

DGADR

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

VOLUME IV.1 - REDE DE REGA. BLOCO DO CRATO
TOMO 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ABRIL 2024

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

ÍNDICE GERAL DE VOLUMES

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

VOLUME VI	REDE VIÁRIA
	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
VOLUME VII	RELATÓRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
VOLUME VIII	PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO
VOLUME IX	PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE
VOLUME X	COMPILAÇÃO TÉCNICA

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

PROJETO DE EXECUÇÃO

VOLUME IV - REDE DE REGA

EQUIPA TÉCNICA

Coordenação do projeto	Sofia Azevedo, Ph.D.
Coordenação adjunta do projeto	Eng ^o Victor Paulo
Estudos agronómicos	Sofia Azevedo, Ph.D. Eng ^a Margarida Bairrão
Conceção geral e hidráulica	Sofia Azevedo, Ph.D. Eng ^a Margarida Bairrão Eng ^o Rui Almeida
Instalações elétricas	Eng ^o Jose Botelho
Estruturas	Eng ^o João Vargas
Geologia e Geotecnia	Eng ^o Fernando Ferreira Dr. Eurico Teixeira Dr. Henrique Rézio
Desenho	Cecília Passos Mário Monteiro
Medições e estimativa orçamental	Cecília Passos Eng ^a Margarida Bairrão Sofia Azevedo, Ph.D.

DGADR

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

VOLUME IV.1 - REDE DE REGA. BLOCO DO CRATO
TOMO 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ABRIL 2024

CONTRATO: C871
FICHEIRO: C871-REG-PE-MEM-VOL_IV.1_CRATO-R2.DOCX

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO	4
2.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO	4
2.2	CONSTITUIÇÃO E FUNCIONAMENTO DAS INFRAESTRUTURAS SECUNDÁRIAS	6
2.2.1	Infraestruturas de adução e armazenamento	6
2.2.2	Infraestruturas de rega, viária e SAT	7
3	CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS BLOCOS DE REGA DO CRATO	9
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	9
3.2	LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DOS BLOCOS DE REGA	9
3.3	ALTIMETRIA E DECLIVES	11
3.4	SOLOS E CAPACIDADE DE USO	13
3.5	OCUPAÇÃO E USO DO SOLO	16
3.6	ESTRUTURA DA PROPRIEDADE	18
4	CONSULTA PÚBLICA	19
5	MODELO DE OCUPAÇÃO CULTURAL E NECESSIDADES DE ÁGUA PARA REGA	21
5.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	21
5.2	MODELO DE OCUPAÇÃO CULTURAL	22
5.3	CICLOS CULTURAIS	23
5.4	TECNOLOGIA DE REGA	24
5.5	EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA	24
5.6	PRECIPITAÇÃO EFETIVA	25
5.7	COEFICIENTES CULTURAIS E EVAPOTRANSPIRAÇÃO CULTURAL MÁXIMA	26
5.8	BALANÇO HÍDRICO	27
5.9	NECESSIDADES ÚTEIS DE REGA	29
5.10	EFICIÊNCIA DE REGA	29
5.11	NECESSIDADES TOTAIS DE REGA	31
6	ANÁLISE DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DAS BARRAGENS EXISTENTES	32
6.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	32
6.2	METODOLOGIA DE SIMULAÇÃO	33
6.3	AFLUÊNCIAS ÀS BARRAGENS	34
6.4	PRECIPITAÇÃO, EVAPORAÇÃO E CAUDAIS ECOLÓGICOS	38
6.5	NECESSIDADES DE ÁGUA PARA REGA	38
6.6	RESULTADOS OBTIDOS	39
7	REDE DE REGA	40

7.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	40
7.2	CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE REGA	40
7.2.1	Horário de rega.....	40
7.2.2	Caudais de dimensionamento	40
7.2.3	Pressões mínimas a garantir na parcela	42
7.2.4	Velocidades máximas e mínimas de escoamento	42
7.2.5	Declives máximos e mínimos.....	43
7.3	DELIMITAÇÃO DAS UNIDADES DE REGA.....	43
7.4	LOCALIZAÇÃO DOS HIDRANTES.....	45
7.5	TRAÇADO DA REDE DE REGA.....	46
7.6	MATERIAIS A UTILIZAR NAS CONDUTAS E ACESSÓRIOS.....	48
8	DIMENSIONAMENTO DA REDE DE REGA	49
8.1	CÁLCULO DOS CAUDAIS DE DIMENSIONAMENTO	49
8.1.1	Considerações gerais	49
8.1.2	Metodologia de cálculo	50
8.1.3	Cálculo dos caudais a pedido.....	54
8.2	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA REDE DE REGA	55
8.2.1	Considerações gerais	55
8.2.2	Aplicação do método da programação linear à otimização da rede de rega.....	55
8.2.3	Otimização do sistema elevatório e da rede de rega.....	56
8.2.4	Dimensionamento da rede de rega do Aproveitamento Hidroagrícola do Crato.....	58
9	ÓRGÃOS DE EXPLORAÇÃO E SEGURANÇA	60
9.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	60
9.2	HIDRANTES E BOCAS DE REGA.....	60
9.3	CONTADORES INDIVIDUAIS.....	61
9.4	VÁLVULAS DE SECCIONAMENTO	63
9.5	VENTOSAS	64
9.5.1	Dimensionamento	64
9.5.2	Condições de instalação	65
9.6	DESCARGAS DE FUNDO.....	65
10	FUNDAÇÃO DA CONDUTA, ATRAVESSAMENTOS DE CAMINHOS E LINHAS DE ÁGUA	67
10.1	FUNDAÇÃO TIPO DA CONDUTA	67
10.2	ATRAVESSAMENTOS DE CAMINHOS E LINHAS DE ÁGUA	67
10.3	ATRAVESSAMENTO DE ESTRADAS NACIONAIS E LINHA FÉRREA	67
11	MACIÇOS DE AMARRAÇÃO	69
11.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	69
11.2	DIMENSIONAMENTO DOS MACIÇOS DE AMARRAÇÃO	69
12	ESTAÇÕES DE FILTRAÇÃO	72
12.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	72

12.2	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO	74
12.3	EQUIPAMENTO PROPOSTO.....	75
12.4	CONSTITUIÇÃO E FUNCIONAMENTO DOS FILTROS DE MALHA.....	77
12.5	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO PROJETADA.....	78
12.5.1	Edifício e recinto	78
12.5.2	Circuitos hidráulicos	79
12.5.3	Dimensionamento hidráulico	80
12.5.4	Instalações elétricas.....	82
13	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA ESTAÇÃO DE FILTRAÇÃO	83
13.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	83
13.2	REGULAMENTOS ADOTADOS	83
13.3	MATERIAIS UTILIZADOS	83
13.4	AÇÕES.....	84
13.5	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL	85
13.5.1	Considerações gerais	85
13.5.2	Esforços	85
13.5.3	Laje de cobertura.....	89
13.5.4	Pilares	90
13.5.5	Vigas de cobertura.....	93
13.5.6	Vigas de fundação.....	95
13.5.7	Fundações.....	96
13.5.8	Tensão admissível.....	96
13.5.9	Verificação das tensões transmitidas à fundação.....	96
13.5.10	Dimensionamento estrutural das sapatas	97

