

**DGADR**

*PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO  
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO*

VOLUME II – CONDUTA ELEVATÓRIA  
TOMO 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

**ABRIL 2024**



**PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO  
CRATO**

**ÍNDICE GERAL DE VOLUMES**

<b>VOLUME I</b>	<b>ESTAÇÃO ELEVATÓRIA</b>
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
	TOMO 4 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 5 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
<b>VOLUME II</b>	<b>CONDUTA ELEVATÓRIA</b>
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
	TOMO 4 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 5 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
<b>VOLUME III</b>	<b>RESERVATÓRIO</b>
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
	TOMO 4 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 5 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
<b>VOLUME IV</b>	<b>REDE DE REGA</b>
<b>VOLUME IV.1</b>	<b>BLOCO DO CRATO</b>
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 4 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
<b>VOLUME IV.2</b>	<b>BLOCO DE ALTER DO CHÃO</b>
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 4 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
<b>VOLUME IV.3</b>	<b>BLOCO DE FRONTEIRA E AVIS</b>
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 4 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
<b>VOLUME IV.4</b>	REDE DE REGA ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
<b>VOLUME V</b>	<b>SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E TELEGESTÃO</b>
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
	TOMO 4 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 5 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

**PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO  
CRATO**

**ÍNDICE GERAL DE VOLUMES**

<b>VOLUME VI</b>	<b>REDE VIÁRIA</b>
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
	TOMO 4 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 5 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
<b>VOLUME VII</b>	<b>RELATÓRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO</b>
<b>VOLUME VIII</b>	<b>PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO</b>
<b>VOLUME IX</b>	<b>PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE</b>
<b>VOLUME X</b>	<b>COMPILAÇÃO TÉCNICA</b>

# PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO

PROJETO DE EXECUÇÃO

VOLUME II – CONDUTA ELEVATÓRIA

EQUIPA TÉCNICA

Coordenação do projeto	Sofia Azevedo, Ph.D.
Coordenação adjunta do projeto	Eng <sup>o</sup> Victor Paulo
Conceção geral, hidráulica e equipamentos	Eng <sup>o</sup> Ricardo Serrano Sofia Azevedo, Ph.D. Eng <sup>o</sup> Victor Paulo Eng <sup>o</sup> Rui Almeida Eng <sup>o</sup> Amílcar Bernardo
Instalações elétricas e automação	Eng <sup>o</sup> Jose Botelho
Estruturas	Eng <sup>o</sup> João Vargas
Geologia e Geotecnia	Eng <sup>o</sup> Fernando Ferreira Dr. Eurico Teixeira Dr. Henrique Rézio
Desenho	Mário Monteiro Rui Serrano
Medições e estimativa orçamental	Eng <sup>o</sup> Ricardo Serrano Sofia Azevedo, Ph.D.



**DGADR**

*PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO  
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO*

VOLUME II – CONDUTA ELEVATÓRIA  
TOMO 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

**ABRIL 2024**

CONTRATO: C871  
FICHEIRO: C871-ADU-PE-Vol\_II-MEM-R2.DOCX



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO .....</b>	<b>3</b>
2.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO .....	3
2.2	CONSTITUIÇÃO E FUNCIONAMENTO DAS INFRAESTRUTURAS SECUNDÁRIAS .....	5
2.2.1	Infraestruturas de adução e armazenamento .....	5
2.2.2	Infraestruturas de rega, viária e SAT .....	6
<b>3</b>	<b>TRAÇADO DA CONDUTA ELEVATÓRIA.....</b>	<b>8</b>
3.1	CONDICIONANTES AO TRAÇADO EM PLANTA DA CONDUTA ELEVATÓRIA .....	8
3.2	TRAÇADO DA CONDUTA ELEVATÓRIA .....	9
3.3	MATERIAL DAS TUBAGENS .....	14
3.4	CRITÉRIOS DE TRAÇADO EM PLANTA E EM PERFIL LONGITUDINAL .....	14
<b>4</b>	<b>ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS.....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>ESTUDOS HIDRÁULICOS .....</b>	<b>19</b>
5.1	CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO E CAUDAIS DE DIMENSIONAMENTO .....	19
5.2	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO .....	19
<b>6</b>	<b>ÓRGÃOS DE EXPLORAÇÃO E SEGURANÇA.....</b>	<b>21</b>
6.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	21
6.2	VÁLVULAS DE SECCIONAMENTO .....	21
6.3	VENTOSAS .....	22
6.3.1	Dimensionamento .....	22
6.3.2	Condições de instalação .....	26
6.4	DESCARGAS DE FUNDO.....	27
<b>7</b>	<b>CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO.....</b>	<b>29</b>
7.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	29
7.2	ANÁLISE DO REGIME TRANSITÓRIO .....	29
7.3	DEFINIÇÃO DE FORMAS .....	31
7.4	INSTRUMENTAÇÃO .....	31
<b>8</b>	<b>FUNDAÇÃO DA CONDUTA E ATRAVESSAMENTOS .....</b>	<b>33</b>
8.1	FUNDAÇÃO TIPO DA CONDUTA .....	33
8.2	ATRAVESSAMENTOS DE CAMINHOS E LINHAS DE ÁGUA .....	33
8.3	ATRAVESSAMENTO DE ESTRADAS NACIONAIS E LINHA FÉRREA .....	34
8.4	ATRAVESSAMENTO DO GASODUTO.....	34
<b>9</b>	<b>MACIÇOS DE AMARRAÇÃO .....</b>	<b>35</b>

9.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	35
9.2	DIMENSIONAMENTO DOS MACIÇOS DE AMARRAÇÃO .....	35
<b>10</b>	<b>DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL.....</b>	<b>38</b>
10.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	38
10.2	REGULAMENTOS ADOTADOS .....	38
10.3	MATERIAIS UTILIZADOS .....	38
10.4	AÇÕES.....	39
10.5	CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO.....	40
10.5.1	Considerações Gerais.....	40
10.5.2	Esforços .....	40
10.5.3	Laje de Topo .....	51
10.5.4	Paredes Exteriores .....	51
10.5.5	Fundações.....	52
10.6	CÂMARA DAS JUNTAS MECÂNICAS.....	53
10.6.1	Considerações Gerais.....	53
10.6.2	Esforços .....	53
10.6.3	Laje de Topo .....	59
10.6.4	Laje de Fundo .....	60
10.6.5	Paredes Exteriores .....	61
10.7	CÂMARA DE VÁLVULAS .....	61
10.7.1	Considerações Gerais.....	61
10.7.2	Esforços .....	62
10.7.3	Laje de Topo .....	69
10.7.4	Laje de Fundo .....	69
10.7.5	Paredes Exteriores .....	70
<b>11</b>	<b>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEGESTÃO .....</b>	<b>71</b>
11.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	71
11.2	CÂMARA DE VÁLVULAS.....	71
11.3	CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO .....	71
11.4	CAMINHO DE CABOS .....	72

## QUADROS NO TEXTO

QUADRO 3.1	– RAIOS MÍNIMOS EM TUBAGEM DE BETÃO COM ALMA DE AÇO .....	15
QUADRO 5.1	– CAUDAL DE FUNCIONAMENTO DA CONDUTA ELEVATÓRIA .....	19
QUADRO 5.2	– COEFICIENTES DE PERDA DE CARGA LOCALIZADAS .....	20
QUADRO 6.1	– DIMENSIONAMENTO DAS VENTOSAS. DIÂMETRO DO ORIFÍCIO AUTOMÁTICO/PURGADORES.....	24
QUADRO 6.2	– DIMENSIONAMENTO DE VENTOSAS. DIÂMETRO MÍNIMO DO ORIFÍCIO CINÉTICO .....	26
QUADRO 6.3	- DIÂMETRO DAS VÁLVULAS DE DESCARGA DE FUNDO .....	27
QUADRO 10.1	–DIMENSIONAMENTO LAJE DE TOPO.....	51
QUADRO 10.2	–DIMENSIONAMENTO DAS PAREDES EXTERIORES .....	52

QUADRO 10.3 –DIMENSIONAMENTO LAJE DE TOPO .....	60
QUADRO 10.4 –DIMENSIONAMENTO LAJE DE FUNDO.....	60
QUADRO 10.5 –DIMENSIONAMENTO DAS PAREDES EXTERIORES .....	61
QUADRO 10.6 –DIMENSIONAMENTO LAJE DE TOPO .....	69
QUADRO 10.7 –DIMENSIONAMENTO LAJE DE FUNDO.....	69
QUADRO 10.8 –DIMENSIONAMENTO DAS PAREDES EXTERIORES .....	70

## FIGURAS NO TEXTO

FIGURA 2.1 - LOCALIZAÇÃO DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO.....	3
FIGURA 2.2 – ESQUEMA DO SISTEMA DE ADUÇÃO .....	6
FIGURA 3.1 - TRAÇADO DA CONDUTA ELEVATÓRIA NOS DIVERSOS ESTUDOS E PROJETOS .....	8
FIGURA 3.2 – ZONA DISPONÍVEL PARA INSTALAÇÃO DA CONDUTA NA CENTRAL FOTOVOLTAICA .....	9
FIGURA 3.3 – ATRAVESSAMENTO DA RIBEIRA DA SEDA (JANEIRO DE 2023 DEPOIS DE CHUVADAS INTENSAS) .....	10
FIGURA 3.4 – ENCOSTA APÓS O ATRAVESSAMENTO DA RIBEIRA DA SEDA .....	11
FIGURA 3.5 – CAMINHO EXISTENTE JUNTO AO PK1+980, NA ZONA DA FUTURA CENTRAL FOTOVOLTAICA.....	11
FIGURA 3.6 – ATRAVESSAMENTO DO IC13 (A) VISTA DO TALUDE DE MONTANTE (B) VISTA DO TALUDE DE JUSANTE .....	12
FIGURA 3.7 – TRAÇADO DA CONDUTA ELEVATÓRIA ENTRE O PK 4+000 E 4+500 .....	12
FIGURA 3.8 – ATRAVESSAMENTO DO CAMINHO AGRÍCOLA AO PK 5+700 .....	13
FIGURA 3.9 – ATRAVESSAMENTO DA EN245 NA ENTRADA PARA O RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO.....	14
FIGURA 3.10 - TRAÇADO EM PERFIL DA CONDUTA ELEVATÓRIA .....	16
FIGURA 4.1 – VALA TIPO I. FUNDAÇÃO CORRENTE .....	18
FIGURA 4.2 – VALA TIPO II. ZONAS COM FORMAÇÕES ALUVIO-COLUVIONARES .....	18
FIGURA 7.1 - REGIME TRANSITÓRIO. ENVOLVENTES MÁXIMA E MÍNIMA DE PRESSÃO NA CONDUTA ELEVATÓRIA. NÍVEL MÍNIMO NA ALBUFEIRA PARA CAUDAL MÁXIMO E RESERVATÓRIO NO NÍVEL DO REGIME NOMINAL .....	30
FIGURA 7.2 – NÍVEIS MÁXIMOS E MÍNIMOS DE ÁGUA NA CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO (RESERVATÓRIO NO NÍVEL DO REGIME NOMINAL - COTA 270,00 M) .....	30
FIGURA 7.3 – NÍVEIS MÁXIMOS E MÍNIMOS DE ÁGUA NA CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO (RESERVATÓRIO NO NÍVEL DE ALARME BAIXO - COTA 266,60 M).....	30
FIGURA 10.1 – MODELO DE CÁLCULO .....	41
FIGURA 10.2 – AÇÃO SÍSMICA REGULAMENTAR.....	42
FIGURA 10.3 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES M <sub>YY</sub> . ENVOLVENTE MÁXIMA .....	45
FIGURA 10.4 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES M <sub>YY</sub> . ENVOLVENTE MÍNIMA .....	45
FIGURA 10.5 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES M <sub>XX</sub> . ENVOLVENTE MÁXIMA.....	46
FIGURA 10.6 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES M <sub>XX</sub> . ENVOLVENTE MÍNIMA .....	46
FIGURA 10.7 – PAREDES. DIAGRAMA DE ESFORÇOS F <sub>YY</sub> . ENVOLVENTE MÁXIMA .....	47
FIGURA 10.8 – PAREDES. DIAGRAMA DE ESFORÇOS F <sub>YY</sub> . ENVOLVENTE MÍNIMA .....	47
FIGURA 10.9 – PAREDES. DIAGRAMA DE ESFORÇOS F <sub>XX</sub> . ENVOLVENTE MÁXIMA .....	48
FIGURA 10.10 – PAREDES. DIAGRAMA DE ESFORÇOS F <sub>XX</sub> . ENVOLVENTE MÍNIMA .....	48
FIGURA 10.11 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES M <sub>YY</sub> . ENVOLVENTE MÁXIMA .....	49
FIGURA 10.12 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES M <sub>YY</sub> . ENVOLVENTE MÍNIMA.....	49

FIGURA 10.13 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	50
FIGURA 10.14 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	50
FIGURA 10.15 – MODELO DE CÁLCULO .....	53
FIGURA 10.16 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	55
FIGURA 10.17 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA .....	55
FIGURA 10.18 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	55
FIGURA 10.19 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA .....	56
FIGURA 10.20 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	56
FIGURA 10.21 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA .....	56
FIGURA 10.22 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA .....	57
FIGURA 10.23 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA .....	57
FIGURA 10.24 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA .....	58
FIGURA 10.25 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	58
FIGURA 10.26 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	59
FIGURA 10.27 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	59
FIGURA 10.28 – MODELO DE CÁLCULO .....	62
FIGURA 10.29 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	63
FIGURA 10.30 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA .....	64
FIGURA 10.31 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	64
FIGURA 10.32 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA .....	64
FIGURA 10.33 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	65
FIGURA 10.34 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA .....	65
FIGURA 10.35 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA .....	65
FIGURA 10.36 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA .....	66
FIGURA 10.37 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA .....	66
FIGURA 10.38 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	66
FIGURA 10.39 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	67
FIGURA 10.40 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	67
FIGURA 10.41 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA .....	67
FIGURA 10.42 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	68
FIGURA 10.43 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	68
FIGURA 10.44 – PAREDES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	68

## **QUADROS EM ANEXO**

**QUADRO A1** - CONSUMO DE PERCURSO AO LONGO DA CONDUTA (Q VARIÁVEL ENTRE 5,01 E 4,42 M<sup>3</sup>/s) E RESERVATÓRIO NO NÍVEL DE DIMENSIONAMENTO DOS GRUPOS ELETROBOMBA (N NOMINAL = 270,00 M)

**QUADRO A2** - CAUDAL TOTAL DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA (5,01 M<sup>3</sup>/s) E RESERVATÓRIO AO NÍVEL DE DIMENSIONAMENTO DOS GRUPOS ELETROBOMBA (N NOMINAL = 270,00 M)

**QUADRO A3** - CONSUMO DE PERCURSO AO LONGO DA CONDUTA (Q VARIÁVEL ENTRE 5,01 E 4,42 M<sup>3</sup>/s) E RESERVATÓRIO AO NÍVEL MÍNIMO DE EXPLORAÇÃO (NME=266,00 M)

**QUADRO A4** - CAUDAL TOTAL DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA (5,01 M<sup>3</sup>/s) E RESERVATÓRIO AO NÍVEL MÍNIMO DE EXPLORAÇÃO (NME=266,00 M)

**QUADRO A5** – DIMENSIONAMENTO DAS VENTOSAS DA CONDUTA ELEVATÓRIA (Q=5,01 M<sup>3</sup>/s)

**QUADRO A6** - MACIÇOS DE AMARRAÇÃO. CÂMARA DE VÁLVULAS

**QUADRO A7** - MACIÇOS DE AMARRAÇÃO. CURVAS EM PLANTA

**QUADRO A8** - MACIÇOS DE AMARRAÇÃO. CURVAS EM PERFIL

**QUADRO A9** - MACIÇOS DE AMARRAÇÃO. DERIVAÇÕES E REDUÇÕES



# 1 INTRODUÇÃO

Na sequência do Concurso Público nº 384/DGADR/2021, a DGADR adjudicou à CAMPO D'ÁGUA, Engenharia e Gestão, Lda. a elaboração do “**Projeto de Execução de Infraestruturas de Regadio do Aproveitamento Hidroagrícola do Crato**”.

O Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato (AHFM do Crato) situa-se nos concelhos de Alter do Chão, Fronteira, Crato e Avis do distrito de Portalegre. Este integra-se num empreendimento que pretende garantir o abastecimento público às populações da região, mesmo em caso de períodos de seca prolongada. A sua implementação levará ao estímulo do crescimento económico e da competitividade agrícola e agropecuária e ao desenvolvimento e coesão da região.

O primeiro estudo com vista à implementação deste aproveitamento efetuou-se em 1957 pela então Direção Geral dos Serviços Hidráulicos (DGSH), estando enquadrado no Plano de Valorização do Alentejo. Nas décadas de 60 a 80 realizaram-se novos estudos que tinham em consideração novas tecnologias de rega mais eficientes, usadas atualmente de forma genérica, e cujo principal intuito era a minimização de limitações, nomeadamente pedológicas. No início deste século (2000-2011), avaliou-se novamente a viabilidade ambiental e económica deste empreendimento. Em 2003 foi reformulado o projeto de execução da barragem e elaborado um estudo de impacte ambiental. Em 2006 foi elaborado um Projeto de Execução da Rede de Rega do Crato. Já em 2010/2011 foi elaborado o Estudo de Viabilidade Técnica, Económica e Ambiental do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato. Mais recentemente, em 2021, efetuou-se a “Avaliação da Sustentabilidade e Desenvolvimento Integrado dos Recursos Hídricos e Energéticos do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato” promovida pela Comunidade Intermunicipal do Alto Alentejo (CIMAA) que incluiu o projeto de execução da barragem, central mini-hídrica e centrais fotovoltaicas e o estudo prévio do sistema de rega. Constata-se assim que este empreendimento se encontra em estudo há mais de 50 anos não tendo ainda sido implementado.

O Projeto de Execução teve em conta todos os estudos realizados anteriormente, baseando-se, no entanto, no Estudo Prévio realizado recentemente pela Aqualogus & TPF (2021), no Estudo de Impacte Ambiental (EIA) (Aqualogus & TPF, 2021, 2022) e na Declaração de Impacte Ambiental (DIA) (APA, 2022), assim como as revisões efetuadas no âmbito do processo de AIA e do RECAP das infraestruturas primárias, nomeadamente a revisão das disponibilidades hídricas, apresentadas no Tomo 2 – Estudos Hidrológicos e Gestão de Albufeiras do Volume 1 – Memória Geral do Projeto de Execução Infraestruturas Primárias do AHFM do Crato, datado de janeiro de 2023, bem como a revisão das necessidades hídricas úteis no pé da planta, apresentadas na

resposta ao Elemento 5 no DT 01 – E.5 do RECAPE das Infraestruturas Primárias do AHFM do Crato, datado de fevereiro de 2023.

A origem da água para rega será a albufeira da barragem de Pisão, a construir na ribeira de Seda. O AHFM do Crato será constituído por três blocos: Crato, Alter do Chão e Fronteira e Avis. A estação elevatória do Pisão captará a água da tomada da barragem do Pisão, que será bombada para um reservatório, a partir do qual se desenvolverá a rede de rega gravítica dos blocos de Alter do Chão e de Fronteira e Avis. Para o bloco do Crato as manchas localizadas junto à barragem serão beneficiadas ao longo da conduta elevatória.

Para melhor se atingirem os objetivos deste trabalho optou-se por dividir o projeto de execução em várias notas técnicas, articuladas em sequência e tendo como base o Estudo Prévio aprovado anteriormente, que consubstanciam o projeto de execução propriamente dito.

Tendo em conta as disposições estabelecidas na DIA e os pedidos de correção apresentados pelos proprietários no decurso da consulta pública realizada em setembro de 2022, a área total para a qual serão projetadas as infraestruturas secundárias de rega do Crato corresponde atualmente a 5 494 ha distribuídas pelos seguintes blocos: Crato (654 ha), Alter do Chão (3 145 ha) e Fronteira e Avis (1 695 ha).

Após a aprovação das notas técnicas relativas às infraestruturas secundárias, deu-se início ao desenvolvimento do projeto de execução que se apresenta dividido em vários volumes, sendo o presente relativo à conduta elevatória. No **Desenho 1** apresenta-se a planta de localização, à escala 1:50 000 e no **Desenho 2** encontra-se a implantação geral, à escala 1:10 000.

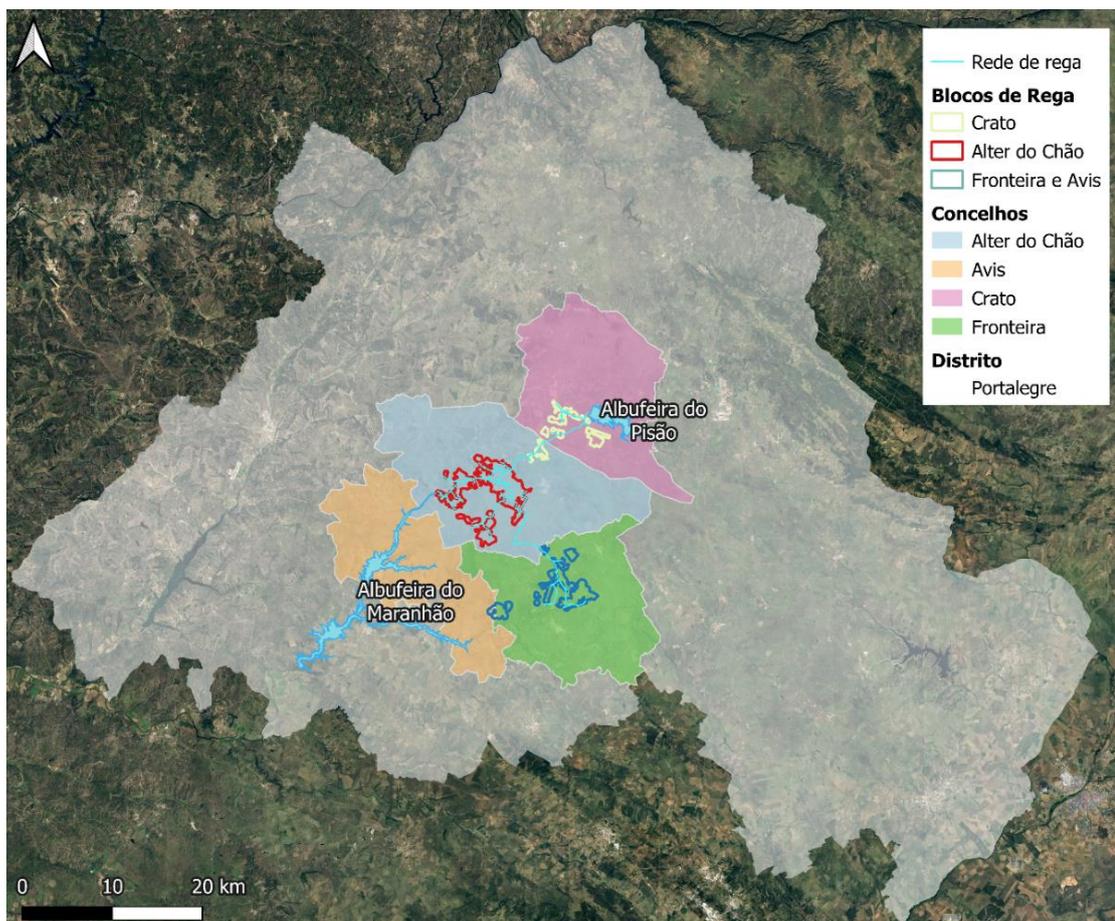
Os estudos geológicos geotécnicos relativamente à conduta elevatória são apresentados em volume autónomo.

## 2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO

O Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato situa-se na sub-região do Alto Alentejo (NUTS III), representada pela Comunidade Intermunicipal do Alto Alentejo (CIMAA). Tem uma área total de 5 494 ha, que se reparte pelos blocos do Crato (654 ha), de Alter do Chão (3 145 ha) e de Fronteira e Avis (1 695 ha), distribuindo-se pelos concelhos de Alter do Chão, Fronteira, Crato e Avis.

A rede de rega tem origem na estação elevatória, que elevará água a partir da albufeira criada pela barragem do Pisão até um reservatório de regularização. Na figura seguinte apresenta-se a constituição e disposição relativa dos blocos de rega e principais infraestruturas que constituem o Aproveitamento Hidroagrícola do Crato.



**Figura 2.1 - Localização do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato**

### **Infraestruturas Primárias**

A barragem do Pisão será implementada na ribeira de Seda e situa-se a montante da albufeira do Maranhão, já existente no mesmo curso de água. Esta permitirá a regularização de caudais para regadio e o reforço do sistema de abastecimento público e industrial da região. Será de aterro com aproximadamente 54 m de altura e um desenvolvimento total de cerca de 1 350 m, e a área inundada será de 726 ha à cota 248,00 m (Nível de Pleno Armazenamento - NPA), sendo que a albufeira a criar vai inundar a aldeia do Pisão, a qual deu origem ao seu nome. A bacia hidrográfica na ribeira da Seda na seção da barragem do Pisão possui uma área de 245 km<sup>2</sup>.

A inclinação dos paramentos de montante e de jusante são respetivamente de 1(V):2,5(H) e 1(V):2,0(H). A largura do coroamento é de 10 m. A cota do coroamento da barragem será de 252,00 m, sendo o NPA à cota 248,00 e o NMC à cota 250,45. O NmE para rega situar-se-á à cota 221,30. O NmE para abastecimento urbano situa-se à cota 219,10.

A albufeira criada pela barragem ao NPA terá um armazenamento total de 116,3 hm<sup>3</sup> e um armazenamento útil de 109,3 hm<sup>3</sup>.

A barragem do Pisão será composta por um descarregador de cheias (caudal máximo descarregado de 36,70 m<sup>3</sup>/s), desvio provisório da ribeira de Seda, descarga de fundo, tomada de água e central hidroelétrica de pé de barragem.

A central mini-hídrica permitirá a produção de energia elétrica e a restituição dos caudais ecológicos na ribeira de Seda. Esta terá uma potência nominal de 500 kW. Também se construirá uma central solar fotovoltaica, com uma potência total de 150 MW, que será composta por dois tipos de instalações: terrestre (140 MW) e flutuante (10 MW). A instalação em terra será construída a sul da linha de caminho de ferro e a este do IC13.

De referir ainda que estes projetos de execução se encontram em fase de revisão, tendo em conta o estabelecido na DIA.

### **Infraestruturas Secundárias**

As infraestruturas secundárias a construir são: o sistema elevatório de adução (estação elevatória e conduta elevatória), o reservatório de regularização e a rede de rega. Será ainda construída uma rede viária para acesso às infraestruturas primárias e um sistema de automação e telegestão (SAT).

## 2.2 CONSTITUIÇÃO E FUNCIONAMENTO DAS INFRAESTRUTURAS SECUNDÁRIAS

### 2.2.1 INFRAESTRUTURAS DE ADUÇÃO E ARMAZENAMENTO

O sistema de adução e armazenamento será constituído por uma estação elevatória, uma conduta elevatória e um reservatório de regularização.

A origem do sistema de adução será a barragem do Pisão. A água captada na albufeira da barragem será conduzida à estação elevatória do Pisão através do circuito da tomada de água e de uma conduta geral de aspiração, constituídas por tubagens em aço e PRFV DN 1800 e aço e betão com alma de aço DN2000 mm.

A estação elevatória do Pisão (EE) permitirá a elevação dos volumes necessários para alimentação dos blocos de rega do Crato, Alter do Chão, Fronteira e Avis, constituindo-se como a única estação elevatória do sistema adutor. Para permitir a elevação do caudal total necessário a estação será equipada com um total de 4 grupos eletrobomba principais, cada um com capacidade para elevar um caudal de 1,002 m<sup>3</sup>/s a 50,1 mca e um total de 2 grupos secundários, cada um com capacidade para elevar um caudal de 0,501 m<sup>3</sup>/s a 50,1 mca. A capacidade total de elevação da EE será assim de 5,01 m<sup>3</sup>/s. Todos os grupos eletrobomba serão equipados com sistemas de variação de velocidade por forma a permitir o ajustamento dos caudais elevados face à variação dos níveis de água na albufeira da barragem do Pisão, no reservatório de regularização e à variação das solicitações nas redes de rega a jusante. A estação elevatória disporá ainda de um conjunto de reservatórios hidropneumáticos que permitirão a proteção dos grupos eletrobomba e das condutas face ao regime transitório.

A conduta elevatória estabelecerá a ligação entre a estação elevatória do Pisão e o reservatório de regularização, desenvolvendo-se uma extensão total de cerca de 5,8 km. A conduta será constituída por tubagens em betão com alma de aço com diâmetros DN1800 e DN2000 mm e será equipada com um conjunto de órgãos de operação e segurança necessários ao seu correto funcionamento tais como ventosas, descargas de fundo e câmaras com válvulas de seccionamento.

Na extremidade da conduta elevatória será executado um reservatório de regularização que terá, entre outras, a função de regulação do sistema de adução, nomeadamente do arranque e paragem dos grupos eletrobomba da estação elevatória. Este reservatório, do tipo semi-escavado revestido com geomembrana terá um volume útil de 55 dam<sup>3</sup>. O reservatório permite o funcionamento da rede de rega durante cerca de 3h com o caudal de dimensionamento. O volume armazenado permitirá também a garantia total das necessidades de rega durante o período de inverno (novembro a janeiro), correspondentes a cerca de 26 dam<sup>3</sup>.

A tomada de água do reservatório incorporará um sistema de filtração dotado de uma saída para ligação à conduta principal para rega. O sistema de filtração será constituído por dois tamisadores de banda rotativa, cada um com capacidade para um caudal de 2,20 m<sup>3</sup>/s, que irão assegurar um grau de filtração de 1,5 mm.

A partir do reservatório de será estabelecida a ligação às redes de rega dos blocos de Alter do Chão, Avis e Fronteira, por intermédio de uma conduta em betão com alma de aço DN1800 com origem na estrutura de tomada de água do reservatório. O bloco de rega do Crato será alimentado através de um conjunto de três derivações diretamente ligadas à conduta elevatória que estabelece a ligação entre a estação elevatória do Pisão e o reservatório a jusante das quais serão implementadas três estações de filtração com filtros em pressão.

