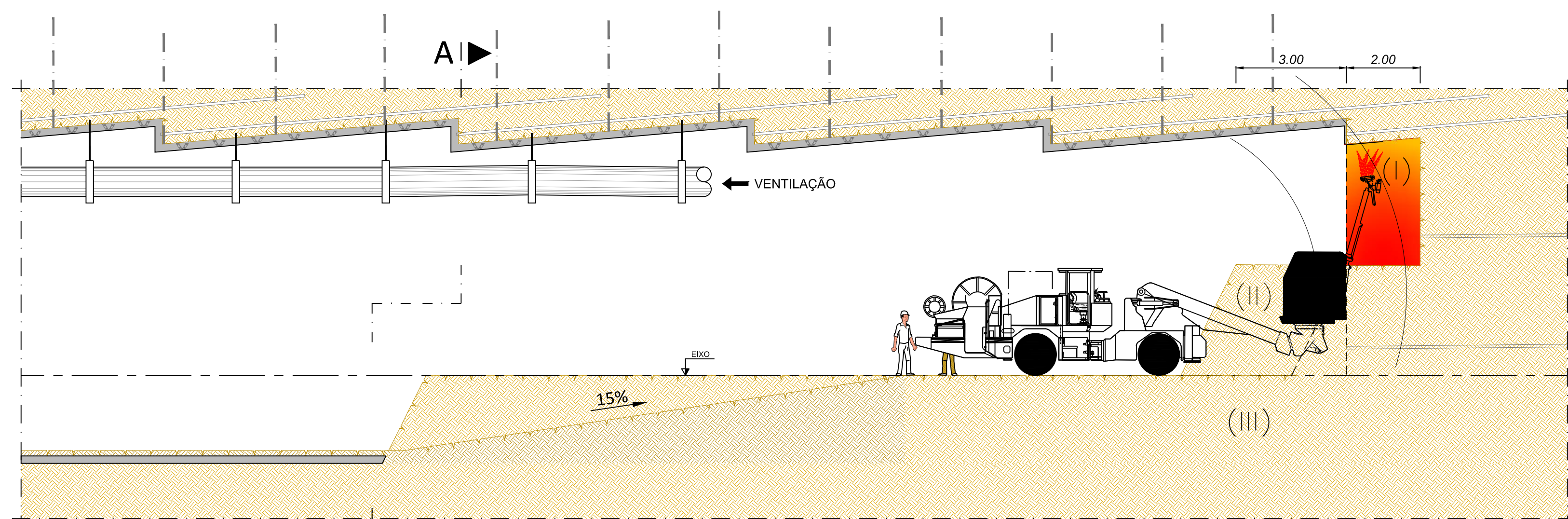


Corte A

(Escala: 1/100)

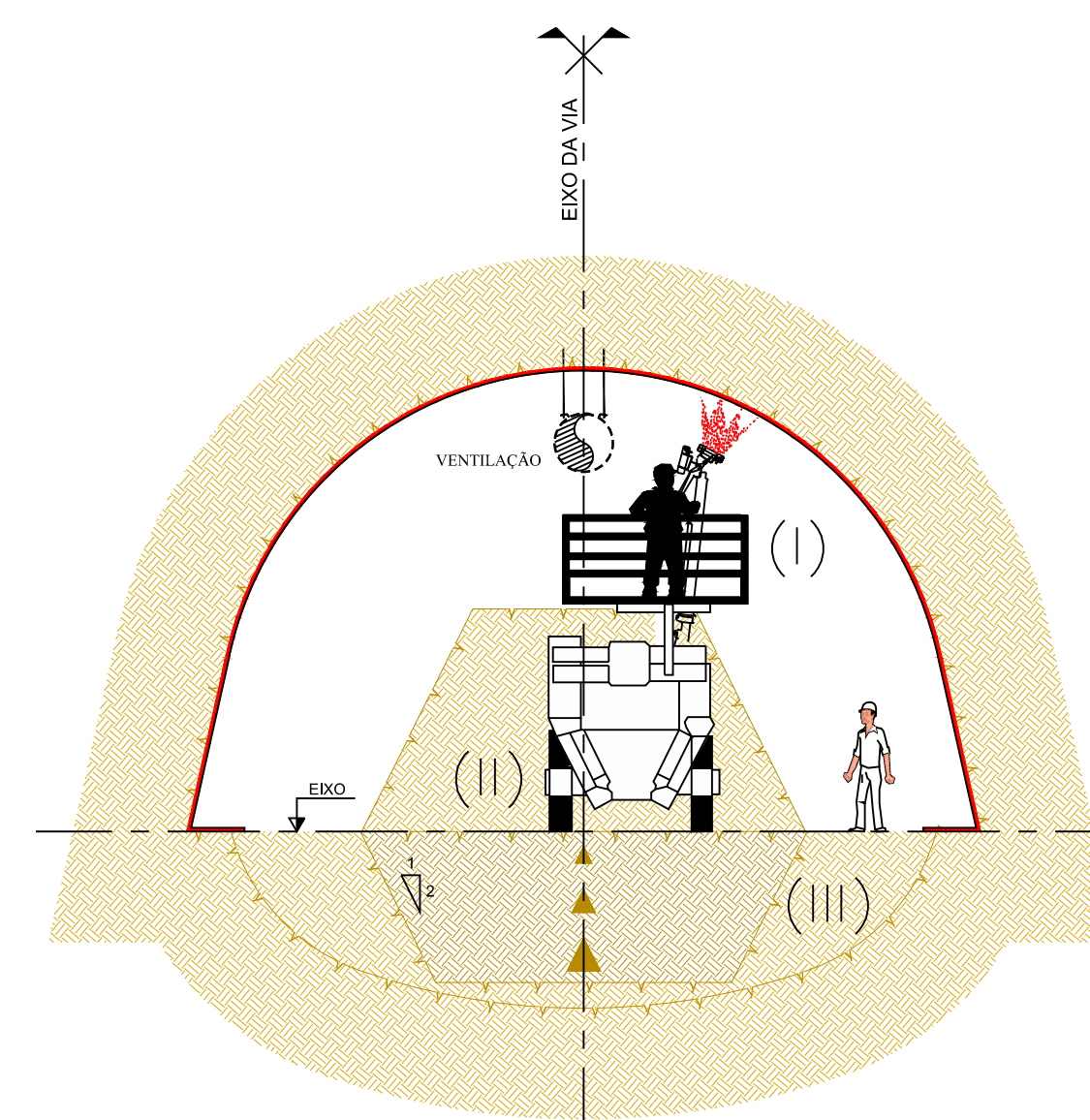
ALTERAÇÕES					
0 EMISSÃO INICIAL		03/10/2024	TNC	RVR	
		DATA	DES.	VERIF.	
Data: _____ Aprov. _____ Verif. _____ Proj. _____ Des. _____		PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÁNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO			
		Estruturas Túnel de Via Metodologia de Execução Secção Tipo: TV-D		Escalas: Des. n.º 133491 F. / Alter. _____ Substituído _____ Nº SAP _____ Versão _____ Folha _____	
Aprov. RVP 05/07/2024 Verif. RVR 05/07/2024 Proj. FAB 05/07/2024 Des. TNC 05/07/2024		Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO		Escalas: 1/100 Folha: 2 / 8	
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087908 0		Alter. 0			

SECÇÃO TIPO TV-D



Fase 5:

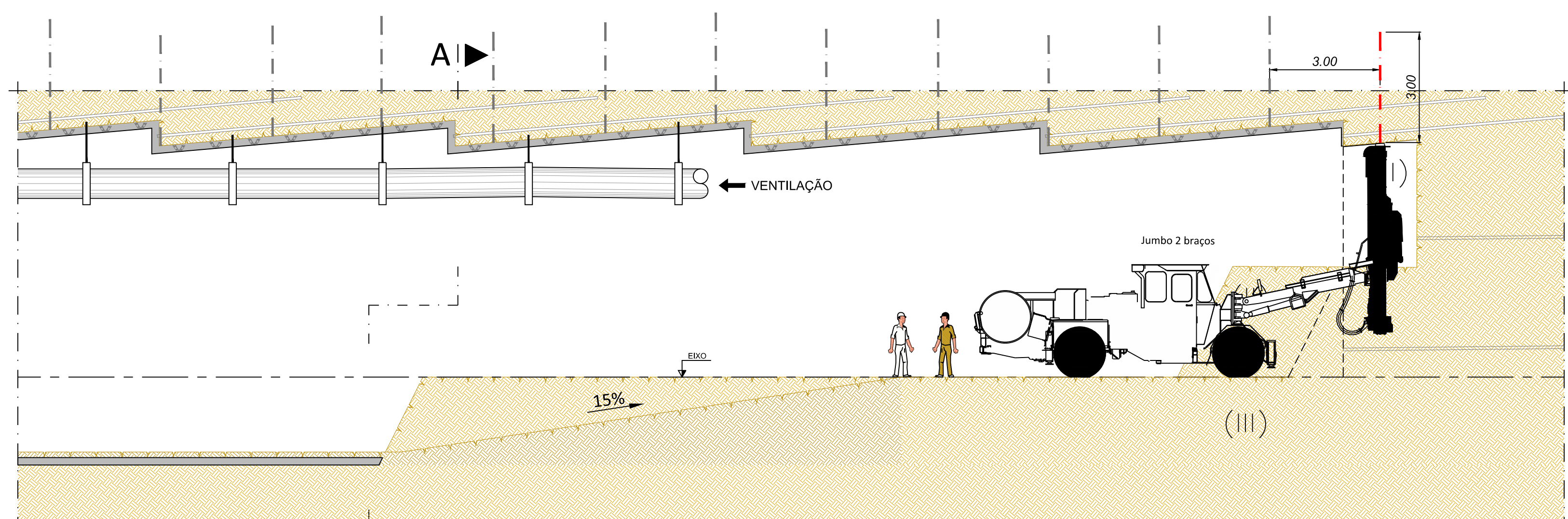
- Aplicação de camada de regularização de betão projetado com fibras metálicas, na abóbada, com robot de projecção.



Corte A

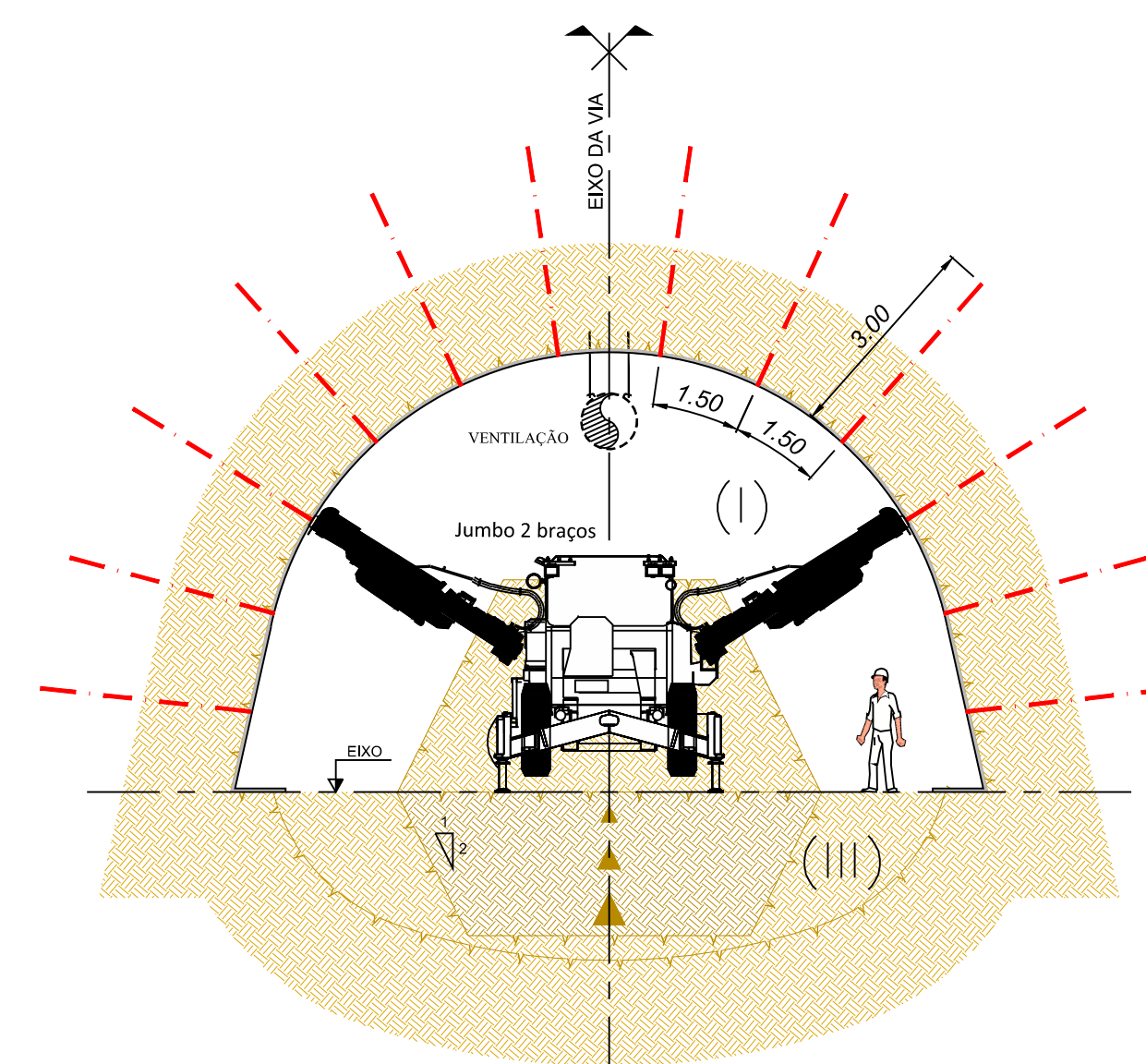
(Escala: 1/100)

SECÇÃO TIPO TV-D



Fase 6:

- Execução de geodrenos Ø50mm L=3,00m furação Ø76mm, malha 1,50m x 3,00m, com jumbo de 2 braços.