QUADROS NO TEXTO

QUADRO 3.1 - DISTRIBUIÇÃO DOS TIPOS DE SOLO PRESENTES NO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO	13
QUADRO 3.2 - CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CAPACIDADE DE USO DOS SOLOS NO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO	16
QUADRO 3.3 - OCUPAÇÃO DO SOLO (CLC 2018) NO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO.....	18
QUADRO 5.1 - MODELO DE OCUPAÇÃO CULTURAL (CENÁRIO 2)	22
QUADRO 5.2 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO) MÉDIOS DIÁRIOS (MM/DIA).....	25
QUADRO 5.3 - PRECIPITAÇÃO EFETIVA (MM)	26
QUADRO 5.4 - NECESSIDADES DE REGA ÚTEIS (MM)	29
QUADRO 5.5 - EFICIÊNCIAS (%)	31
QUADRO 5.6 - NECESSIDADES DE REGA TOTAIS (MM)	31
QUADRO 6.1 - CARACTERÍSTICAS APROXIMADAS DAS BARRAGENS ESTUDADAS.....	32
QUADRO 6.2 - ESTAÇÃO HIDROMÉTRICA DE COUTO DE ANDREIROS - CALIBRAÇÃO DA FÓRMULA DE TURC	34
QUADRO 6.3 - ÁREAS REGADAS COM GARANTIA MÍNIMA DE 80% A PARTIR DE CADA BARRAGEM ESTUDADA	39
QUADRO 7.1 - CAUDAIS DE DIMENSIONAMENTO NA BOCA DE REGA	41
QUADRO 7.2 - CLASSES DE BOCA DE REGA	41

QUADRO 7.3 - VELOCIDADE MÁXIMA ADMISSÍVEL.....	42
QUADRO 7.4 - UNIDADES DE REGA	44
QUADRO 7.5 - NÚMERO DE HIDRANTES E DE BOCAS DE REGA - BLOCO DO CRATO	46
QUADRO 8.1 - CLASSES DE CAUDAIS DAS BOCAS DE REGA E PROBABILIDADE DE ABERTURA	52
QUADRO 8.2 - VALORES DA QUALIDADE DE FUNCIONAMENTO DA REDE.....	53
QUADRO 8.3 - COEFICIENTE DE REDUÇÃO APLICADOS	54
QUADRO 8.4 - CAUDAIS DE DIMENSIONAMENTO NA REDE DE REGA	54
QUADRO 8.5 - TAXA DE ADESÃO AO REGADIO	57
QUADRO 8.6 - DENSIDADES E DIÂMETROS MÁXIMOS E MÍNIMOS DAS REDES DE REGA	58
QUADRO 8.7 - DIÂMETROS E PRESSÕES DE FUNCIONAMENTO DAS TUBAGENS NO BLOCO DE REGA DO CRATO	59
QUADRO 9.1 - DIMENSÕES DOS CONTADORES INDIVIDUAIS.	62
QUADRO 9.2 - DIÂMETRO DAS VENTOSAS.	65
QUADRO 9.3 - DIÂMETRO DAS VÁLVULAS DE DESCARGA DE FUNDO	66
QUADRO 12.1 – PERDA DE CARGAS TOTAIS NAS ESTAÇÕES DE FILTRAÇÃO	81
QUADRO 13.1 – DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DA LAJE DE COBERTURA	89
QUADRO 13.2 – DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DOS PILARES P1.....	90
QUADRO 13.3 – DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DOS PILARES P2.....	91
QUADRO 13.4 – VIGA DE COBERTURA V1 / V2 / V4. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR	93
QUADRO 13.5 – VIGA DE COBERTURA V1 / V2 / V4. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR	94
QUADRO 13.6 – VIGA DE COBERTURA V3. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR.....	94
QUADRO 13.7 – VIGA DE COBERTURA V3. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR	95
QUADRO 13.8 – DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR	95
QUADRO 13.9 – DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR.....	96
QUADRO 13.10 – DIMENSIONAMENTO DAS SAPATAS	97

FIGURAS NO TEXTO

FIGURA 2.1 - LOCALIZAÇÃO DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO.....	4
FIGURA 2.2 – ESQUEMA DO SISTEMA DE ADUÇÃO	7
FIGURA 3.1 - BLOCOS DE REGA INCLUÍDOS NO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO	11
FIGURA 3.2 - ALTIMETRIA NO PERÍMETRO DE REGA DO CRATO.....	12
FIGURA 3.3 - DECLIVES NO PERÍMETRO DE REGA DO CRATO	12
FIGURA 3.4 - DISTRIBUIÇÃO DOS TIPOS DE SOLO PRESENTES NO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO	14
FIGURA 3.5 - CAPACIDADE DE USO DOS SOLOS NO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO.....	16
FIGURA 3.6 - CARTA DA OCUPAÇÃO DO SOLO (CLC 2018) NO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO	17
FIGURA 4.1 - DISTRIBUIÇÃO DAS PARCELAS IDENTIFICADAS POR PROPRIETÁRIO DURANTE A CONSULTA PÚBLICA DE SETEMBRO DE 2022	20
FIGURA 5.1 - CICLOS VEGETATIVOS DO MODELO PRECONIZADO	24
FIGURA 6.1 - RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO ANUAL E O ESCOAMENTO ANUAL NA EH DE COUTO DE ANDREIROS.....	35
FIGURA 6.2 - MÉTODO DE THIESSEN. PRECIPITAÇÕES PONDERADAS EM CADA UMA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	35
FIGURA 6.3 - MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR ENTRE AS PRECIPITAÇÕES PONDERADAS PARA CADA BACIA EM ESTUDO E A ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE PORTALEGRE – PERÍODO 1969/70 A 1998/99.....	37
FIGURA 7.1 - TRAÇADO DA REDE DE REGA PROPOSTO	47

FIGURA 9.1 - CONTADORES INDIVIDUAIS INSTALADOS EM PERÍMETROS DE REGA NA REGIÃO NORTE	62
FIGURA 10.1 – PONTE DO IC13	68
FIGURA 10.2 – ZONA DO ATRAVESSAMENTO DA CONDUTA CE1 NA LINHA FÉRREA	68
FIGURA 13.1 – MODELO DE CÁLCULO	86
FIGURA 13.2 – AÇÃO SÍSMICA REGULAMENTAR.....	87
FIGURA 13.3 – LAJE DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	88
FIGURA 13.4 – LAJE DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	88
FIGURA 13.5 – LAJE DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	89
FIGURA 13.6 – LAJE DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÍNIMA	89

QUADROS EM ANEXO

QUADRO A1 - IDENTIFICAÇÃO DAS UNIDADES DE REGA E RESPECTIVOS HIDRANTES E BOCAS DE REGA

QUADRO A2 - CÁLCULO DOS CAUDAIS DE DIMENSIONAMENTO

QUADRO A3 - DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA REDE DE REGA DO BLOCO DO CRATO. ABASTECIMENTO A PARTIR DO RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO

QUADRO A4 - DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA REDE DE REGA DO BLOCO DO CRATO. ABASTECIMENTO A PARTIR DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

QUADRO A5 - DIMENSIONAMENTO DOS HIDRANTES E BOCAS DE REGA

QUADRO A6 - DIMENSIONAMENTO DOS CONTADORES INDIVIDUAIS

QUADRO A7 - VÁLVULAS DE SECCIONAMENTO

QUADRO A8 - VENTOSAS

QUADRO A9 - DESCARGAS DE FUNDO

QUADRO A10 - MACIÇOS DE ENCOSTO

QUADRO A11 - MACIÇOS DE AMARRAÇÃO. CÂMARA DE VÁLVULAS

QUADRO A12 - MACIÇOS DE AMARRAÇÃO. CURVAS EM PLANTA

QUADRO A13 - 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 impacto 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.

Nas notas técnicas anteriores, foram validadas as manchas de rega definidas no estudo prévio mencionado anteriormente, tendo-se excluído algumas áreas identificadas no mesmo estudo, nomeadamente a área correspondente à mancha de empréstimo para a barragem e zonas identificadas como tendo um potencial risco de contaminação das águas subterrâneas, bem como as áreas beneficiadas pelos agricultores diretamente a partir da ribeira da Seda e da albufeira do Maranhão tal como solicitado no âmbito do processo de avaliação de impacto ambiental (AIA) e posteriormente indicadas na DIA emitida a 1 de setembro de 2022.

A DIA veio também impor a integração de novas condicionantes à elaboração do projeto de execução da rede secundária. Neste contexto, foram removidas áreas próximas de zonas em que foram detetados habitats de reprodução e alimentação de aves estepárias ameaçadas na proximidade da IBA de Alter do Chão, o que também levou à alteração do traçado da conduta principal de rega na zona da IBA.