Na figura seguinte apresenta-se um esquema do sistema de adução em estudo com a identificação e localização relativa das diversas infraestruturas que o constituem:



**Figura 2.2 – Esquema do sistema de adução**

### 2.2.2 INFRAESTRUTURAS DE REGA, VIÁRIA E SAT

A rede de rega dos diversos blocos possuirá um desenvolvimento de 86,6 km com DN 110 a DN 1800 e PN 6 a 16. A tubagem até 630 mm será em PEAD e para diâmetros superiores usar-se-á betão com alma de aço (BAA). Dimensionou-se a rede de rega de forma a garantir uma pressão mínima a montante das bocas de rega, que garanta o funcionamento dos equipamentos da rede coletiva (10 mca a montante do hidrante). Os órgãos de exploração e segurança das redes de rega são constituídos por ventosas, descargas de fundo, válvulas de seccionamento e hidrantes/ bocas de rega.

A rede viária apenas se prevê complementar a densa rede de caminhos já existente, com o acesso às infraestruturas a construir, nomeadamente acesso da estação fotovoltaica ao reservatório e à conduta elevatória e conduta principal. Assim, terá um desenvolvimento de 9 km, com uma largura de 4 m e camada de desgaste em macadame betuminoso.

O sistema de automação e telegestão (SAT) da rede de rega será efetuado via rádio e será centralizado no posto de comando do reservatório, sendo transmitido um conjunto de informação do reservatório através de um cabo de fibra ótica que será instalado ao longo da conduta elevatória. Na estação elevatória ficará assim disponível toda a informação relativa à rede de rega, reservatório, conduta elevatória e estação elevatória, podendo a mesma ser também transmitida para a sede da CIMAA.

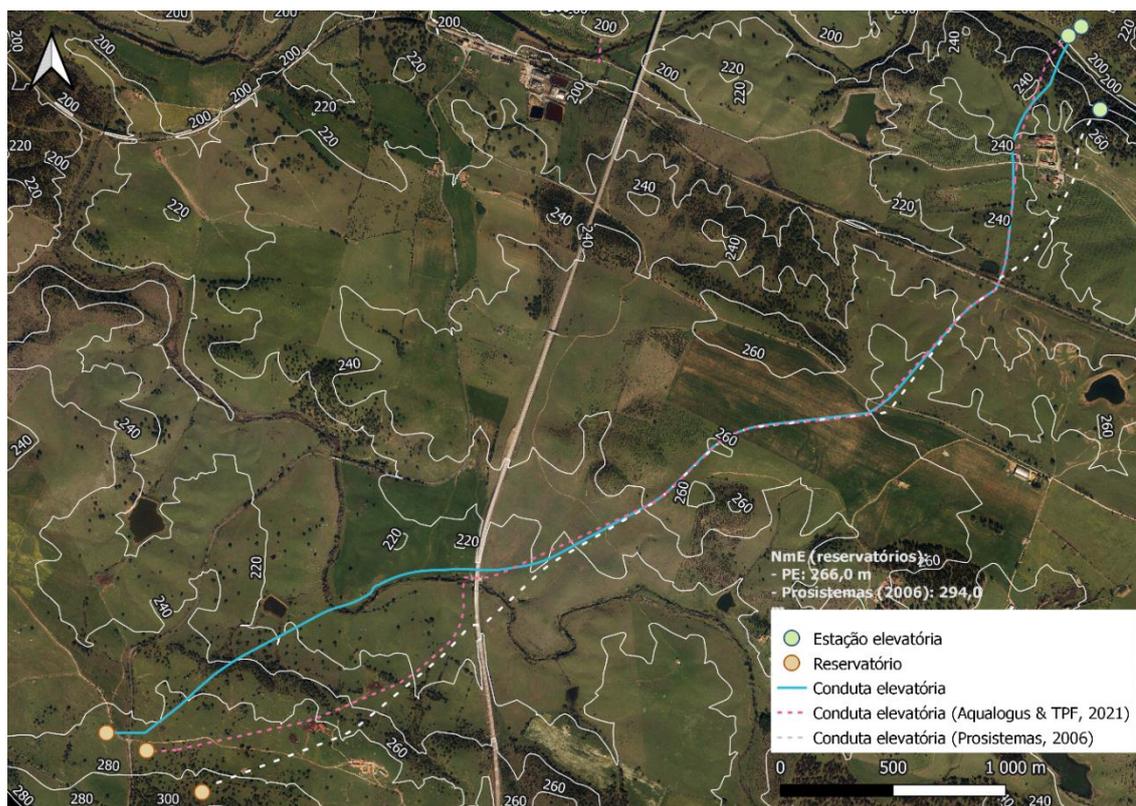
Para comunicação entre o posto de comando do reservatório de regularização e a supervisão da estação elevatória existirá um sistema redundante em relação ao cabo de fibra ótica, via GSM.

### 3 TRAÇADO DA CONDUTA ELEVATÓRIA

#### 3.1 CONDICIONANTES AO TRAÇADO EM PLANTA DA CONDUTA ELEVATÓRIA

O traçado da conduta elevatória foi definido no estudo prévio mencionado anteriormente e que foi alvo de EIA. Nesse estudo previa-se que a conduta elevatória tivesse cerca de 5,7 km de extensão, constituída por tubagens de betão com alma de aço.

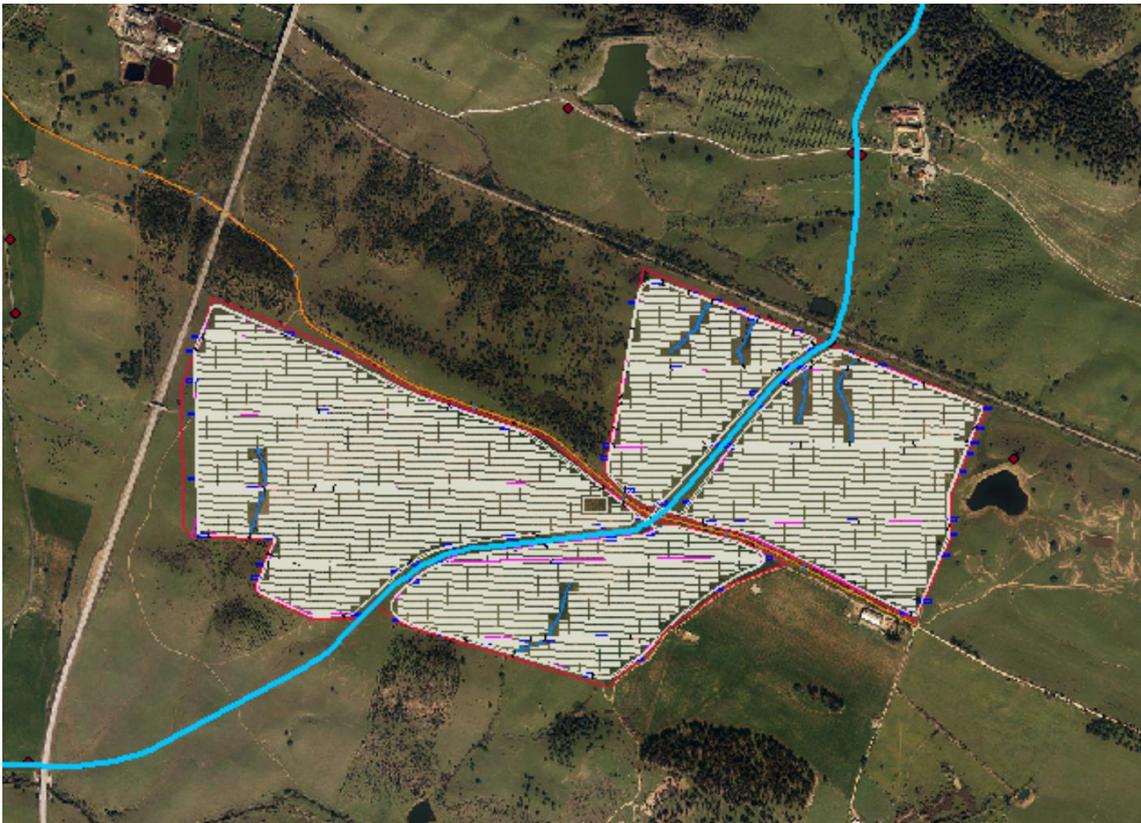
O traçado selecionado nessa fase seguiu de perto o traçado definido no projeto de execução elaborado pela Prosistemas, em 2005, tal como se pode verificar na figura seguinte. Contudo, nesse projeto de execução o nível mínimo de exploração do reservatório situava-se à cota 294,00 e no estudo prévio, apresentado em 2021, o nível mínimo de exploração foi definido à cota 268,50. Esta diferença de mais de 25 m coloca grandes problemas na proteção da conduta elevatória.



**Figura 3.1 - Traçado da conduta elevatória nos diversos estudos e projetos**

No projeto de 2006, verificou-se não ser necessária a instalação de dispositivos de proteção da conduta para além dos reservatórios hidropneumáticos a instalar na estação elevatória (2 RH de 90 m<sup>3</sup>, cada). No estudo prévio mencionado, não foi apresentado o estudo do regime transitório.

O traçado da conduta elevatória está fortemente condicionado pelo projeto de execução da central fotovoltaica, já terminado, assim como pela avaliação de impacto ambiental, que se encontra atualmente em fase de RECAP. Ou seja, na zona da central fotovoltaica, que é a zona mais desfavorável do traçado em perfil, foi prevista uma faixa, com uma largura entre 35 e 70 m por onde deve passar a conduta elevatória, tal como se pode ver na figura seguinte.



**Figura 3.2 – Zona disponível para instalação da conduta na central fotovoltaica**

Por outro lado, a CIMAA iniciou já o processo de expropriação, pelo que a alteração completa do traçado da conduta não é viável nesta fase. Deste modo, foram efetuadas pequenas correções, sendo que a única alteração significativa foi efetuada junto ao reservatório, para melhorar o traçado em perfil no troço final e assim evitar problemas maiores decorrentes dos regimes transitórios.

### **3.2 TRAÇADO DA CONDUTA ELEVATÓRIA**

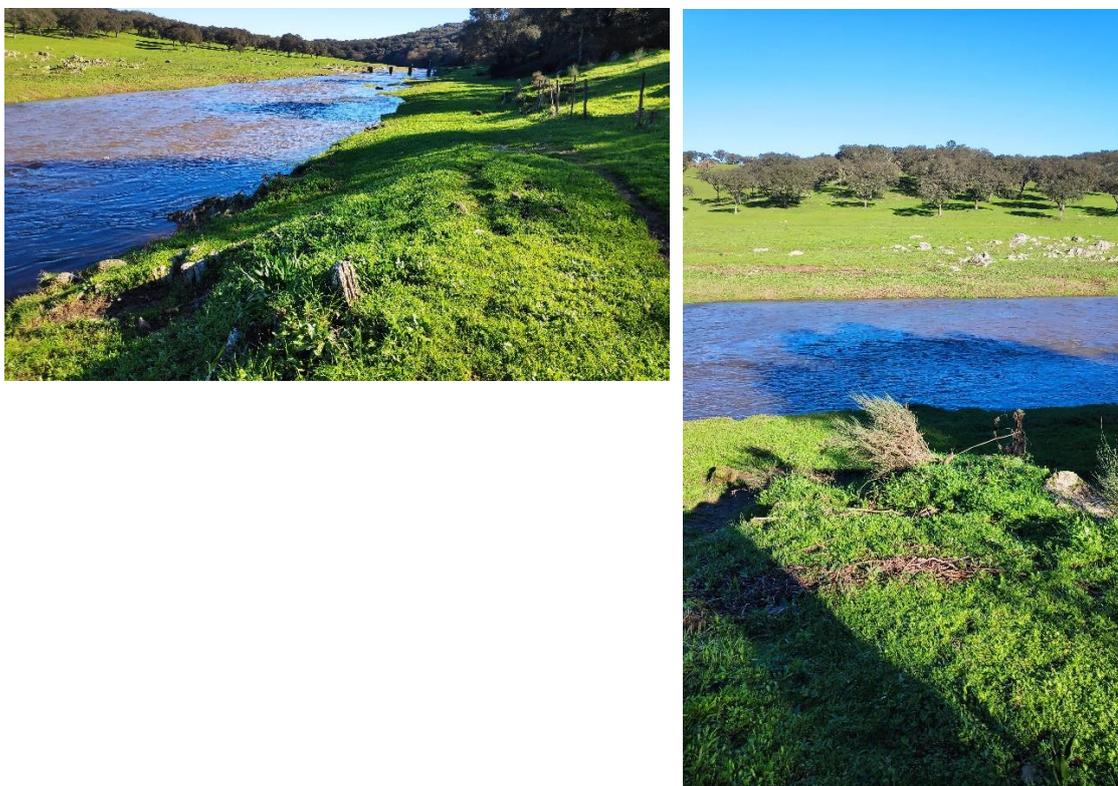
Nesta fase de projeto de execução, foi efetuado o levantamento topográfico de pormenor, à escala 1:1000, que serviu de base ao traçado da conduta elevatória.

A otimização dos diâmetros da conduta elevatória, foi feita em conjunto com a altura de elevação da estação elevatória, a cota do nível mínimo do reservatório a jusante e a rede de

rega e foi apresentada na fase de notas técnicas e no Volume IV relativo aos projetos de execução das redes de rega. Assim, a conduta elevatória terá um comprimento de cerca de 5 789 m, sendo 2 380 m em betão com alma de aço DN2000 e 3 409 m de DN1800.

Tendo em conta os diâmetros da conduta elevatória privilegiou-se o traçado com desenvolvimento em curva minimizando-se o número de acessórios em planta e em perfil. O traçado da conduta elevatória é apresentado, à escala 1:10.000, no **Desenho 2**, sobre ortofotomapa.

A conduta elevatória tem início na estação elevatória do Pisão e passa, ao PK 0+080 na ribeira da Seda, na zona que será regularizada no âmbito das obras da barragem do Pisão.



**Figura 3.3 – Atravessamento da ribeira da Seda (janeiro de 2023 depois de chuvadas intensas)**

Imediatamente após o atravessamento da ribeira a conduta adutora sobe uma encosta inclinada. As fotografias seguintes mostram a encosta a jusante deste atravessamento.



**Figura 3.4 – Encosta após o atravessamento da ribeira da Seda**

Ao PK 0+678 é efetuada a primeira derivação para o bloco de rega do Crato (conduta CE1), para instalação da estação de filtração EF1.

Ao PK 1+210 atravessa a linha de caminho de ferro, por perfuração horizontal. Tendo em conta o diâmetro da conduta (DN2000), preconizou-se uma solução de cravação sem instalação de forra. Ao PK 1+257 é efetuada a segunda derivação para o bloco de rega do Crato (conduta CE2) para instalação da estação de filtração EF2. Nesta zona tem início a futura central fotovoltaica, que se desenvolve de ambos os lados do adutor tendo sido prevista uma faixa livre para implantação da conduta elevatória.

Já na zona da futura central fotovoltaica será implantada a chaminé de equilíbrio ao PK 1+750. A fotografia seguinte mostra a zona de atravessamento de um caminho existente, imediatamente a jusante da chaminé de equilíbrio, ao PK 1+980.



**Figura 3.5 – Caminho existente junto ao PK1+980, na zona da futura central fotovoltaica**

Entre os PK 3+940 e PK 4+000 será necessário efetuar o atravessamento do IC13. Tal como para o caminho de ferro, este atravessamento será efetuado por perfuração horizontal sem instalação de forra, tendo em conta o diâmetro da conduta (DN1800). As fotografias seguintes mostram a zona do atravessamento da conduta na estrada, sendo que a primeira mostra o talude de montante e a segunda o talude de jusante.



**Figura 3.6 – Atravessamento do IC13 (a) vista do talude de montante (b) vista do talude de jusante**



**Figura 3.7 – Traçado da conduta elevatória entre o PK 4+000 e 4+500**

Após a passagem do IC13 a conduta desenvolve-se em terreno aberto, junto à ribeira de Linhais, tal como se pode verificar na fotografia anterior.

Ao PK 4+695 é efetuada a terceira derivação para o bloco de rega do Crato (conduta CE3), para instalação da estação de filtração EF3.

A conduta elevatória segue por campo aberto, atravessando o gasoduto ao PK 5+550. Esta infraestrutura faz parte da denominada Linha 07001 (Campo Maior – Ponte de Sor), tratando-se de uma tubagem de aço com 700mm de diâmetro. A REN-Gasodutos S.A. é a concessionária da Rede Nacional de Transporte de Gás (RNTG) em regime de serviço público. A RNTG é constituída pelas redes de gasodutos de alta pressão (com pressões de serviço superiores a 20 bar) e pelas estações de superfície com funções de seccionamento, derivação e/ou de redução de pressão e medição de gás natural para ligação às redes de distribuição.

Foi efetuado nesta fase de projeto de execução um reconhecimento da profundidade instalada na zona do atravessamento por técnicos da REN-Gasodutos. Os pormenores do atravessamento foram coordenados com esta entidade.

A cerca de 140 m do atravessamento do adutor, ao PK 5+700 a conduta elevatória atravessa um caminho agrícola, tal como se pode observar pela fotografia seguinte.



**Figura 3.8 – Atravessamento do caminho agrícola ao PK 5+700**

Ao PK 5+765 será efetuado o atravessamento da EN245, também por perfuração horizontal, sendo que imediatamente a jusante tem início a estrutura de entrada no reservatório de

regularização. De referir que a profundidade de instalação da conduta é bastante elevada para permitir a entrada no fundo do reservatório de regularização.



**Figura 3.9 – Atravessamento da EN245 na entrada para o reservatório de regularização**

### **3.3 MATERIAL DAS TUBAGENS**

Para a conduta elevatória e tendo em atenção a gama de materiais disponíveis, a sua durabilidade e fiabilidade optou-se, de acordo com o proposto em estudo prévio, pela manutenção de tubagens de betão com alma de aço (BAA).

Para estas tubagens em betão com alma de aço os acessórios serão do mesmo material ou em aço. A ligação entre os tubos deverá ser efetuada através de juntas automáticas, com exceção de pequenos troços onde se previu a instalação de tubagens soldadas.

### **3.4 CRITÉRIOS DE TRAÇADO EM PLANTA E EM PERFIL LONGITUDINAL**

Com base nas fábricas que normalmente fornecem tubagem de betão com alma de aço para este tipo de obras, no sul do país, independentemente da tubagem poder ser fornecida por qualquer outro fabricante certificado, elaborou-se um quadro com os raios mínimos a adotar em tubagens com juntas elásticas:

**Quadro 3.1 – Raios mínimos em tubagem de betão com alma de aço**

DN	Alentubo			Transwater		
	L	º	R mín	L	º	R mín
DN1800	6,4	0,9	407	5,0	0,9	318
DN2000	6,2	0,8	444	5,0	0,8	358

No caso da Transwater a junta soldada permite uma deflexão de 3º. No entanto, não se recomenda a instalação de tubagem com junta soldada.

Assim, considerou-se no projeto para a tubagem de betão com alma de aço DN2000 um raio mínimo de 444 m, e para o DN1800 um raio mínimo de 407 em planta e em perfil.

Ao nível do perfil longitudinal da conduta do adutor, o projeto teve em consideração alguns aspetos considerados fundamentais:

- O recobrimento mínimo das tubagens;
- O estabelecimento de declives mínimos ascendente e descendente, inerentes à circulação do ar até às ventosas e à não deposição de material sólido;
- A otimização das escavações, no sentido de, por um lado, reduzir estes custos mas, sem contudo deixar de considerar a minimização do número de ventosas e de descargas de fundo necessárias.

No que se refere ao recobrimento mínimo adotou-se um valor de 1,0 m, altura de aterro que permitirá o trabalho de maquinaria agrícola pesada, sem originar danos quer na conduta, quer no equipamento agrícola, com exceção nos atravessamentos das linhas de água.

A conduta deverá apresentar, no seu traçado em perfil, declives mínimos compatíveis com o transporte do ar libertado pela água até ao local de instalação das ventosas e com o arrastamento de eventual material sólido transportado pela água até aos pontos onde se localizarão das descargas de fundo.

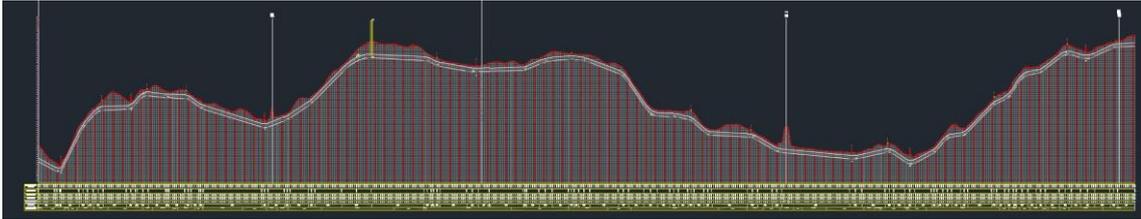
Assim, para o traçado da conduta elevatória em perfil adotaram-se os seguintes declives mínimos:

- Declive mínimo em troços ascendentes: 0,3 %;
- Declive mínimo em troços descendentes: 0,5 %.

Quanto aos declives máximos, os mesmos estão associados à necessidade, ou não, de amarração das tubagens que atravessem zonas mais declivosas, por forma a evitar o seu escorregamento.

Em princípio adotou-se um o seguinte valor máximo de 20%, a partir do qual a conduta deverá ser equipada com maciços de amarração que garantam a sua fixação, ou em alternativa prever a soldadura da tubagem.

Com base no levantamento topográfico elaborado à escala 1:1000 foi levantado o perfil da conduta, que se apresenta no **Desenho 3** à escala 1:2000 (h) e 1:200(v). Na figura seguinte pode-se visualizar de uma forma simples este traçado em perfil.



**Figura 3.10 - Traçado em perfil da conduta elevatória**

Tal como referido anteriormente, à saída da estação elevatória, imediatamente após a passagem da ribeira, a inclinação da conduta é superior a 20% pelo que se optou pela colocação da tubagem com junta soldada.

Na zona da central fotovoltaica (entre os PK 1+250 e 2+940), existe uma zona alta, com cota máxima de 266 m (PK 1+750), que corresponde sensivelmente à cota do nível mínimo de exploração do reservatório. A proteção da conduta nessa zona será efetuada com uma chaminé de equilíbrio.

Esta chaminé de equilíbrio terá 7 m de diâmetro e o topo será colocado à cota 277,00. Para evitar a depressão na conduta elevatória, a soleira da conduta deverá ser colocada à cota 257,00. Estes valores foram obtidos a partir do dimensionamento deste dispositivo que foi depois confirmado na análise do regime transitório. Os resultados são apresentados no Volume I relativo à Estação Elevatória.

Tendo em conta a profundidade da conduta, de modo a reduzir a profundidade das câmaras das juntas mecânicas flexíveis assim como melhorar a segurança e a operacionalidade em caso de intervenção na conduta elevatória na zona da chaminé de equilíbrio, foi criada uma plataforma nesta zona alta, através de escavação do terreno natural.

Os traçados em planta e em perfil longitudinal da conduta da conduta elevatória apresentam-se no **Desenho 3**. Os perfis transversais são apresentados no **Desenho 4** de acordo com as valas tipo para instalação da conduta elevatória apresentadas no **Desenho 5**. No **Desenho 6** apresenta-se o mapa de nós.

## 4 ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

Do ponto de vista geológico, a região em estudo onde se insere a futura conduta elevatória localiza-se na designada Faixa Blastomilonítica.

Esta faixa constitui um dos setores da Zona de Ossa Morena, caracterizada pela existência de uma faixa central constituída por gnaisses, migmatitos e anfibolitos, testemunhos de metamorfismo de alta pressão, ladeada por terrenos da Série Negra (Pré-Câmbrico Superior), constituídos por xistos e grauvaques com intercalações de liditos e calcários.

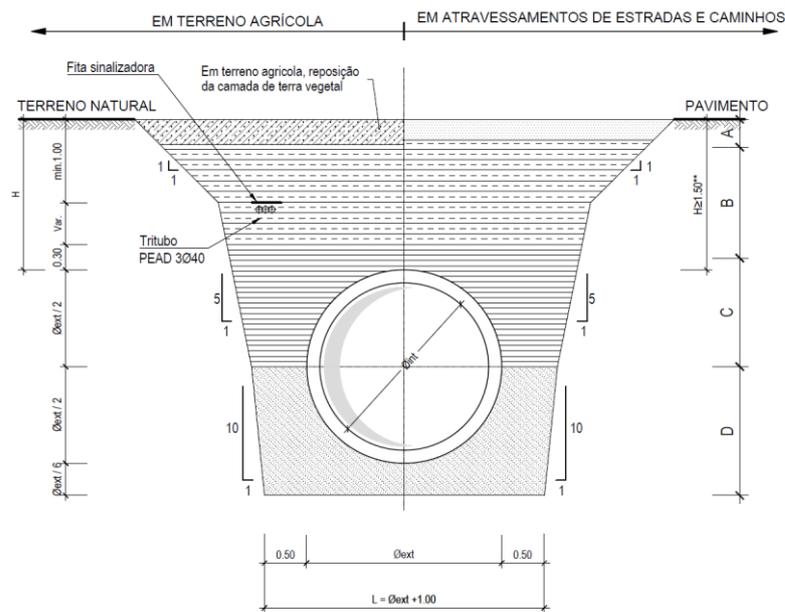
A região encontra-se cartografada à escala 1:50 000 na folha 32-B (Portalegre) da Carta Geológica de Portugal, publicada pela extinta Direcção\_Geral de Minas e Serviços Geológicos em 1972, sendo complementada pela respetiva notícia explicativa coordenada por Gonçalves, F. 1973.

Por análise destes elementos verifica-se a interseção das infraestruturas projetadas com diversas formações geológicas, nomeadamente, rochas de idade Pré-Câmbrica (Série negra do Sudoeste peninsular e a Formação Gnaisso-migmatítica), de idade câmbrica (Cb<sub>1</sub>), rochas ígneas (ortognaisses graníticos e granitos), rochas metamórficas de contacto (corneanas) e por fim, pontualmente, com filões de metagabros e metadoleritos.

No âmbito do presente projeto de execução procedeu-se à execução de um conjunto de trabalhos de prospeção geológico-geotécnica que visaram a caracterização geológico-geotécnica detalhada das formações intersetadas pela futura conduta elevatória. Tais trabalhos de prospeção geológico-geotécnica incluíram a realização de sondagens com a realização de ensaios SPT, realização de perfis sísmicos, piezómetros e leituras de nível freático, poços, recolha de amostras e ensaios laboratoriais sobre as amostras recolhidas dos poços e sondagens, entre outros trabalhos.

Os resultados obtidos e a caracterização geológico-geotécnica detalhada das formações existentes encontram-se no relatório geológico-geotécnico, apresentado no Volume VII.

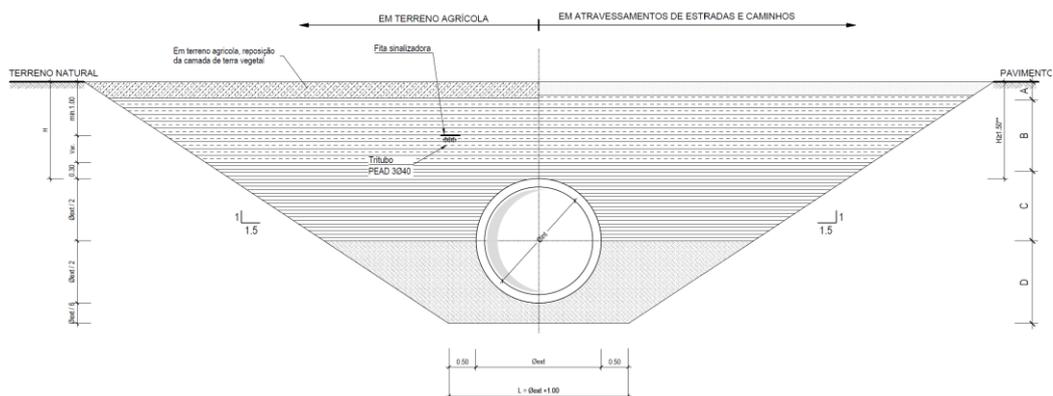
Verifica-se através da análise dos resultados obtidos que a abertura e fecho de vala deverá ser efetuada compreendendo taludes com inclinações distintas, conforme as formações intersetadas e a profundidade de escavação necessária, em conformidade com o indicado na figura seguinte.



**Figura 4.1 – Vala tipo I. Fundação corrente**

De referir que a vala tipo é definida para efeitos de medição. Por questões de segurança associadas ao tipo de terreno intersetado e às condições climáticas, a profundidade da camada superficial com inclinação 1/1 poderá variar entre 1 e 2 m.

Nos atravessamentos das zonas das aluviões definiu-se uma vala tipo de acordo com a figura seguinte:



**Figura 4.2 – Vala tipo II. Zonas com formações aluvio-coluvionares**

## 5 ESTUDOS HIDRÁULICOS

### 5.1 CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO E CAUDAIS DE DIMENSIONAMENTO

O funcionamento da conduta elevatória pode ocorrer em duas condições distintas:

- **Cenário 1** - A rede de rega do bloco do Crato está em pleno funcionamento e o caudal varia ao longo da conduta elevatória (Caudal variável entre 5,01 m<sup>3</sup>/s e 4,42 m<sup>3</sup>/s);
- **Cenário 2** - Não existe fornecimento de água ao bloco de rega do Crato e é aduzido ao reservatório o caudal total da estação elevatória (Caudal de 5,01 m<sup>3</sup>/s).

Os caudais a transportar pelo adutor são os que se apresentam no quadro seguinte para os dois cenários de funcionamento:

**Quadro 5.1 – Caudal de funcionamento da conduta elevatória**

Troço	Início – fim	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	
		Cenário 1	Cenário 2
1	Estação Elevatória – EF1	5,010	5,010
2	EF1 – EF2	4,749	5,010
3	EF2 – EF3	4,516	5,010
4	EF3 - reservatório	4,415	5,010

### 5.2 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

No dimensionamento hidráulico da conduta elevatória foram considerados as seguintes condições e que se apresentam nos Quadros A1 a A4, em anexo.