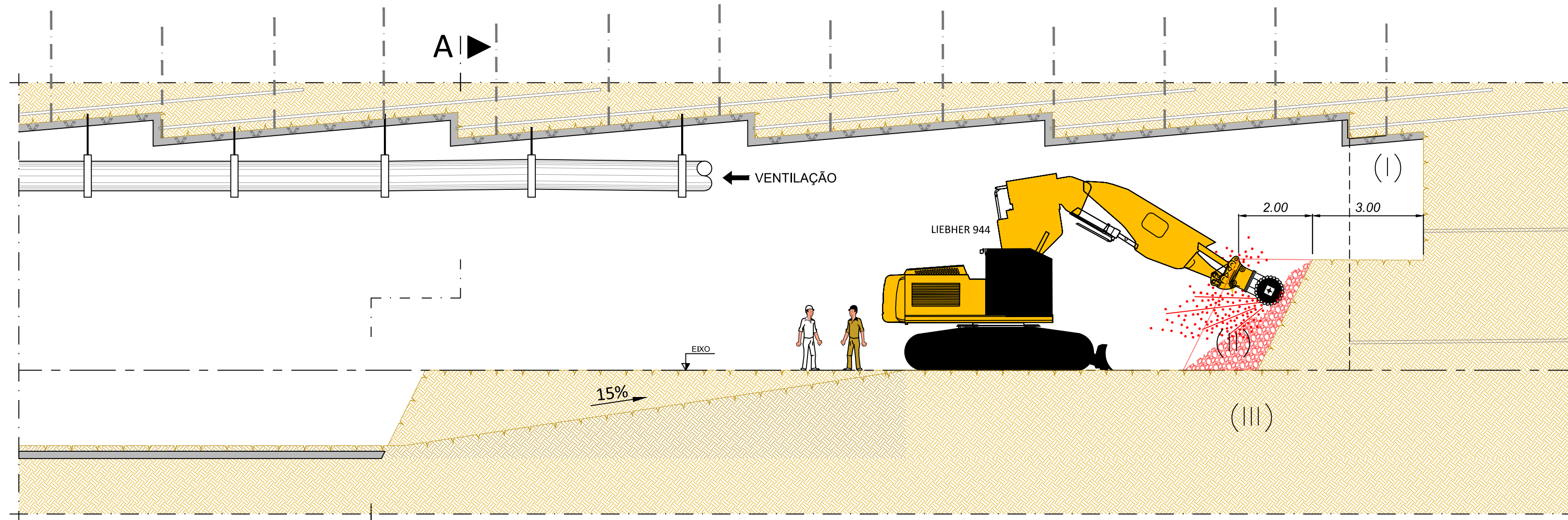


Corte A

(Escala: 1/100)

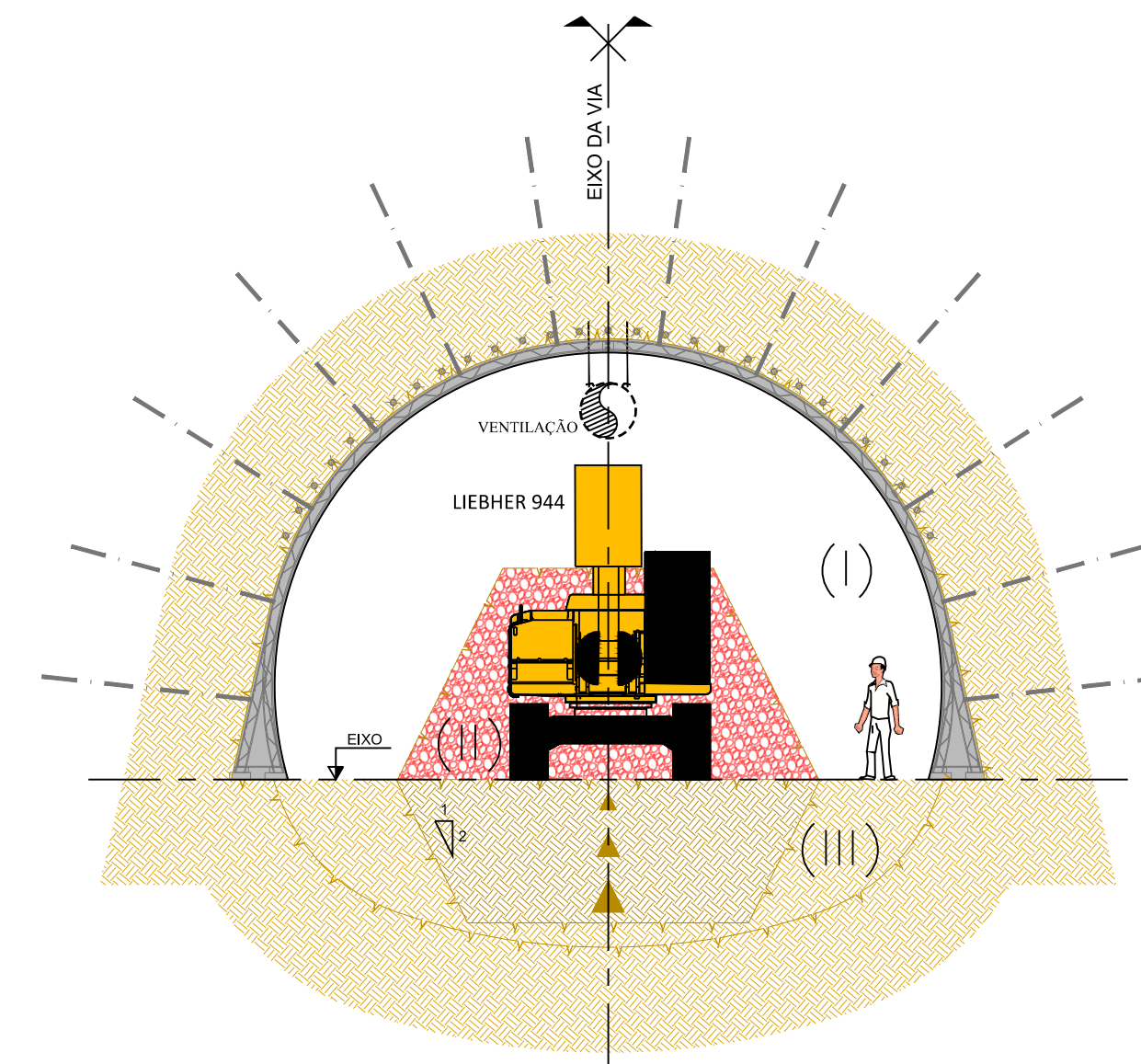
ALTERAÇÕES					
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TNC	RVR	
Data:		Des. n.º		131774	
Aprov.		Alter.			
Verif.		Substituído			
Proj.		N.º SAP		Versão	
Des.				Folha	
Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara		Projeto de Execução		Escala: 1/100	
ESTRUTURAS		TÚNEL DE VIA		Método de Execução	
SECÇÃO TIPO: TV-D				Folha: 3 / 8	
Aprov. RVP		Desenho nº		LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087909 0	
Verif. RVR		Alter.		0	
Proj. FAB					
Des. TNC		07/2023			

SECÇÃO TIPO TV-D



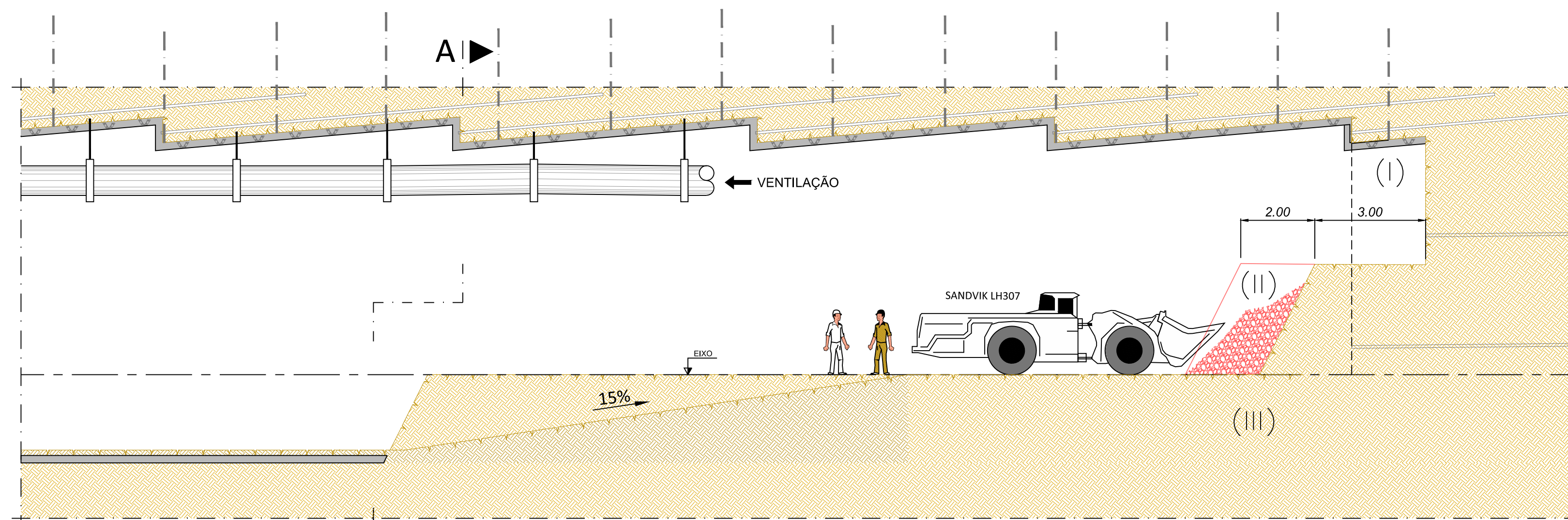
Fase 9:

- Escavação de avanço de 2.00m do núcleo (II), com escavadora do tipo LIEBHER 944, com cabeça roçadora.