Aquando da fase de estudo prévio, já se havia realizado, com a colaboração da CIMAA e dos municípios de Alter do Chão, Crato e Fronteira, uma consulta aos proprietários abrangidos pelo perímetro de rega, em maio de 2021. Posteriormente, em fase de projeto de execução, foi efetuada nova consulta pública a 19 e 20 de setembro de 2022, que permitiu a verificação e atualização dos limites parcelares, bem como a consolidação da delimitação das unidades de rega, a localização dos hidrantes e o traçado da rede de rega.

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 várias infraestruturas secundárias de rega, deu-se início ao desenvolvimento do projeto de execução que se apresenta dividido em vários volumes, sendo o presente relativo à rede de rega do bloco do Crato. No **Desenho 1** apresenta-se a planta de localização do perímetro de rega, à escala 1:50 000 e no **Desenho 2** encontra-se a planta geral da rede de rega, à escala 1:25 000. Os estudos geológicos geotécnicos relativamente à rede de rega 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 (CIMA). 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.

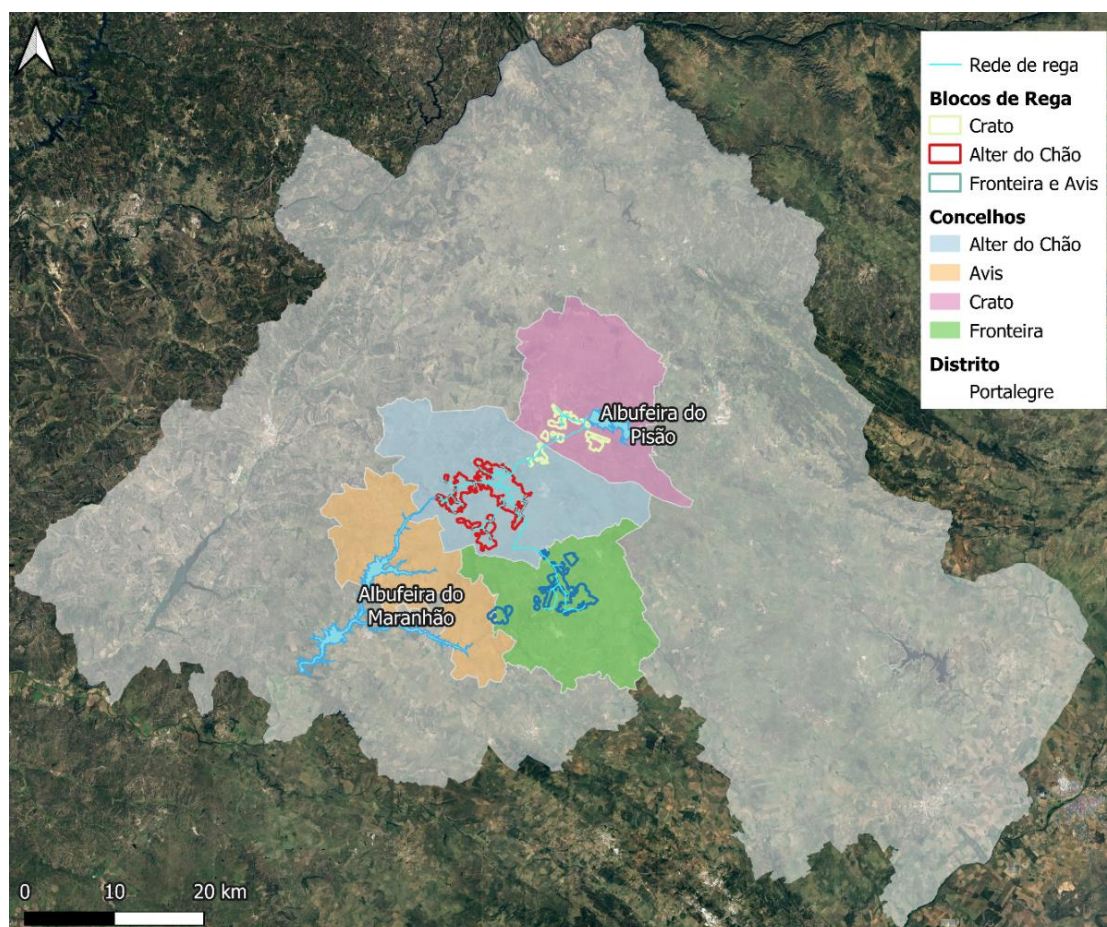


Figura 2.1 - Localização do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato

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 km².

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 hm³ e um armazenamento útil de 109,3 hm³.

A barragem do Pisão será composta por um descarregador de cheias (caudal máximo descarregado de 36,70 m³/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.

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 m³/s a 50,1 mca e um total de 2 grupos secundários, cada um com capacidade para elevar um caudal de 0,501 m³/s a 50,1 mca. A capacidade total de elevação da EE será assim de 5,01 m³/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 dam³. 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 dam³.

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 m³/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:

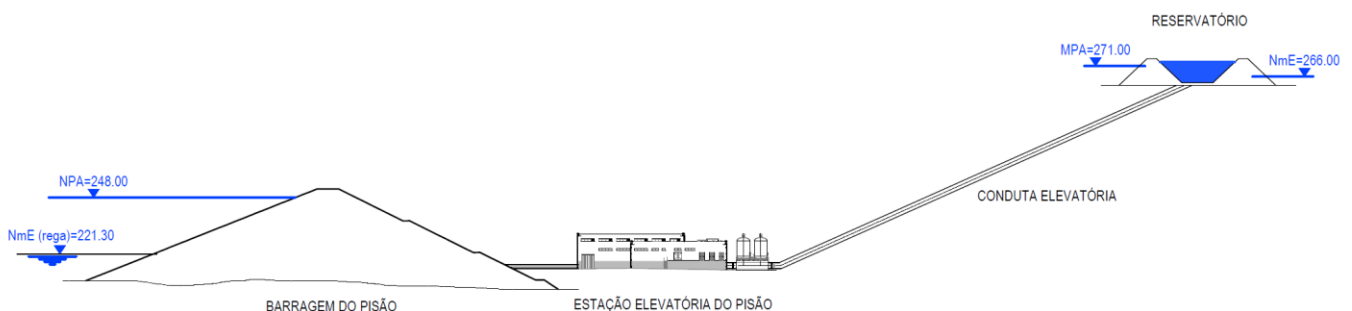


Figura 2.2 – Esquema do sistema de adução

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 CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS BLOCOS DE REGA DO CRATO

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Aproveitamento Hidroagrícola do Crato tem vindo a ser discutido já desde meados do século passado, destacando-se o seu potencial para estimular o crescimento económico em diversas áreas, levando ao desenvolvimento e coesão do território e permitindo ainda um aumento considerável da competitividade agrícola e agropecuária da região.

Para a delimitação do perímetro de rega, teve-se em conta o balanço entre as disponibilidades hídricas armazenadas na albufeira a criar e os consumos previstos, designadamente as necessidades de rega previstas para o modelo cultural preconizado para o perímetro de rega do Crato, bem como a evaporação e o caudal ecológico. Simultaneamente, consideraram-se aspetos técnicos e ambientais, excluindo-se áreas sujeitas a condicionantes urbanísticas e ambientais (zonas de proteção ambiental, áreas protegidas, rede Natura 2000 e Sítios Ramsar).

Foram englobadas áreas com aptidão agrícola para o regadio, sendo que no perímetro predominam os olivais, culturas temporárias de sequeiro e de regadio e pastagens permanentes. A água de rega deverá ser distribuída em baixa pressão, de forma a diminuir os custos energéticos, e sempre que possível, garante-se uma pressão mínima de funcionamento dos hidrantes.

3.2 LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DOS BLOCOS DE REGA

Os blocos de rega do Crato têm uma área de 5 494 ha e, como se pode observar na **Figura 2.1**, distribui-se por quatro concelhos: Alter do Chão (58,1 %), Fronteira (28,7 %), Crato (11,8 %) e Avis (1,4 %), sendo que o perímetro de rega vai desenvolver-se para sudoeste, desde a freguesia de União das freguesias de Crato e Mártires até à freguesia de Figueira e Barros.