- Consumo de percurso ao longo da conduta (Q variável entre 5,01 e 4,42 m<sup>3</sup>/s) e reservatório no nível de dimensionamento dos grupos eletrobomba (N nominal = 270,00 m) (**Quadro A1**);
- Caudal total da estação elevatória (5,01 m<sup>3</sup>/s) e reservatório ao nível de dimensionamento dos grupos eletrobomba (N nominal = 270,00 m) (**Quadro A2**);
- Consumo de percurso ao longo da conduta (Q variável entre 5,01 e 4,42 m<sup>3</sup>/s) e reservatório ao nível mínimo de exploração (NmE=266,00 m) (**Quadro A3**);
- Caudal total da estação elevatória (5,01 m<sup>3</sup>/s) e reservatório ao nível mínimo de exploração (NmE=266,00 m) (**Quadro A4**).

Para o cálculo da perda de carga contínua utilizou-se a expressão de Colebrook-White. De acordo com o fabricante das tubagens a rugosidade absoluta do revestimento interior dos tubos

é de 0,1 mm. No entanto, para ter em consideração o envelhecimento das tubagens considerou-se também uma rugosidade absoluta igual a 0,3 mm.

Para o cálculo da perda de carga contínua e visto que se prevê realizar adução de caudais durante os meses de Inverno admitiu-se uma viscosidade cinemática da água igual a  $1,2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , correspondente à temperatura de aproximadamente 15°C.

Para o cálculo das perdas de carga localizadas nas diversas singularidades existentes ao longo do adutor (curvas, tês, cones e válvulas) utilizou-se a seguinte expressão:

$$\Delta H_L = K \frac{Q^2}{2gA^2}$$

onde

- $\Delta H_L$  - perda de carga localizada (m)
- K – coeficiente de perda de carga localizada (adimensional)
- Q – caudal em escoamento ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- A – secção transversal interior ( $\text{m}^2$ )
- g – aceleração da gravidade ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

No quadro seguinte apresentam-se os coeficientes de perda de carga considerados nos diversos acessórios e equipamentos.

**Quadro 5.2 – Coeficientes de perda de carga localizadas**

Acessório/ Equipamento	Coeficiente (K)
Curvas < 10°	0,03
Curvas 11.5°	0,05
Curvas a 22.5° a 30°	0,07
Curvas a 35°	0,08
Curvas a 51°	0,10
Cone de redução concêntrico DN2000xDN1500	0,03
Válvula de borboleta DN1500 totalmente aberta	0,20
Junta de desmontagem auto-travada DN1500	0,05
Cone divergente concêntrico DN1500xDN1800	0,05

As classes de pressão da tubagem foram definidas tendo por base as envolventes máximas de pressão determinadas no estudo do regime transitório que se apresenta no Volume I relativo à Estação Elevatória.

## 6 ÓRGÃOS DE EXPLORAÇÃO E SEGURANÇA

### 6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os órgãos de comando, manobra e segurança da conduta elevatória serão constituídos por válvulas de seccionamento, ventosas e descargas de fundo cujo objetivo é o de assegurar o bom funcionamento da conduta adutora. Estes equipamentos são descritos, em maior pormenor nos pontos seguintes.

### 6.2 VÁLVULAS DE SECCIONAMENTO

Durante o funcionamento da conduta elevatória poderá surgir a necessidade de isolar um troço da conduta por necessidade de reparação e manutenção. Assim, para evitar o esvaziamento de todo o adutor, foi necessário prever a instalação de uma válvula de seccionamento.

A válvula a instalar, com diâmetro de 1500 mm (**Desenho 9**) será do tipo borboleta com extremidade flangeada, de comando elétrico. Tendo em conta o diâmetro da válvula esta deverá ser duplamente excêntrica. Prevê-se a existência de um “by-pass” DN200 para que, no restabelecimento da conduta após um corte, o enchimento da mesma a jusante da válvula seja feito de uma forma gradual.

Para o dimensionamento do diâmetro da válvula, considerou-se uma velocidade máxima de 3 m/s.

A capacidade de escoamento das válvulas é geralmente expressa através de um coeficiente  $K_v$ , expresso em  $m^3/h$  (caudal que provoca uma perda de carga de 1 bar). As válvulas a instalar DN1500 deverão ter um coeficiente  $K_v \geq 180000 m^3/h$ .

A válvula será instalada numa câmara de secção retangular em betão armado, munida de tampas metálicas superiores e tubos de ventilação. A ligação da válvula DN1500 à conduta de betão com alma de aço será feita através de troços em tubo de aço, flangeados numa extremidade, com emboquilhamento para betão na outra extremidade.

Os pormenores das escadas e das tampas metálicas são apresentados nos **Desenhos 16 e 17**, respetivamente.

A válvula terá um atuador elétrico. No entanto, não se prevê a instalação de posto de transformação no local, mas sim que seja atuada a partir de um gerador que é transportado numa carrinha ao local sempre que é necessário à sua atuação.

Tanto a válvula de borboleta como a válvula de by-pass terão fins de curso, para encravamento da estação elevatória. Esta informação será recolhida por uma RTU, alimentada a partir do painel solar e das baterias e será transmitida ao centro de comando da estação elevatória através da fibra ótica instalada ao longo do adutor.

## 6.3 VENTOSAS

### 6.3.1 DIMENSIONAMENTO

Considerando que a conduta elevatória projetada funcionará sempre em pressão, ocorrerá uma variação permanente das alturas piezométricas que será função da variação dos caudais escoados e da variação altimétrica ao longo da conduta. Esta variação alterará as condições de dissolução do ar na água, provocando a sua libertação. As bolhas de ar assim formadas, devido ao escoamento, são transportadas para os pontos altos da conduta, onde se acumulam. Por este motivo, prevê-se, nestes locais, a instalação de dispositivos extratores de ar, geralmente designados por ventosas.

As ventosas permitirão também a extração do ar durante o enchimento e a entrada de ar durante o esvaziamento das condutas. A especificação das ventosas é geralmente feita pelo diâmetro dos orifícios e pelo diâmetro da ligação à conduta, designado por diâmetro nominal da ventosa. No entanto, é importante ter em conta o caudal de ar escoado para os mesmos diâmetros.

Procedeu-se assim ao dimensionamento das ventosas segundo a metodologia proposta por Cary (1992). Considerou-se no dimensionamento das ventosas o cenário de funcionamento mais desfavorável da conduta elevatória, correspondente ao abastecimento do reservatório com o caudal total da estação elevatória (5,01 m<sup>3</sup>/s), estando o nível no reservatório de jusante coincidente com a cota 270,00 m.

Para o cenário de funcionamento em regime permanente da conduta adutora, o caudal de ar libertado resultou do maior dos valores obtidos através da aplicação das expressões seguintes:

$$q_1 = \frac{p_1 - p_2}{p_2} \times 0.02 \times Q$$

Em que:

- Q – Caudal de água que se escoar na conduta (l/s);
- q<sub>1</sub> – Caudal de ar libertado no ponto alto, à pressão de serviço (l/s);
- p<sub>1</sub> – Pressão absoluta na secção inicial do escoamento (MPa);

- $p_2$  – Pressão absoluta no ponto alto onde se encontra instalada a ventosa (MPa);

$$q_2 = 0.010 \times Q, \text{ se } n_1 > 5$$

Em que:

- $Q$  – Caudal de água que se escoia na conduta (l/s);
- $q_2$  – Caudal de ar libertado no ponto alto, à pressão de serviço (l/s);
- $n_1$  – Número de ventosas de pequeno orifício instaladas na conduta;

Tendo por base o caudal de ar obtido, considerando-se uma velocidade de escoamento sónico do ar no orifício de menores dimensões da ventosa (orifício automático) de 195 m/s, obteve-se o diâmetro do purgador de cada ventosa, com recurso à expressão seguinte:

$$d_1 = 2.56 \times \sqrt{q}$$

Em que:

- $d_1$  – diâmetro do orifício (mm);
- $q$  – Caudal de ar libertado no ponto alto, à pressão de serviço (l/s);

Procedeu-se ainda à verificação do diâmetro  $d_1$  obtido tendo por base a sobrepressão resultante do funcionamento da conduta em regime transitório. Para tal, recorreu-se à seguinte expressão:

$$d_1 < 200 \times D \sqrt{\frac{H}{a}}$$

Em que:

- $d_1$  – diâmetro do orifício (mm);
- $D$  – diâmetro da conduta adutora (m);
- $H$  – Sobrepressão resultante do regime transitório (m);
- $a$  – Velocidade da onda de pressão (m/s).

Na aplicação da expressão considerou-se por segurança 50% do valor de sobrepressão resultante do regime transitório, em conformidade com a metodologia indicada anteriormente.

Os resultados obtidos e os diâmetros mínimos dos purgadores considerados para cada ventosa encontram-se indicados no quadro seguinte:

**Quadro 6.1 – Dimensionamento das ventosas. Diâmetro do orifício automático/purgadores**

Ventosa (-)	Pk (-)	q <sub>1</sub> (l/s)	q <sub>2</sub> (l/s)	q (l/s)	q/2 (l/s)	d <sub>1</sub> (mm)
1	0+140	5	50	50	25	13
2	0+367	67	50	67	32	15
3	0+591	84	50	84	44	17
4	1+046	43	50	50	25	13
CV	2+380	-35	50	50	25	13
5	2+814	-21	50	50	25	13
6	3+430	-63	50	50	25	13
7	3+704	-67	50	50	25	13
8	4+510	-72	50	50	25	13
9	4+830	-68	50	50	25	13
10	5+260	-31	50	50	25	13
11	5+472	21	50	50	25	13

O diâmetro do orifício cinético de cada ventosa foi obtido tendo em conta o caudal de ar a libertar nos cenários de enchimento, esvaziamento e rutura da conduta.

Para o cenário de funcionamento correspondente ao enchimento da conduta, considerou-se que o mesmo se procederá com uma velocidade máxima de escoamento correspondente a cerca de 0,30 m/s. O caudal de ar a escoar pela ventosa foi considerado sensivelmente igual ao caudal de água escoado na conduta, corrigido para um diferencial de pressão de 2,0 m:

$$q_3 = 1000 \times 0,30 \times S \times \frac{(10,13 + \Delta P)}{13,13}$$

- q<sub>3</sub> – caudal de ar igual ao caudal máximo de enchimento da conduta (l/s);
- S – secção da conduta (m<sup>2</sup>);
- ΔP – Diferencial de pressão entre o interior da conduta e a pressão atmosférica (igual a 2,00 m).

Para o cenário de funcionamento correspondente ao esvaziamento da conduta adutora, o caudal de ar que deverá ser admitido através da ventosa resultou da aplicação da expressão seguinte:

$$q_4 = 3100 \times S \times \sqrt{h}$$

Em que:

- q<sub>4</sub> – caudal de ar igual ao caudal máximo escoado por uma descarga de fundo (l/s);
- S – secção da descarga de fundo (m<sup>2</sup>);
- h – carga hidráulica máxima na secção da descarga de fundo (m.c.a.).

Para o cenário de rutura da conduta, o caudal de ar a ser admitido pela ventosa resultou da aplicação da seguinte expressão:

$$q_5 = t \times 785 \times D^2 \times \left[ \frac{H_c}{\left( \frac{0.00064 \times L_c}{D^{4/3}} + 0.1 \right)} \right]^{0.5}$$

Em que:

- $q_5$  – caudal de ar igual para o cenário de rutura franca da conduta (l/s);
- $t$  – fator de valor igual a 1/3 (condutas rígidas) ou 1/2 (condutas flexíveis);
- $D$  – diâmetro da conduta (m);
- $H_c$  – desnível máximo no troço crítico (m);
- $L_c$  – comprimento do troço crítico (m);

Tendo em conta o diâmetro e o material da conduta, considerou-se admissível uma rutura parcial correspondente a 50% da respetiva secção.

Os caudais anteriores foram ainda comparados com o caudal nominal que se escoia na conduta, ou seja:

$$q_6 = Q$$

Em que:

- $Q$  – Caudal de água que se escoia na conduta (l/s);

Tendo por base o maior dos caudais de ar obtidos através da aplicação das expressões anterior, considerando-se uma velocidade de escoamento do ar no orifício cinético de 100 m/s, o diâmetro mínimo do mesmo foi obtido com recurso à expressão seguinte:

$$d_2 = 3.57 \times \sqrt{q}$$

Apresenta-se assim no quadro seguinte os valores considerados e o diâmetro do orifício cinético obtido para cada uma das ventosas:

**Quadro 6.2 – Dimensionamento de ventosas. Diâmetro mínimo do orifício cinético**

Ventosa (-)	PK (-)	q3 (l/s)	q4 (l/s)	q5 (l/s)	q6 (l/s)	q (l/s)	q/2 (l/s)	d2 (mm)	d2 adotado (mm)
1	0+140	1129	425	5075	5010	5075	2538	180	200
2	0+367	1129	707	7142	5010	7142	3571	213	200
3	0+591	1129	482	4283	5010	5010	2505	179	200
4	1+046	1129	344	3759	5010	5010	2505	179	200
CV	2+380	1129	57	669	5010	5010	2505	179	200
5	2+814	914	466	4475	5010	5010	2505	179	200
6	3+430	914	267	3513	5010	5010	2505	179	200
7	3+704	914	326	3123	5010	5010	2505	179	200
8	4+510	914	226	3110	5010	5010	2505	179	200
9	4+830	914	311	3976	5010	5010	2505	179	200
10	5+260	914	490	5233	5010	5233	2616	183	200
11	5+472	914	274	3453	5010	5010	2505	179	200

Tendo por base os valores obtidos considerou-se em todos os pontos da conduta elevatória a instalação de ventosas de triplo efeito DN200 equipadas com purgadores adicionais, por forma a obterem-se as capacidades de extração de ar calculadas. As capacidades de admissão e extração de ar das ventosas a instalar são indicadas em detalhe nas especificações técnicas do projeto.

No **Quadro A5** em anexo apresentam-se os resultados detalhados do dimensionamento das ventosas, onde constam todos os parâmetros considerados no cálculo e os correspondentes resultados obtidos.

### 6.3.2 CONDIÇÕES DE INSTALAÇÃO

As ventosas deverão ser de triplo efeito instaladas no interior de uma câmara retangular pré-fabricada. As câmaras terão acesso superior devidamente protegido por uma tampa metálica.

A ligação das ventosas às tubagens será feita através de um tê em betão, com saída DN800 e com extremidade flangeada (**Desenho 7**). No final dessa peça será instalada uma placa de aço flangeada (flange cega) com duas picagens flangeadas para ligação das duas ventosas.

O tipo, diâmetro e localização das ventosas é apresentada em planta e perfil no **Desenho 3**, assim como no mapa de nós (**Desenho 6**).

Os pormenores das tampas metálicas são apresentados no **Desenho 16**.

## 6.4 DESCARGAS DE FUNDO

Para esvaziar os troços da conduta elevatória previamente seccionados, considerou-se a instalação de descargas de fundo nos principais pontos baixos. As descargas de fundo, serão constituídas por válvulas de seccionamento, do tipo cunha com extremidades flangeadas.

O diâmetro das válvulas será definido tendo em conta, essencialmente, critérios relacionados com as suas funções de esvaziamento. Geralmente, considera-se que o diâmetro das válvulas das descargas de fundo deverá ser, pelo menos, igual a 1/8 a 1/10 do diâmetro das condutas de inserção, com um diâmetro mínimo de 100 mm. Para a conduta elevatória optou-se pela instalação de válvulas de descarga de fundo com o diâmetro indicado no quadro seguinte.

**Quadro 6.3 - Diâmetro das válvulas de descarga de fundo**

Diâmetro da conduta (mm)	Diâmetro da válvula (mm)
1800	200
2000	250

As válvulas das descargas de fundo serão instaladas no interior de caixas em betão armado com um maciço envolvendo a conduta de betão. Prevê-se a existência de uma boca de visita para entrada de homem, DN800, com flange cega e articulação.

A válvula de cunha pode ser manobrada a partir do topo da caixa. Será ligada com uma tubagem de polietileno a uma segunda caixa, constituída por uma base em betão armado e a parte superior em anéis pré-fabricados, com tampa em betão para dificultar o acesso a pessoas estranhas à operação, a partir da qual, a água poderá sair para o terreno ou ser bombada na fase final do esvaziamento e para total esvaziamento da tubagem.

A ligação das válvulas das descargas de fundo às condutas será feita através de tês em betão armado tangenciais.

As câmaras de descarga de fundo são apresentadas no **Desenho 8**. O tipo, diâmetro e localização das descargas de fundo encontram-se indicados em planta e perfil, no **Desenho 3**, assim como no mapa de nós (**Desenho 6**).

As câmaras das descargas de fundo não podem ser implantadas a menos de 5 m medidos a partir da crista superior dos taludes marginais dos cursos de água. O encaminhamento até às linhas de água é efetuado através de um tapete de enrocamento de modo a não erosionar as margens das linhas de água.

Os pormenores das escadas e das tampas metálicas são apresentados nos **Desenhos 16 e 17**, respetivamente.

## 7 CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO

### 7.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Tendo em conta o traçado da conduta elevatória, e tal como referido anteriormente foi necessário prever a construção de uma estrutura de proteção do tipo chaminé de equilíbrio para proteção da conduta elevatória contra os efeitos dos regimes transitórios.

A análise do regime transitório é apresentada, de forma detalhada, no Volume I relativo à estação elevatória, sendo apresentado de seguida um resumo dos pontos mais importantes para o dimensionamento da chaminé de equilíbrio.

### 7.2 ANÁLISE DO REGIME TRANSITÓRIO

Após a paragem dos grupos eletrobomba verifica-se uma queda brusca da cota piezométrica imediatamente a jusante da estação elevatória, que se propaga para jusante. Assim, num sistema sem qualquer dispositivo de proteção e com o perfil longitudinal da conduta elevatória em estudo (extensão e traçado em perfil), ocorrerão pressões negativas ao longo da conduta. Após a onda de depressão atingir a sua secção terminal, esta retornará em direção a montante, verificando-se a inversão do sentido do escoamento e o conseqüente fecho das válvulas de retenção à saída da estação, o que leva à ocorrência de uma sobrepressão nesta secção.

De forma a eliminar estes fenómenos previu-se a instalação de dois reservatórios hidropneumáticos com 90 m<sup>3</sup> cada um junto à estação elevatória. Além disso, e tendo em conta o perfil longitudinal da conduta elevatória, previu-se ainda a construção de uma chaminé de equilíbrio ao PK 1+750 com o seu topo à cota 277,00 m.

Nestas circunstâncias a onda gerada no regime transitório é totalmente contida na chaminé de equilíbrio.

Na Figura 7.1 apresentam-se as envolventes das cotas piezométricas máximas e mínimas ao longo da conduta elevatória na ocorrência do regime transitório estudado. Nas Figuras 7.2 e 7.3 apresenta-se os níveis de água na chaminé de equilíbrio, para a situação de nível de dimensionamento dos grupos eletrobomba (N nominal = 270,00 m) e para a situação mais gravosa com todos os grupos em funcionamento simultâneo e o reservatório no nível de alarme baixo (N = 266,60 m).



chaminé de equilíbrio, devido à compressibilidade do fluido, ocorre uma propagação de ondas elásticas. Estes dois fenómenos são geralmente designados por coluna rígida e coluna elástica, respetivamente.

O fenómeno hidráulico de oscilação em massa do tipo pendular, entre a chaminé de equilíbrio e o reservatório, tem um período da ordem dos 420 s, ou seja, uma duração da ordem dos 7 minutos.

### 7.3 DEFINIÇÃO DE FORMAS

Tendo em conta a profundidade da conduta, de modo a reduzir a profundidade das câmaras das juntas mecânicas flexíveis assim como melhorar a segurança e a operacionalidade em caso de intervenção na conduta elevatória na zona da chaminé de equilíbrio, foi efetuada uma plataforma em escavação nesta zona alta. A implantação desta plataforma é apresentada no **Desenho 10**.

A definição de formas e betão armado desta estrutura é apresentado no **Desenho 11**.

Previu-se a construção de uma chaminé de equilíbrio com 7 m de diâmetro com a base à cota 259,50. A altura total da estrutura é de 17,50 m até à cota dos orifícios do topo, ou seja, de 18,35 m até ao topo da laje superior.

Os orifícios localizados no topo da chaminé, com 1,00 m de largura por 0,40 m de altura, serão protegidos com um gradil metálico, para evitar a entrada de pássaros.

Na base, envolvida num maciço de betão encontra-se instalada uma conduta DN2000 em aço, com um tê de ligação, DN1500, à chaminé propriamente dita.

A montante e a jusante desta estrutura serão instaladas duas câmaras de juntas mecânicas flexíveis, com duas juntas em cada uma destas câmaras. Estas câmaras terão entrada pela cobertura e terão acesso em ambos os lados das juntas através de um patamar metálico.

Os pormenores das escadas e das tampas metálicas são apresentados nos **Desenhos 16 e 17**, respetivamente.

### 7.4 INSTRUMENTAÇÃO

Prevê-se a instalação de um medidor de nível do tipo radar no topo da estrutura de betão, e um transmissor de pressão que será instalado na câmara das juntas mecânicas flexíveis.

Esta informação será recolhida por uma RTU, alimentada a partir do painel solar e das baterias e será transmitida ao centro de comando da estação elevatória através da fibra ótica instalada ao longo do adutor.

## 8 FUNDAÇÃO DA CONDUTA E ATRAVESSAMENTOS

### 8.1 FUNDAÇÃO TIPO DA CONDUTA

A fundação tipo da conduta elevatória deverá ser efetuada de acordo com o **Desenho 5**, a uma profundidade nunca inferior a 1 m, tal como definido no estudo geológico-geotécnico.

Na zona da chaminé de equilíbrio optou-se por construir uma plataforma de escavação de modo a ser mais fácil aceder à conduta em caso de necessidade de intervenção.

Os perfis transversais da obra são apresentados no **Desenho 4**.

### 8.2 ATRAVESSAMENTOS DE CAMINHOS E LINHAS DE ÁGUA

O adutor tem um primeiro atravessamento na ribeira da Seda imediatamente após a estação elevatória. A execução da obra não terá grande complexidade, pois será construída ao mesmo tempo da barragem. Desta forma, a ensecadeira da barragem permitirá efetuar a obra sem que ocorram à secção da ribeira grandes caudais. No entanto, será sempre de prever a instalação de equipamentos de bombagem para permitir a instalação da conduta a seco. O pormenor desta travessia é apresentado no **Desenho 13**.

Será ainda atravessada a ribeira de Linhais, sendo necessário prever a construção de uma pequena ensecadeira e equipamentos de bombagem para permitir a instalação da conduta a seco. O pormenor desta travessia é apresentado no **Desenho 14**.

Nestas travessias das ribeiras, as condutas serão envolvidas num maciço de betão armado e protegidas com enrocamento.

No cálculo deste envolvimento foram consideradas o peso da conduta e do envolvimento em betão, e a impulsão na situação de transbordamento das margens das ribeiras, considerando a conduta vazia.

No atravessamento de caminhos e pequenas linhas de água as tubagens deverão ser envolvidas em maciços de betão armado com secção retangular (**Desenho 5**). O envolvimento em betão será feito até 1,5 m para além dos limites dos caminhos ou das linhas de água, sendo toda a zona protegida com enrocamento.

Foi considerado uma profundidade mínima no atravessamento das linhas de água ao extradorso do maciço de proteção de 1,00 m nas linhas de água de 1ª e 2ª ordem e de 1,50 m no caso de linhas de água de 3ª ordem ou superior.

### **8.3 ATRAVESSAMENTO DE ESTRADAS NACIONAIS E LINHA FÉRREA**

Para a instalação da conduta elevatória será necessário efetuar atravessamentos da estrada nacional EN245, bem como do IC13 e da linha férrea pelo que se prevê o atravessamento por cravação da tubagem de betão com alma de aço sem instalação de forra, tendo em conta os diâmetros a instalar.

O atravessamento da linha férrea, será efetuado uma zona de aterro, pelo que os poços de ataque serão pouco profundos.

O atravessamento do IC13 também se efetuará numa zona de aterro, pelo que, tal como o anterior, os poços de ataque serão pouco profundos. Este atravessamento terá cerca de 60 m de comprimento.

O atravessamento da EN245, junto ao reservatório de regularização será realizado a uma profundidade elevada uma vez que a conduta terá de ser instalada próximo da conduta do fundo do reservatório.

### **8.4 ATRAVESSAMENTO DO GASODUTO**

A passagem na zona do gasoduto Campo Maior – Leiria, na zona terminal da conduta elevatória, foi analisada em detalhe com a REN.

Foi efetuado nesta fase de projeto de execução um reconhecimento da profundidade instalada na zona do atravessamento por técnicos da REN-Gasodutos. Os pormenores do atravessamento foram coordenados com esta entidade, sendo que, em fase de obra quaisquer intervenções nas imediações da referida infraestrutura deverão ser sempre acompanhadas por um técnico da REN-Gasodutos, o qual procederá, previamente à deteção e marcação do gasoduto e à supervisão dos trabalhos no terreno.

O pormenor do atravessamento é apresentado no **Desenho 15**.

## 9 MACIÇOS DE AMARRAÇÃO

### 9.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nas tubagens de betão com alma de aço, tendo em conta que a ligação entre as tubagens não permite a transmissão de esforços, será necessário construir maciços em betão para amarração dos nós onde podem ser gerados impulsos hidráulicos, tais como curvas, cones, tês e válvulas.

Deste modo, no dimensionamento dos maciços de amarração deverão ser tomadas em consideração as condições que se situam a montante, isto é, as situações que originam os esforços para os quais há que dimensionar amarrações.

Assim será necessário considerar:

- a) Força hidrostática devida a mudança de direção do eixo da tubagem;
- b) Força dinâmica devida à quantidade de movimento;

Para o dimensionamento dos maciços, os impulsos hidráulicos foram calculados admitindo que as quantidades de movimento são pouco significativas, assim como as forças devido ao atrito nas juntas.

Considerou-se uma pressão de ensaio igual ao máximo das duas condições:

- P máxima resultante do regime transitório + 10 m.c.a
- P nominal de funcionamento x 1,3

No caso da câmara de válvulas, o maciço foi incorporado na mesma de forma a evitar a construção separada de caixas e de maciços gravíticos, com a consequente economia de espaço e de obras de arte.

### 9.2 DIMENSIONAMENTO DOS MACIÇOS DE AMARRAÇÃO

O dimensionamento dos maciços deverá obedecer, em geral, aos critérios habituais de segurança e estabilidade, devendo ser dimensionados para a situação mais desfavorável.

A segurança dos maciços foi verificada em relação aos estados limites de perda de equilíbrio por deslizamento e ao derrubamento. Por outro lado, as tensões que se geram na fundação do maciço devem ser compatíveis com as tensões de segurança à rotura do solo de fundação.

Para efeitos de dimensionamento consideram-se que, no ensaio, os maciços de amarração se encontram desenterrados.

Deste modo, no dimensionamento consideraram-se os seguintes pressupostos:

Peso específico do betão armado	25,0 kN/m <sup>3</sup>
Peso específico do terreno existente	19,0 kN/m <sup>3</sup>
Coefficiente de atrito solo-betão	0,55
Tensão de segurança do terreno de fundação	250 kPa

#### **Estabilidade ao deslizamento ( $E_d$ )**

$$E_d = \frac{(P - I)c_{at}}{F_h}$$

P – peso do maciço

I – força da impulsão

$c_{at}$  – coeficiente de atrito solo-betão

$F_h$  – força hidrostática

#### **Estabilidade ao derrubamento ( $E_r$ )**

$$E_r = \frac{M_e}{M_d} = \frac{(P - I)b_e}{F_h b_d}$$

$M_e$  – momento estabilizador

$M_d$  – momento derrubante

$b_e$  – braço das forças estabilizadoras

$b_d$  – braço das forças derrubantes

Neste caso, não se considerou a impulsão, tendo em conta que o ensaio não será efetuado com níveis freáticos elevados, assim como os caudais máximos ocorrerão em tempo seco.

Adotou-se no cálculo dos maciços de amarração um coeficiente de segurança igual a 1,5 para a pressão de serviço e 1,2 para a pressão de ensaio.

Nos **Quadros A6, A7, A8 e A9** em anexo apresenta-se o dimensionamento dos maciços de amarração das diversas peças e acessórios existentes ao longo da conduta elevatória, assim como na câmara de válvulas. Os maciços gravíticos são apresentados no **Desenho 12**.

Para cada um destes maciços foi verificada a tensão transmitida pelo maciço ao terreno. Assim, constatou-se que em todos os casos a tensão transmitida ao terreno era inferior à tensão de segurança. De referir que a tensão considerada é bastante conservativa.

## 10 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

### 10.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As dimensões adotadas para os diferentes elementos estruturais, resultaram não só de considerações de natureza estrutural mas também de condicionantes hidráulicas e / ou geotécnicas.

Nos pontos seguintes são abordados os pressupostos gerais de dimensionamento estrutural da chaminé de equilíbrio e câmaras das juntas mecânicas flexíveis a montante e jusante da mesma. Para as restantes estruturas incluídas neste volume foram seguidos os mesmos critérios aqui identificados apenas não se apresentam os seus cálculos estruturais pois tratam-se de elementos correntes e sem quaisquer especificidades de cálculo.

### 10.2 REGULAMENTOS ADOTADOS

No dimensionamento da estrutura foi adotada a regulamentação em vigor em Portugal à data da realização do projeto, ou seja:

a) Ações incidindo sobre a estrutura e critérios de verificação da segurança:

“Eurocódigo n.º 1 – Ações em Estruturas”.

“Eurocódigo n.º 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos.”.

b) Betão armado

“Eurocódigo 2 – Projeto de Estruturas de Betão” (ENV 1992 – 1 -1:1991).