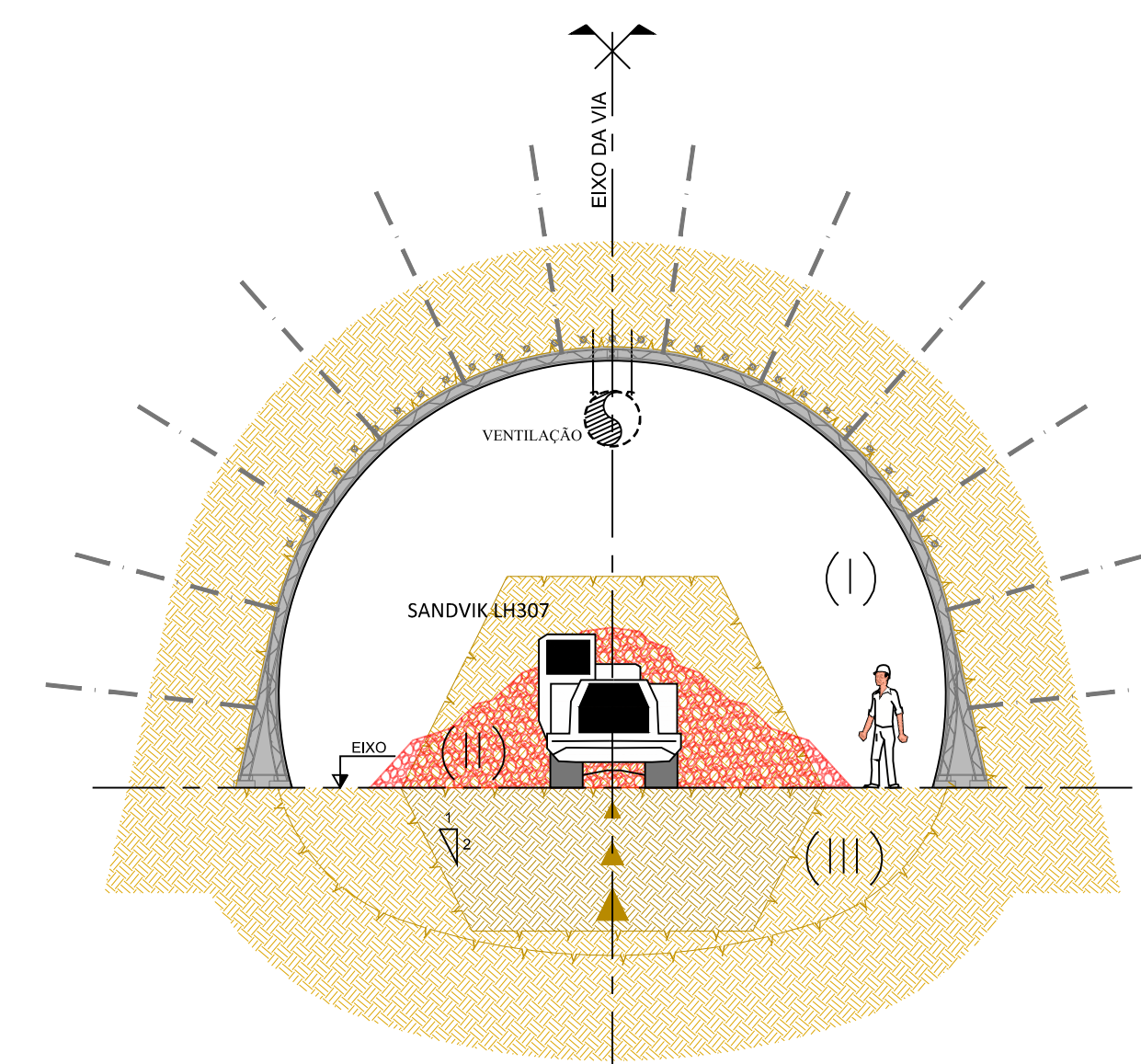
Corte A
(Escala: 1/100)

SECÇÃO TIPO TV-D



Fase 10:

- Remoção dos escombros com pá mineira do tipo SANDVIK LH307.

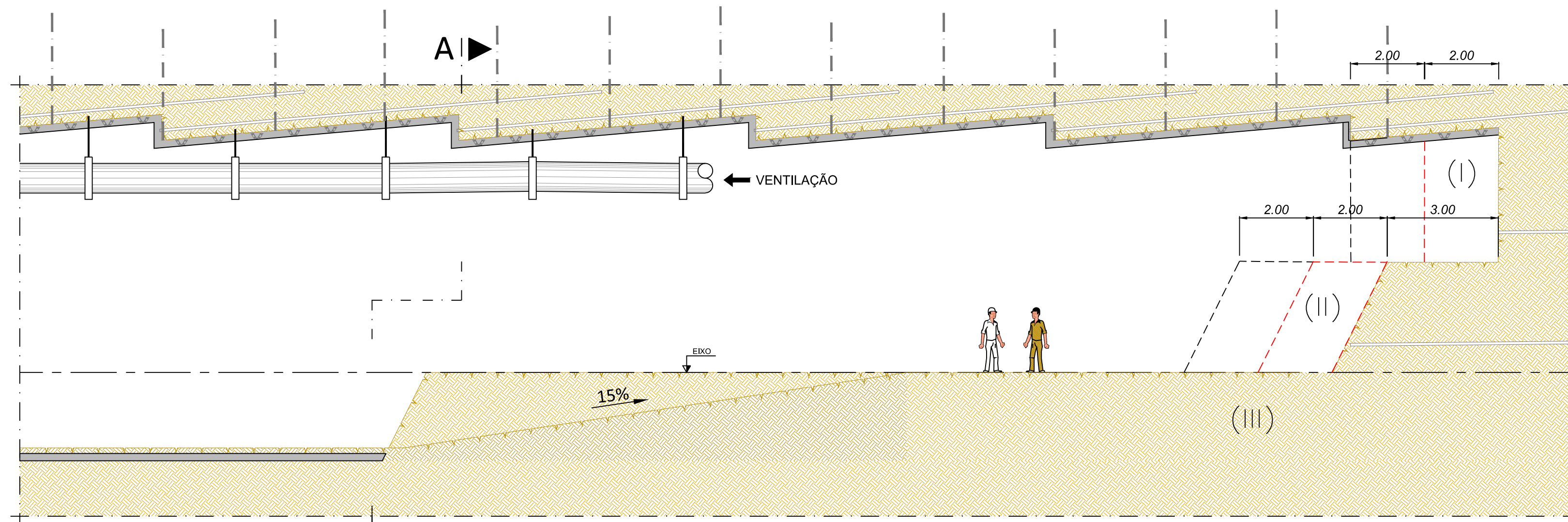


Corte A
(Escala: 1/100)

ALTERAÇÕES							
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TAS	RVR	DES.	VERIF.	
Data: _____ Aprov. _____ Verif. _____ Proj. _____ Des. _____		PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO				Escalas: Des. n.º 133494 F. / / Alter. _____ Substituído _____ Nº SAP _____ Versão _____ Folha _____	
Aprov. RVP 05/07/2024 Verif. RVR 05/07/2024 Proj. FAB 05/07/2024 Des. TNC 05/07/2024		Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO				Escalas: 1/100 Folha: 5 / 8	
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087911 0		Alter. 0					

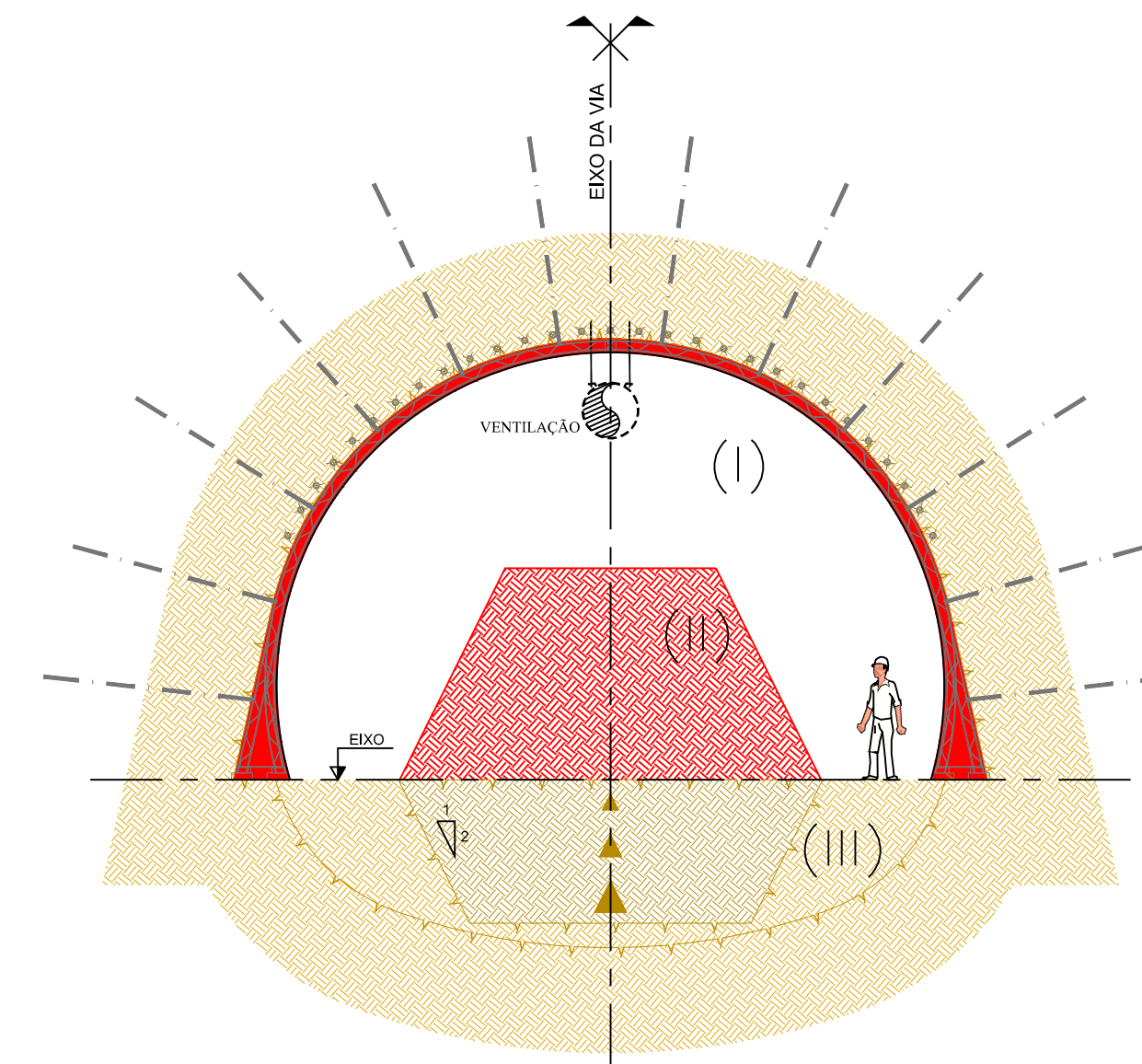
Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.

SECÇÃO TIPO TV-D



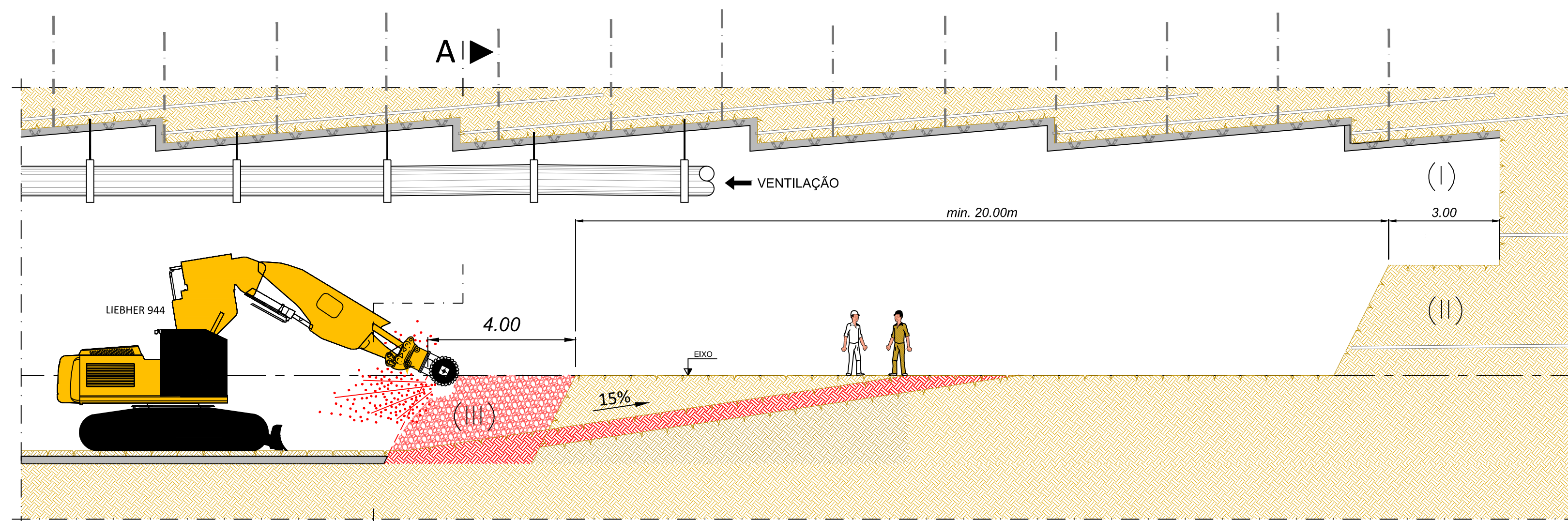
Fase 11: A

- Execução / repetição de mais 1 avanço de 2.00m, em (I) e (II), com os procedimentos das fases 1 a 10.