Aquando do Estudo Prévio realizado em 2021, a delimitação da área a regar teve como base os estudos realizados previamente, tendo-se em consideração a altimetria, capacidade de uso do solo, ocupação dos solos, tipo de propriedade, cadastro, existência de infraestruturas hidráulicas de armazenamento no interior das parcelas e recetividade dos agricultores. Esta mancha foi obtida com a colaboração dos técnicos da CIMAA, dos técnicos dos municípios e dos agricultores incluídos no futuro perímetro e com interesse no regadio, de forma a detetar possíveis condicionantes técnicos, económicos e ambientais.

Nesse estudo, realizaram-se várias visitas ao campo, bem como três consultas públicas durante em maio de 2021, para além de terem sido feito inquéritos no âmbito da componente A - Estudos Socioeconómicos.

Nesta fase de projeto de execução, foram excluídas algumas áreas tendo em conta o EIA e a DIA. Analisou-se ainda uma potencial exclusão de áreas enquadradas nas classes de capacidade de uso do solo D e E. Contudo, verificou-se que as parcelas com qualidade inferior do solo encontram-se atualmente ocupadas com olival extensivo e por pastagens (naturais ou melhoradas) que apoiam explorações agropecuárias baseadas em gado bovino e ovino. Assim, concluiu-se e validou-se, através visitas ao campo, que a ocupação atual dos solos não inviabiliza a inclusão destas parcelas no futuro perímetro de rega, possibilitando a reabilitação e melhoria das condições destes solos.

De forma a haver uma nova verificação e atualização dos limites parcelares e, simultaneamente, a envolver os agricultores na localização dos hidrantes e da rede de rega realizou-se, mais recentemente, uma consulta pública no âmbito do projeto de execução, em setembro de 2022. Esta permitiu uma consolidação da delimitação das unidades de rega, tendo-se ainda redefinido algumas unidades de rega.

Assim, após os ajustamentos realizados às unidades de rega e aos limites do perímetro de rega, o Aproveitamento Hidroagrícola do Crato tem uma área beneficiada total de 5 493,5 ha. A delimitação final dos blocos de rega apresenta-se no **Desenho 2**, sendo o bloco do Crato apresentado no **Desenho 3**.

Como se pode visualizar na **Figura 3.1**, a origem da água para rega será a albufeira da barragem de Pisão, a construir na ribeira de Seda, e o perímetro de rega ficará dividido em três blocos distintos:

- Bloco do Crato, localizada a sul da povoação do Crato com uma área beneficiada de 654,5 ha;
- Bloco de Alter do Chão, localizado a poente desta localidade, beneficiando uma área de 3 144,6 ha;
- Bloco de Fronteira e Avis, localizada a norte da povoação de Fronteira, beneficiando uma área de 1 694,5 ha.

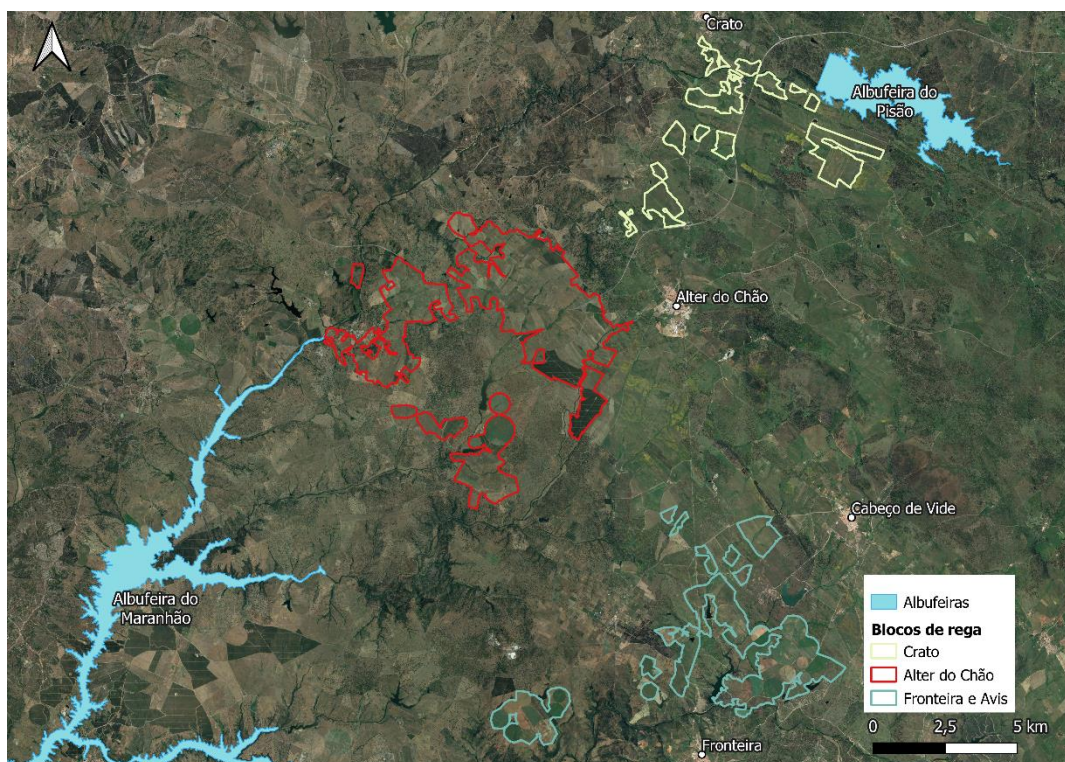


Figura 3.1 - Blocos de rega incluídos no aproveitamento hidroagrícola do Crato

Durante a visita de reconhecimento do perímetro e a consulta pública, verificou-se que nas propriedades de maior dimensão encontram-se pastagens naturais e melhoradas, culturas arvenses, olival e vinha. Atualmente já se rega em diversas propriedades, havendo vários sistemas já instalados, bem como infraestruturas de armazenamento. Reforça-se assim o interesse dos agricultores na rega destas culturas, perspetivando-se uma adesão à rega substancial logo a partir dos primeiros anos.

3.3 ALTIMETRIA E DECLIVES

A altimetria da região foi analisada tendo em conta as curvas de nível à escala 1:10 000, distanciadas em 5 m. Com base nas curvas de nível, foram calculados os declives para a mesma zona.

Os blocos de rega do Crato encontram-se localizados entre as cotas 130 e 290 m, sendo que mais de metade da sua área encontra-se a cotas inferiores a 225 m (**Figura 3.2**). A cota média do perímetro é de 209 m. Verifica-se uma diminuição gradual das cotas à medida que se vai avançando para jusante do início da rede, sendo as médias dos blocos do Crato, Alter do Chão e Fronteira e Avis de 242, 200 e 208 m, respetivamente.