### 10.3 MATERIAIS UTILIZADOS

Salvo indicação em contrário, os materiais estruturais a utilizar na construção são os seguintes:

- Betão C30/37 XC4;
- Aço em armaduras (varões): A500NR (REBAP).
- Aço em armaduras (malha eletrosoldada): A500EL (REBAP).

O recobrimento nominal mínimo das armaduras será, em geral de 45 mm, sendo sempre indicado nas peças desenhadas.

## 10.4 AÇÕES

### Ações permanentes

- Peso específico do betão armado
- Ação do efluente
- Peso dos revestimentos

### Ações variáveis

- Sobrecargas de utilização

Para cada um dos órgãos foram utilizadas as sobrecargas de utilização específicas previstas no Eurocódigo n.º 1. Os seus valores encontram-se registados nos capítulos correspondentes à estrutura em causa.

- Sismo

A ação dos sismos foi tida em consideração no dimensionamento de acordo com as prescrições do Eurocódigo n.º 8.

### Combinações de ações

As ações foram combinadas de acordo com o estipulado no Eurocódigo n.º1.

### Breve descrição dos métodos de cálculo utilizados

No cálculo recorreu-se ao uso de um programa de cálculo automático, permitindo o cálculo espacial integrado da estrutura.

O programa utilizado executa o cálculo da estrutura em 3D, por métodos matriciais de rigidez, considerando todos os elementos que a definem: paredes resistentes, vigas, lajes maciças em elementos de casca. Pilares, vigas e outros elementos lineares são discretizados com elementos tipo barra, por geração de uma malha formada por barras de elementos finitos.

Para todos os estados de carga será realizado um cálculo estático, supondo um comportamento elástico e linear dos materiais (cálculo de 1ª ordem), com vista à obtenção de deslocamentos e esforços. O programa também considera de uma forma automática, os efeitos de 2ª ordem, devidos à amplificação dos esforços obtidos por efeito das cargas horizontais.

No que respeita ao cálculo dos efeitos da ação sísmica, o programa efetua uma análise dinâmica, por análise modal espectral da estrutura, utilizando para o efeito os espectros de resposta médios de dimensionamento.

Para efetuar a análise dinâmica o programa cria a matriz de massas e a matriz de rigidez, para cada elemento da estrutura. Seguidamente condensa as matrizes de rigidez e massas, para obter outras reduzidas e que unicamente contêm os graus de liberdade dinâmicos, sobre os quais se fará a decomposição modal. Esta será feita recorrendo a um método iterativo, cujo resultado fornecerá os valores próprios e vetores próprios, correspondentes à diagonalização da matriz de rigidez com as massas.

Obtêm-se assim os modos de vibração condensados, a partir dos quais o programa obtém os coeficientes de participação para cada direção e as frequências naturais de vibração naturais de vibração, com as quais o programa entra no espectro de resposta médio selecionado, obtendo a aceleração de dimensionamento para cada modo de vibração, e cada grau de liberdade dinâmico. Finalmente procede-se à sobreposição modal, através da qual se obtém os valores máximos de cada esforço, deslocamento, etc., numa ação dinâmica dada.

## **10.5 CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO**

### **10.5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

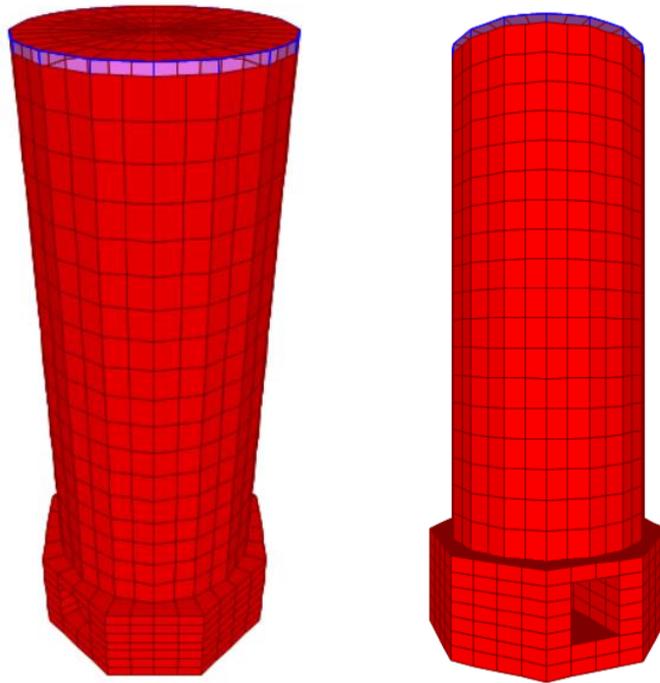
Trata-se de uma estrutura tipo torre, atravessada pela conduta na sua base, constituída por paredes com 0,40m de espessura na zona mais abaixo e 0,30m de espessura na zona mais alta. Sobre estas paredes será executada uma laje tipo “tampa”, apoiada numa viga perimetral (0,30x0,45m) e por um conjunto de pilares (0,30x0,75m) ligados à parede. Entre os referidos pilares, ficarão vazios que deixarão sair o ar.

A fundação será feita com recurso a um maciço que ocupará uma área em planta de cerca de 82m<sup>2</sup> e com 3 m de altura.

### **10.5.2 ESFORÇOS**

#### **10.5.2.1 MODELO DE CÁLCULO**

O modelo de cálculo efetuado contempla elementos finitos de laje (SHELL), em regime elástico linear, e encontra-se ilustrado na figura seguinte:



**Figura 10.1 – Modelo de Cálculo**

Para o cálculo desta estrutura foram utilizadas as seguintes convenções:

Elemento Finito tipo SHELL – Elementos “laje” de 4 nós;

M11 – Momento flector nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN.m/m);

M22 – Momento flector nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN.m/m);

F11 – Esforço axial nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN/m);

F22 – Esforço axial nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN/m);

V13 – Esforço transversal nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN/m);

V23 – Esforço transversal nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN/m).

Na simulação do terreno de fundação foram consideradas molas aplicadas na laje de fundo com uma constante de Winkler de 50.000 kN/m.

### 10.5.2.2 AÇÕES

#### Ações Permanentes

- Peso específico do betão armado (PP) 25,00 kN/m<sup>3</sup>

- Ação do Terreno (IK0) 19,00 kN/m<sup>3</sup>
- Ação do efluente (W) 10,00 kN/m<sup>3</sup>

### Sobrecarga de utilização

- Sobrecarga uniformemente distribuída (SC1) 5,00 kN/m<sup>2</sup>
- Sobrecarga nas paredes (SC2) 5,00 kN/m<sup>2</sup>

### Ação Sísmica

Foram utilizados os espectros de resposta previsto no Eurocódigo n.º 8 para Portugal para a zona em causa (1.5 / 2.4), bem como a caracterização do terreno compatível (Terreno tipo C). Apesar dos resultados da prospeção efetuada indicarem um solo do tipo A, por questões de segurança foi adotada uma caracterização do terreno do tipo C.

Em Portugal os valores da aceleração máxima de referência  $a_{gR}$  para as várias zonas sísmicas e para os dois tipos de ação sísmica a considerar são os indicados no Quadro NA.I.

Quadro NA.I – Aceleração máxima de referência  $a_{gR}$  (m/s<sup>2</sup>) nas várias zonas sísmicas

Ação sísmica Tipo 1		Ação sísmica Tipo 2	
Zona Sísmica	$a_{gR}$ (m/s <sup>2</sup> )	Zona Sísmica	$a_{gR}$ (m/s <sup>2</sup> )
1.1	2,5	2.1	2,5
1.2	2,0	2.2	2,0
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	–	–

O zonamento sísmico para Portugal Continental, para o Arquipélago da Madeira e para o Arquipélago dos Açores é estabelecido, por Concelho, de acordo com a informação constante do Anexo NA.I, e ilustrado nas Figuras NA.I, NA.II e NA.III.

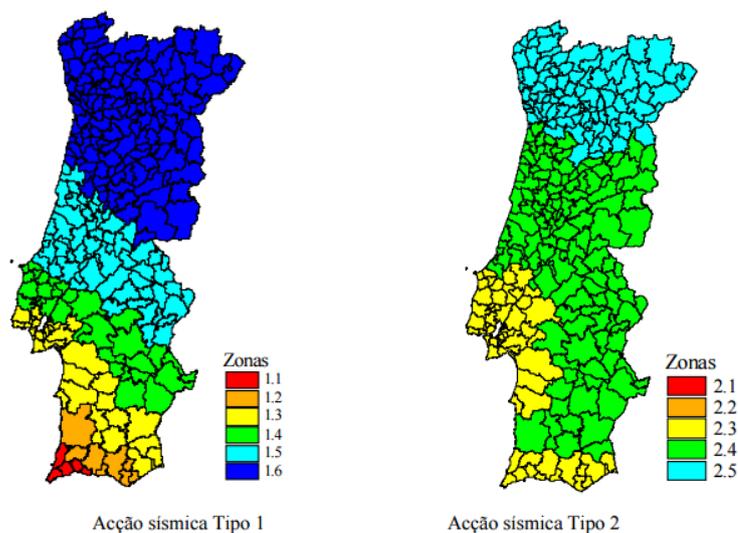


Figura 10.2 – Ação sísmica regulamentar

A análise de resposta dinâmica, considerando o efeito do líquido no interior da chaminé de equilíbrio foi efetuada, utilizando o método simplificado previsto para “tanques ancorados” no Eurocódigo n.º 8.

Estudos comparativos entre este procedimento e uma análise modal detalhada revelaram que método em causa pode ser considerado conservativo, mas fiável.

Os períodos naturais das respostas impulsiva e convectiva, em segundos, são calculados por:

$$T_{imp} = C_i \cdot \frac{\sqrt{\rho} \cdot H}{\sqrt{s/R} \cdot \sqrt{E}}$$

$$T_{con} = C_c \cdot \sqrt{R}$$

em que:

s – espessura uniforme equivalente da parede do tanque (média ponderada ao longo da altura da parede, proporcionalmente aos esforços em cada ponto);

E – módulo de elasticidade do material do material do tanque;

P – densidade do líquido

Verifica-se que o período de vibração do líquido não depende das características estruturais das paredes, mas sim, apenas da esbelteza e raio do tanque. Os coeficientes  $C_i$  e  $C_c$  são apresentados no quadro seguinte, juntamente com as massas relativas e alturas de aplicação da pressão resultante de ambas as parcelas.

H/R	$C_i$	$C_c$ (s/m <sup>1/2</sup> )	m/m	$m_c/m$	h/H	$h_c/H$	$h'/H$	$h'_c/H$
0,3	9,28	2,09	0,176	0,824	0,400	0,521	2,240	3,414
0,5	7,74	1,74	0,300	0,700	0,400	0,543	1,460	1,517
0,7	6,97	1,60	0,414	0,586	0,401	0,571	1,009	1,011
1,0	6,36	1,52	0,548	0,452	0,419	0,616	0,721	0,785
1,5	6,06	1,48	0,686	0,314	0,439	0,690	0,555	0,734
2,0	6,21	1,48	0,763	0,237	0,448	0,751	0,500	0,764
2,5	6,56	1,48	0,810	0,190	0,452	0,794	0,480	0,796
3,0	7,03	1,48	0,842	0,158	0,453	0,825	0,472	0,825

Fazendo-se uso dos valores apresentados, calcula-se a força basal total, onde se inclui, na parcela impulsiva, a aceleração derivada da massa da estrutura:

$$Q = (m_i + m_w + m_r) \cdot S_e(T_{imp}) + m_c \cdot S_e(T_{con})$$

em que,

$m_w$  – massa das paredes do tanque;

$m_r$  – massa do teto do tanque.

O momento fletor imediatamente acima da laje de fundo é dado por:

$$M = (m_i \cdot h_i + m_w \cdot h_w + m_r \cdot h_r) \cdot S_e(T_{imp}) + m_c \cdot h_c \cdot S_e(T_{con})$$

em que  $h_i$  e  $h_r$  são as alturas dos centros de gravidade das paredes e teto do tanque, respetivamente.

O cálculo do momento fletor imediatamente abaixo da laje de fundo é análogo:

$$M' = (m_i \cdot h'_i + m_w \cdot h_w + m_r \cdot h_r) \cdot S_e(T_{imp}) + m_c \cdot h'_c \cdot S_e(T_{con})$$

A altura atingida pelo movimento do líquido na superfície livre é dada pela expressão (5.42), apresentada anteriormente.

Estas forças foram calculadas e introduzidas no modelo de cálculo.

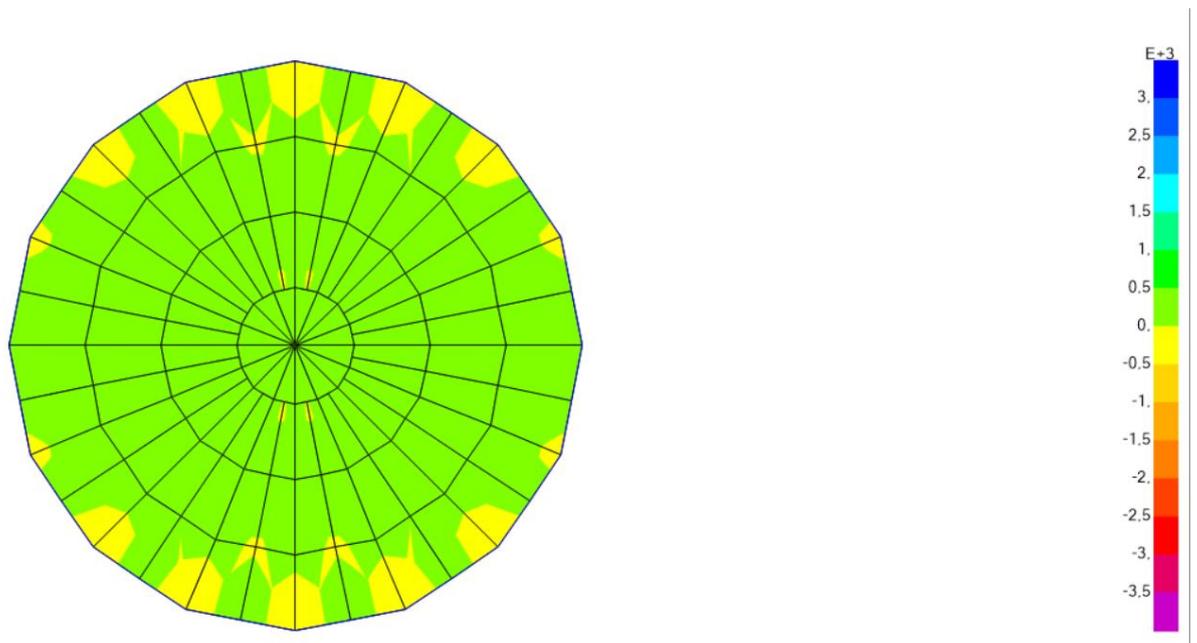
### **Ação do vento**

Utilizados os parâmetros de dimensionamento indicados no Eurocódigo n.º1, para o tipo de estruturas em causa e para os condicionamentos de geográficos em questão;

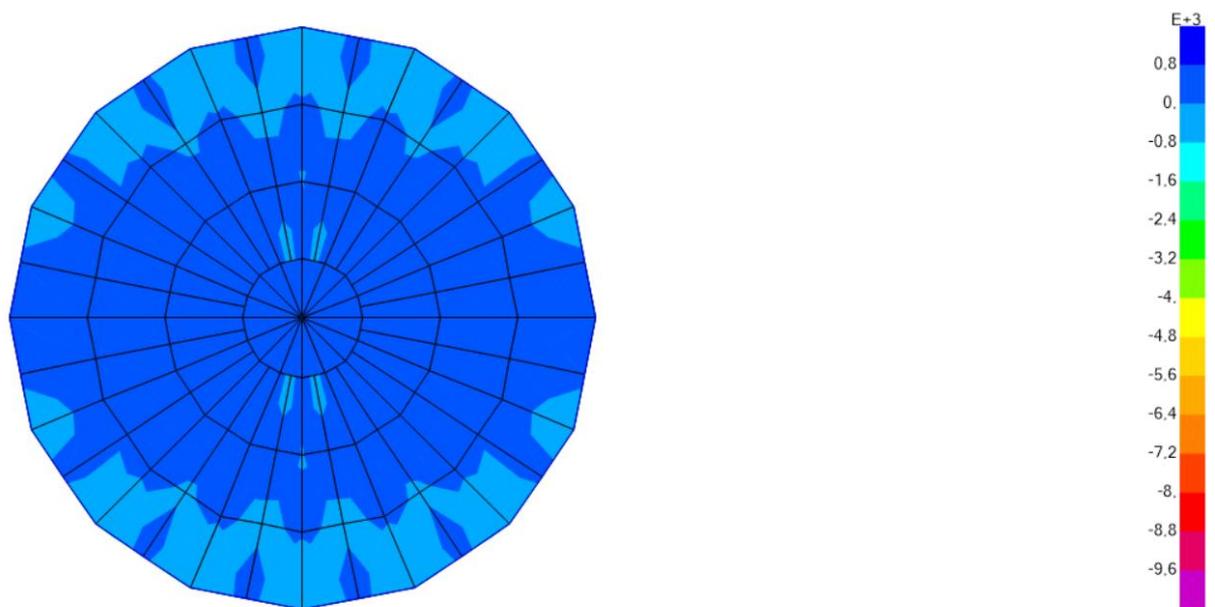
### **10.5.2.3 ESFORÇOS**

Para o dimensionamento dos elementos estruturais foram consideradas as combinações de ações regulamentares.

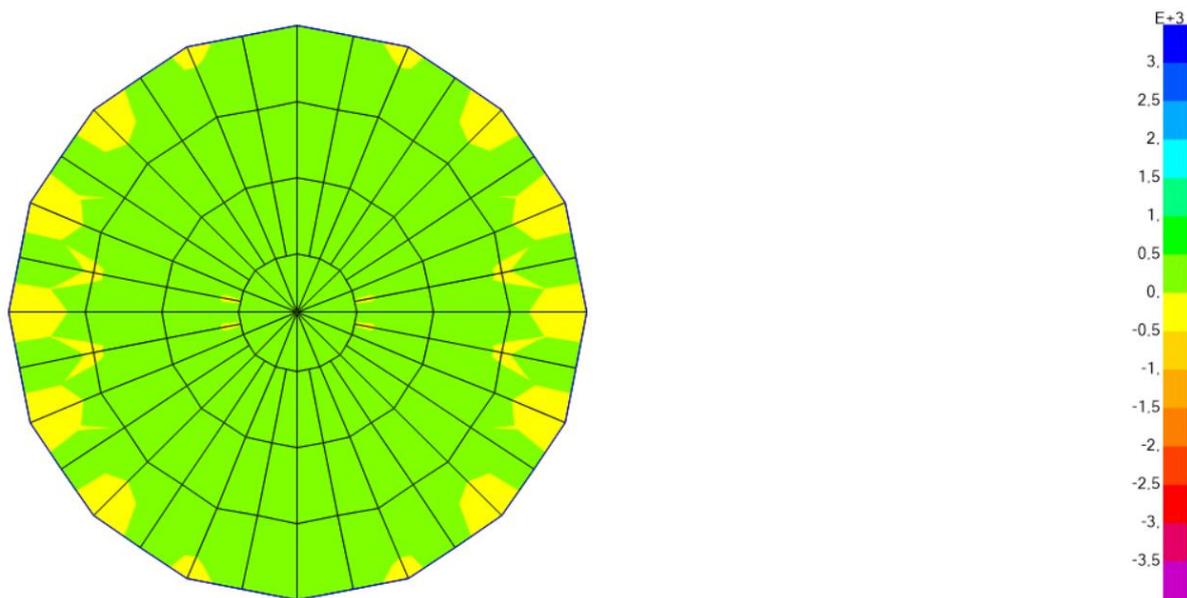
As figuras seguintes ilustram o Diagrama de Momentos Fletores da estrutura quando sujeita a esta combinação de ações.



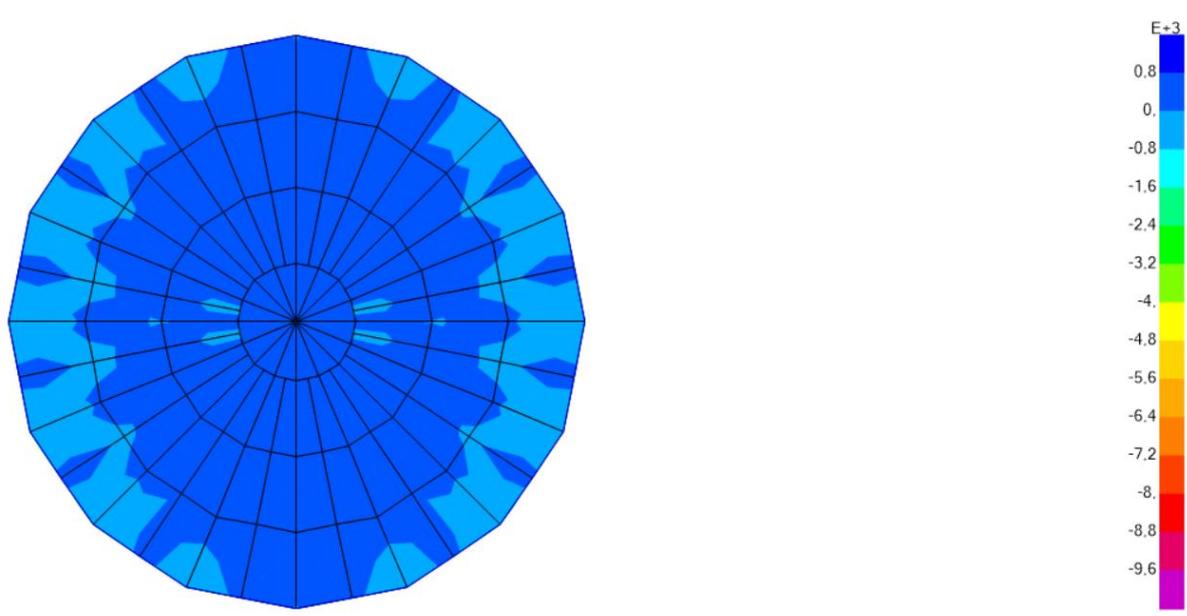
**Figura 10.3 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolvente máxima**



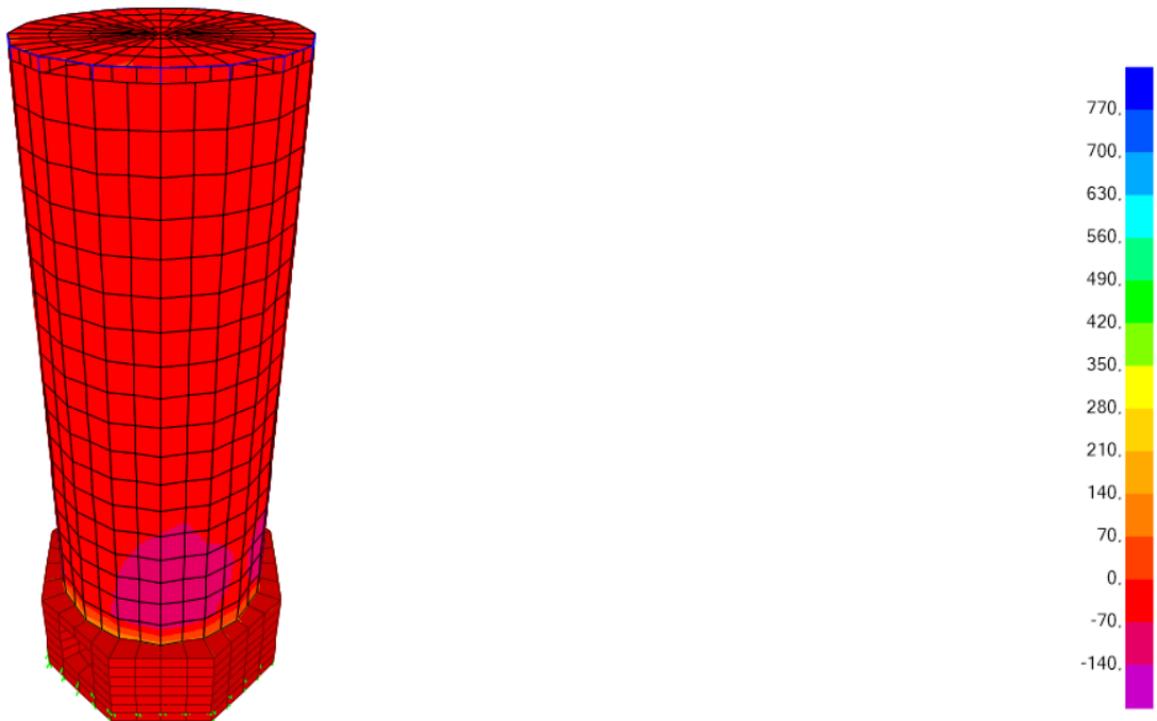
**Figura 10.4 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolvente mínima**



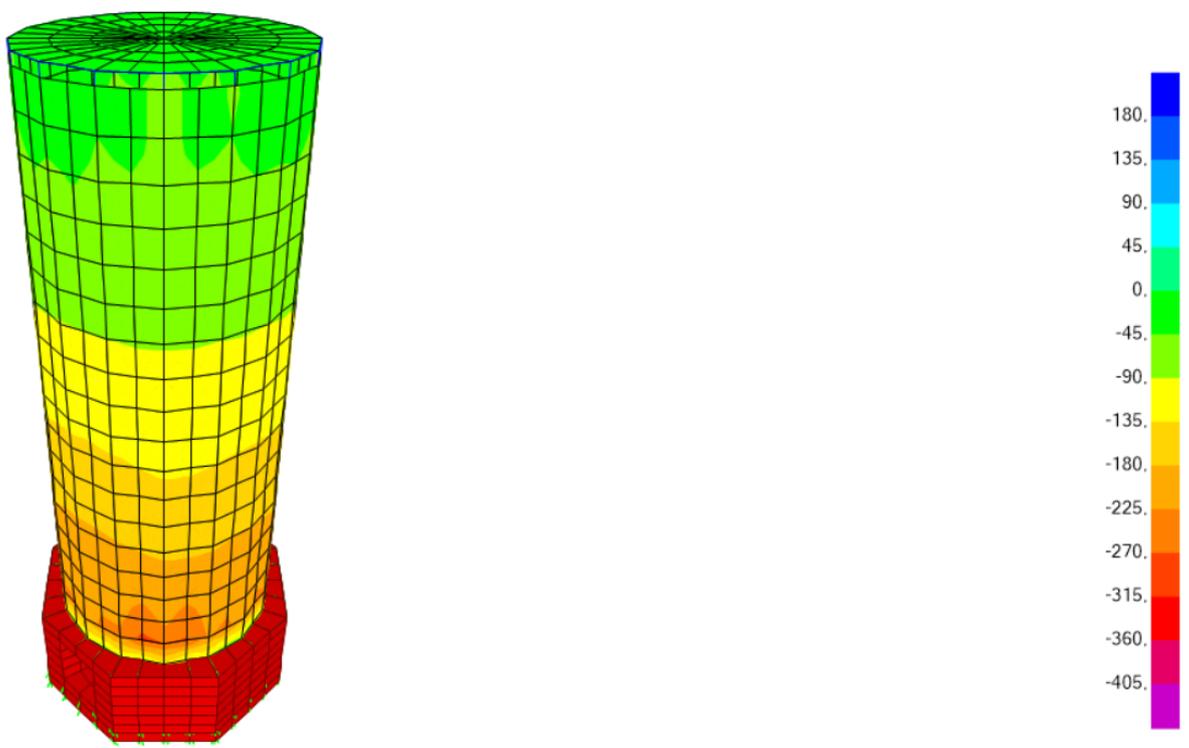
**Figura 10.5 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolvente máxima**



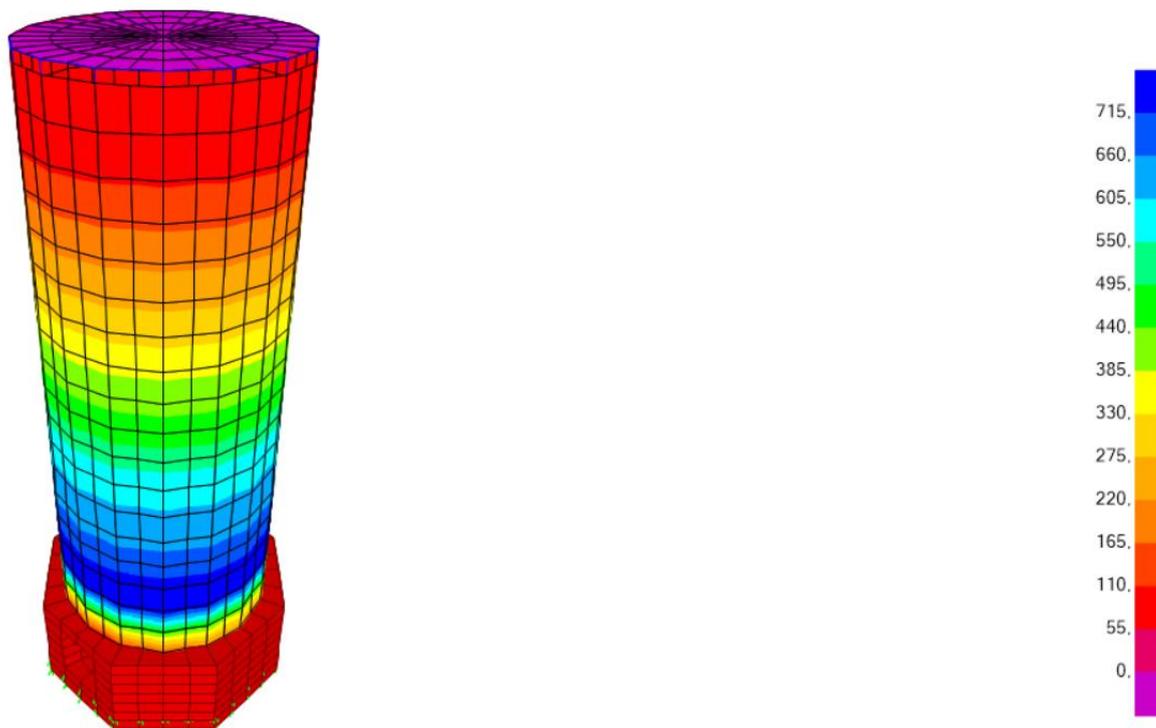
**Figura 10.6 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolvente mínima**