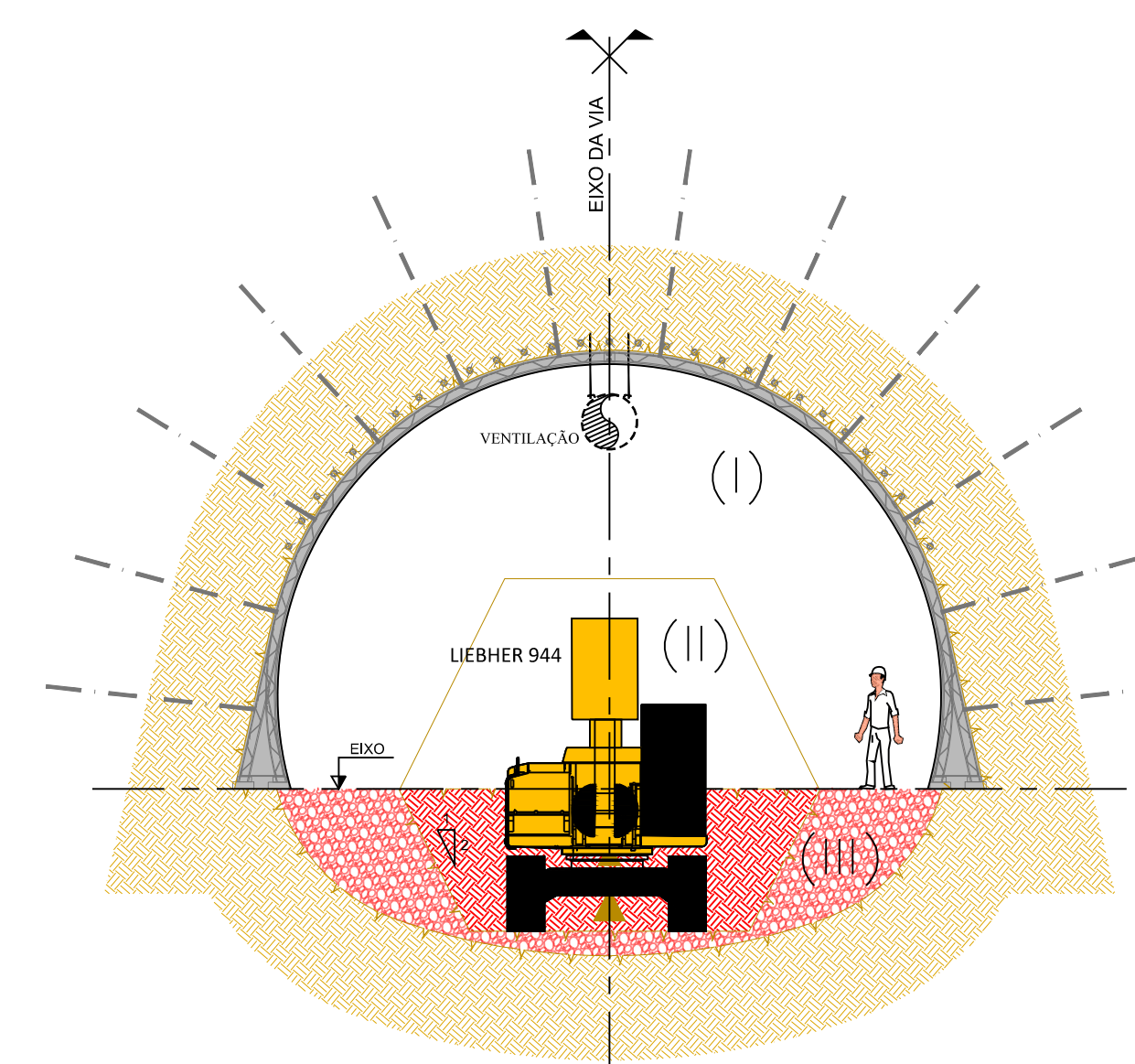
Corte A
(Escala: 1/100)

SECÇÃO TIPO TV-D



Fase 12: A

- Escavação da soleira (III), com avanço 4.00m e reposicionamento da rampa de acesso provisório, com escavadora do tipo Liebher 944, com cabeça roçadora.



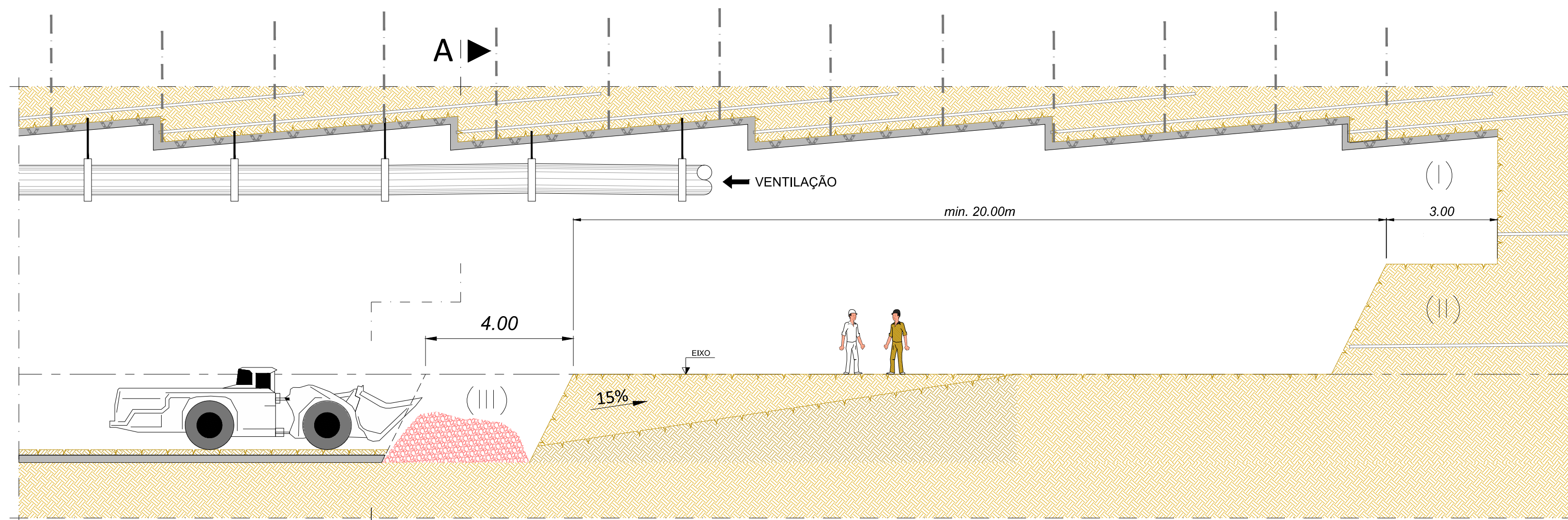
Corte A
(Escala: 1/100)

ALTERAÇÕES	DATA	DES.	VERIF.
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TNC RVR

PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO		
ESTRUTURAS TÚNEL DE VIA METODOLOGIA DE EXECUÇÃO SECÇÃO TIPO: TV-D		
Escalas: Des. n.º 133495 Alter.	Metropolitano de Lisboa	

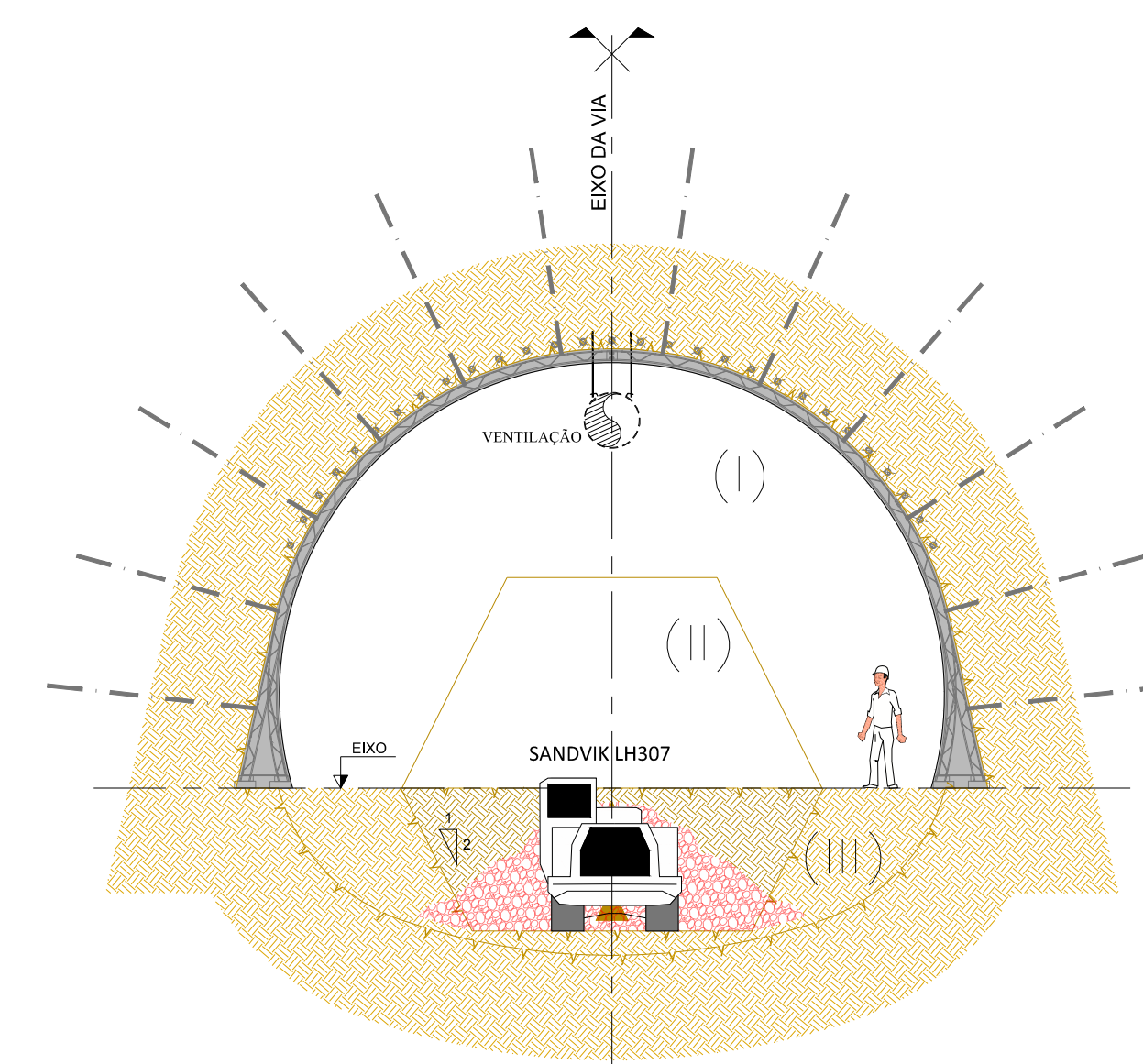
Aprov. RVP 05/07/2024 Verif. RVR 05/07/2024 Proj. FAB 05/07/2024 Des. TNC 05/07/2024	Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO	Escalas: 1/100 Folha: 6 / 8
---	---	--------------------------------------

SECÇÃO TIPO TV-D



Fase 13:

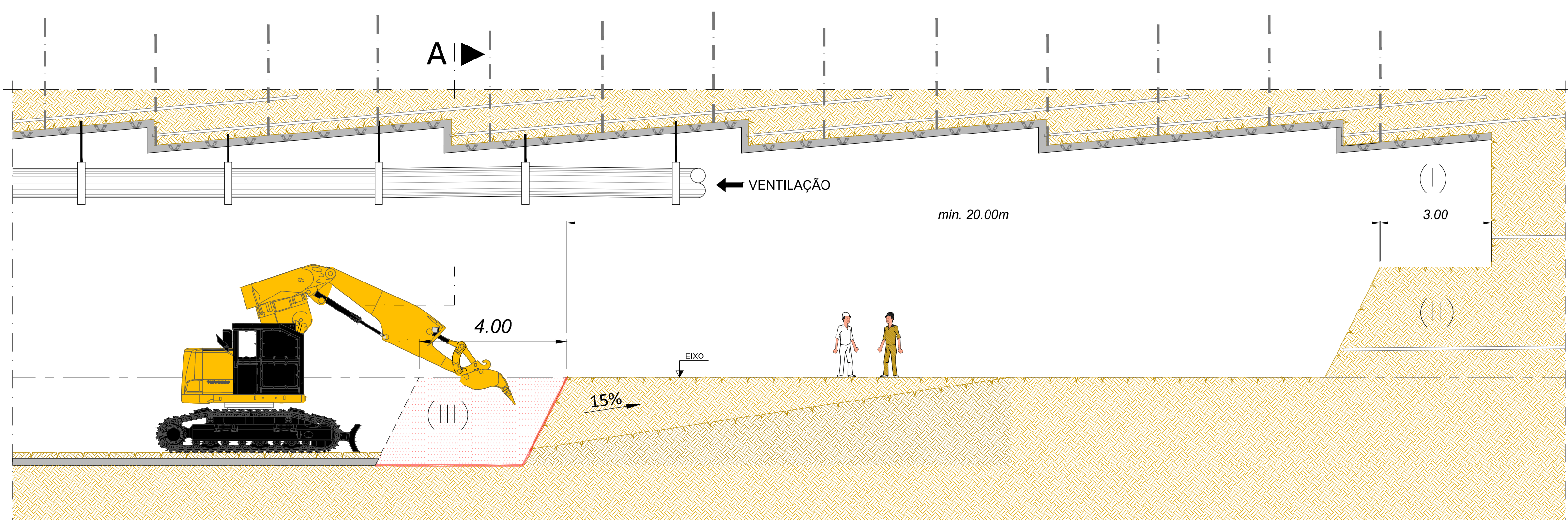
- Remoção dos escombros com pá mineira do tipo SANDVIK LH307.