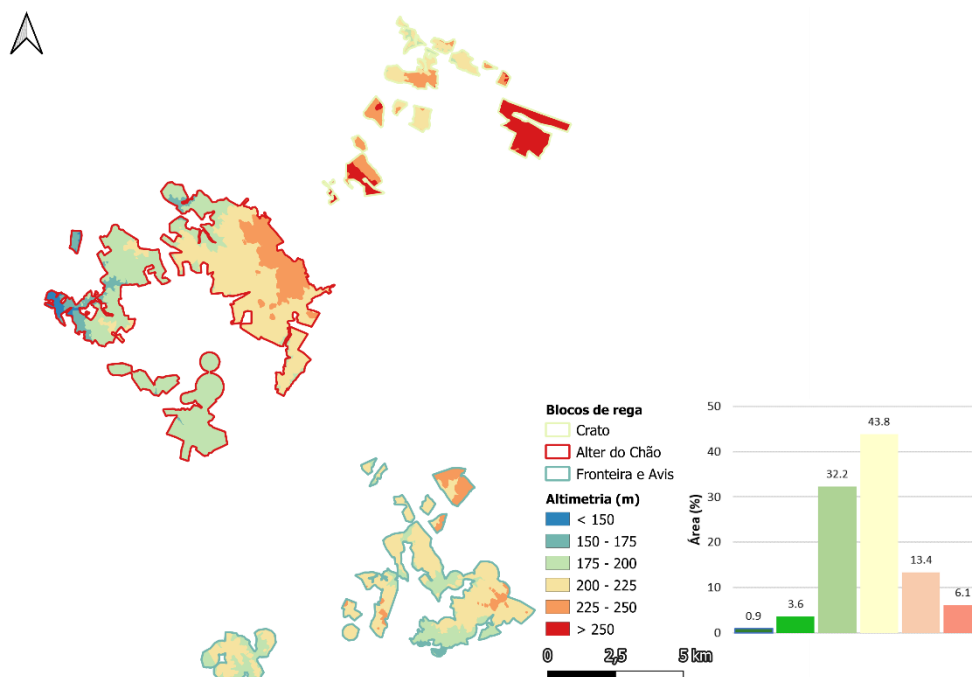


Figura 3.2 - Altimetria no perímetro de rega do Crato

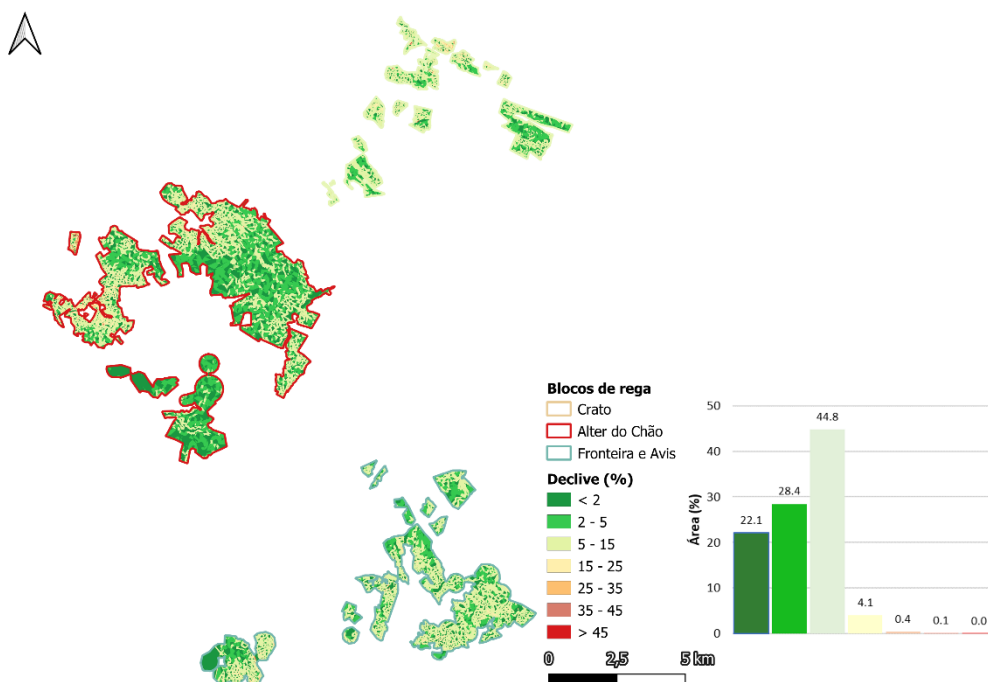


Figura 3.3 - Declives no perímetro de rega do Crato

Quanto ao declive do terreno, este é relativamente pouco acentuado, sendo o declive médio do perímetro de rega de 5,8 %. Contudo, verifica-se que praticamente toda a área em estudo apresenta declives inferiores a 15 %, pelo que se pode considerar que o perímetro tem boa aptidão para utilização da rega gota a gota. É ainda de salientar que cerca de metade da área tem declives inferiores a 5 %, o que permite a rega por aspersão, já atualmente aplicada nas

pastagens e nas culturas forrageiras (**Figura 3.3**). Os declives médios entre blocos de rega são relativamente homogêneos, sendo de 7,2 % no bloco do Crato, 5,0 % no bloco de Alter Chão e de 6,5 % no bloco de Fronteira e Avis.

3.4 SOLOS E CAPACIDADE DE USO

Para a caracterização dos solos foi usada a informação presente nas cartas de solos publicadas pelo SROA / CNROA nas escalas 1:25 000, disponibilizadas pela DGADR, complementando-se também com o estudo de Cardoso (1965), intitulado “Os Solos de Portugal, Sua Classificação, Caracterização e Génese - A sul do Rio Tejo”.

Considerando a área do aproveitamento hidroagrícola do Crato, pode observar-se que cerca de 80 % dos solos correspondem a solos argiluvitados pouco insaturados (**Quadro 3.1 e Figura 3.4**).

Estes caracterizam-se por serem solos evoluídos em que o horizonte B apresenta um grau de saturação superior a 35 %, havendo maioritariamente solos Mediterrâneos Pardos (53,5 %), e solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos (29,2 %).

Quadro 3.1 - Distribuição dos tipos de solo presentes no Aproveitamento Hidroagrícola do Crato

Ordem	Subordem	Área	
		(ha)	(%)
Solos argiluvitados pouco insaturados	Solos argiluvitados pouco insaturados mediterrâneos pardos	2937	53,5
	Solos argiluvitados pouco insaturados mediterrâneos vermelhos ou amarelos	1607	29,2
Barros	Barros Pretos	138	2,5
	Barros Castanho-Avermelhados	115	2,1
Solos calcários	Solos calcários vermelhos	85	1,6
	Solos calcários pardos	50	0,9
Solos incipientes	Solos incipientes coluviosolos	209	3,8
	Solos incipientes litossolos	75	1,4
	Solos incipientes aluviosolos	72	1,3
Solos hidromórficos	Solos hidromórficos sem horizonte eluvial	22	0,4
Solos litólicos	Solos litólicos não húmicos	178	3,2
Área social		6	0,1
Total		5494	100

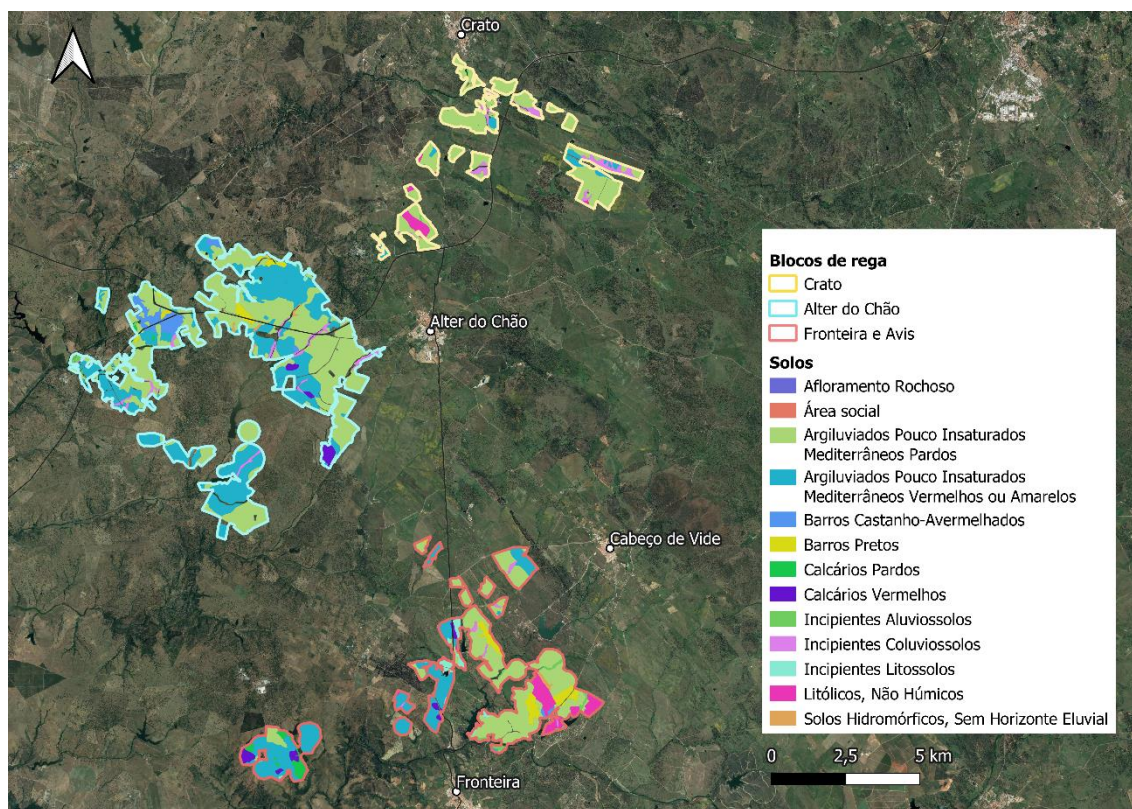


Figura 3.4 - Distribuição dos tipos de solo presentes no Aproveitamento Hidroagrícola do Crato