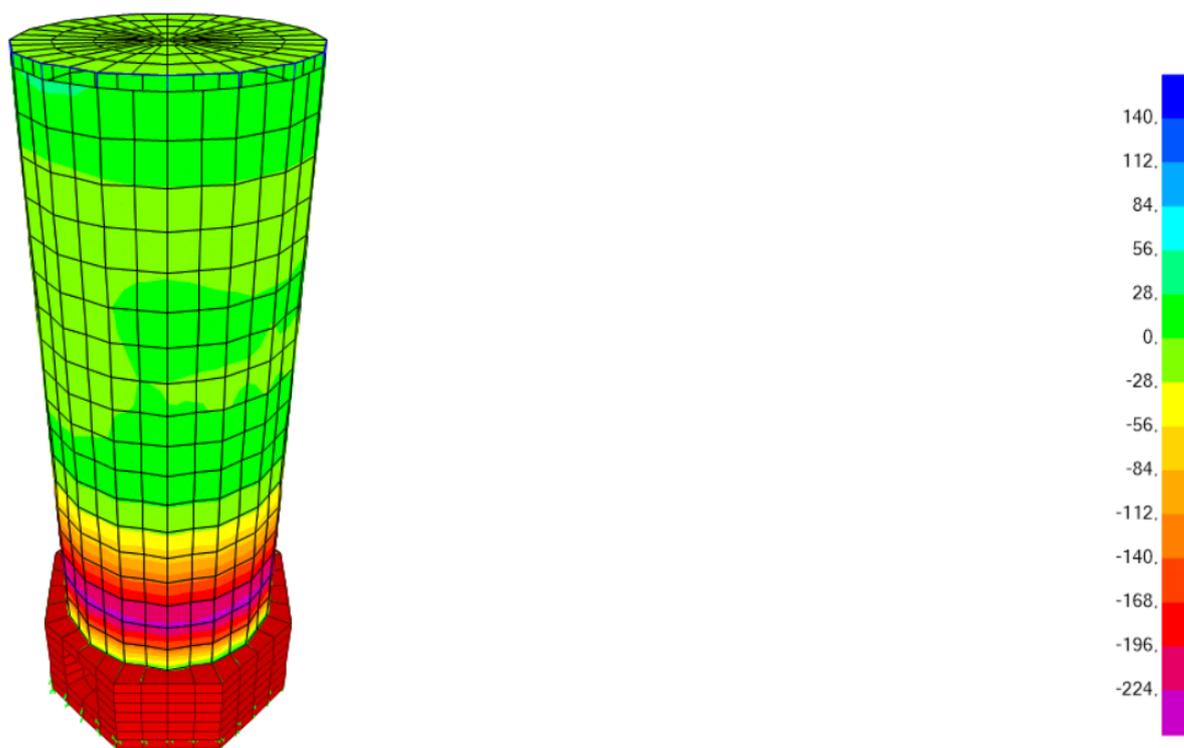
**Figura 10.7 – Paredes. Diagrama de Esforços Fyy. Envolve máxima**



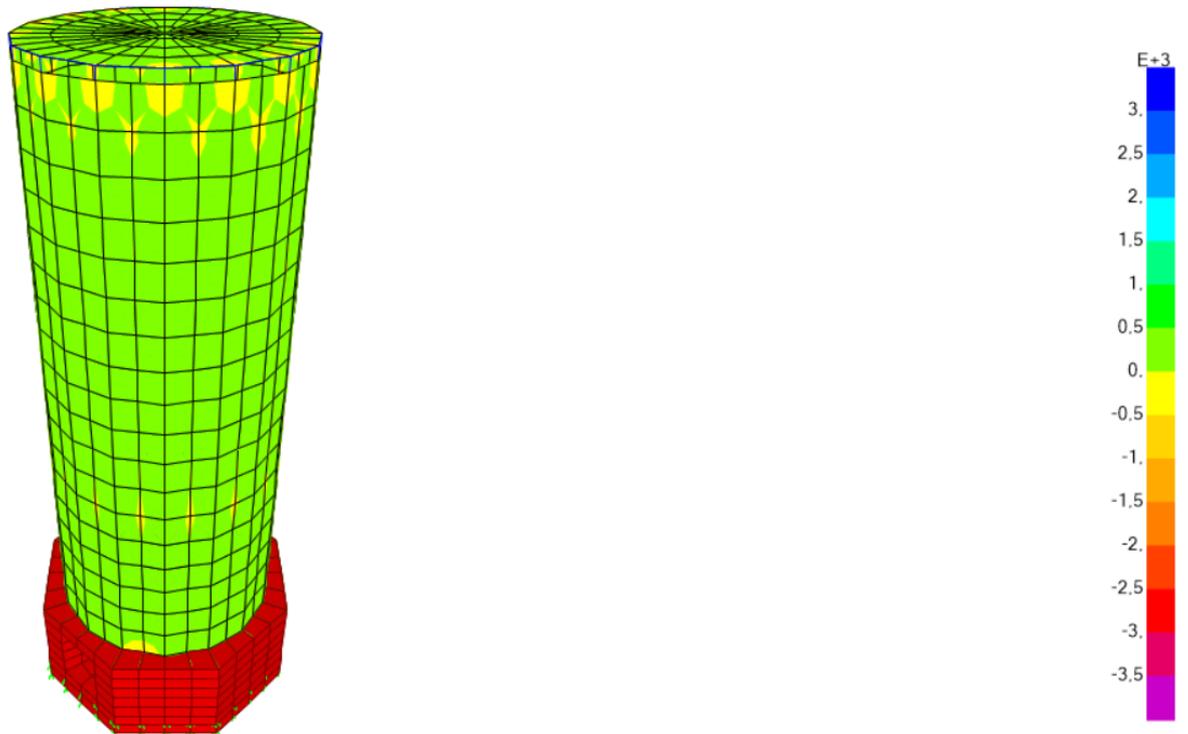
**Figura 10.8 – Paredes. Diagrama de Esforços Fyy. Envolve mínima**



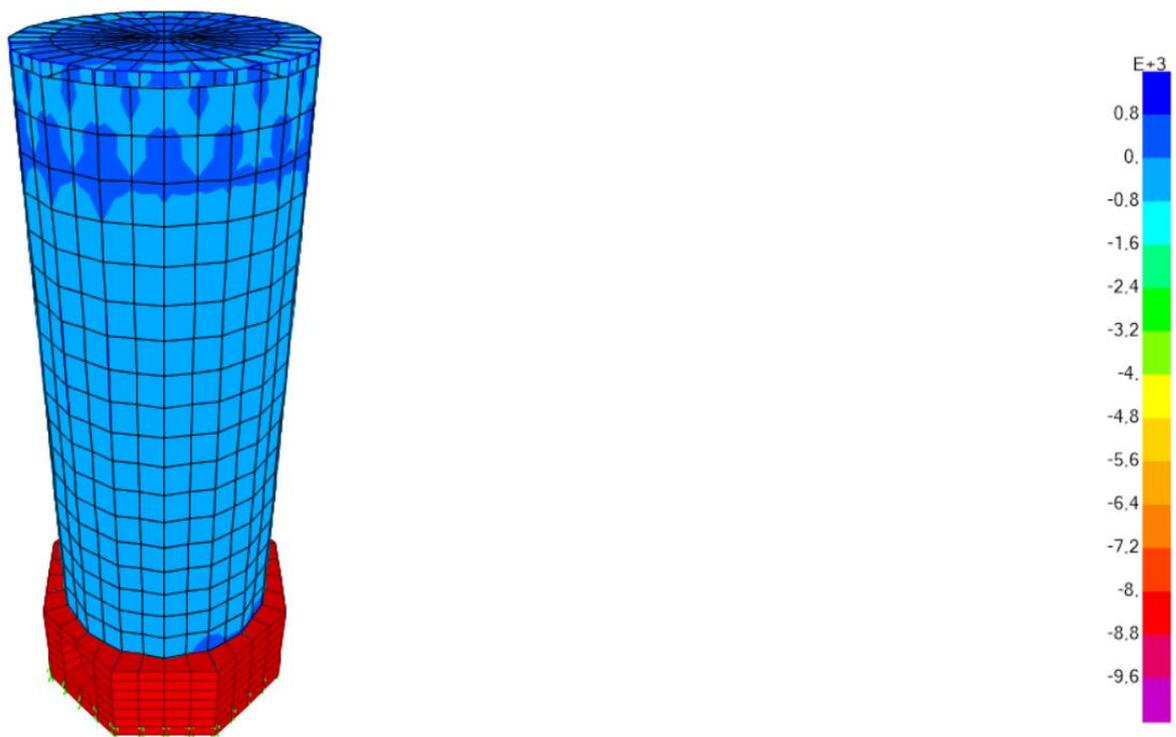
**Figura 10.9 – Paredes. Diagrama de Esforços Fxx. Envolve máxima**



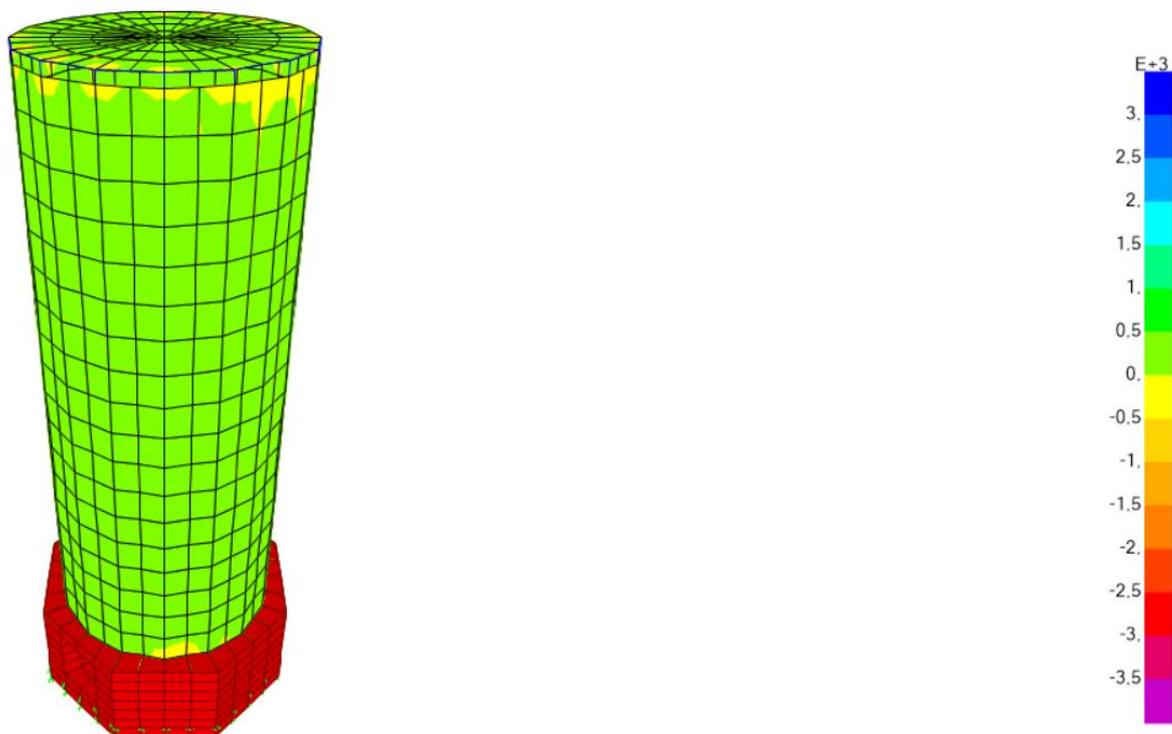
**Figura 10.10 – Paredes. Diagrama de Esforços Fxx. Envolve mínima**



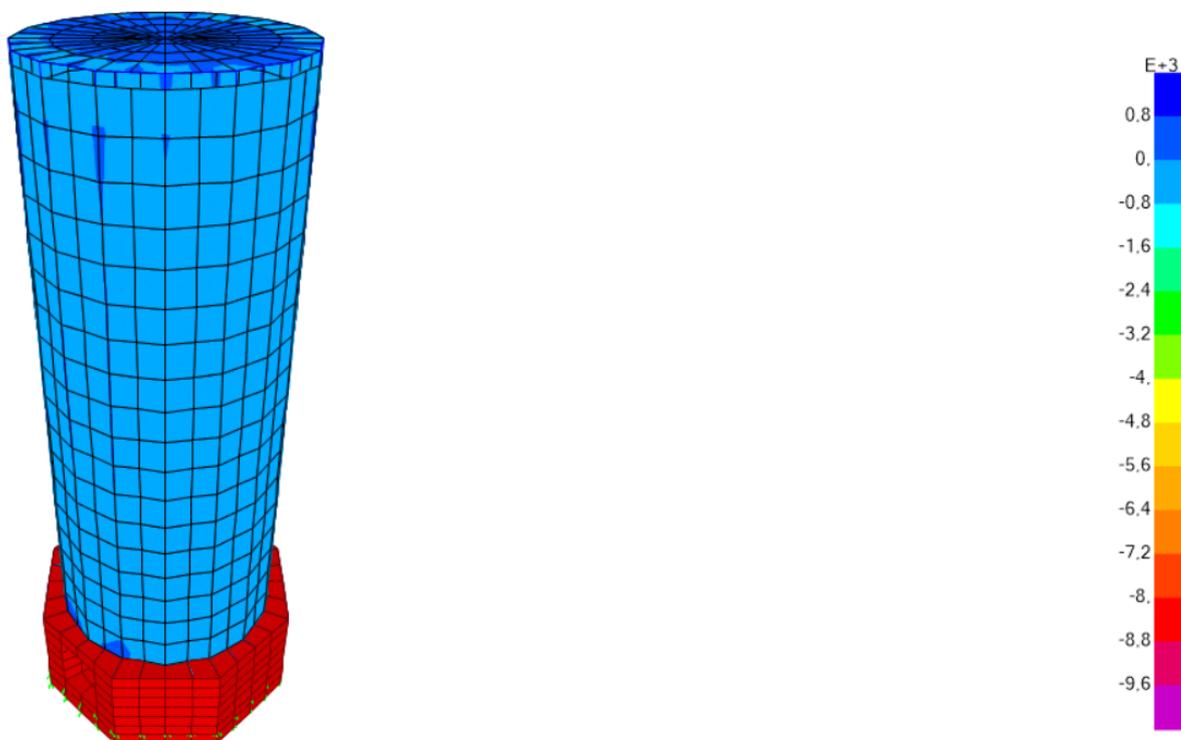
**Figura 10.11 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltiva máxima**



**Figura 10.12 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltiva mínima**



**Figura 10.13 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolvente máxima**



**Figura 10.14 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolvente mínima**

### 10.5.3 LAJE DE TOPO

#### 10.5.3.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 10.1.

**Quadro 10.1 – Dimensionamento laje de topo**

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE TOPO -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm <sup>2</sup> /m)	As+ (cm <sup>2</sup> /m)	Asw/s (cm <sup>2</sup> /mxm)	As- As+	As+
dir XX	Mmáx-	1,00	0,30	0,26	60,00			177,68	0,00	5,54	0,00	0,00	φ12//.10	
	Mmáx+	1,00	0,30	0,26		30,00		177,68	0,00	0,00	2,71	0,00	φ12//.10	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,30	0,26	60,00			177,68	0,00	5,54	0,00	0,00	φ12//.10	
	Mmáx+	1,00	0,30	0,26		30,00		177,68	0,00	0,00	2,71	0,00	φ12//.10	

fcd (kN/m<sup>2</sup>) 20000  
 fsyd (kN/m<sup>2</sup>) 435000  
 τ1 (kN/m<sup>2</sup>) 850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

### 10.5.4 PAREDES EXTERIORES

#### 10.5.4.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 10.2.

### Quadro 10.2 – Dimensionamento das paredes exteriores

- DIMENSIONAMENTO DA PAREDE EXTERIOR -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm <sup>2</sup> /m)	As+ (cm <sup>2</sup> /m)	Asw/s (cm <sup>2</sup> /mxm)	As- As-	As+ As+
dir XX	Mmáx-	1,00	0,30	0,26	20,00			177,68	0,00	1,79	0,00	0,00	φ16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,30	0,26		15,00		177,68	0,00	0,00	1,34	0,00	φ16//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,30	0,26	8,00			177,68	0,00	0,71	0,00	0,00	φ16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,30	0,26		8,00		177,68	0,00	0,00	0,71	0,00	φ16//.15	

fcd (kN/m<sup>2</sup>) 20000  
fsyd (kN/m<sup>2</sup>) 435000  
τ1 (kN/m<sup>2</sup>) 850

- DIMENSIONAMENTO DA PAREDE EXTERIOR -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm <sup>2</sup> /m)	As+ (cm <sup>2</sup> /m)	Asw/s (cm <sup>2</sup> /mxm)	As- As-	As+ As+
dir XX	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	30,00			227,66	0,00	1,94	0,00	0,00	φ16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		30,00		227,66	0,00	0,00	1,94	0,00	φ16//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	30,00			227,66	0,00	1,94	0,00	0,00	φ16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		30,00		227,66	0,00	0,00	1,94	0,00	φ16//.15	

fcd (kN/m<sup>2</sup>) 20000  
fsyd (kN/m<sup>2</sup>) 435000  
τ1 (kN/m<sup>2</sup>) 850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

## 10.5.5 FUNDAÇÕES

### 10.5.5.1 TENSÃO ADMISSÍVEL

A tensão admissível considerada foi de  $\sigma_{adm} = 400,00$  KPa.

### 10.5.5.2 VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES TRANSMITIDAS À FUNDAÇÃO

As condições para a verificação das tensões transmitidas ao terreno são as seguintes:

$$\sigma_{\max} < \sigma_{adm}$$

Do cálculo, as tensões máximas de compressão introduzidas no terreno são de:

$$\sigma_{\text{máx}} \approx 326,40 \text{ kPa}$$

Desta forma, verifica-se que a máxima tensão transmitida ao terreno de fundação é inferior à tensão admissível pelo que, a segurança está verificada.

## 10.6 CÂMARA DAS JUNTAS MECÂNICAS

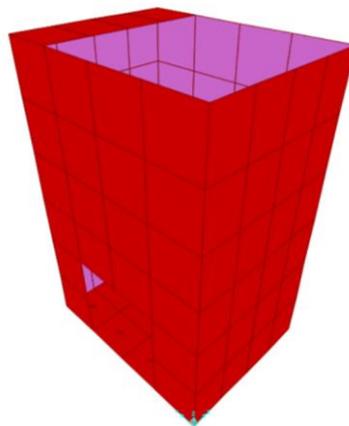
### 10.6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Trata-se de uma estrutura tipo caixa, construída para albergar as válvulas de seccionamento, constituída por paredes com 0,30 m de espessura, ligadas de forma monolítica às paredes exteriores, igualmente com 0,30 m de espessura. Sobre as paredes será executada uma laje que ocupará parcialmente o espaço entre as paredes.

### 10.6.2 ESFORÇOS

#### 10.6.2.1 MODELO DE CÁLCULO

O modelo de cálculo efetuado contempla elementos finitos de laje (SHELL), em regime elástico linear, e encontra-se ilustrado na figura seguinte:



**Figura 10.15 – Modelo de Cálculo**

Para o cálculo desta estrutura foram utilizadas as seguintes convenções:

Elemento Finito tipo SHELL – Elementos “laje” de 4 nós;

M11 – Momento flector nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN.m/m);

M22 – Momento flector nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN.m/m);

F11 – Esforço axial nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN/m);

F22 – Esforço axial nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN/m);

V13 – Esforço transversal nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN/m);

V23 – Esforço transversal nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN/m).

Na simulação do terreno de fundação foram consideradas molas aplicadas na laje de fundo com uma constante de Winkler de 50.000 kN/m.

### 10.6.2.2 AÇÕES

#### Ações Permanentes

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| • Peso específico do betão armado (PP)         | 25,00 kN/m <sup>3</sup> |
| • Ação do Terreno (IK0)                        | 19,00 kN/m <sup>3</sup> |
| • Peso dos revestimentos e equipamentos (PPNE) | 5,00 kN/m <sup>2</sup>  |

#### Sobrecarga de utilização

- |  |                        |
|--|------------------------|
| • Sobrecarga uniformemente distribuída (SC1) | 5,00 kN/m <sup>2</sup> |
| • Sobrecarga nas paredes (SC2)               | 5,00 kN/m <sup>2</sup> |

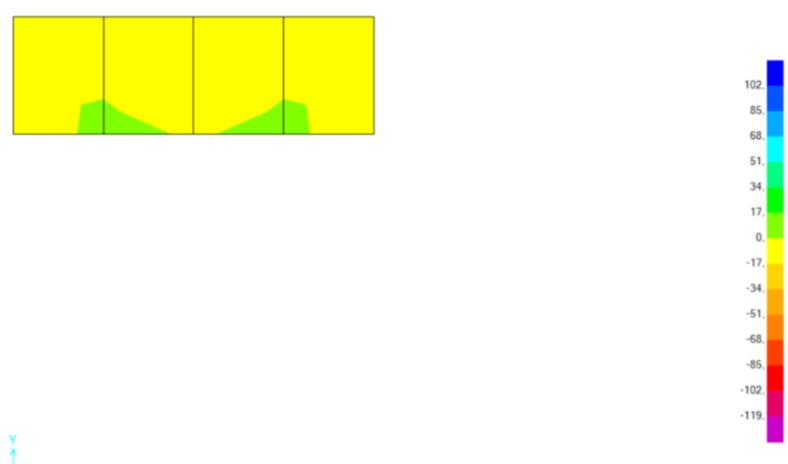
#### Ação Sísmica

Utilizados os espetros de resposta previsto no Eurocódigo n.º 8 para Portugal para a zona em causa (1.5 / 2.4), bem como a caracterização do terreno compatível (Terreno tipo C) com os resultados da prospeção efetuada, de acordo com a Figura 10.2. Apesar dos resultados da prospeção efetuada indicarem um solo do tipo A, por questões de segurança foi adotada uma caracterização do terreno do tipo C.

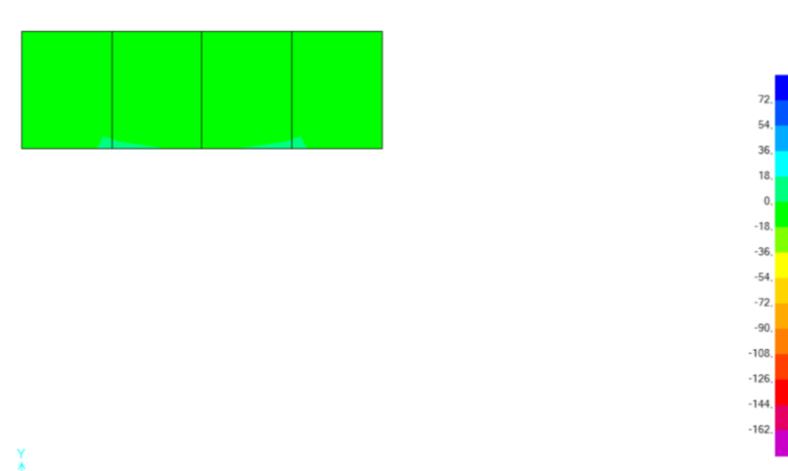
### 10.6.2.3 ESFORÇOS

Para o dimensionamento dos elementos estruturais foram consideradas as combinações de ações regulamentares.

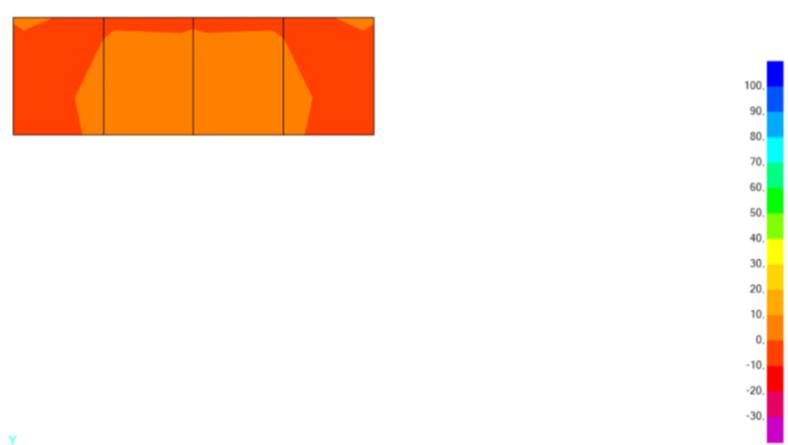
As figuras seguintes ilustram o Diagrama de Momentos Flectores da estrutura quando sujeita a esta combinação de ações.



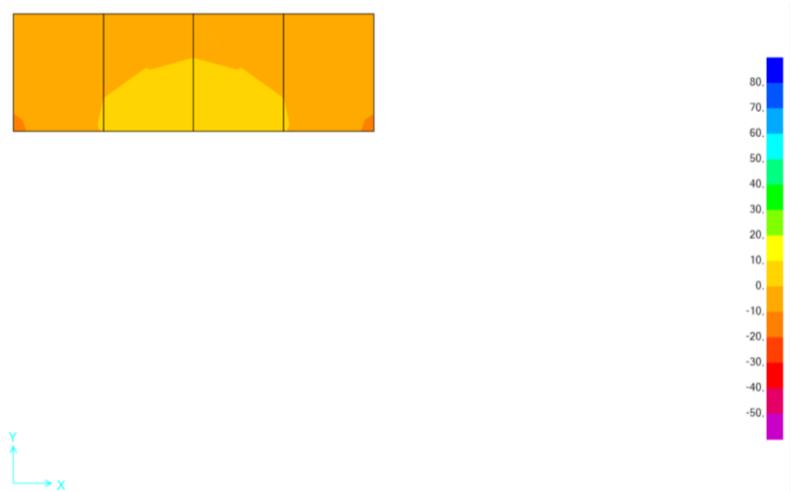
**Figura 10.16 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolverte máxima**



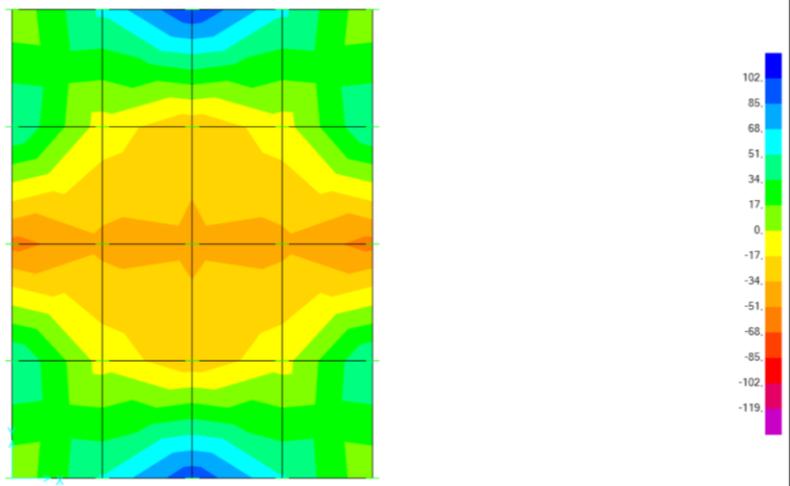
**Figura 10.17 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolverte mínima**



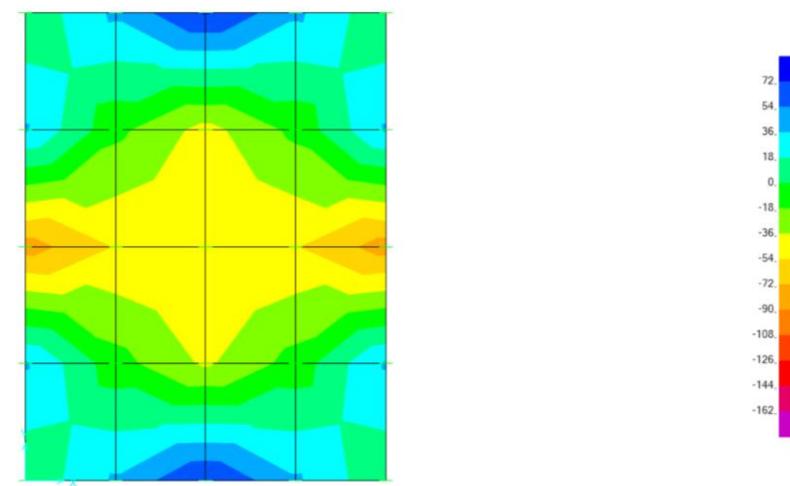
**Figura 10.18 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolverte máxima**



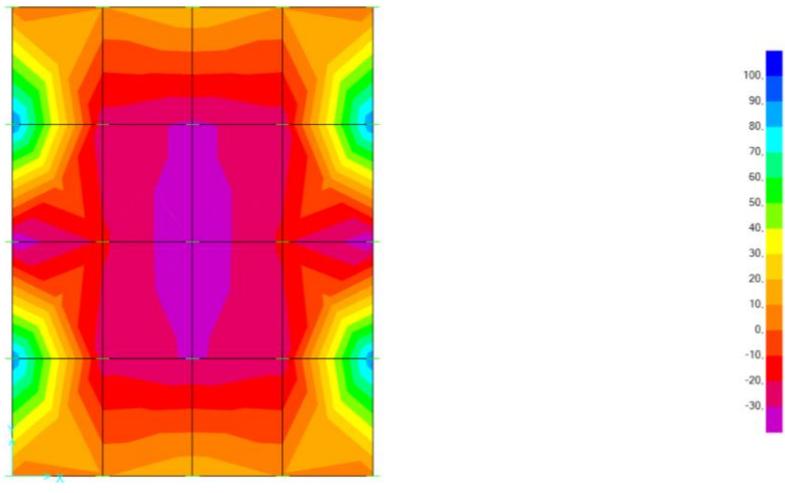
**Figura 10.19 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores  $M_{xx}$ . Envolvente mínima**