Corte A

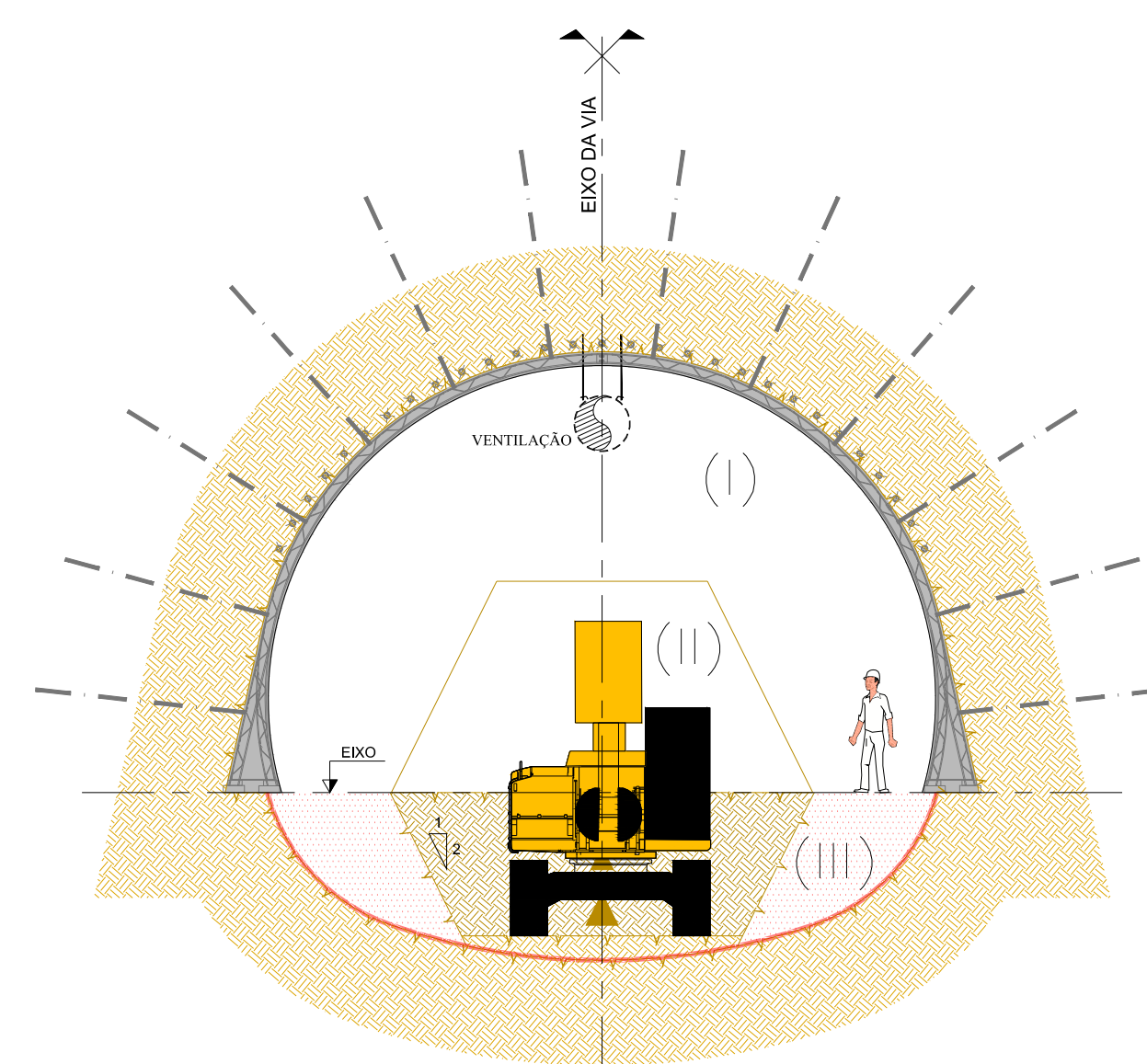
(Escala: 1/100)

SECÇÃO TIPO TV-D



Fase 14:

- Saneamento do terreno.



Corte A

(Escala: 1/100)

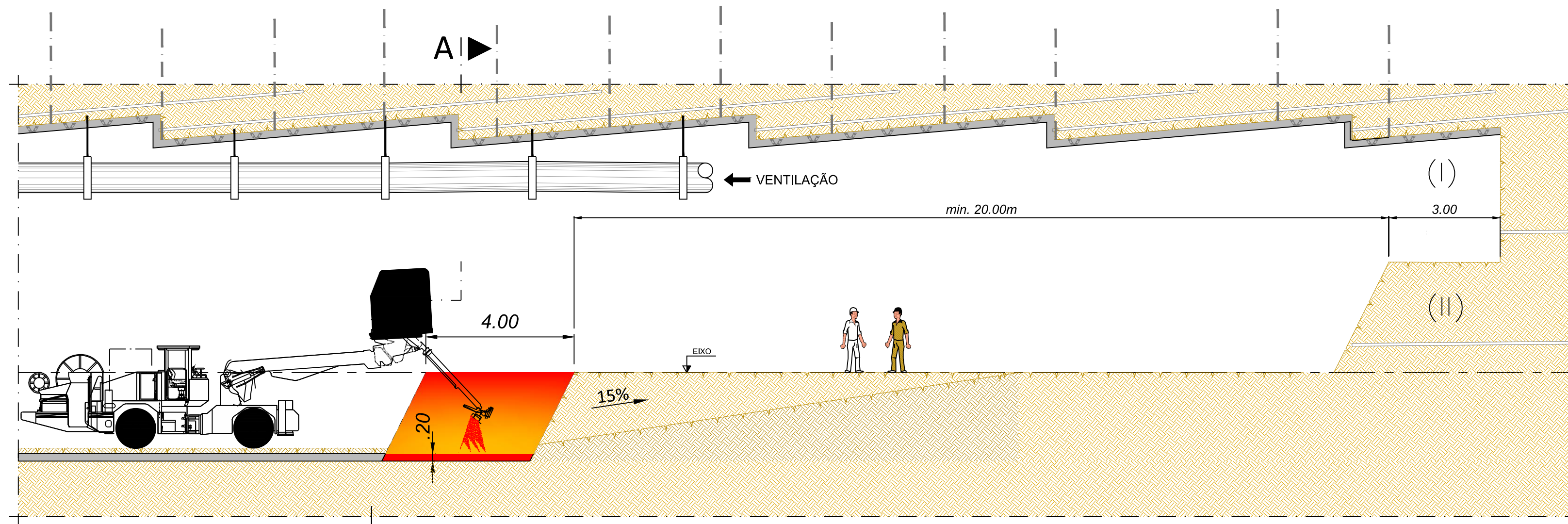
ALTERAÇÕES		DATA		DES.		VERIF.	
0	EMIÇÃO INICIAL	03/10/2024	TNC	RVR			

Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara PROJETO DE EXECUÇÃO			
ESTRUTURAS TÚNEL DE VIA METODOLOGIA DE EXECUÇÃO SECÇÃO TIPO: TV-D		Escalas: Des. n.º 133496 F. / Alter. / Substituído / Nº SAP / Versão / Des. / Folha	

Aprov.	RVP	05/07/2024	Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO
Verif.	RVR	05/07/2024	
Proj.	FAB	05/07/2024	
Des.	TNC	05/07/2024	

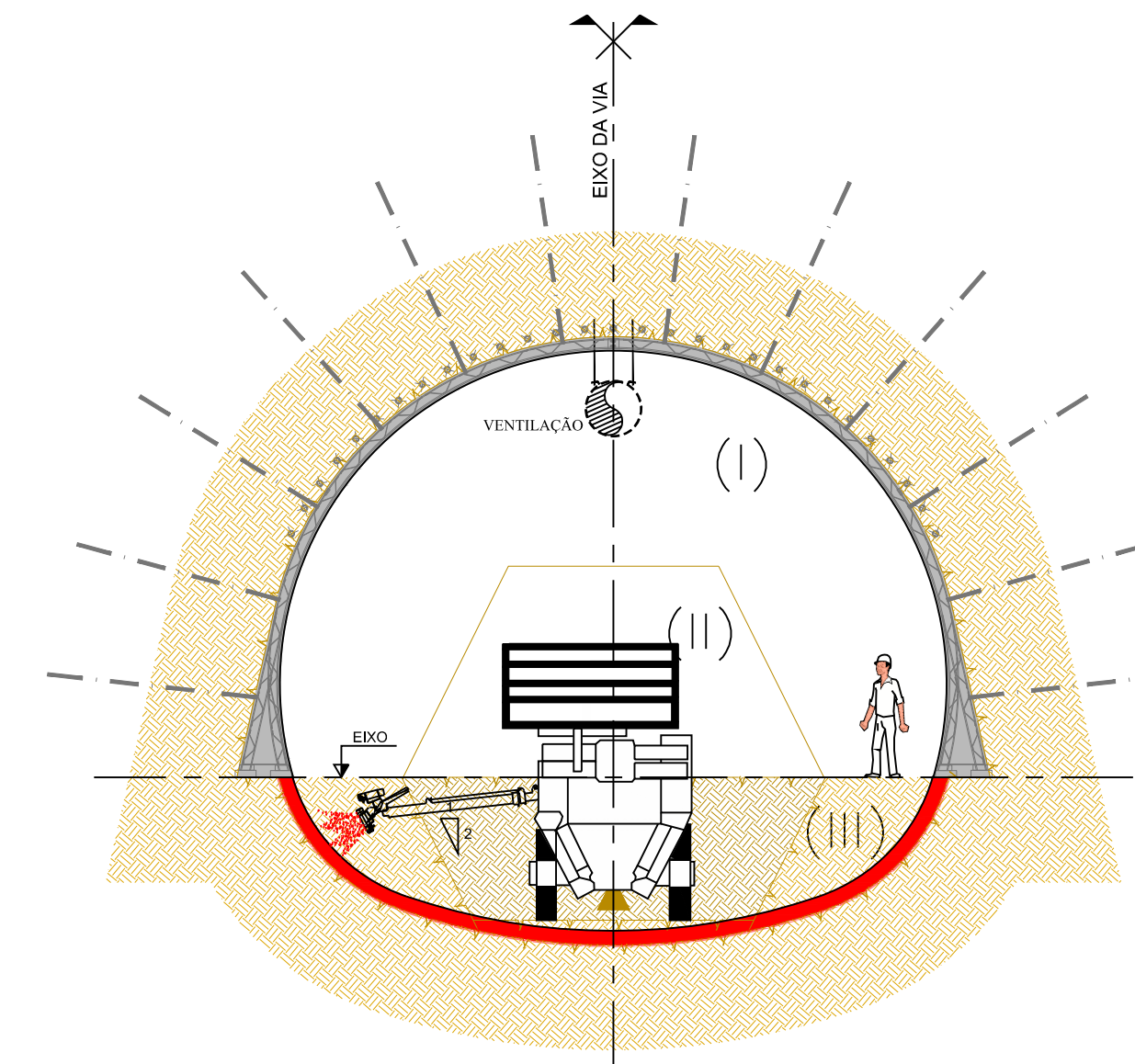
MOTAENGIL ENGENHARIA COBA JET. JLCM		Escalas: 1/100 Folha: 7 / 8	
--	--	--------------------------------	--