Para a caracterização da capacidade de uso dos solos da zona a beneficiar, foram utilizadas as cartas de solos de Portugal, em formato digital, obtidas por conversão analógico-digital da Carta Complementar de Uso dos Solos 1:25 000, propriedade da DGADR, correspondente às séries editadas pelo SROA/CNROA/IEADR.

A Carta de Capacidade de Uso do Solo é uma interpretação da Carta de Solos em que estes são agrupados de acordo com as suas potencialidades e limitações, isto é, de acordo com a sua capacidade para suportarem as culturas anuais que não necessitem de condições especiais, durante um período de tempo bastante longo e sem sofrerem deteriorações.

As classes são portanto agrupamentos de solos com o mesmo grau de limitações e/ou risco de deterioração semelhante, sendo que para a sua separação e definição consideram-se diversos níveis de exploração do solo. Assim, consideraram-se os seguintes critérios:

- Uso agrícola: cultura intensiva, moderadamente intensiva e pouco intensiva;
- Uso não agrícola: pastagem permanente, exploração de matos, exploração florestal com poucas restrições, exploração florestal com muitas restrições; vegetação natural ou de proteção.

A Carta de Capacidade de Uso do Solo é constituída por cinco classes de capacidade de uso:

Classe A - engloba solos com capacidade de uso muito elevada, que apresentam poucas ou nenhuma limitações. Não há riscos de erosão ou apenas riscos ligeiros e são susceptíveis de utilização agrícola intensiva e de outras utilizações;

Classe B - nesta classe incluem-se solos com capacidade de uso elevada, de limitações moderadas; os riscos de erosão são, no máximo, moderados e são susceptíveis de utilização agrícola moderadamente intensiva e de outras utilizações;

Classe C - estes solos têm capacidade de uso mediana e apresentam limitações acentuadas; os riscos de erosão são, no máximo, elevados e são susceptíveis de utilização agrícola pouco intensiva e de outras utilizações;

Classe D - engloba solos com capacidade de uso baixa e limitações severas. Os riscos de erosão são elevados a muito elevados e, salvo casos especiais, não são susceptíveis de utilização agrícola. Apresentam poucas ou moderadas limitações para pastagem, exploração de matos e exploração florestal;

Classe E - inclui solos com capacidade de uso muito baixa e com limitações muito severas, sendo os riscos de erosão muito elevados. Não devem ter utilização agrícola e apresentam severas a muito severas limitações para pastagens, exploração de matos e exploração florestal. Em muitos casos, o solo não deve ter qualquer utilização económica devendo destinar-se a vegetação natural ou floresta de proteção e recuperação.

Como se pode observar na **Figura 3.5** e no **Quadro 3.2**, praticamente 90 % da área do perímetro em estudo está associada às classes B, C e D, distribuídas de forma equitativa. No bloco do Crato praticamente metade da área é de classe D e 25 % de classe E. Em Alter de Chão dominam as classes B, C e D, representando cada uma cerca de um terço da área. No Bloco de Fronteira e Avis predominam as classes B (31 %) e C (36 %).

Desta forma, a capacidade de uso é mediana, permitindo maioritariamente uma utilização agrícola pouco intensiva e a aplicação de pastagens, tal como se verifica atualmente nas propriedades que se encontram dentro do perímetro.

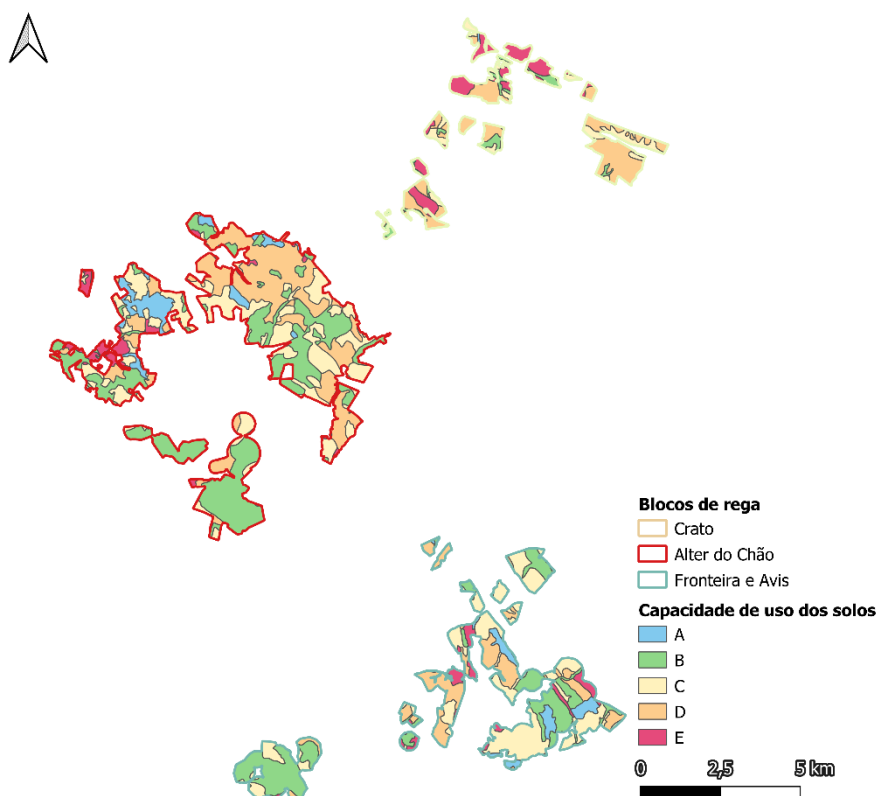


Figura 3.5 - Capacidade de uso dos solos no Aproveitamento Hidroagrícola do Crato

Quadro 3.2 - Classificação quanto à capacidade de uso dos solos no Aproveitamento Hidroagrícola do Crato

Classe de capacidade de uso	Área
	(%)
A	5,5
B	29,8
C	27,2
D	29,7
E	7,8
Total	100

3.5 OCUPAÇÃO E USO DO SOLO

A compreensão das estruturas e tipologias de ocupação territorial torna-se fundamental para perspetivar os usos atuais e futuros na área em estudo. A ocupação e uso do solo na zona do perímetro em estudo foram descritos recorrendo ao inventário cartográfico do Corine Land Cover, cuja edição mais recente corresponde ao ano 2018 (CLC 2018). Este inventário sintetiza numa carta temática a ocupação do solo à escala 1: 100 000 (com uma unidade mínima

cartográfica de 25 ha), tendo sido baseado na interpretação visual de imagens de satélite e em informação auxiliar.

Verifica-se que praticamente a totalidade da área em estudo (99 %) corresponde a áreas agrícolas e agroflorestais, predominando os olivais (29 %), culturas temporárias de sequeiro (24 %), pastagens permanentes (21 %) e culturas temporárias de regadio (18 %) (**Quadro 3.3**). Como se pode observar na **Figura 3.6**, no bloco do Crato predominam as pastagens permanentes, enquanto que, no bloco de Alter do Chão, existe sobretudo olival e culturas temporárias de sequeiro. No bloco de Fronteira e Avis predominam as culturas temporárias de regadio, ou seja, uma grande parte da área é atualmente regada, sendo que esta é a zona onde se encontram os melhores solos.