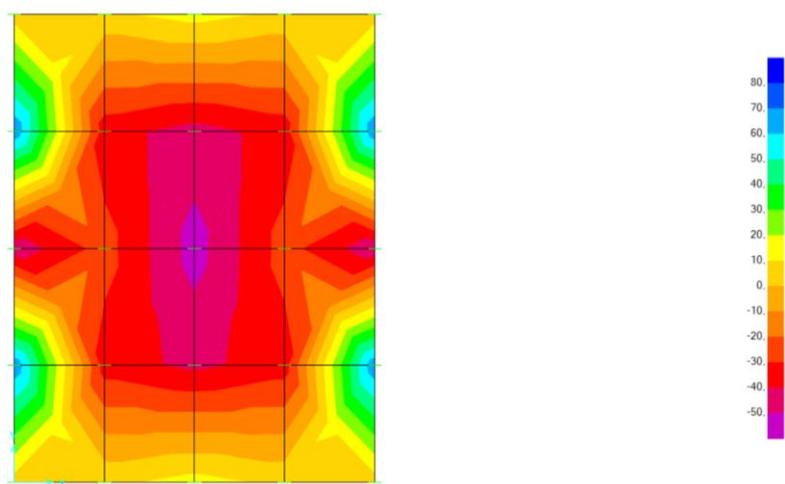
**Figura 10.20 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores  $M_{yy}$ . Envolvente máxima**



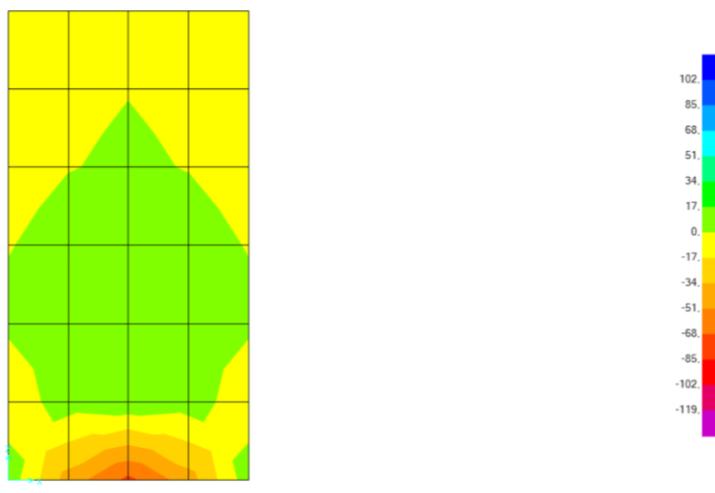
**Figura 10.21 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores  $M_{yy}$ . Envolvente mínima**



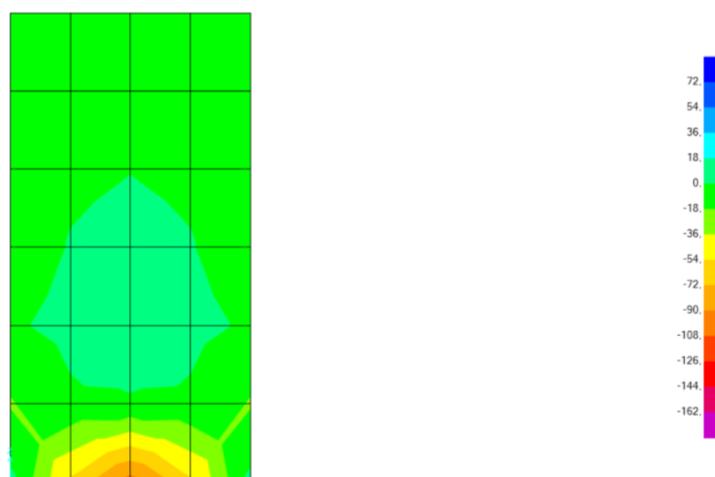
**Figura 10.22 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores  $M_{xx}$ . Envoltória máxima**



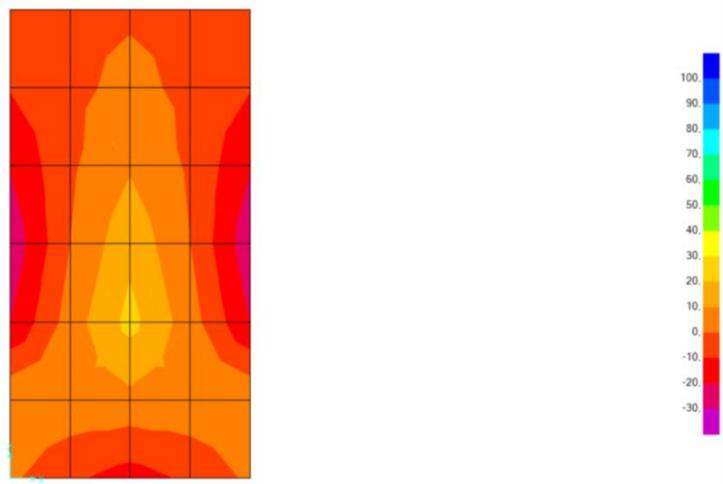
**Figura 10.23 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores  $M_{xx}$ . Envoltória mínima**



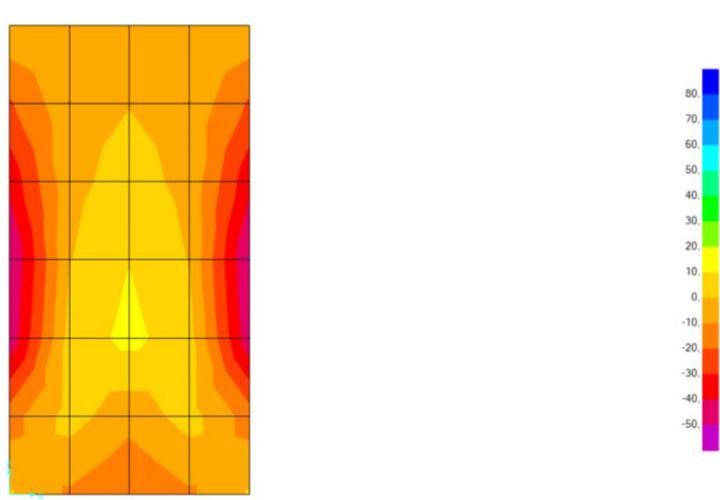
**Figura 10.24 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolverte máxima**



**Figura 10.25 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolverte mínima**



**Figura 10.26 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolverte máxima**



**Figura 10.27 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolverte mínima**

### **10.6.3 LAJE DE TOPO**

#### **10.6.3.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO**

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 10.3.

### Quadro 10.3 – Dimensionamento laje de topo

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE TOPO -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	As- (cm²/m)	As+ (cm²/m)	Asw/s (cm²/mxm)	Armaduras Adoptadas	
													As-	As+
dir XX	Mmáx-	1,00	0,30	0,26	11,00			177,68	0,00	0,98	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx+	1,00	0,30	0,26		6,00		177,68	0,00	0,00	0,53	0,00	φ12//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,30	0,26	10,00			177,68	0,00	0,89	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx+	1,00	0,30	0,26		8,00		177,68	0,00	0,00	0,71	0,00	φ12//.15	

fcd (kN/m²)      20000  
 fsyd (kN/m²)    435000  
 τ1 (kN/m²)      850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

## 10.6.4 LAJE DE FUNDO

### 10.6.4.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 10.4.

### Quadro 10.4 – Dimensionamento laje de fundo

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDO -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	As- (cm²/m)	As+ (cm²/m)	Asw/s (cm²/mxm)	Armaduras Adoptadas	
													As-	As+
dir XX	Mmáx-	1,00	0,30	0,26	52,00			177,68	0,00	4,77	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx+	1,00	0,30	0,26		45,00		177,68	0,00	0,00	4,11	0,00	φ12//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,30	0,26	75,00			177,68	0,00	7,00	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx+	1,00	0,30	0,26		65,00		177,68	0,00	0,00	6,02	0,00	φ12//.15	

fcd (kN/m²)      20000  
 fsyd (kN/m²)    435000  
 τ1 (kN/m²)      850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

## 10.6.5 PAREDES EXTERIORES

### 10.6.5.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 10.5.

**Quadro 10.5 – Dimensionamento das paredes exteriores**

- DIMENSIONAMENTO DA PAREDE EXTERIOR -

seção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd <sup>+</sup> (kNm/m)	Msd <sup>-</sup> (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	V <sub>o</sub> d (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As <sup>-</sup> (cm <sup>2</sup> /m)	As <sup>+</sup> (cm <sup>2</sup> /m)	Asw/s (cm <sup>2</sup> /mxm)	As <sup>-</sup>	As <sup>+</sup>
dir XX	Mmáx-	1,00	0,30	0,26	50,00			177,68	0,00	4,58	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx+	1,00	0,30	0,26		25,00		177,68	0,00	0,00	2,25	0,00	φ12//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,30	0,26	95,00			177,68	0,00	8,99	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx+	1,00	0,30	0,26		20,00		177,68	0,00	0,00	1,79	0,00	φ12//.15	

fcd (kN/m<sup>2</sup>)      20000  
 fsyd (kN/m<sup>2</sup>)    435000  
 τ1 (kN/m<sup>2</sup>)      850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

## 10.7 CÂMARA DE VÁLVULAS

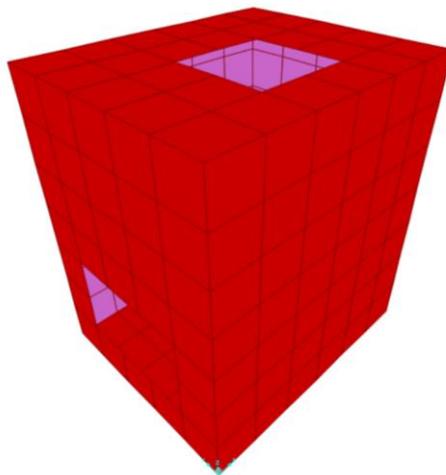
### 10.7.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Trata-se de uma estrutura tipo caixa, construída para albergar uma válvula de seccionamento, constituída por paredes com 0,40m e 0,70m de espessura, ligadas de forma monolítica às lajes de fundo (0,60m) e de topo (0,20m).

## 10.7.2 ESFORÇOS

### 10.7.2.1 MODELO DE CÁLCULO

O modelo de cálculo efectuado contempla elementos finitos de laje (SHELL), em regime elástico linear, e encontra-se ilustrado na figura seguinte:



**Figura 10.28 – Modelo de Cálculo**

Para o cálculo desta estrutura foram utilizadas as seguintes convenções:

Elemento Finito tipo SHELL – Elementos “laje” de 4 nós;

M11 – Momento flector nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN.m/m);

M22 – Momento flector nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN.m/m);

F11 – Esforço axial nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN/m);

F22 – Esforço axial nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN/m);

V13 – Esforço transverso nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN/m);

V23 – Esforço transverso nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN/m).

Na simulação do terreno de fundação foram consideradas molas aplicadas na laje de fundo com uma constante de Winkler de 50.000 kN/m.

### 10.7.2.2 AÇÕES

#### Ações Permanentes

- |  |   |
|--|---|
| • Peso específico do betão armado (PP)         | 25,00 kN/m <sup>3</sup>                         |
| • Ação do Terreno (IK0)                        | 19,00 kN/m <sup>3</sup>                         |
| • Peso dos revestimentos e equipamentos (PPNE) | 1,50 kN/m <sup>2</sup> / 5,00 kN/m <sup>2</sup> |

#### Sobrecarga de utilização

- |  |   |
|--|---|
| • Sobrecarga uniformemente distribuída (SC1) | 1,50 kN/m <sup>2</sup> / 5,00 kN/m <sup>2</sup> |
| • Sobrecarga nas paredes (SC2)               | 5,00 kN/m <sup>2</sup>                          |

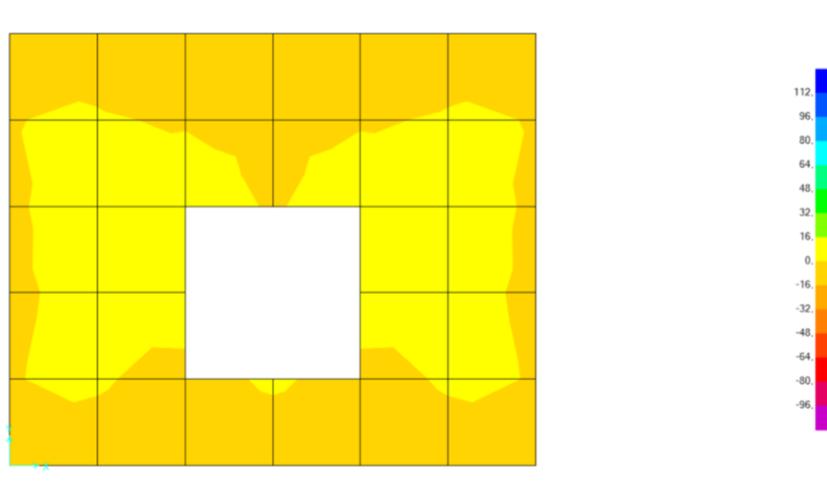
#### Ação Sísmica

Utilizados os espectros de resposta previsto no Eurocódigo n.º 8 para Portugal para a zona em causa (1.5 / 2.4), bem como a caracterização do terreno compatível (Terreno tipo C) com os resultados da prospeção efetuada, de acordo com a Figura 10.2. Apesar dos resultados da prospeção efetuada indicarem um solo do tipo A, por questões de segurança foi adotada uma caracterização do terreno do tipo C.

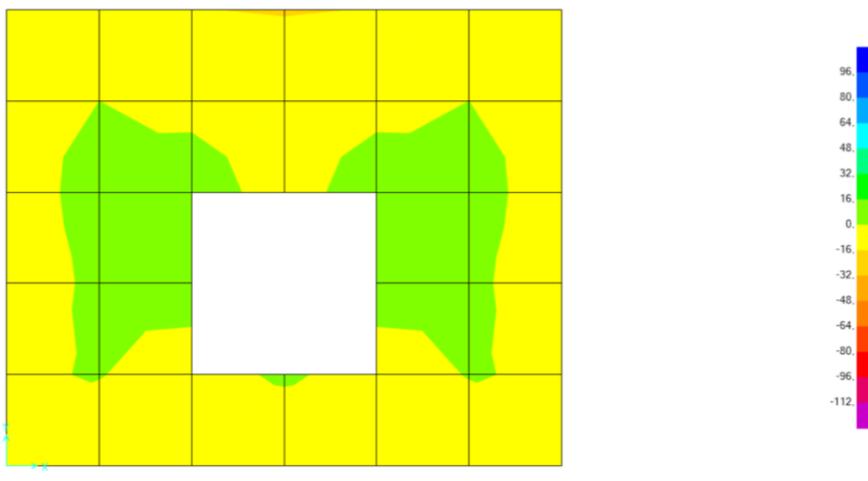
### 10.7.2.3 ESFORÇOS

Para o dimensionamento dos elementos estruturais foram consideradas as combinações de ações regulamentares.

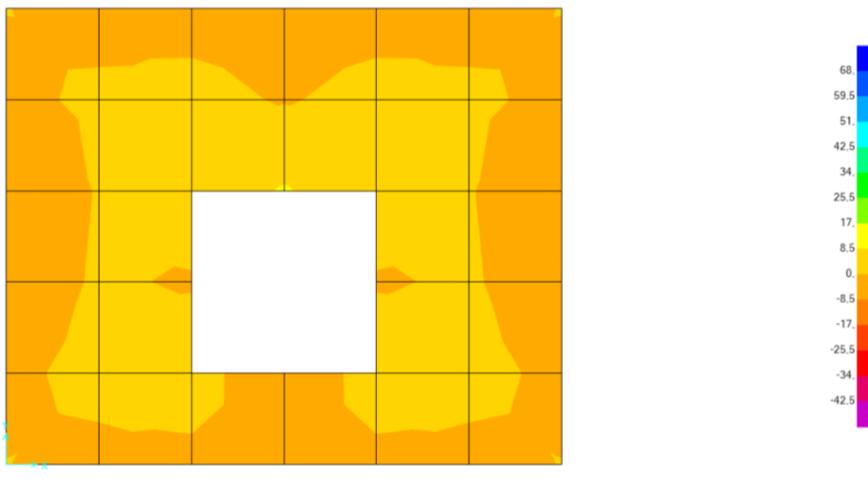
As figuras seguintes ilustram o Diagrama de Momentos Fletores da estrutura quando sujeita a esta combinação de ações.



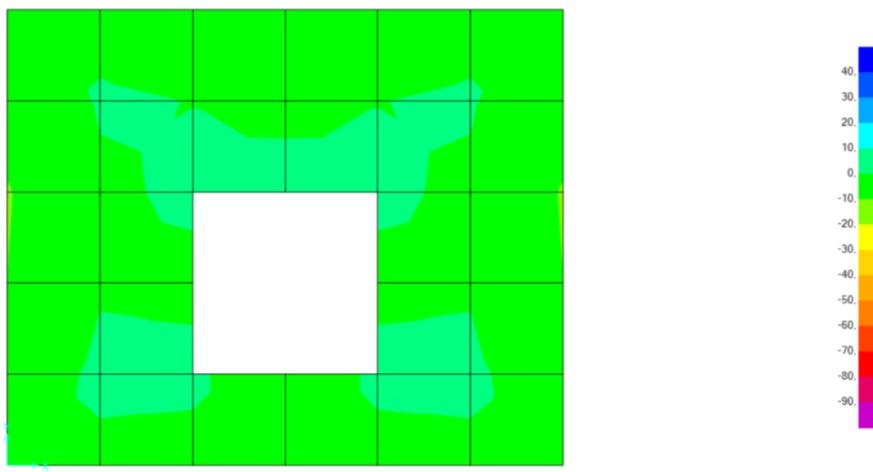
**Figura 10.29 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolvente máxima**



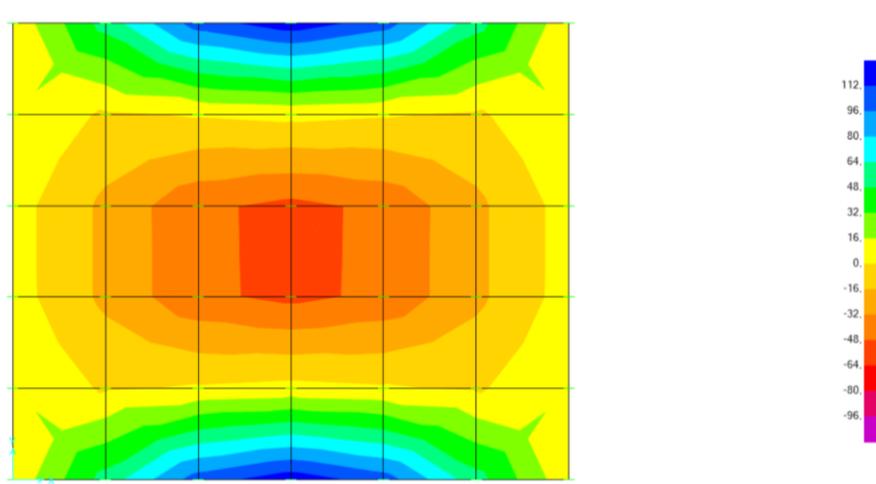
**Figura 10.30 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltória mínima**



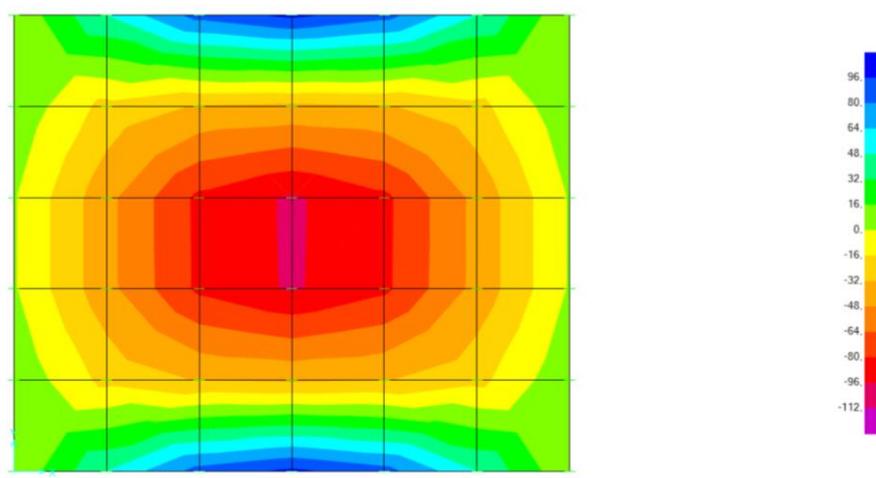
**Figura 10.31 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltória máxima**



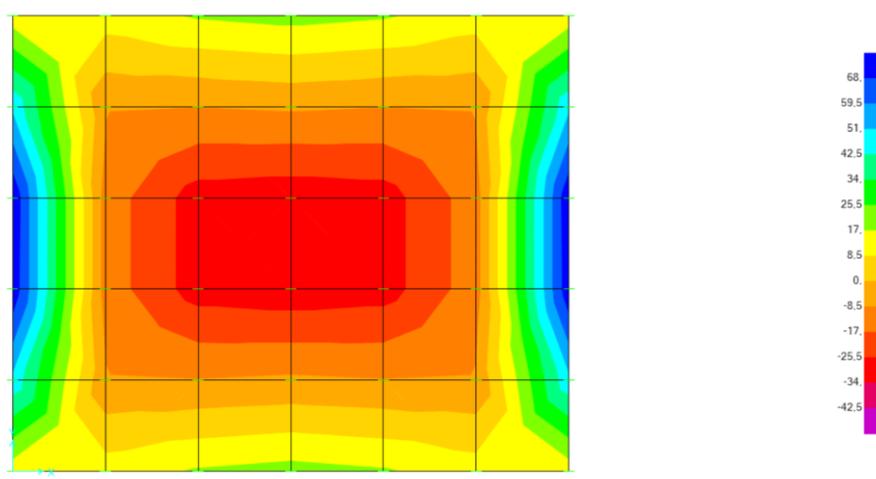
**Figura 10.32 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltória mínima**



**Figura 10.33 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores  $M_{yy}$ . Envoltente máxima**



**Figura 10.34 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores  $M_{yy}$ . Envoltente mínima**



**Figura 10.35 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores  $M_{xx}$ . Envoltente máxima**

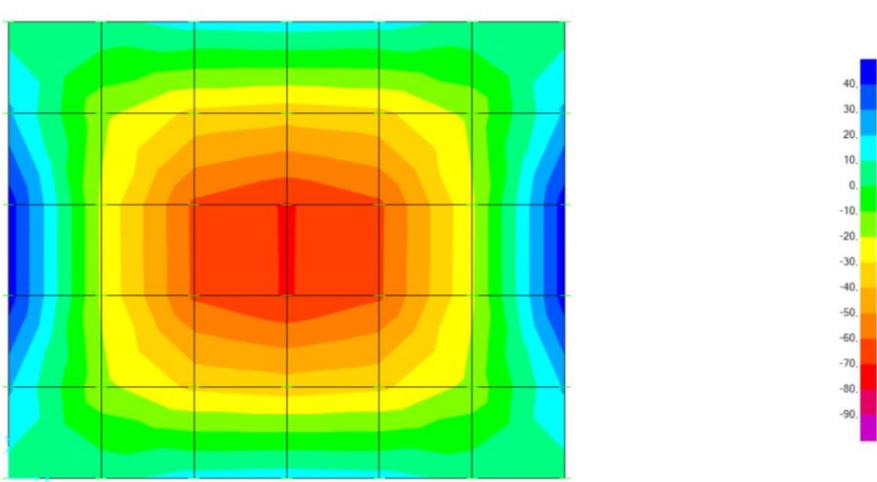


Figura 10.36 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolve mínima

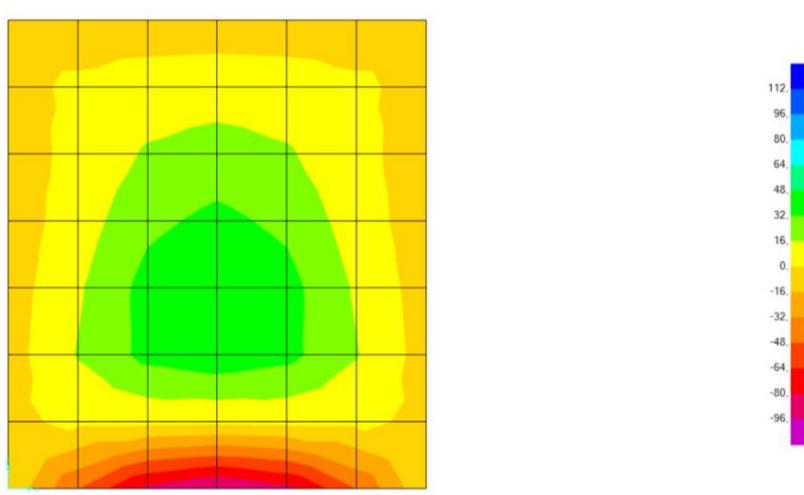


Figura 10.37 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolve máxima

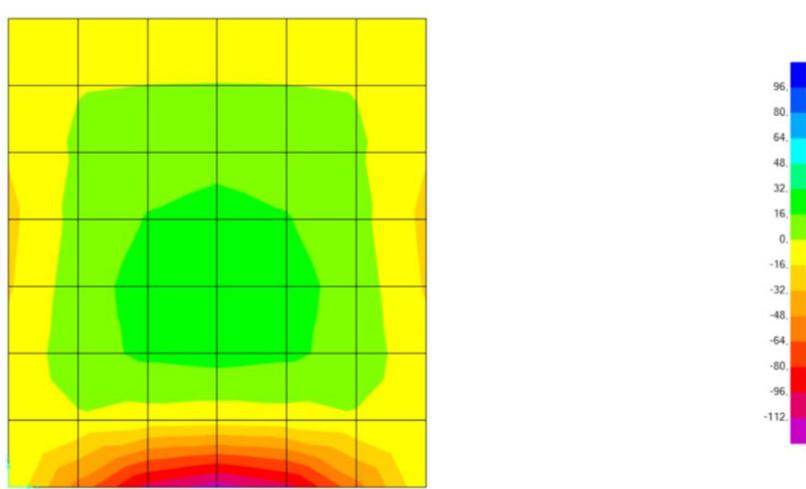


Figura 10.38 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolve mínima

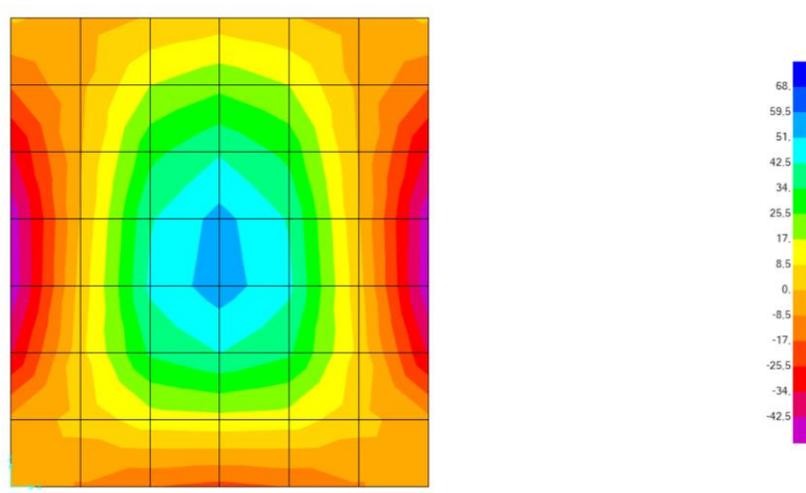


Figura 10.39 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores  $M_{xx}$ . Envolve máxima

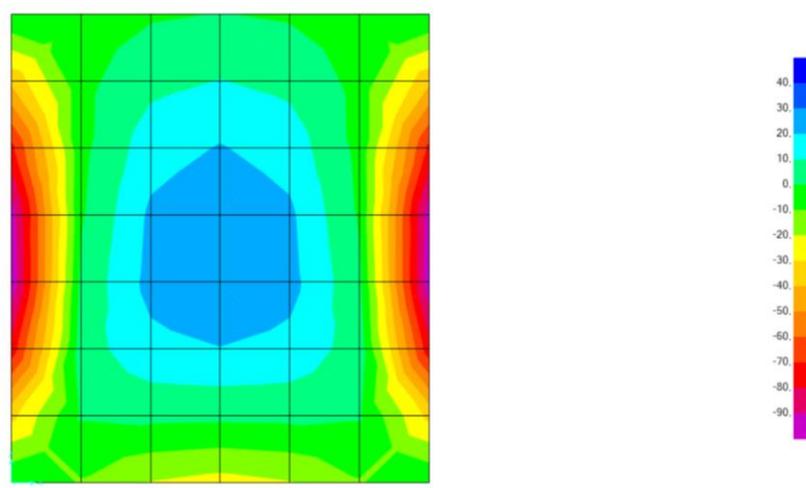


Figura 10.40 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores  $M_{xx}$ . Envolve mínima