SECÇÃO TIPO TV-D



Fase 15:

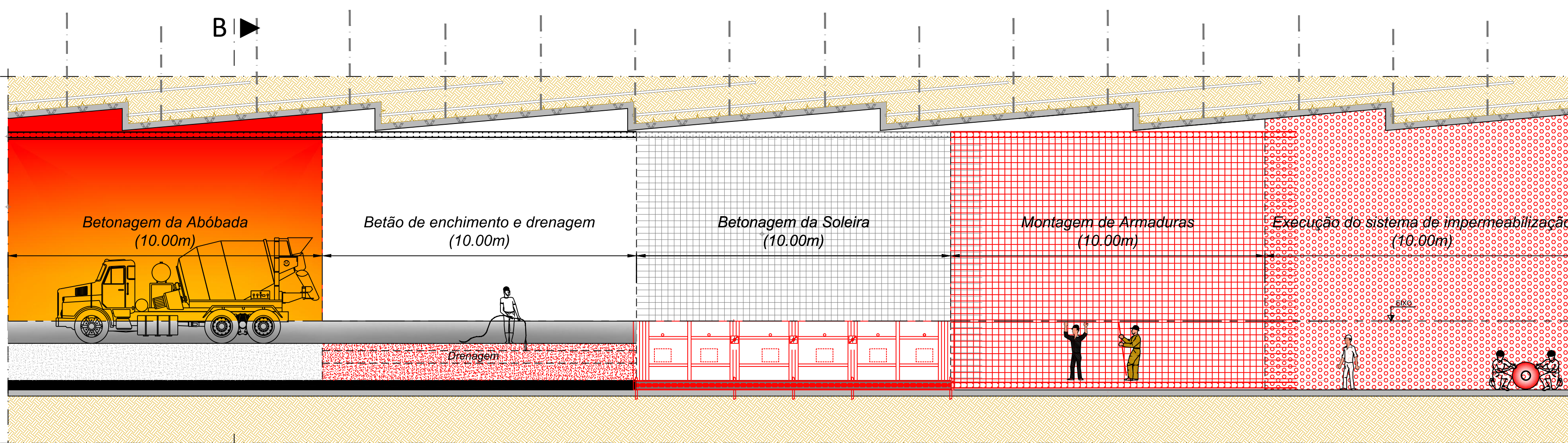
- Aplicação sucessiva de camadas de betão projetado com fibras metálicas, na soleira, com robot de projecção, até atingir a espessura de 20cm.



Corte A

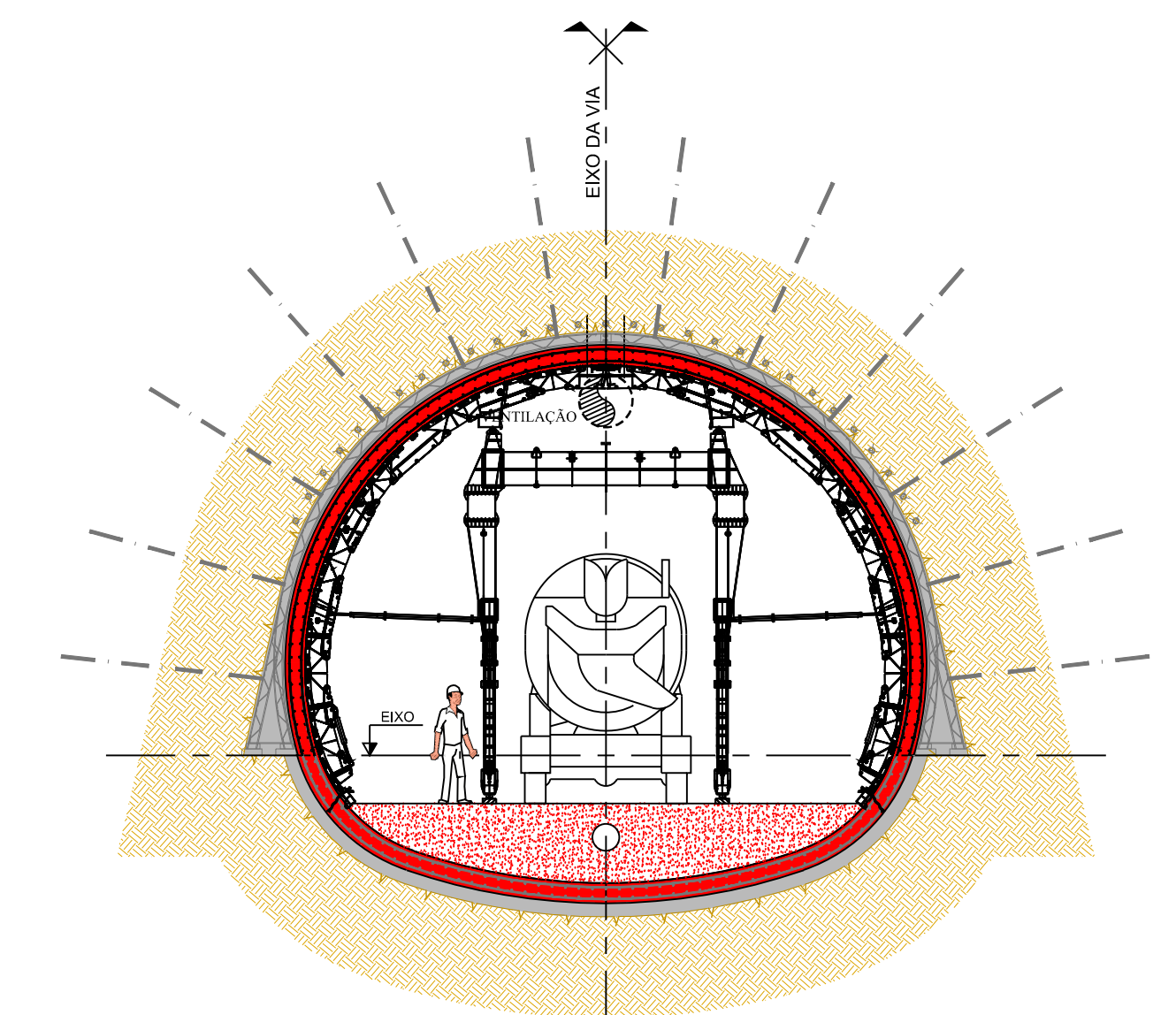
(Escala: 1/100)

SECÇÃO TIPO TV-D



Fase 16:

- 1º Execução do sistema de impermeabilização
- 2º Montagem de armaduras
- 3º Betonagem da soleira
- 4º Betão de enchimento e sistema de drenagem
- 5º Betonagem da abóbada



Corte B

(Escala: 1/100)

ALTERAÇÕES		03/10/2024		TNC	RVR
Nº	Descrição	DATA	DES.	VERIF.	
0	EMIÇÃO INICIAL				

Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara PROJETO DE EXECUÇÃO		
ESTRUTURAS TÚNEL DE VIA METODOLOGIA DE EXECUÇÃO SECÇÃO TIPO: TV-D		
Des. nº	133497	
Alter.		
Substituído		
Nº SAP		
Versão		
Des.		Folha

Aprov.	RP	05/07/2024	Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO	Escalas: 1/100	Folha: 8 / 8
Verif.	RVR	05/07/2024			
Pres.	FAB	05/07/2024			
Des.	TNC	05/07/2024			

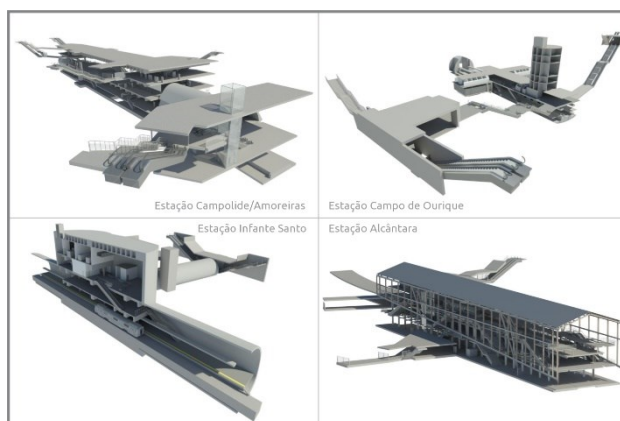
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T85 DW 087914 0

METRO DE LISBOA

PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

PROJETO DE EXECUÇÃO



TOMO II

VOLUME 1 – TÚNEL T85 – REVESTIMENTO DEFINITIVO

NOTA DE CÁLCULO

Documento SAP:	LVSSA MSA PE STR TUN T85 NC 087002 0
-----------------------	--------------------------------------

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado	José Alexandre		2024-09-27
Revisto	Rui Rodrigues		2024-09-27
Verificado	Rui Rodrigues		2024-09-27
Coordenador Projeto	Raúl Pistone		2024-09-27
Aprovado	Raúl Pistone		2024-09-27

	Nome	Assinatura	Data
Gestor Projeto	Raúl Pistone		2024-09-27

Índice

1	INTRODUÇÃO	4
2	REGULAMENTAÇÃO	4
3	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS/GEOTÉCNICAS E HIDROLÓGICAS	5
4	MATERIAIS.....	6
5	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO	7
6	DESCRIÇÃO GERAL DA SOLUÇÃO	8
7	METODOLOGIA DE CÁLCULO	9
8	AÇÕES.....	10
8.1	Ações Permanentes.....	10
8.1.1	Peso próprio (PP).....	10
8.1.2	Retração e Fluência (Ret+Flu)	10
8.1.3	Impulso de Terras (It)	11
8.1.4	Impulso Hidrostático (Iw).....	12
8.2	Ações Variáveis.....	12
8.3	Ação Sísmica.....	12
8.4	Ações Acidentais	13
8.4.1	Ação Acidental de Incêndio.....	13
9	COMBINAÇÕES DE AÇÕES.....	14
9.1	Combinação de Ações para os Estados Limites Últimos (ELU).....	14
9.2	Combinação de Ações para os Estados Limites de Serviço (ELS)	14
10	CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA	15
10.1	Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU).....	15
10.2	Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS)	15

10.3	Verificação da Segurança relativamente à rotura por Levantamento Global	16
11	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL	16
11.1	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos (ELU)	16
11.1.1	Secção TV.1	17
11.1.2	Secção TV.2	18
11.1.3	Via de Resguardo – Secção VR1.5	20
11.1.4	Túnel Término – Secção TT.3	22
11.2	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites de Serviço (ELS).....	23
11.2.1	Secção TV.1	23
11.2.2	Secção TV.2	24
11.2.3	Via de Resguardo – Secção VR1.5	24
11.2.4	Túnel Término – Secção TT.3	25
11.2.5	Plataforma de via	26

1 INTRODUÇÃO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Nota de Cálculo das estruturas definitivas da obra do Túnel (Troço 81, 82, 83, 84 e 85), das obra das Vias de Resguardo (OE3 e OE4) e da obra do Túnel Término (OE7)**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do **Tomo II – Estruturas e Métodos Construtivos do Volume 1 – Túnel T85**.

2 REGULAMENTAÇÃO

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.

3 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS/GEOTÉCNICAS E HIDROLÓGICAS

Da análise desenvolvida às condições geológico-geotécnicas na zona da obra, resultam os parâmetros geotécnicos indicados nos documentos das memórias descritivas de cada obra específica:

- Tunel de Via;
- OE3 (Via de Resguardo);
- OE4 (Via de Resguardo);
- OE7 (Tunel Témino).

4 MATERIAIS

As características dos materiais adotados nas estruturas definitivas encontram-se apresentadas nas tabelas seguintes:

Tabela 1 – Estruturas definitivas. Características dos materiais – Betão

Materiais	Localização	Classe de resistência	Classe de exposição	cl. teor de cloretos	d_{max} (mm)	Classe de consistência
Betão <i>(in situ)</i>	Regularização	C12/15	X0	CL 1,00	≤ 25	S3
	Estrutura interior em ambiente seco (lajes elevadas, vigas, escadas, paredes e pilares)	C30/37	XC1	CL 0,40	Dinf=20 Dsup=25	S4
	Estrutura interior em zonas húmidas – zonas com sanitários (lajes elevadas, vigas, escadas, paredes e pilares)	C30/37	XC3	CL 0,40	Dinf=20 Dsup=25	S4
	Estrutura exterior (revestimento definitivo das galerias, paredes de contenção periféricas, laje de fundo do poço da estação, lajes de cobertura e elementos expostos à intempérie)	C30/37	XC4	CL 0,40	≤ 25	S3
	Enchimento (sub-cais)	C20/25	XC0	CL 1,00	≤ 25	S3

Notas:

As betonilhas de enchimento a realizar para o assentamento dos revestimentos dos pisos e para a formação de pendentes nas lajes internas deverão ter um peso específico máximo de 15 kN/m³.