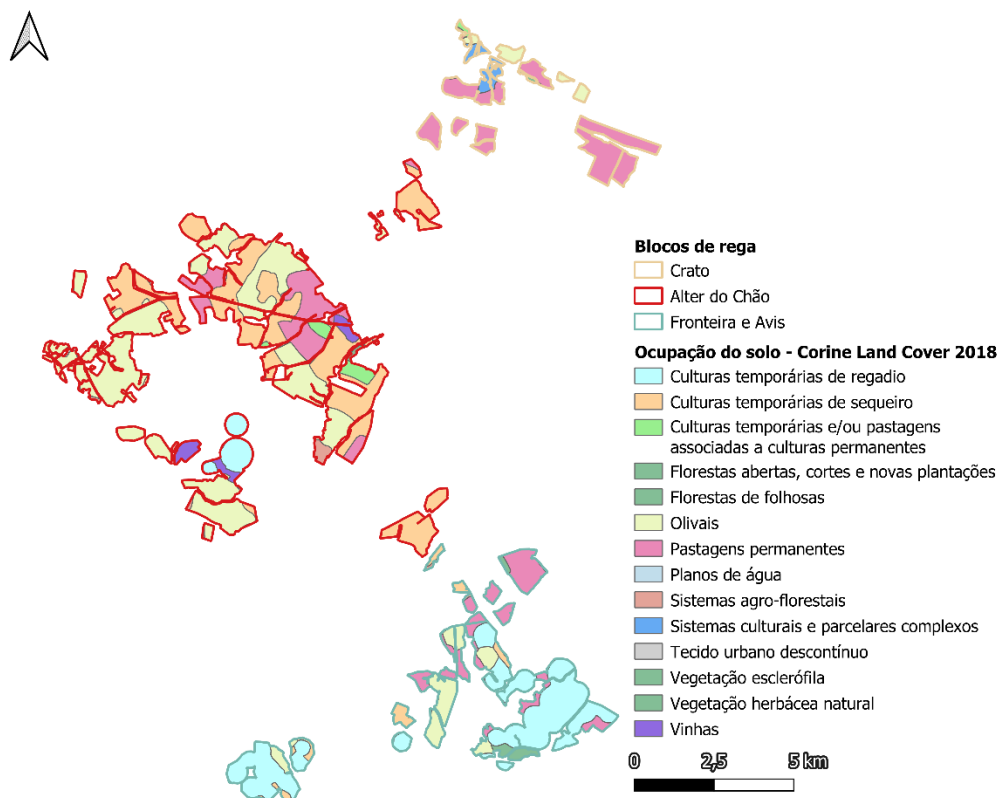


Figura 3.6 - Carta da Ocupação do Solo (CLC 2018) no Aproveitamento Hidroagrícola do Crato

Fonte: Corine Land Cover 2018, Copernicus Land Monitoring Service

Quadro 3.3 - Ocupação do Solo (CLC 2018) no Aproveitamento Hidroagrícola do Crato

Ocupação	Designação	Área
		(%)
Territórios artificializados	Tecido urbano descontínuo	0,1
Áreas agrícolas	Olivais	31,3
	Pastagens permanentes	22,2
	Culturas temporárias de sequeiro	20,4
	Culturas temporárias de regadio	19,1
	Vinhas	1,6
	Sistemas agro-florestais	1,5
	Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes	1,2
	Sistemas culturais e parcelares complexos	1,2
Florestas e meios naturais e seminaturais	Vegetação herbácea natural	0,8
	Florestas abertas, cortes e novas plantações	0,5
	Florestas de folhosas	0,03
	Vegetação esclerófila	0,02
Corpos de água	Planos de água	0,05
Total		100,0

Fonte: Corine Land Cover 2018, Copernicus Land Monitoring Service

3.6 ESTRUTURA DA PROPRIEDADE

A área em estudo corresponde a um território com baixa densidade populacional, com uma população envelhecida e com níveis de escolaridade relativamente reduzidos, e em que a população residente tem vindo a decrescer nas últimas décadas.

De acordo com a informação obtida no Estudo Prévio (2021), a distribuição dos prédios é semelhante à existente no Alentejo, sendo que junto às povoações predominam prédios de pequena dimensão e as planícies afastadas dos centros urbanos estão ocupadas por latifúndio.

Assim, a reduzida fertilidade dos solos e a inexistência de fontes de água levou à produção extensiva de forma a suprimir as necessidades humanas, contribuindo significativamente para a economia agrícola do Alentejo. Por outro lado, na proximidade dos centros urbanos, a agricultura, com especial ênfase nas hortas e olival, foi determinante para a subsistência alimentar das famílias.

Verifica-se que mais de 80 % da área do perímetro corresponde a grande propriedade, atualmente ocupada predominantemente por pastagens, culturas arvenses, por olival e por vinha. É de destacar que, em alguns locais, no latifúndio tem-se investido na intensificação da atividade agrícola e a introdução de espécies regadas, ainda que muitas para apoio da produção pecuária.

4 CONSULTA PÚBLICA

Na fase de Estudo Prévio realizaram-se consultas aos agricultores para os blocos de Alter do Chão, Crato e Fronteira (5, 10 e 24 de maio de 2021), as quais permitiram ajustamentos à área delimitada para o perímetro de rega. Os proprietários das principais parcelas a beneficiar mostraram-se extremamente recetivos à inclusão das suas parcelas nas futuras áreas a beneficiar. Os agricultores que possuem pequenas parcelas também se demonstraram recetivos a serem inseridos no AHFM do Crato.

De forma a garantir-se que a localização dos hidrantes e que a rede de rega ia ao encontro dos interesses dos agricultores, realizou-se uma nova consulta pública relativa à divisão em unidades de rega e ao traçado preliminar da rede, definidos em gabinete. A mesma decorreu nas instalações do Museu Municipal do Crato, do Centro Cultural de Fronteira e do Cine Teatro de Alter do Chão, ao longo de dois dias (19 e 20 de setembro de 2022), e permitiu a verificação e atualização dos limites parcelares, bem como o ajuste do trabalho efetuado, dando-se a maior atenção aos interesses dos proprietários.

É de mencionar que, aquando desta consulta pública, o interesse dos agricultores pela rega foi novamente bastante notório, havendo já um grande investimento na zona em sistemas de rega. A nível de implementação de sistemas de rega nas parcelas, considerando os proprietários que participaram na consulta, verificou-se que atualmente já se rega, havendo vários sistemas já instalados, bem como infraestruturas de armazenamento. Assim, as condições atuais induzem um interesse crescente pela rega, perspetivando-se uma adesão à rega substancial logo a partir dos primeiros anos.

Salienta-se ainda o interesse acrescido da rega em zonas circundantes ao perímetro definido, como evidenciado na **Figura 4.1**. Neste contexto, foi solicitado a inclusão no AHFM do Crato de mais de 900 ha situados na vizinhança do perímetro definido, o que confirma o elevado interesse dos agricultores pelo AHFM do Crato.

Em suma, através da consulta pública, foram identificados um total de 4 815 ha pertencentes a 54 agricultores, encontrando-se 3 803 ha dentro do perímetro e 1 012 ha nas zonas vizinhas do mesmo (**Figura 4.1**). Assim, considerando a área total do perímetro de rega definido, contou-se com a participação de agricultores que representam cerca de 70 % da área total a incluir no perímetro de rega delimitado.

A consulta pública foi fundamental, na medida que possibilitou a confirmação/atualização dos proprietários de várias parcelas, o que permitiu identificar agricultores que possuem parcelas contíguas, potenciando uma economia de bocas de rega e proporcionando o uso do menor número possível de bocas por proprietário.

No **Desenho 2** apresenta-se a planta geral dos blocos de rega do Crato, à escala 1:25 000.