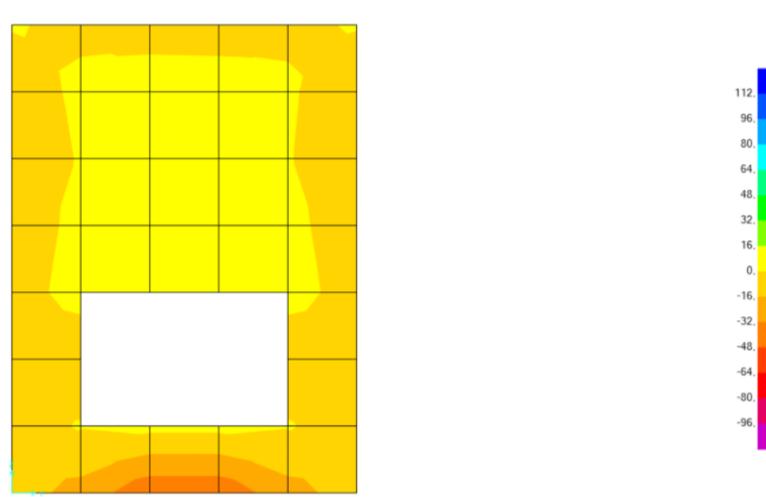
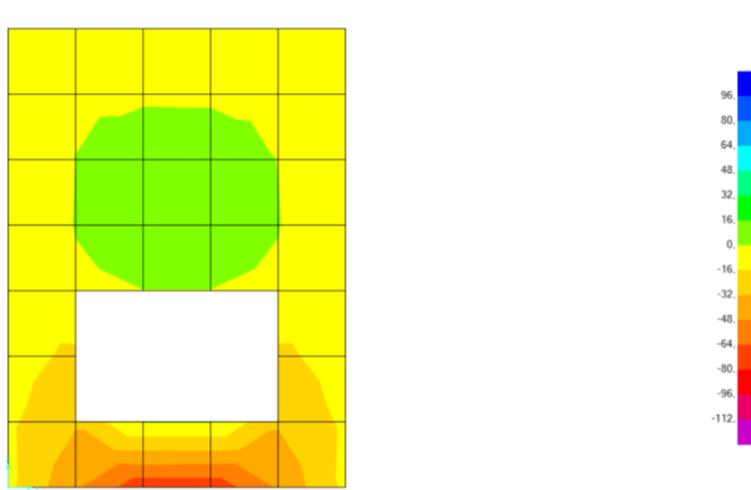
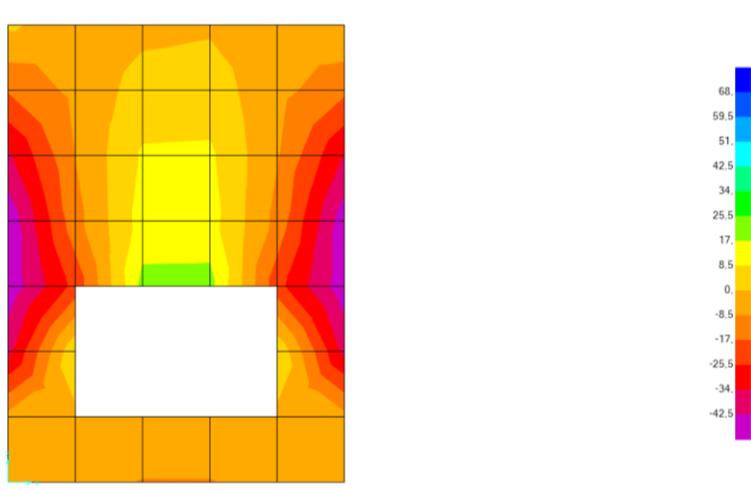


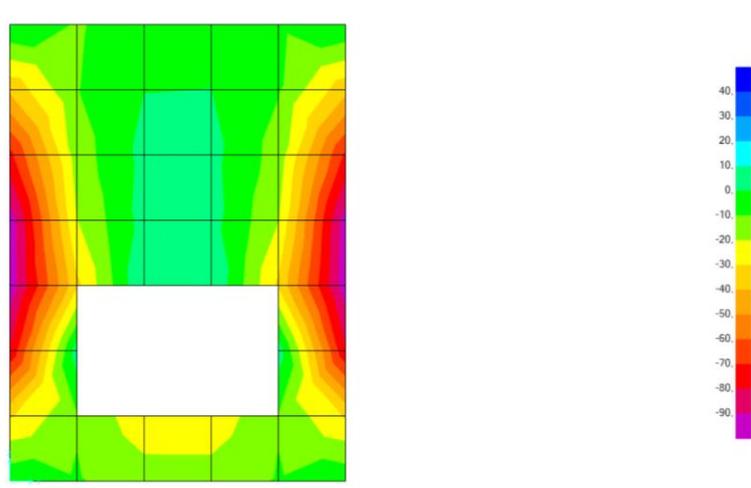
Figura 10.41 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores  $M_{yy}$ . Envolve máxima



**Figura 10.42 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltente mínima**



**Figura 10.43 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltente máxima**



**Figura 10.44 – Paredes. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltente mínima**

### 10.7.3 LAJE DE TOPO

#### 10.7.3.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 10.6.

**Quadro 10.6 – Dimensionamento laje de topo**

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE TOPO -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd <sup>+</sup> (kNm/m)	Msd <sup>-</sup> (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As <sup>-</sup> (cm <sup>2</sup> /m)	As <sup>+</sup> (cm <sup>2</sup> /m)	Asw/s (cm <sup>2</sup> /mxm)	As <sup>-</sup>	As <sup>+</sup>
dir XX	Mmáx-	1,00	0,20	0,16	10,00					1,46	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx+	1,00	0,20	0,16		10,00				0,00	1,46	0,00	φ12//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,20	0,16	19,00					2,83	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx+	1,00	0,20	0,16		10,00				0,00	1,46	0,00	φ12//.15	

fcd (kN/m<sup>2</sup>) 20000  
 fsyd (kN/m<sup>2</sup>) 435000  
 τ1 (kN/m<sup>2</sup>) 850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

### 10.7.4 LAJE DE FUNDO

#### 10.7.4.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 10.7.

**Quadro 10.7 – Dimensionamento laje de fundo**

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDO -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd <sup>+</sup> (kNm/m)	Msd <sup>-</sup> (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As <sup>-</sup> (cm <sup>2</sup> /m)	As <sup>+</sup> (cm <sup>2</sup> /m)	Asw/s (cm <sup>2</sup> /mxm)	As <sup>-</sup>	As <sup>+</sup>
dir XX	Mmáx-	1,00	0,60	0,56	75,00					3,12	0,00	0,00	φ16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,60	0,56		75,00				0,00	3,12	0,00	φ16//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,60	0,56	125,00					5,23	0,00	0,00	φ16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,60	0,56		125,00				0,00	5,23	0,00	φ16//.15	

fcd (kN/m<sup>2</sup>) 20000  
 fsyd (kN/m<sup>2</sup>) 435000  
 τ1 (kN/m<sup>2</sup>) 850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

## 10.7.5 PAREDES EXTERIORES

### 10.7.5.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 10.8.

**Quadro 10.8 – Dimensionamento das paredes exteriores**

- DIMENSIONAMENTO DA PAREDE EXTERIOR -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vød (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm²/m)	As+ (cm²/m)	Asw/s (cm²/mxm)	As- As+	
dir XX	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	100,00			227,66	0,00	6,63	0,00	0,00	ø16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		60,00		227,66	0,00	0,00	3,92	0,00	ø16//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	120,00			227,66	0,00	8,02	0,00	0,00	ø16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		50,00		227,66	0,00	0,00	3,25	0,00	ø16//.15	

fcd (kN/m²)

20000

fsyd (kN/m²)

435000

τ1 (kN/m²)

850

- DIMENSIONAMENTO DA PAREDE EXTERIOR -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vød (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm²/m)	As+ (cm²/m)	Asw/s (cm²/mxm)	As- As+	
dir XX	Mmáx-	1,00	0,70	0,66	100,00			336,60	0,00	3,52	0,00	0,00	ø16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,70	0,66		20,00		336,60	0,00	0,00	0,70	0,00	ø16//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,70	0,66	80,00			336,60	0,00	2,81	0,00	0,00	ø16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,70	0,66		10,00		336,60	0,00	0,00	0,35	0,00	ø16//.15	

fcd (kN/m²)

20000

fsyd (kN/m²)

435000

τ1 (kN/m²)

850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

## 11 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEGESTÃO

### 11.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Ao longo do traçado do adutor será instalado um cabo de fibra ótica. Neste projeto encontra-se incluído o caminho de cabos, ou seja, as tubagens e caixas para instalação do cabo de fibra ótica. O cabo de fibra ótica está incluído no Volume V relativo ao projeto de execução do Sistema de Automação e Telegestão.

### 11.2 CÂMARA DE VÁLVULAS

A válvula de seccionamento DN1500 terá um atuador elétrico. No entanto, não se prevê a instalação de posto de transformação no local, mas sim que seja atuada a partir de um gerador que é transportado numa carrinha ao local sempre que é necessário a sua atuação.

Para encravamento da estação elevatória, a válvula de seccionamento DN1500 terá fins de curso. Também a válvula DN200 do by-pass terá fins de curso. Esta informação será recolhida por uma UTR, alimentada a partir do painel solar e das baterias e será transmitida ao centro de comando da estação elevatória através da fibra ótica instalada ao longo do adutor. Para tal prevê-se a instalação de painéis solares (300 W pico) e baterias.

Para acionamento da válvula será instalado um quadro elétrico mural, em poliéster, IP65, equipado com uma tomada à face exterior para ligação do grupo eletrogéneo, proteções elétricas e de pessoas e contactores para comando da válvula. O comando de abertura e fecho da válvula será realizado através de botoneiras instaladas à face do quadro. Existirá ainda um sinalizador para indicação de defeitos da válvula.

Os pormenores das instalações elétricas da câmara de válvulas são apresentados no **Desenho E02**.

### 11.3 CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO

Tal como referido anteriormente, prevê-se a instalação de um medidor de nível do tipo radar no topo da estrutura de betão, e um transmissor de pressão a instalar na câmara das juntas mecânicas flexíveis.

Esta informação será recolhida por uma UTR, alimentada a partir do painel solar e das baterias e será transmitida ao centro de comando da estação elevatória através da fibra ótica instalada ao longo do adutor.

Os pormenores das instalações elétricas desta estrutura são apresentados no **Desenho E01**.

#### **11.4 CAMINHO DE CABOS**

Previu-se uma ligação entre a estação elevatória do Pisão e o reservatório de regularização através de um cabo de fibra ótica que permitirá a comunicação entre as duas infraestruturas, essencial ao comando da estação elevatória e que permite a recolha de toda a informação das estações de filtração, câmara de válvulas da conduta elevatória e chaminé de equilíbrio, sendo possível centralizar todos os dados no centro de comando da estação elevatória.

No **Desenho E03** apresenta-se o traçado das tubagens que permitirão a instalação do cabo de fibra ótica.

Serão instaladas caixas para passagem de cabos de 100 em 100 metros, sendo a definição das caixas indicada no mesmo desenho.

Entre as caixas será instalado um tritubo em PEAD DN40, que será colocada na mesma vala do adutor, de acordo com o desenho tipo da fundação (**Desenho 5**).

O cabo de fibra ótica está incluído no Volume V relativo ao projeto de execução do Sistema de Automação e Telegestão.

**QUADROS**

---



**Quadro A1 - Consumo de percurso ao longo da conduta (Q variável entre 5,01 e 4,42 m³/s) e reservatório no nível de dimensionamento dos grupos eletrobomba (N nominal = 270,00 m)**

Troço	Nó		PK		Comprimento do troço (m)	Caudal (l/s)	Tubagem			Velocidade e média (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Perdas de carga contínuas (m)	Perdas de carga localizadas (m)		Perdas de carga totais (m)	Cota da soleira (m)	Cota do eixo (m)	Cota do terreno (m)	Estação Elevatória	Carga Hidráulica Dinâmica (mca)	Carga Hidráulica Estática (mca)
							Troço	K	Troço				276.51								
	Montante	Jusante	Montante	Jusante								Material	PN	DN (mm)	Jusante	Jusante	Jusante	Jusante			
1	Estação Elevatória	Curva Perfil 6.71º	0.00	67.00	67.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.06	0.03	0.00	0.06	194.38	195.38	201.00	276.45	81.07	74.62
1	Curva Perfil 6.71º	Curva Perfil 11.5º	67.00	90.00	23.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.02	0.05	0.01	0.03	194.27	195.27	198.30	276.42	81.15	74.73
1	Curva Perfil 11.5º	Descarga Fundo nº1	90.00	91.00	1.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.00	0.00	0.00	0.00	194.27	195.27	198.30	276.42	81.15	74.73
1	Descarga Fundo nº1	Ventosa nº1	91.00	140.00	49.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.04	0.00	0.00	0.04	204.87	205.87	209.78	276.38	70.51	64.13
1	Ventosa nº1	Curva Planta 23.5º	140.00	265.00	125.00	5.010	BETÃO	PN10	2000	1.59	0.00087	0.11	0.07	0.01	0.12	226.24	227.24	229.64	276.26	49.02	42.76
1	Curva Planta 23.5º	Ventosa nº2	265.00	367.00	102.00	5.010	BETÃO	PN10/8	2000	1.59	0.00087	0.09	0.00	0.00	0.09	234.23	235.23	238.62	276.17	40.94	34.77
1	Ventosa nº2	Curva Perfil 11.53º	367.00	467.00	100.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.09	0.05	0.01	0.09	229.09	230.09	233.07	276.08	45.99	39.91
1	Curva Perfil 11.53º	Descarga Fundo nº2	467.00	468.00	1.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.00	0.00	0.00	0.00	229.09	230.09	233.07	276.08	45.99	39.91
1	Descarga Fundo nº2	Curva Planta 22.5º	468.00	580.00	112.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.10	0.07	0.01	0.11	238.21	239.21	243.16	275.97	36.76	30.79
1	Curva Planta 22.5º	Ventosa nº3	580.00	591.00	11.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.01	0.00	0.00	0.01	238.25	239.25	242.98	275.96	36.71	30.75
1	Ventosa nº3	Estação Filtração nº1	591.00	678.00	87.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.08	0.00	0.00	0.08	235.08	236.08	238.55	275.89	39.81	33.92
2	Estação Filtração nº1	Descarga Fundo nº3	678.00	1001.00	323.00	4.749	BETÃO	PN8	2000	1.51	0.00079	0.25	0.00	0.00	0.25	224.58	225.58	228.08	275.63	50.05	44.42
2	Descarga Fundo nº3	Ventosa nº4	1001.00	1046.00	45.00	4.749	BETÃO	PN8	2000	1.51	0.00079	0.04	0.00	0.00	0.04	225.46	226.46	230.00	275.60	49.14	43.54
2	Ventosa nº4	Descarga Fundo nº4	1046.00	1182.00	136.00	4.749	BETÃO	PN8	2000	1.51	0.00079	0.11	0.00	0.00	0.11	218.52	219.52	223.76	275.49	55.97	50.48
2	Descarga Fundo nº4	Curva Planta 35º	1182.00	1244.00	62.00	4.749	BETÃO	PN8	2000	1.51	0.00079	0.05	0.08	0.01	0.06	220.90	221.90	225.58	275.43	53.53	48.10
2	Curva Planta 35º	Estação Filtração nº2	1244.00	1257.00	13.00	4.749	BETÃO	PN8	2000	1.51	0.00079	0.01	0.00	0.00	0.01	221.74	222.74	225.86	275.42	52.68	47.26
3.1	Estação Filtração nº2	Chaminé Equilíbrio	1257.00	1750.00	493.00	4.516	BETÃO	PN6	2000	1.44	0.00071	0.35	0.00	0.00	0.35	257.00	258.00	266.02	275.07	17.07	12.00
3.1	Chaminé Equilíbrio	Curva Planta 22.5º	1750.00	2041.00	291.00	4.516	BETÃO	PN6	2000	1.44	0.00071	0.21	0.07	0.01	0.21	255.55	256.55	259.82	274.86	18.31	13.45
3.1	Curva Planta 22.5º	Descarga Fundo nº5	2041.00	2316.00	275.00	4.516	BETÃO	PN6	2000	1.44	0.00071	0.20	0.00	0.00	0.20	249.15	250.15	252.73	274.66	24.51	19.85
3.1	Descarga Fundo nº5	Válvula Seccionamento	2316.00	2380.00	64.00	4.516	BETÃO	PN6	2000	1.44	0.00071	0.05	0.33	0.11	0.16	249.34	250.34	254.42	274.51	24.17	19.66
3.2	Válvula Seccionamento	Ventosa nº5	2380.00	2814.00	434.00	4.516	BETÃO	PN6	1800	1.77	0.00122	0.53	0.00	0.00	0.53	256.12	257.02	259.27	273.98	16.96	12.98
3.2	Ventosa nº5	Curva Perfil 11.93º	2814.00	3238.00	424.00	4.516	BETÃO	PN6	1800	1.77	0.00122	0.52	0.05	0.01	0.53	226.13	227.03	231.00	273.45	46.42	42.97
3.2	Curva Perfil 11.93º	Ventosa nº6	3238.00	3430.00	192.00	4.516	BETÃO	PN6	1800	1.77	0.00122	0.23	0.00	0.00	0.23	224.91	225.81	228.64	273.22	47.41	44.19
3.2	Ventosa nº6	Descarga Fundo nº6	3430.00	3596.00	166.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.20	0.00	0.00	0.20	214.71	215.61	218.58	273.01	57.40	54.39
3.2	Descarga Fundo nº6	Ventosa nº7	3596.00	3704.00	108.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.13	0.00	0.00	0.13	217.99	218.89	221.56	272.88	53.99	51.11
3.2	Ventosa nº7	Descarga Fundo nº7	3704.00	4325.00	621.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.76	0.00	0.00	0.76	202.71	203.61	206.29	272.12	68.51	66.39
3.2	Descarga Fundo nº7	Curva Planta 36º	4325.00	4439.00	114.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.14	0.08	0.01	0.15	205.25	206.15	209.68	271.97	65.82	63.85
3.2	Curva Planta 36º	Curva Planta 28º	4439.00	4470.00	31.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.04	0.07	0.01	0.05	206.04	206.94	210.42	271.92	64.98	63.06
3.2	Curva Planta 28º	Ventosa nº8	4470.00	4510.00	40.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.05	0.00	0.00	0.05	206.89	207.79	210.88	271.87	64.08	62.21
3.2	Ventosa nº8	Curva Perfil 4º	4510.00	4633.00	123.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.15	0.03	0.00	0.16	199.57	200.47	205.19	271.72	71.25	69.53
3.2	Curva Perfil 4º	Descarga Fundo nº8	4633.00	4634.00	1.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.00	0.00	0.00	0.00	199.57	200.47	205.19	271.72	71.25	69.53
3.2	Descarga Fundo nº8	Curva Perfil 3º	4634.00	4651.00	17.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.02	0.03	0.00	0.03	199.65	200.55	203.75	271.69	71.14	69.45
3.2	Curva Perfil 3º	Estação Filtração nº3	4651.00	4695.00	44.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.05	0.00	0.00	0.05	202.32	203.22	206.40	271.64	68.42	66.78
4	Estação Filtração nº3	Ventosa nº9	4695.00	4830.00	135.00	4.415	BETÃO	PN8	1800	1.73	0.00117	0.16	0.00	0.00	0.16	213.43	214.33	218.36	271.48	57.15	55.67
4	Ventosa nº9	Ventosa nº10	4830.00	5260.00	430.00	4.415	BETÃO	PN8/6	1800	1.73	0.00117	0.50	0.00	0.00	0.50	247.82	248.72	252.05	270.98	22.26	21.28
4	Ventosa nº10	Ventosa nº11	5260.00	5472.00	212.00	4.415	BETÃO	PN6	1800	1.73	0.00117	0.25	0.00	0.00	0.25	258.57	259.47	264.11	270.73	11.26	10.53
4	Ventosa nº11	Descarga Fundo nº9	5472.00	5562.00	90.00	4.415	BETÃO	PN6	1800	1.73	0.00117	0.11	0.00	0.00	0.11	255.74	256.64	260.45	270.62	13.98	13.36
4	Descarga Fundo nº9	Curva Planta 51º	5562.00	5746.00	184.00	4.415	BETÃO	PN6	1800	1.73	0.00117	0.21	0.10	0.02	0.23	261.00	261.90	270.86	270.39	8.49	8.10
4	Curva Planta 51º	Reservatório	5746.00	5788.73	42.73	4.415	BETÃO	PN6	1800	1.73	0.00117	0.05	-	0.34	0.39	262.30	263.20	271.58	270.00	6.80	6.80

**Quadro A2 - Caudal total da estação elevatória (5,01 m³/s) e reservatório ao nível de dimensionamento dos grupos eletrobomba (N nominal = 270,00 m)**

Troço	Nó		PK		Comprimento do troço (m)	Caudal (l/s)	Tubagem			Velocidade média (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Perdas de carga contínuas (m)		Perdas de carga localizadas (m)		Perdas de carga totais (m)		Cota da soleira (m)	Cota do eixo (m)	Cota do terreno (m)	Cota piezométrica dinâmica (m)	Carga Hidráulica Dinâmica (mca)	Carga Hidráulica Estática (mca)
							Material	PN	DN (mm)			Troço	K	Troço	Troço	Jusante	Jusante						
	Montante	Jusante	Montante	Jusante																			
	Estação Elevatória																						
	277.89																						
1	Estação Elevatória	Curva Perfil 6.71º	0.00	67.00	67.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.06	0.03	0.00	0.06	194.38	195.38	201.00	277.82	82.44	74.62		
1	Curva Perfil 6.71º	Curva Perfil 11.5º	67.00	90.00	23.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.02	0.05	0.01	0.03	194.27	195.27	198.30	277.80	82.53	74.73		
1	Curva Perfil 11.5º	Descarga Fundo nº1	90.00	91.00	1.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.00	0.00	0.00	0.00	194.27	195.27	198.30	277.80	82.53	74.73		
1	Descarga Fundo nº1	Ventosa nº1	91.00	140.00	49.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.04	0.00	0.00	0.04	204.87	205.87	209.78	277.75	71.88	64.13		
1	Ventosa nº1	Curva Planta 23.5º	140.00	265.00	125.00	5.010	BETÃO	PN10	2000	1.59	0.00087	0.11	0.07	0.01	0.12	226.24	227.24	229.64	277.63	50.39	42.76		
1	Curva Planta 23.5º	Ventosa nº2	265.00	367.00	102.00	5.010	BETÃO	PN10/8	2000	1.59	0.00087	0.09	0.00	0.00	0.09	234.23	235.23	238.62	277.55	42.32	34.77		
1	Ventosa nº2	Curva Perfil 11.53º	367.00	467.00	100.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.09	0.05	0.01	0.09	229.09	230.09	233.07	277.45	47.36	39.91		
1	Curva Perfil 11.53º	Descarga Fundo nº2	467.00	468.00	1.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.00	0.00	0.00	0.00	229.09	230.09	233.07	277.45	47.36	39.91		
1	Descarga Fundo nº2	Curva Planta 22.5º	468.00	580.00	112.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.10	0.07	0.01	0.11	238.21	239.21	243.16	277.34	38.13	30.79		
1	Curva Planta 22.5º	Ventosa nº3	580.00	591.00	11.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.01	0.00	0.00	0.01	238.25	239.25	242.98	277.34	38.09	30.75		
1	Ventosa nº3	Estação Filtração nº1	591.00	678.00	87.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.08	0.00	0.00	0.08	235.08	236.08	238.55	277.26	41.18	33.92		
2	Estação Filtração nº1	Descarga Fundo nº3	678.00	1001.00	323.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.28	0.00	0.00	0.28	224.58	225.58	228.08	276.98	51.40	44.42		
2	Descarga Fundo nº3	Ventosa nº4	1001.00	1046.00	45.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.04	0.00	0.00	0.04	225.46	226.46	230.00	276.94	50.48	43.54		
2	Ventosa nº4	Descarga Fundo nº4	1046.00	1182.00	136.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.12	0.00	0.00	0.12	218.52	219.52	223.76	276.82	57.30	50.48		
2	Descarga Fundo nº4	Curva Planta 35º	1182.00	1244.00	62.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.05	0.08	0.01	0.06	220.90	221.90	225.58	276.76	54.86	48.10		
2	Curva Planta 35º	Estação Filtração nº2	1244.00	1257.00	13.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.01	0.00	0.00	0.01	221.74	222.74	225.86	276.74	54.00	47.26		
3.1	Estação Filtração nº2	Chaminé Equilíbrio	1257.00	1750.00	493.00	5.010	BETÃO	PN6	2000	1.59	0.00087	0.43	0.00	0.00	0.43	257.00	258.00	266.02	276.31	18.31	12.00		
3.1	Chaminé Equilíbrio	Curva Planta 22.5º	1750.00	2041.00	291.00	5.010	BETÃO	PN6	2000	1.59	0.00087	0.25	0.07	0.01	0.26	255.55	256.55	259.82	276.05	19.50	13.45		
3.1	Curva Planta 22.5º	Descarga Fundo nº5	2041.00	2316.00	275.00	5.010	BETÃO	PN6	2000	1.59	0.00087	0.24	0.00	0.00	0.24	249.15	250.15	252.73	275.81	25.66	19.85		
3.1	Descarga Fundo nº5	Válvula Seccionamento	2316.00	2380.00	64.00	5.010	BETÃO	PN6	2000	1.59	0.00087	0.06	0.33	0.14	0.19	249.34	250.34	254.42	275.62	25.28	19.66		
3.2	Válvula Seccionamento	Ventosa nº5	2380.00	2814.00	434.00	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.65	0.00	0.00	0.65	256.12	257.02	259.27	274.97	17.95	12.98		
3.2	Ventosa nº5	Curva Perfil 11.93º	2814.00	3238.00	424.00	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.64	0.05	0.01	0.65	226.13	227.03	231.00	274.33	47.30	42.97		
3.2	Curva Perfil 11.93º	Ventosa nº6	3238.00	3430.00	192.00	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.29	0.00	0.00	0.29	224.91	225.81	228.64	274.04	48.23	44.19		
3.2	Ventosa nº6	Descarga Fundo nº6	3430.00	3596.00	166.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.25	0.00	0.00	0.25	214.71	215.61	218.58	273.79	58.18	54.39		
3.2	Descarga Fundo nº6	Ventosa nº7	3596.00	3704.00	108.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.16	0.00	0.00	0.16	217.99	218.89	221.56	273.63	54.74	51.11		
3.2	Ventosa nº7	Descarga Fundo nº7	3704.00	4325.00	621.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.93	0.00	0.00	0.93	202.71	203.61	206.29	272.70	69.09	66.39		
3.2	Descarga Fundo nº7	Curva Planta 36º	4325.00	4439.00	114.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.17	0.08	0.02	0.19	205.25	206.15	209.68	272.51	66.36	63.85		
3.2	Curva Planta 36º	Curva Planta 28º	4439.00	4470.00	31.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.05	0.07	0.01	0.06	206.04	206.94	210.42	272.45	65.51	63.06		
3.2	Curva Planta 28º	Ventosa nº8	4470.00	4510.00	40.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.06	0.00	0.00	0.06	206.89	207.79	210.88	272.39	64.60	62.21		
3.2	Ventosa nº8	Curva Perfil 4º	4510.00	4633.00	123.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.18	0.03	0.01	0.19	199.57	200.47	205.19	272.20	71.73	69.53		
3.2	Curva Perfil 4º	Descarga Fundo nº8	4633.00	4634.00	1.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.00	0.00	0.00	0.00	199.57	200.47	205.19	272.20	71.73	69.53		
3.2	Descarga Fundo nº8	Curva Perfil 3º	4634.00	4651.00	17.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.03	0.03	0.01	0.03	199.65	200.55	203.75	272.17	71.62	69.45		
3.2	Curva Perfil 3º	Estação Filtração nº3	4651.00	4695.00	44.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.07	0.00	0.00	0.07	202.32	203.22	206.40	272.10	68.88	66.78		
4	Estação Filtração nº3	Ventosa nº9	4695.00	4830.00	135.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.20	0.00	0.00	0.20	213.43	214.33	218.36	271.90	57.57	55.67		
4	Ventosa nº9	Ventosa nº10	4830.00	5260.00	430.00	5.010	BETÃO	PN8/6	1800	1.97	0.00150	0.64	0.00	0.00	0.64	247.82	248.72	252.05	271.25	22.53	21.28		
4	Ventosa nº10	Ventosa nº11	5260.00	5472.00	212.00	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.32	0.00	0.00	0.32	258.57	259.47	264.11	270.94	11.47	10.53		
4	Ventosa nº11	Descarga Fundo nº9	5472.00	5562.00	90.00	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.13	0.00	0.00	0.13	255.74	256.64	260.45	270.80	14.16	13.36		
4	Descarga Fundo nº9	Curva Planta 51º	5562.00	5746.00	184.00	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.28	0.10	0.02	0.30	261.00	261.90	270.86	270.51	8.60	8.10		
4	Curva Planta 51º	Reservatório	5746.00	5788.73	42.73	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.06	0.00	0.00	0.06	262.30	263.20	271.58	270.00	6.80	6.80		

**Quadro A3 - Consumo de percurso ao longo da conduta (Q variável entre 5,01 e 4,42 m³/s) e reservatório ao nível mínimo de exploração (NmE=266,00 m)**