Tabela 2 – Estruturas definitivas. Características dos Materiais – Aço estrutural

Materiais	Localização	Classe de resistência
Aço Estrutural	Armaduras ordinárias	A500 NR SD
	Malha eletrossoldada	A500 EL
	Estruturas metálicas (chapas e perfis)	S355 JR
	Parafusos / Pernos	Classe 8.8/10.9
	Porcas	Classe 8/10

Tabela 3 – Estruturas definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras

Recobrimentos Nominais (*) (**)		
Recobrimentos a Garantir de Acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais Vida Útil Considerada: 100 Anos Estabilidade ao Fogo: R120	Elemento	Recobrimento nominal
	Lajes elevadas e escadas	40 mm
	Paredes interiores	40 mm
	Pilares e Vigas	45 mm
	Revestimento definitivo das galerias	45 mm
	Laje de fundo do poço principal	45 mm
	Lajes de cobertura enterradas	45 mm
	Paredes de contenção	50 mm

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

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

5 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Os critérios de dimensionamento adotados estão descritos na Memória Descritiva e Justificativa, integrada no presente Volume.

Resumindo o que nesse documento foi descrito refere-se que:

- Tempo útil de vida de projeto: 100 anos;
- Classe de consequência CC3;
- Classe de inspeção 3, para betão moldado;
- Classe de fiabilidade RC3;
- Terreno Tipo A

6 DESCRIÇÃO GERAL DA SOLUÇÃO

As secções verificadas neste documento são as descritas nos documentos das memórias descritivas. Os principais pontos a salientar são:

- Túnel de Via - Secção Tipo TV.1: Secção com 0.30m de espessura constante a aplicar em zonas com revestimento primário do tipo TV-B1, TV-B2 e TV-C (Figura 1);
- Túnel de Via - Secção Tipo TV.2: Secção com 0.40m de espessura constante a aplicar em zonas com revestimento primário do tipo TV-D (Figura 1);
- Vias de Resguardo 1 e 2 (OE3 e OE4): Secções com 0.30m de espessura na abobada e espessamento na base dos hasteais e soleira (Figura 2);
- Túnel Término (OE7): Secções com 0.30m de espessura na abobada e espessamento na base dos hasteais e soleira (Figura 3);

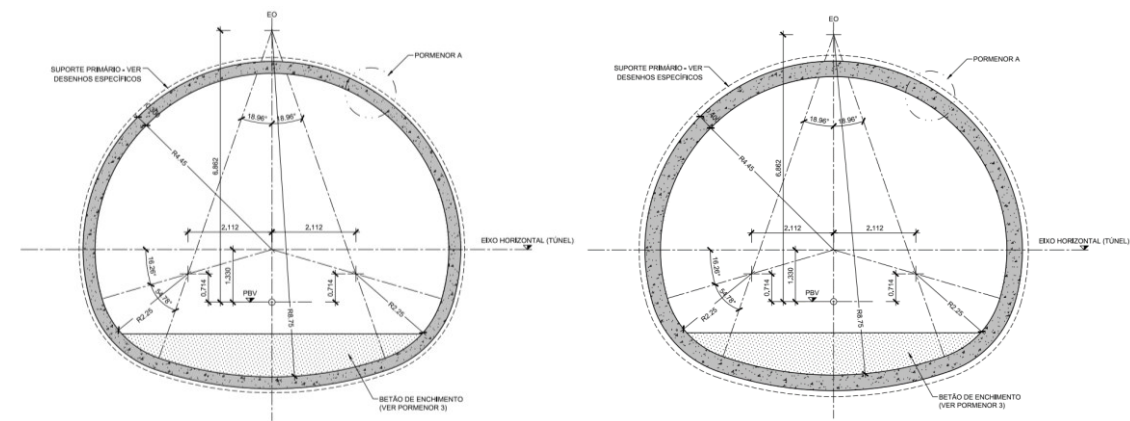


Figura 1 – Revestimento Definitivo: Secção TV.1 e TV.2

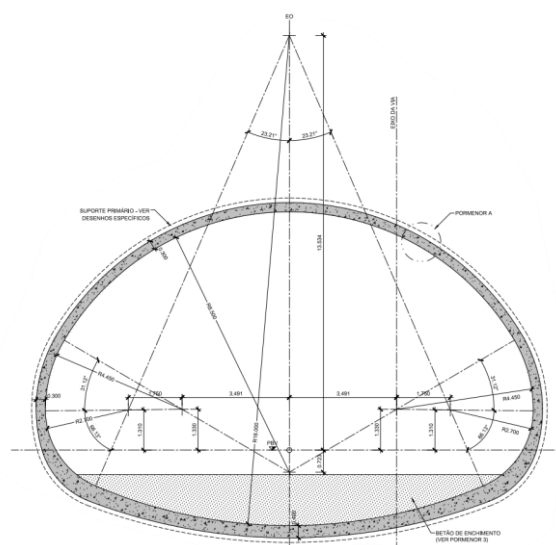


Figura 2 – Revestimento Definitivo: Via de Resguardo 1 (OE3) e Via de Resguardo 2 (OE4)

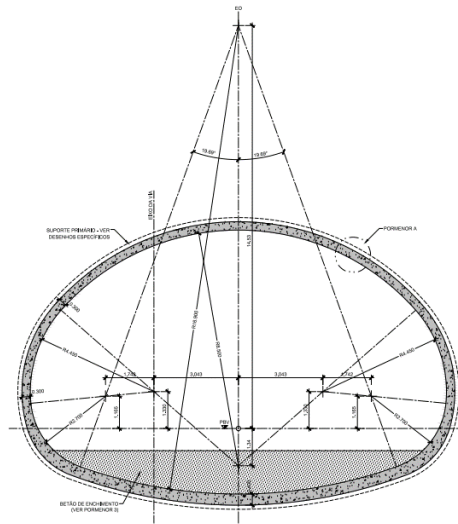


Figura 3 – Revestimento Definitivo: Túnel Término (OE7) – Secção TT.3

7 METODOLOGIA DE CÁLCULO

O dimensionamento estrutural da secção foi realizado com recurso a um programa de cálculo automático de estruturas desenvolvido na COBA, que utiliza o método dos elementos finitos e modela a estrutura com elementos de barra apoiados elasticamente.

O cálculo estrutural realizado para a obtenção dos esforços devidos a carregamentos exteriores foi executado através de uma análise não-linear, considerando elementos lineares apoiados elasticamente, tendo-se desativado as molas tracionadas.

Os modelos de cálculo utilizados na análise estrutural são do tipo apresentado na figura seguinte.

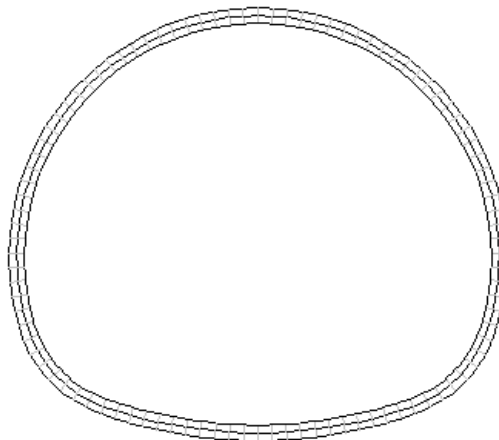


Figura 4 – Modelo de cálculo de uma secção tipo

O módulo de reação (k) dos apoios elásticos foi estimado a partir do módulo de deformabilidade (E) do maciço e do seu coeficiente de Poisson (ν) pela seguinte expressão:

$$k = \frac{E}{R(1 + \nu)}$$

em que R representa o raio do revestimento definitivo.

Nos quadros seguintes apresentam-se os parâmetros geotécnicos adotados no cálculo e que correspondem aos complexos geomecânicos Cc1d e Oligocénico.

Tabela 4 – Parâmetros geotécnicos adotados

	Cc1d	Cc1b	Tufos	Oligocénico	Ccaneças
E' (MPa)	1250	325	120	20	400
ν	0,21	0,21	0,27	0,30	0,25
γ (kN/m ³)	24	24	20	20	23

Os parâmetros apresentados no quadro acima têm o seguinte significado:

- E – módulo de deformabilidade do maciço;
- ν – coeficiente de Poisson do maciço;
- γ – peso específico do maciço.

8 AÇÕES

Na fase de Projeto de Execução foram consideradas no dimensionamento das estruturas as ações regulamentares bem como as ações definidas no Normativo do Metropolitano de Lisboa.

8.1 Ações Permanentes

8.1.1 Peso próprio (PP)

Peso Próprio da estrutura (PP) – Para o peso do betão armado da estrutura considerou-se um peso específico de $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$.

8.1.2 Retração e Fluência (Ret+Flu)

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: $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

8.1.3 Impulso de Terras (It)

Considerou-se que a secção **TV.1** é revestida por Cc1d quase até ao topo da abóbada e Cc1b na restante altura. Sendo H a espessura do maciço que descarrega sobre a crista do túnel, o Impulso de Terras considerado na análise do revestimento secundário desta secção foi o equivalente, por simplificação, aos seguintes valores apresentados:

- $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 4,75 \text{ m}$ (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- Análise de sensibilidade do k_0 , variando entre 0,0 e 0,5.

Para o revestimento definitivo da secção **TV.2** considerou-se que esta é revestida por Ccaneças na base, Tufos da base até ao fim dos hasteais e Oligocénico na restante altura. Fica-se, por simplificação, com as seguintes valores:

- $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 4,85 \text{ m}$ (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- Análise de sensibilidade do k_0 , variando entre 0,2 e 0,5.

Ambas as vias de resguardo apresentadas, correspondentes à OE3 e OE4, para além de serem iguais no ponto de vista geométrico também têm uma envolvente geotécnica muito idêntica e, desse modo, a verificação foi feita apenas para uma das vias de resguardo.

Considerou-se que as vias de resguardo (aqui representadas apenas pela secção **VR1.5**) são revestidas por Ccaneças até ao início dos hateais e por Cc1d no resto da altura sendo que, por simplificação, este foi o Impulso de Terras aplicado à secção:

- $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 8,80 \text{ m}$ para a maior secção (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- Análise de sensibilidade do k_0 , variando entre 0,0 e 0,5.

Para o Túnel Término, secção **TT.3** as considerações foram as mesmas tomadas para as vias de resguardo:

- $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 8,80 \text{ m}$ para a maior secção (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- Análise de sensibilidade do k_0 , variando entre 0,0 e 0,5.

8.1.4 Impulso Hidrostático (Iw)

Para a secção **TV.1**, o Impulso Hidrostático foi considerado o correspondente a um nível freático de 8 m acima do revestimento.

Para a secção **TV.2**, o Impulso Hidrostático foi considerado o correspondente a um nível freático de 8 m acima do revestimento.

Para a secção **VR1.5**, o Impulso Hidrostático foi considerado o correspondente a um nível freático de 4,20 m acima do revestimento.

Para a secção **TT.3**, o Impulso Hidrostático foi considerado o correspondente a um nível freático ao nível do topo da abóbada.

8.2 Ações Variáveis

As ações variáveis consideradas na análise foram as seguintes:

- Sobrecarga de terrapleno – (SC_Terr) – Foi considerada uma sobrecarga de 10 kN/m² para a determinação dos impulsos de terras, sendo esta apenas considerada nas secções que apresentam pouco revestimento de solo acima da crista;
- Sobrecarga Ferroviária: Comboio Tipo (CT);
- Ação da temperatura – temperatura uniforme + temperatura diferencial ($\Delta t_u + \Delta t_d$).

8.3 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 espectro 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 m/s. A consideração dos efeitos não lineares no comportamento dinâmico do terreno é garantida através da adoção do espectro 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 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 detalhado, do campo cinemático de distorção mais desfavorável obtido na análise anterior e cálculo dos correspondentes esforços nas estruturas subterrâneas.
- 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.

Nas estruturas totalmente enterradas os efeitos inerciais da sua resposta são desprezáveis, pelo que se recorreu simplificada a uma análise de interação cinemática. Nesta, a envolvente mais desfavorável de deslocamentos sísmicos é imposta, estaticamente, a um modelo estrutural detalhado da estrutura enterrada. Os esforços sísmicos assim calculados são considerados nas situações de projeto sísmicas.

8.4 Ações Acidentais

8.4.1 Ação Acidental de Incêndio

Na verificação da segurança estrutural para a ação do fogo foram 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 4 estão representados os valores dos recobrimentos adotados para cada elemento estrutural com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

9 COMBINAÇÕES DE AÇÕES

As combinações de ações baseiam-se nas regras definidas na EN 1990. Consideram-se as seguintes combinações de ações, combinações estas, que pode ser consultadas com maior descrição na Memória Descritiva e Justificativa, LVSSA CBJ EP STR TUN 000 MD 087001 0.

9.1 Combinação de Ações para os Estados Limites Últimos (ELU)

Tabela 5 – Combinações para o Estado Limite de Último (ELU)

Combinações /Ações	Estado Limite	Peso Próprio (PP)	Impulso das Terras (I_t)	Impulso hidrostático (I_w)	Sobrecarga de terraplano (SC_Terr)	Sobrecarga Ferroviária: Comboio Tipo (CT)	Ação da temperatura ($\Delta t_u + \Delta t_d$)
Combinação 1	ELU	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
Combinação 2	ELU	1.35	1.5	0.0	0.0	0.0	1.5
Combinação 3	ELU	1.35	1.5	1.5	0.0	0.0	1.5
Combinação 4	ELU	1.35	0.0	1.5	0.0	0.0	1.5
Combinação 5	ELU	1.35	0.0	0.0	1.5	1.5	1.5
Combinação 6	ELU	1.35	1.5	0.0	1.5	1.5	1.5
Combinação 7	ELU	1.35	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Combinação 8	ELU	1.35	0.0	1.5	1.5	1.5	1.5

9.2 Combinação de Ações para os Estados Limites de Serviço (ELS)

Tabela 6 – Combinações para o Estado Limite de Serviço (ELS)

Combinações /Ações	Estado Limite	Peso Próprio (PP)	Impulso das Terras (I_t)	Impulso hidrostático (I_w)	Sobrecarga de terraplano (SC_Terr)	Sobrecarga Ferroviária: Comboio Tipo (CT)	Ação da temperatura ($\Delta t_u + \Delta t_d$)
Combinação 1	ELS	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Combinação 2	ELS	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Combinação 3	ELS	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0
Combinação 4	ELS	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
Combinação 5	ELS	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0
Combinação 6	ELS	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0
Combinação 7	ELS	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Combinação 8	ELS	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0

10 CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

10.1 Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)

A verificação da segurança aos estados limites últimos dos elementos de betão armado foi efetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1.

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

Foi igualmente verificado o estado limite último de resistência do solo de fundação.

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.

A 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 4) 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 4 da EN 1992 1-2 são em geral inferiores aos mínimos necessários para garantir os requisitos de durabilidade. Na Tabela 3 acima, estão representados os valores dos recobrimentos adotados para cada elemento estrutural com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

10.2 Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS)

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

- Limitação das tensões de compressão no betão armado:

- Controle da fendilhação para os elementos de betão armado:
 - Abertura de fendas: limitou-se a abertura de fendas a $w_k = 0,3$ mm para a combinação quase-permanente.
 - Garantiu-se a adoção de armaduras mínimas para os efeitos provocados por deformações impedidas de retração;
 - Garantiu-se a adoção de armadura de alma nas faces laterais em vigas com altura superior a 1m.
- Controle da Deformação para os elementos de betão armado:
 - Limitação das flechas de lajes e vigas a $l/250$ para a combinação de ações quase permanente.
 - Limitação das flechas de elementos estruturais suscetíveis de danificar elementos adjacentes à estrutura, ou equipamentos a $l/500$ para a combinação de ações quase permanente.

10.3 Verificação da Segurança relativamente à rotura por Levantamento Global

A verificação da segurança relativamente à rotura por levantamento global foi efetuada através da comparação, em valor característico, das ações permanentes globais na direção vertical (F_v) com a subpressão (U). Considera-se verificada a segurança garantindo:

$$\frac{F_v}{U} \geq FS$$

Em que FS corresponde a um fator de segurança global a indicar juntamente com a verificação.

11 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

Nos pontos seguintes são apresentados os resultados dos cálculos efetuados, bem como a verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência e em relação ao estado limite de abertura de fendas.

11.1 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos (ELU)

De seguida apresentam-se os esforços e as armaduras de cálculo obtidos, para cada secção, na verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de flexão composta e de esforço

transverso. Para fins de dimensionamento, apresenta-se apenas os resultados dos cenários que se mostraram mais desfavoráveis.

11.1.1 Secção TV.1

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi o da Combinação 4, onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática de 8 m de água acima do revestimento. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

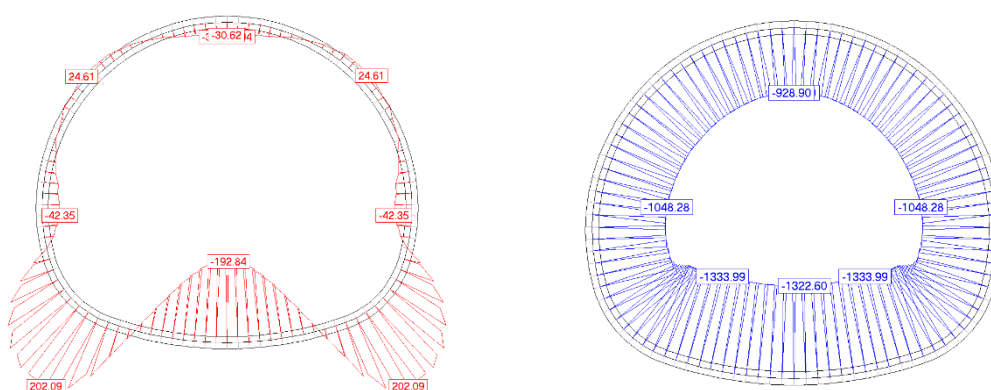


Figura 5 – Secção TV.1. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 4 (ELU)

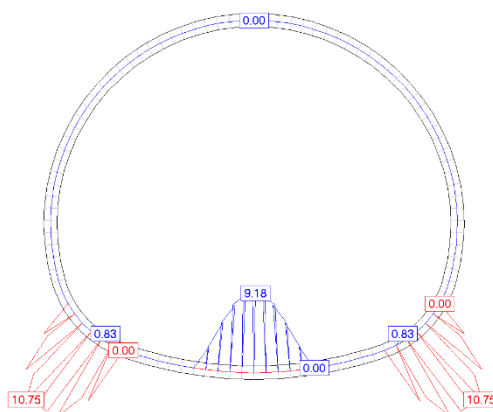


Figura 6 – Secção TV.1. Armaduras de cálculo de flexão (cm²/m)

De acordo com a armadura de cálculo obtida, foi adotada uma malha sol de Ø12//0,10 nas duas faces da secção **TV.1**, verificando-se a segurança ao Estado Limite de Flexão Composta

Relativamente ao esforço transverso, a combinação que se demonstrou mais desfavorável foi onde se considerou a presença de água, sendo o definido no capítulo 8.1.4 para esta secção e um Impulso de Terras com um k_0 de 0,50, mais precisamente a combinação 3 da tabela 5. Apresentam-se de seguida o diagrama de esforço transverso obtido.

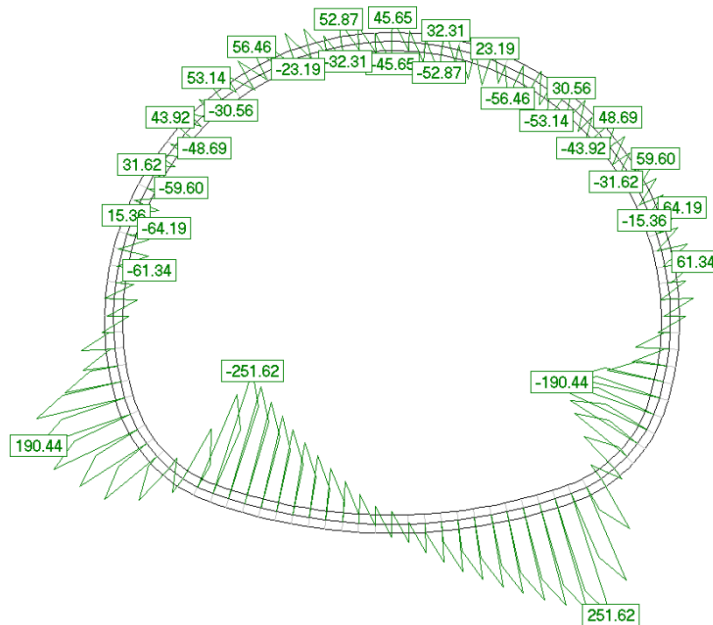


Figura 7 – Secção TV.1. Esforço transverso de dimensionamento Vsd (kN/m)

Considerando que a verificação da segurança ao esforço transversal tem em conta a componente da compressão calculou-se o $V_{Rd,c}$ com a seguinte expressão presente no EC2-1 [6.2.2 (1)].

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$$

Aplicando a expressão à presente secção obteve-se um $V_{Rd,c}$ de cerca de 306 kN/m, superior ao V_{sd} e conclui-se que não será necessária armadura de esforço transversal.

11.1.2 Secção TV.2

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi o da Combinação 2, onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio e um Impulso de Terras (com $k_0 = 0,2$ como desfavorável) e sem presença de água pois esta mostrou-se favorável. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

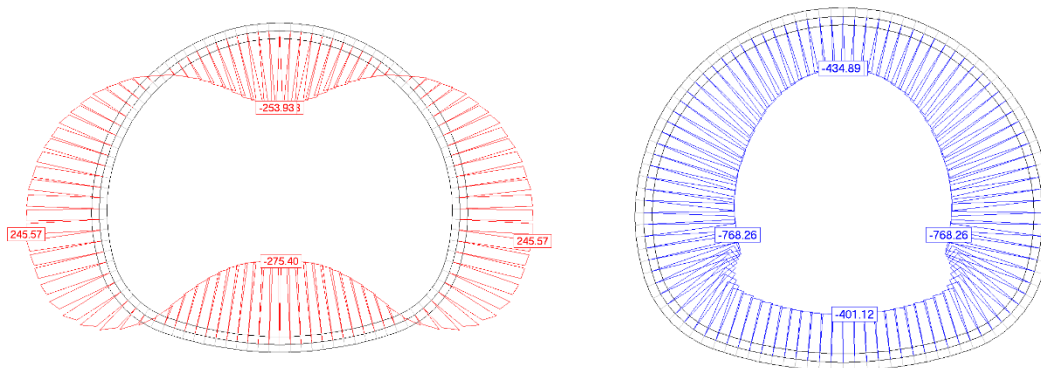


Figura 8 – Secção TV.2. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) para a Combinação 2 (ELU)

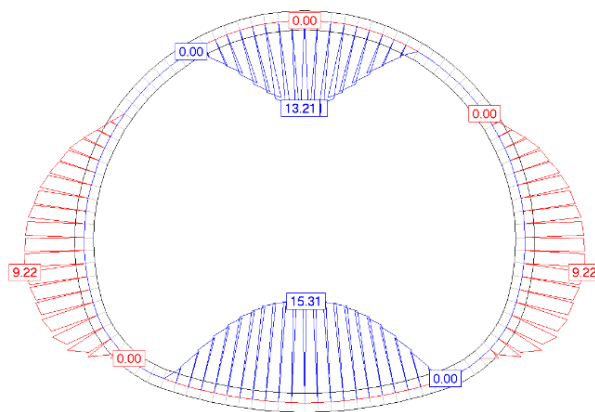


Figura 9 – Secção TV.2. Armaduras de cálculo de flexão (cm²/m)

Para a secção **TV.2** e de acordo com a armadura de cálculo obtida, foi adotada uma malha sol de $\emptyset 12//0,10$ na face exterior e na face interior o mesmo mas com a exceção de um reforço de $\emptyset 16//0,20 + \emptyset 12//0,20$ na base e na abóbada, verificando-se a segurança ao Estado Limite de Flexão Composta

Relativamente ao esforço transversal, a combinação que se demonstrou mais desfavorável foi onde se considerou a presença de água, sendo o definido no capítulo 8.1.4 para esta secção e um Impulso de Terras com um k_0 de 0,20, mais precisamente a combinação 3 da tabela 5. Apresentam-se de seguida o diagrama de esforço transversal obtido.