Troço	Nó		PK		Comprimento do troço (m)	Caudal (l/s)	Tubagem			Velocidade média (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Perdas de carga contínuas (m)	Perdas de carga localizadas (m)		Perdas de carga totais (m)	Cota da soleira (m)	Cota do eixo (m)	Cota do terreno (m)	Cota piezométrica dinâmica (m)	Carga Hidráulica Dinâmica (mca)	Carga Hidráulica Estática (mca)
							Material	PN	DN (mm)				K	Troço							
	Montante	Jusante	Montante	Jusante			Troço	Troço	Troço			Jusante	Jusante	Jusante	Jusante						
1	Estação Elevatória	Curva Perfil 6.71º	0.00	67.00	67.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.06	0.03	0.00	0.06	194.38	195.38	201.00	272.45	77.07	70.62
1	Curva Perfil 6.71º	Curva Perfil 11.5º	67.00	90.00	23.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.02	0.05	0.01	0.03	194.27	195.27	198.30	272.42	77.15	70.73
1	Curva Perfil 11.5º	Descarga Fundo nº1	90.00	91.00	1.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.00	0.00	0.00	0.00	194.27	195.27	198.30	272.42	77.15	70.73
1	Descarga Fundo nº1	Ventosa nº1	91.00	140.00	49.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.04	0.00	0.00	0.04	204.87	205.87	209.78	272.38	66.51	60.13
1	Ventosa nº1	Curva Planta 23.5º	140.00	265.00	125.00	5.010	BETÃO	PN10	2000	1.59	0.00087	0.11	0.07	0.01	0.12	226.24	227.24	229.64	272.26	45.02	38.76
1	Curva Planta 23.5º	Ventosa nº2	265.00	367.00	102.00	5.010	BETÃO	PN10/8	2000	1.59	0.00087	0.09	0.00	0.00	0.09	234.23	235.23	238.62	272.17	36.94	30.77
1	Ventosa nº2	Curva Perfil 11.53º	367.00	467.00	100.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.09	0.05	0.01	0.09	229.09	230.09	233.07	272.08	41.99	35.91
1	Curva Perfil 11.53º	Descarga Fundo nº2	467.00	468.00	1.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.00	0.00	0.00	0.00	229.09	230.09	233.07	272.08	41.99	35.91
1	Descarga Fundo nº2	Curva Planta 22.5º	468.00	580.00	112.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.10	0.07	0.01	0.11	238.21	239.21	243.16	271.97	32.76	26.79
1	Curva Planta 22.5º	Ventosa nº3	580.00	591.00	11.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.01	0.00	0.00	0.01	238.25	239.25	242.98	271.96	32.71	26.75
1	Ventosa nº3	Estação Filtração nº1	591.00	678.00	87.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.08	0.00	0.00	0.08	235.08	236.08	238.55	271.89	35.81	29.92
2	Estação Filtração nº1	Descarga Fundo nº3	678.00	1001.00	323.00	4.749	BETÃO	PN8	2000	1.51	0.00079	0.25	0.00	0.00	0.25	224.58	225.58	228.08	271.63	46.05	40.42
2	Descarga Fundo nº3	Ventosa nº4	1001.00	1046.00	45.00	4.749	BETÃO	PN8	2000	1.51	0.00079	0.04	0.00	0.00	0.04	225.46	226.46	230.00	271.60	45.14	39.54
2	Ventosa nº4	Descarga Fundo nº4	1046.00	1182.00	136.00	4.749	BETÃO	PN8	2000	1.51	0.00079	0.11	0.00	0.00	0.11	218.52	219.52	223.76	271.49	51.97	46.48
2	Descarga Fundo nº4	Curva Planta 35º	1182.00	1244.00	62.00	4.749	BETÃO	PN8	2000	1.51	0.00079	0.05	0.08	0.01	0.06	220.90	221.90	225.58	271.43	49.53	44.10
2	Curva Planta 35º	Estação Filtração nº2	1244.00	1257.00	13.00	4.749	BETÃO	PN8	2000	1.51	0.00079	0.01	0.00	0.00	0.01	221.74	222.74	225.86	271.42	48.68	43.26
3.1	Estação Filtração nº2	Chaminé Equilíbrio	1257.00	1750.00	493.00	4.516	BETÃO	PN6	2000	1.44	0.00071	0.35	0.00	0.00	0.35	257.00	258.00	266.02	271.07	13.07	8.00
3.1	Chaminé Equilíbrio	Curva Planta 22.5º	1750.00	2041.00	291.00	4.516	BETÃO	PN6	2000	1.44	0.00071	0.21	0.07	0.01	0.21	255.55	256.55	259.82	270.86	14.31	9.45
3.1	Curva Planta 22.5º	Descarga Fundo nº5	2041.00	2316.00	275.00	4.516	BETÃO	PN6	2000	1.44	0.00071	0.20	0.00	0.00	0.20	249.15	250.15	252.73	270.66	20.51	15.85
3.1	Descarga Fundo nº5	Válvula Seccionamento	2316.00	2380.00	64.00	4.516	BETÃO	PN6	2000	1.44	0.00071	0.05	0.33	0.11	0.16	249.34	250.34	254.42	270.51	20.17	15.66
3.2	Válvula Seccionamento	Ventosa nº5	2380.00	2814.00	434.00	4.516	BETÃO	PN6	1800	1.77	0.00122	0.53	0.00	0.00	0.53	256.12	257.02	259.27	269.98	12.96	8.98
3.2	Ventosa nº5	Curva Perfil 11.93º	2814.00	3238.00	424.00	4.516	BETÃO	PN6	1800	1.77	0.00122	0.52	0.05	0.01	0.53	226.13	227.03	231.00	269.45	42.42	38.97
3.2	Curva Perfil 11.93º	Ventosa nº6	3238.00	3430.00	192.00	4.516	BETÃO	PN6	1800	1.77	0.00122	0.23	0.00	0.00	0.23	224.91	225.81	228.64	269.22	43.41	40.19
3.2	Ventosa nº6	Descarga Fundo nº6	3430.00	3596.00	166.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.20	0.00	0.00	0.20	214.71	215.61	218.58	269.01	53.40	50.39
3.2	Descarga Fundo nº6	Ventosa nº7	3596.00	3704.00	108.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.13	0.00	0.00	0.13	217.99	218.89	221.56	268.88	49.99	47.11
3.2	Ventosa nº7	Descarga Fundo nº7	3704.00	4325.00	621.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.76	0.00	0.00	0.76	202.71	203.61	206.29	268.12	64.51	62.39
3.2	Descarga Fundo nº7	Curva Planta 36º	4325.00	4439.00	114.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.14	0.08	0.01	0.15	205.25	206.15	209.68	267.97	61.82	59.85
3.2	Curva Planta 36º	Curva Planta 28º	4439.00	4470.00	31.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.04	0.07	0.01	0.05	206.04	206.94	210.42	267.92	60.98	59.06
3.2	Curva Planta 28º	Ventosa nº8	4470.00	4510.00	40.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.05	0.00	0.00	0.05	206.89	207.79	210.88	267.87	60.08	58.21
3.2	Ventosa nº8	Curva Perfil 4º	4510.00	4633.00	123.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.15	0.03	0.00	0.16	199.57	200.47	205.19	267.72	67.25	65.53
3.2	Curva Perfil 4º	Descarga Fundo nº8	4633.00	4634.00	1.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.00	0.00	0.00	0.00	199.57	200.47	205.19	267.72	67.25	65.53
3.2	Descarga Fundo nº8	Curva Perfil 3º	4634.00	4651.00	17.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.02	0.03	0.00	0.03	199.65	200.55	203.75	267.69	67.14	65.45
3.2	Curva Perfil 3º	Estação Filtração nº3	4651.00	4695.00	44.00	4.516	BETÃO	PN8	1800	1.77	0.00122	0.05	0.00	0.00	0.05	202.32	203.22	206.40	267.64	64.42	62.78
4	Estação Filtração nº3	Ventosa nº9	4695.00	4830.00	135.00	4.415	BETÃO	PN8	1800	1.73	0.00117	0.16	0.00	0.00	0.16	213.43	214.33	218.36	267.48	53.15	51.67
4	Ventosa nº9	Ventosa nº10	4830.00	5260.00	430.00	4.415	BETÃO	PN8/6	1800	1.73	0.00117	0.50	0.00	0.00	0.50	247.82	248.72	252.05	266.98	18.26	17.28
4	Ventosa nº10	Ventosa nº11	5260.00	5472.00	212.00	4.415	BETÃO	PN6	1800	1.73	0.00117	0.25	0.00	0.00	0.25	258.57	259.47	264.11	266.73	7.26	6.53
4	Ventosa nº11	Descarga Fundo nº9	5472.00	5562.00	90.00	4.415	BETÃO	PN6	1800	1.73	0.00117	0.11	0.00	0.00	0.11	255.74	256.64	260.45	266.62	9.98	9.36
4	Descarga Fundo nº9	Curva Planta 51º	5562.00	5746.00	184.00	4.415	BETÃO	PN6	1800	1.73	0.00117	0.21	0.10	0.02	0.23	261.00	261.90	270.86	266.39	4.49	4.10
4	Curva Planta 51º	Reservatório	5746.00	5788.73	42.73	4.415	BETÃO	PN6	1800	1.73	0.00117	0.05	-	0.34	0.39	262.30	263.20	271.58	266.00	2.80	2.80

Quadro A4 - Caudal total da estação elevatória (5,01 m³/s) e reservatório ao nível mínimo de exploração (Nme=266,00 m)

Troço	Nó		PK		Comprimento do troço (m)	Caudal (l/s)	Tubagem			Velocidade média (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Perdas de carga contínuas (m)		Perdas de carga localizadas (m)		Perdas de carga totais (m)		Cota da soleira (m)	Cota do eixo (m)	Cota do terreno (m)	Cota piezométrica dinâmica (m)	Carga Hidráulica Dinâmica (mca)	Carga Hidráulica Estática (mca)
							Material	PN	DN (mm)			Troço	K	Troço	Troço	Jusante							
	Montante	Jusante	Montante	Jusante													Troço						
	Estação Elevatória 273.89																						
1	Estação Elevatória	Curva Perfil 6.71º	0.00	67.00	67.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.06	0.03	0.00	0.06	194.38	195.38	201.00	273.82	78.44	70.62		
1	Curva Perfil 6.71º	Curva Perfil 11.5º	67.00	90.00	23.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.02	0.05	0.01	0.03	194.27	195.27	198.30	273.80	78.53	70.73		
1	Curva Perfil 11.5º	Descarga Fundo nº1	90.00	91.00	1.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.00	0.00	0.00	0.00	194.27	195.27	198.30	273.80	78.53	70.73		
1	Descarga Fundo nº1	Ventosa nº1	91.00	140.00	49.00	5.010	BETÃO	PN12	2000	1.59	0.00087	0.04	0.00	0.00	0.04	204.87	205.87	209.78	273.75	67.88	60.13		
1	Ventosa nº1	Curva Planta 23.5º	140.00	265.00	125.00	5.010	BETÃO	PN10	2000	1.59	0.00087	0.11	0.07	0.01	0.12	226.24	227.24	229.64	273.63	46.39	38.76		
1	Curva Planta 23.5º	Ventosa nº2	265.00	367.00	102.00	5.010	BETÃO	PN10/8	2000	1.59	0.00087	0.09	0.00	0.00	0.09	234.23	235.23	238.62	273.55	38.32	30.77		
1	Ventosa nº2	Curva Perfil 11.53º	367.00	467.00	100.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.09	0.05	0.01	0.09	229.09	230.09	233.07	273.45	43.36	35.91		
1	Curva Perfil 11.53º	Descarga Fundo nº2	467.00	468.00	1.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.00	0.00	0.00	0.00	229.09	230.09	233.07	273.45	43.36	35.91		
1	Descarga Fundo nº2	Curva Planta 22.5º	468.00	580.00	112.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.10	0.07	0.01	0.11	238.21	239.21	243.16	273.34	34.13	26.79		
1	Curva Planta 22.5º	Ventosa nº3	580.00	591.00	11.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.01	0.00	0.00	0.01	238.25	239.25	242.98	273.34	34.09	26.75		
1	Ventosa nº3	Estação Filtração nº1	591.00	678.00	87.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.08	0.00	0.00	0.08	235.08	236.08	238.55	273.26	37.18	29.92		
2	Estação Filtração nº1	Descarga Fundo nº3	678.00	1001.00	323.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.28	0.00	0.00	0.28	224.58	225.58	228.08	272.98	47.40	40.42		
2	Descarga Fundo nº3	Ventosa nº4	1001.00	1046.00	45.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.04	0.00	0.00	0.04	225.46	226.46	230.00	272.94	46.48	39.54		
2	Ventosa nº4	Descarga Fundo nº4	1046.00	1182.00	136.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.12	0.00	0.00	0.12	218.52	219.52	223.76	272.82	53.30	46.48		
2	Descarga Fundo nº4	Curva Planta 35º	1182.00	1244.00	62.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.05	0.08	0.01	0.06	220.90	221.90	225.58	272.76	50.86	44.10		
2	Curva Planta 35º	Estação Filtração nº2	1244.00	1257.00	13.00	5.010	BETÃO	PN8	2000	1.59	0.00087	0.01	0.00	0.00	0.01	221.74	222.74	225.86	272.74	50.00	43.26		
3.1	Estação Filtração nº2	Chaminé Equilíbrio	1257.00	1750.00	493.00	5.010	BETÃO	PN6	2000	1.59	0.00087	0.43	0.00	0.00	0.43	257.00	258.00	266.02	272.31	14.31	8.00		
3.1	Chaminé Equilíbrio	Curva Planta 22.5º	1750.00	2041.00	291.00	5.010	BETÃO	PN6	2000	1.59	0.00087	0.25	0.07	0.01	0.26	255.55	256.55	259.82	272.05	15.50	9.45		
3.1	Curva Planta 22.5º	Descarga Fundo nº5	2041.00	2316.00	275.00	5.010	BETÃO	PN6	2000	1.59	0.00087	0.24	0.00	0.00	0.24	249.15	250.15	252.73	271.81	21.66	15.85		
3.1	Descarga Fundo nº5	Válvula Seccionamento	2316.00	2380.00	64.00	5.010	BETÃO	PN6	2000	1.59	0.00087	0.06	0.33	0.14	0.19	249.34	250.34	254.42	271.62	21.28	15.66		
3.2	Válvula Seccionamento	Ventosa nº5	2380.00	2814.00	434.00	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.65	0.00	0.00	0.65	256.12	257.02	259.27	270.97	13.95	8.98		
3.2	Ventosa nº5	Curva Perfil 11.93º	2814.00	3238.00	424.00	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.64	0.05	0.01	0.65	226.13	227.03	231.00	270.33	43.30	38.97		
3.2	Curva Perfil 11.93º	Ventosa nº6	3238.00	3430.00	192.00	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.29	0.00	0.00	0.29	224.91	225.81	228.64	270.04	44.23	40.19		
3.2	Ventosa nº6	Descarga Fundo nº6	3430.00	3596.00	166.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.25	0.00	0.00	0.25	214.71	215.61	218.58	269.79	54.18	50.39		
3.2	Descarga Fundo nº6	Ventosa nº7	3596.00	3704.00	108.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.16	0.00	0.00	0.16	217.99	218.89	221.56	269.63	50.74	47.11		
3.2	Ventosa nº7	Descarga Fundo nº7	3704.00	4325.00	621.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.93	0.00	0.00	0.93	202.71	203.61	206.29	268.70	65.09	62.39		
3.2	Descarga Fundo nº7	Curva Planta 36º	4325.00	4439.00	114.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.17	0.08	0.02	0.19	205.25	206.15	209.68	268.51	62.36	59.85		
3.2	Curva Planta 36º	Curva Planta 28º	4439.00	4470.00	31.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.05	0.07	0.01	0.06	206.04	206.94	210.42	268.45	61.51	59.06		
3.2	Curva Planta 28º	Ventosa nº8	4470.00	4510.00	40.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.06	0.00	0.00	0.06	206.89	207.79	210.88	268.39	60.60	58.21		
3.2	Ventosa nº8	Curva Perfil 4º	4510.00	4633.00	123.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.18	0.03	0.01	0.19	199.57	200.47	205.19	268.20	67.73	65.53		
3.2	Curva Perfil 4º	Descarga Fundo nº8	4633.00	4634.00	1.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.00	0.00	0.00	0.00	199.57	200.47	205.19	268.20	67.73	65.53		
3.2	Descarga Fundo nº8	Curva Perfil 3º	4634.00	4651.00	17.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.03	0.03	0.01	0.03	199.65	200.55	203.75	268.17	67.62	65.45		
3.2	Curva Perfil 3º	Estação Filtração nº3	4651.00	4695.00	44.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.07	0.00	0.00	0.07	202.32	203.22	206.40	268.10	64.88	62.78		
4	Estação Filtração nº3	Ventosa nº9	4695.00	4830.00	135.00	5.010	BETÃO	PN8	1800	1.97	0.00150	0.20	0.00	0.00	0.20	213.43	214.33	218.36	267.90	53.57	51.67		
4	Ventosa nº9	Ventosa nº10	4830.00	5260.00	430.00	5.010	BETÃO	PN8/6	1800	1.97	0.00150	0.64	0.00	0.00	0.64	247.82	248.72	252.05	267.25	18.53	17.28		
4	Ventosa nº10	Ventosa nº11	5260.00	5472.00	212.00	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.32	0.00	0.00	0.32	258.57	259.47	264.11	266.94	7.47	6.53		
4	Ventosa nº11	Descarga Fundo nº9	5472.00	5562.00	90.00	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.13	0.00	0.00	0.13	255.74	256.64	260.45	266.80	10.16	9.36		
4	Descarga Fundo nº9	Curva Planta 51º	5562.00	5746.00	184.00	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.28	0.10	0.02	0.30	261.00	261.90	270.86	266.51	4.60	4.10		
4	Curva Planta 51º	Reservatório	5746.00	5788.73	42.73	5.010	BETÃO	PN6	1800	1.97	0.00150	0.06	-	0.44	0.51	262.30	263.20	271.58	266.00	2.80	2.80		

**Quadro A5 - Dimensionamento das ventosas da conduta elevatória (Q=5,01 m<sup>3</sup>/s)**

Ventosa	PK	Q (l/s)	P1 (MPa)	P2 (MPa)	D (DF)	h (DF)	material conduta	t	D (conduta)	Lc	Hc	q1 (l/s)	q2 (l/s)	q	q/2	d1 (mm)	Qenchimento (m <sup>3</sup> /s)	q3 (l/s)	q4 (l/s)	q5 (l/s)	q6 (l/s)	q	q/2	d2 (mm)	d2 adotado (mm)
Ventosa nº1	140	5010	0.82	0.78	0.25	10.60	BETÃO	0.33	2.00	50.00	10.60	5	50	50	25	13	0.94	1129	425	5075	5010	5075	2538	180	200
Ventosa nº2	367	5010	0.82	0.49	0.25	29.36	BETÃO	0.33	2.00	227.00	29.36	67	50	67	33	15	0.94	1129	707	7142	5010	7142	3571	213	200
Ventosa nº3	591	5010	0.82	0.44	0.25	13.67	BETÃO	0.33	2.00	410.00	13.67	84	50	84	42	17	0.94	1129	482	4283	5010	5010	2505	179	200
Ventosa nº4	1046	5010	0.82	0.57	0.25	6.94	BETÃO	0.33	2.00	136.00	6.94	43	50	50	25	13	0.94	1129	344	3759	5010	5010	2505	179	200
Ventosa CV	2380	5010	0.20	0.31	0.25	0.19	BETÃO	0.33	2.00	64.00	0.19	-35	50	50	25	13	0.94	1129	57	669	5010	5010	2505	179	200
Ventosa nº5	2814	5010	0.20	0.26	0.20	31.21	BETÃO	0.33	1.80	616.00	31.21	-21	50	50	25	13	0.76	914	466	4475	5010	5010	2505	179	200
Ventosa nº6	3430	5010	0.20	0.55	0.20	10.20	BETÃO	0.33	1.80	166.00	10.20	-63	50	50	25	13	0.76	914	267	3513	5010	5010	2505	179	200
Ventosa nº7	3704	5010	0.20	0.62	0.20	15.28	BETÃO	0.33	1.80	621.00	15.28	-67	50	50	25	13	0.76	914	326	3123	5010	5010	2505	179	200
Ventosa nº8	4510	5010	0.20	0.72	0.20	7.32	BETÃO	0.33	1.80	123.00	7.32	-72	50	50	25	13	0.76	914	226	3110	5010	5010	2505	179	200
Ventosa nº9	4830	5010	0.20	0.64	0.20	13.86	BETÃO	0.33	1.80	197.00	13.86	-68	50	50	25	13	0.76	914	311	3976	5010	5010	2505	179	200
Ventosa nº10	5260	5010	0.20	0.29	0.20	34.39	BETÃO	0.33	1.80	430.00	34.39	-31	50	50	25	13	0.76	914	490	5233	5010	5233	2616	183	200
Ventosa nº11	5472	5010	0.20	0.17	0.20	10.75	BETÃO	0.33	1.80	212.00	10.75	21	50	50	25	13	0.76	914	274	3453	5010	5010	2505	179	200

Quadro A6 - Maciços de amarração. Câmaras de válvulas

Coef Atrito 0.55  
Peso esp. betão 25 KN/m³  
σ terreno 250 KPa  
Peso esp. terreno 19 KN/m³

Conduta	Nó	DN (mm)	Cota soleira (m)	Cota eixo (m)	Cota terreno (m)	ø1	2			3			4			Cota piezométrica RT (m.c.a)	Pressão máxima* (m.c.a.)	Cota piezométrica R.nom	pressão R.nom	Pressão ensaio (m.c.a.)	F máxima* (KN)	F ensaio (KN)	Dimensões (m)			Área base (m²)	Volume efectivo (m³)
							ø	Válvula	Ângulo c/ ø1 (°)	ø	Válvula	Ângulo c/ ø1 (°)	ø	Válvula	Ângulo c/ ø1 (°)								A	B	H		
CE	2.8	2000	249.57	250.57	254.42	2000				1800	F	180				275.3	24.7	275.3	24.7	34.7	761.9	1070.0	6.40	5.10	7.20	32.6	93.9

\* regime transitório

Quadro A6 - Maciços de amarração. Câmaras de válvulas

Conduta	Nó	Impulsão				Verificação para a pressão estática				Verificação para a pressão de ensaio				Tensão no terreno	
		Cota NF (m)	Cota soleira maciço (m)	Cota topo maciço (m)	Impulsão (KN)	Deslizamento		Derrubamento		Deslizamento		Derrubamento		Tensão no terreno (KPa)	P < $\sigma$ terreno
						Fr/F	Verif. Fr/F > 1.5	Me/Md	Verif. Me/Md > 1.5	Fr/F	Verif. Fr/F > 1.2	Me/Md	Verif. Me/Md > 1.2		
CE	2.8	248.03	<b>248.03</b>	255.23	0.0	1.7	Ok	3.9	Ok	1.2	Ok	2.8	Ok	71.9	Ok

Coef Atrito 0.55  
 Peso esp. Betão 25 KN/m³  
 σ terreno 250 KPa  
 Peso esp. terreno 19 KN/m³

Quadro A7 - Maciços de amarração. Curvas em planta

Conduta	Nó	DN (mm)	Cota soleira (m)	Cota eixo (m)	Cota terreno (m)	Ângulo ext. (°)	ø	Cota piezométrica RT	Pressão máxima * (m.c.a.)	Cota piezom. R.nom	pressão R.nom	1.3 x pressão R.nom	Pressão ensaio (m.c.a.)	F máxima * (KN)	F ensaio (KN)	Dimensões (m)				Volume do maciço (m³)	Volume efectivo (m³)	Impulsão			
																A	B	H1	H2			Cota NF (m)	Cota soleira maciço (m)	Cota topo maciço (m)	Impulsão (KN)
CE	1.4	2000	226.24	227.24	229.64	23.5	2000	301.2	74.0	277.6	50.4	65.5	84.0	928.4	1053.9	4.4	4.4	2.6	2.6	100.7	100.7	224.64	224.64	229.84	0.0
CE	1.6	2000	238.21	239.21	243.16	22.5	2000	294.9	55.7	277.3	38.1	49.5	65.7	670.0	790.3	4.3	4.3	2.1	2.1	77.7	77.7	237.11	237.11	241.31	0.0
CE	2.3	2000	220.90	221.90	225.58	35.0	2000	281.2	59.3	276.7	54.8	71.3	71.3	1098.4	1321.2	5.0	5.0	2.5	2.5	125.0	125.0	219.40	219.40	224.40	0.0
CE	2.6	2000	255.55	256.55	259.82	22.5	2000	275.6	19.1	276.0	19.5	25.3	29.1	229.1	349.3	3.2	3.2	1.5	1.5	30.7	30.7	255.05	255.05	258.05	0.0
CE	2.13	1800	205.25	206.15	209.68	36.0	1800	272.1	65.9	272.5	66.4	86.3	86.3	1017.2	1330.8	4.9	4.9	2.4	2.4	115.2	115.2	203.75	203.75	208.55	0.0
CE	2.14	1800	206.04	206.94	210.42	28.0	1800	272.0	65.1	272.4	65.5	85.2	85.2	786.2	1028.5	4.5	4.5	2.2	2.2	89.1	89.1	204.74	204.74	209.14	0.0
CE	3.5	1800	261.00	261.90	270.86	51.0	1800	270.1	8.2	270.5	8.6	11.2	18.2	175.6	390.5	3.3	3.3	1.6	1.6	34.8	34.8	260.30	260.30	263.50	0.0

\* regime transitório

Quadro A7 - Maciços de amarração. Curvas em planta

Conduta	Nó	Verificação para a pressão máxima *				Verificação para a pressão de ensaio				Tensão no terreno		Altura disponível ao terreno (m)
		Deslizamento		Derrubamento		Deslizamento		Derrubamento		Tensão no terreno (KPa)	P < $\sigma$ terreno	
		Fr/F	Verif. Fr/F > 1.5	Me/Md	Verif. Me/Md > 1.5	Fr/F	Verif. Fr/F > 1.2	Me/Md	Verif. Me/Md > 1.2			
CE	1.4	1.5	Ok	2.3	Ok	1.3	Ok	2.0	Ok	130.0	Ok	-0.20
CE	1.6	1.6	Ok	3.0	Ok	1.4	Ok	2.5	Ok	140.2	Ok	1.85
CE	2.3	1.6	Ok	2.8	Ok	1.3	Ok	2.4	Ok	147.4	Ok	1.18
CE	2.6	1.8	Ok	3.6	Ok	1.2	Ok	2.3	Ok	108.6	Ok	1.77
CE	2.13	1.6	Ok	2.9	Ok	1.2	Ok	2.2	Ok	141.5	Ok	1.13
CE	2.14	1.6	Ok	2.9	Ok	1.2	Ok	2.2	Ok	134.3	Ok	1.28
CE	3.5	2.7	Ok	5.1	Ok	1.2	Ok	2.3	Ok	219.8	Ok	7.36

Coef Atrito	0.55
Peso esp. Betão	25 KN/m³
$\sigma$ terreno	250 KPa
Peso esp. terreno	19 KN/m³

Quadro A8 - Maciços de amarração. Curvas em perfil

Conduta	Nó	DN (mm)	Cota soleira (m)	Cota eixo (m)	Cota terreno (m)	Ângulo ext. (°)	$\sigma$	Cota piezométrica RT	Pressão máxima * (m.c.a.)	Cota piezom. R.nom	pressão R.nom	1.3 x pressão R.nom	Pressão ensaio (m.c.a.)	F máxima * (KN)	F ensaio (KN)	Dimensões (m)	
																A	B
CE	1.1a	2000	194.38	195.38	201.00	6.7	2000	304.4	109.1	277.8	82.4	107.1	119.1	393.4	429.4		
CE	1.2	2000	194.27	195.27	198.30	11.3	2000	304.3	109.0	277.8	82.5	107.3	119.0	658.4	718.8		
CE	1.5a	2000	229.09	230.09	233.07	11.5	2000	297.3	67.2	277.8	47.7	62.0	77.2	415.9	477.9		
CE	2.9a	1800	226.13	227.03	231.00	11.9	1800	273.9	46.9	277.8	50.7	66.0	66.0	243.3	342.2	2.9	1.5
CE	2.16	1800	199.57	200.47	205.19	4.0	1800	271.8	71.3	277.8	77.3	100.5	100.5	124.3	175.1		
CE	2.16a	1800	199.65	200.55	203.75	3.0	1800	271.8	71.2	277.8	77.2	100.4	100.4	93.1	131.2		

Nó 1.1a e 1.2 - Maciço incluído no envolvimento da conduta na ribeira da Seda \* regime transitório

Nó 1.5a - Maciço incluído no envolvimento da conduta

Nó 2.16 e 2.16a - Maciço incluído no envolvimento da conduta na ribeira de Linhais

Coef Atrito 0.55  
 Peso esp. betão 25 KN/m³  
 σ terreno 250 KPa  
 Peso esp. terreno 19 KN/m³

Quadro A9 - Maciços de amarração. Derivações e reduções

Conduta	Nó	DN (mm)	Cota soleira (m)	Cota eixo (m)	Cota terreno (m)	ø1	2			3			4			Piezométrica RT	Pressão máxima * (m.c.a.)	piezométrica R.nom	pressão R.nom	1.3 x pressão R.nom	Pressão ensaio (m.c.a.)	F máxima * (KN)	F ensaio (KN)	Dimensões (m)				Volume do maciço (m³)	Volume efectivo (m³)
							ø	Válvula	Ângulo c/ ø1 (°)	ø	Válvula	Ângulo c/ ø1 (°)	ø	Válvula	Ângulo c/ ø1 (°)									A	B	H1	H2		
CE	1.8	2000	235.08	236.08	238.55	2000	500	A	90	2000		180				293	56.8	277.2	41.2	53.5	66.8	109.4	128.7	2.8	2.8	1.4	1.4	22.0	13.2
CE	2.4	2000	221.74	222.74	225.86	2000	500	A	90	2000		180			281	58.2	276.7	54.0	70.2	70.2	112.0	135.1	2.8	2.8	1.4	1.4	22.0	13.2	
CE	2.17	1800	202.32	203.22	206.40	1800	300	A	90	1800		180			272	68.5	272.1	68.9	89.5	89.5	47.5	62.1	2.3	2.3	1.1	1.1	11.6	5.8	

Quadro A9 - Maciços de amarração. Derivações e reduções

Conduto	Nó	Impulsão				Verificação para a pressão estática				Verificação para a pressão de ensaio				Tensão no terreno		Altura disponível ao terreno (m)
		Cota NF (m)	Cota soleira maciço (m)	Cota topo maciço (m)	Impulsão (KN)	Deslizamento		Derrubamento		Deslizamento		Derrubamento		Tensão no terreno (KPa)	P < $\sigma$ terreno	
						Fr/F	Verif. Fr/F > 1.5	Me/Md	Verif. Me/Md > 1.5	Fr/F	Verif. Fr/F > 1.2	Me/Md	Verif. Me/Md > 1.2			
CE	1.8	234.68	234.68	237.48	0.0	1.7	Ok	3.0	Ok	1.4	Ok	2.6	Ok	62.3	Ok	1.07
CE	2.4	221.34	221.34	224.14	0.0	1.6	Ok	2.9	Ok	1.3	Ok	2.4	Ok	74.6	Ok	1.72
CE	2.17	202.12	202.12	204.32	0.0	1.7	Ok	3.2	Ok	1.3	Ok	2.4	Ok	66.9	Ok	2.08