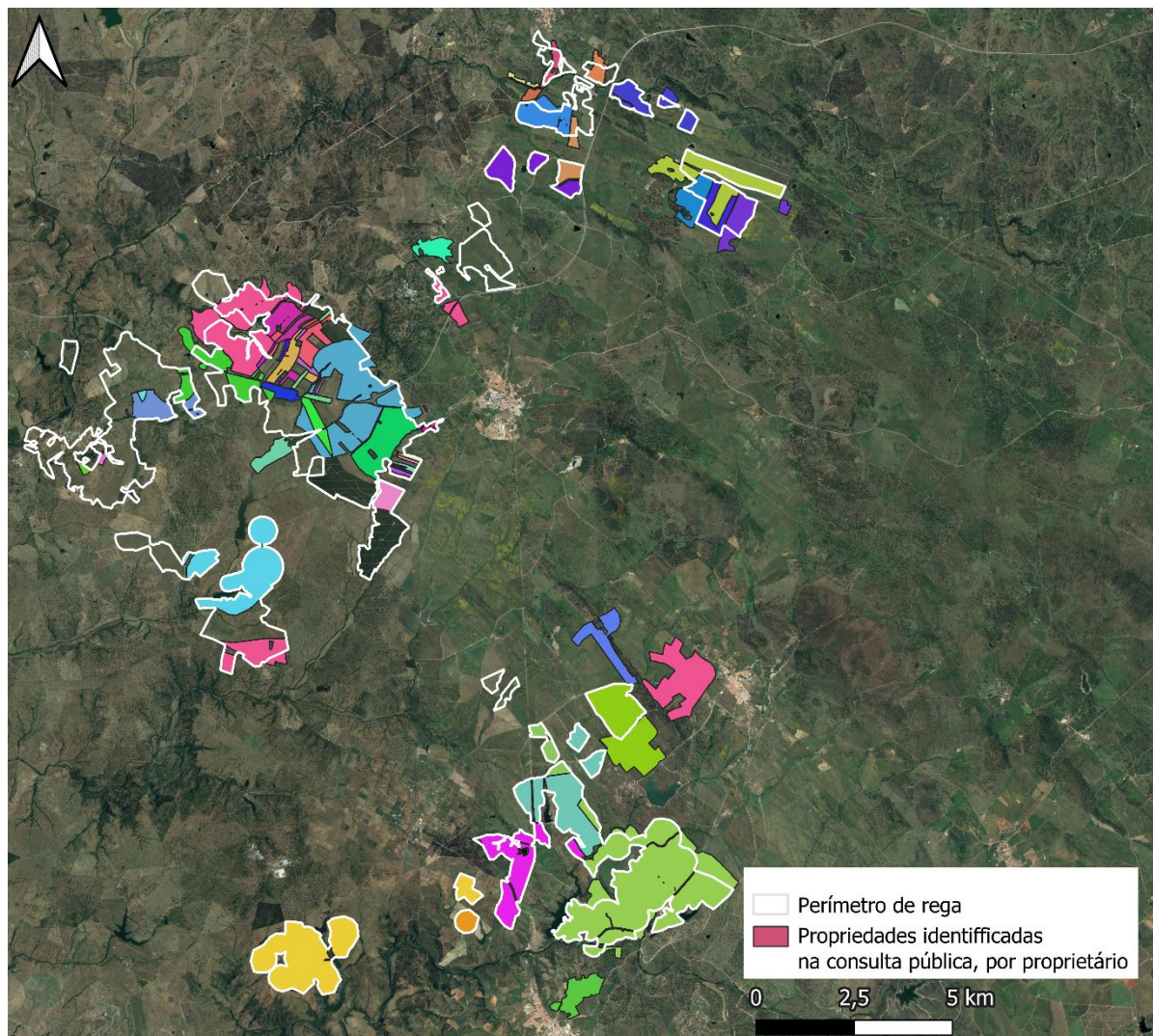


Figura 4.1 - Distribuição das parcelas identificadas por proprietário durante a consulta pública de setembro de 2022

No entanto, tendo em conta o teor da DIA emitida optou-se nesta fase de projeto de execução, em conjunto com a equipa que se encontra a desenvolver o EIA, proceder apenas a pequenas correções nas áreas de rega e a não incluir novas áreas de rega.

5 MODELO DE OCUPAÇÃO CULTURAL E NECESSIDADES DE ÁGUA PARA REGA

5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O cálculo das necessidades de água para rega foi efetuado na fase de Estudo Prévio (Aqualogus & TPF, 2021) e revisto no âmbito do processo de AIA e do RECAP da barragem do Pisão tendo sido adotado o Cenário 2.

A partir do modelo de ocupação cultural estabelecido foram determinadas as necessidades de água para rega, com base na metodologia proposta pela FAO (evapotranspiração calculada pelo método de Penman Monteith).

O estudo das necessidades hídricas das culturas é realizado segundo duas vertentes:

- Determinação das necessidades hídricas mensais e anuais, correspondentes a toda a época de rega. O seu conhecimento possibilita a determinação dos volumes mensais e anuais fundamentais para o dimensionamento das albufeiras/barragens a construir e a definição da área máxima a regar nos perímetros de rega;
- Determinação das necessidades hídricas de ponta, relativas ao período de ponta que normalmente se verifica durante o mês de julho. O seu conhecimento tem um interesse fundamental pois encontra-se na base da definição dos caudais de projeto, e em última análise, do dimensionamento das infraestruturas de rega e de distribuição de água.

Com efeito, a metodologia comumente usada para calcular as necessidades de rega das culturas foi proposta pela FAO em 1977 (Doorenbos e Pruitt, 1977) e consiste, genericamente, na execução de um balanço de água no solo. Em 1998, a FAO (Allen, *et al.*, 1998) publicou a atualização das metodologias para o cálculo da evapotranspiração de referência (método de Penman-Monteith) e da evapotranspiração cultural, nomeadamente o estabelecimento dos coeficientes culturais ajustados ao local em estudo.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada através do método de Penman-Monteith, com recurso ao “software” ET_o Calculator, desenvolvido pela FAO (2009). Para o cálculo das necessidades de rega, no Estudo Prévio (2021), efetuou-se, para cada cultura, o balanço hídrico sequencial desde janeiro de 1991 até dezembro de 2019, utilizando-se o programa ISAREG, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Rural do Instituto Superior de Agronomia.

A metodologia aplicada levou à análise e determinação sequencial dos seguintes elementos:

- Modelo de ocupação cultural futuro;
- Evapotranspiração de referência (ET_o);
- Precipitação efetiva (Pe);
- Coeficientes culturais (K_c) e Evapotranspiração cultural máxima (ET_c);
- Balanço Hídrico (In).

5.2 MODELO DE OCUPAÇÃO CULTURAL

A definição do modelo cultural a adotar deverá ter em consideração a vontade dos agricultores e aspetos técnicos relacionados com a disponibilidade de água e a existência de mercado para comercializar os produtos. As necessidades de água para rega dependem fortemente do tipo de culturas preconizadas para o modelo a instalar nos futuros perímetros de rega.

Nos blocos de rega do Crato predominam os olivais, as culturas temporárias de sequeiro e as pastagens permanentes. Nas visitas de campo observou-se que nas propriedades de média e grande dimensão encontram-se pastagens naturais e melhoradas, culturas arvenses, olival e vinha e na pequena propriedade predomina o olival e as culturas hortícolas.

Comparando o futuro aproveitamento com perímetros semelhantes, é expectável um aumento da área de olival e de frutos secos, contudo a importância da criação de gado na região, indicia que grande parte dessas explorações continuarão a produzir culturas forrageiras e milho de forragem.

Assim, considerou-se o Cenário Cultural 2 definido no Estudo Prévio (2021), com percentagens superiores de olival e frutos secos. Este modelo foi considerado, na Avaliação de Impacte Ambiental (AIA), como prevendo de uma forma mais consistente o que irá ocorrer no futuro. No **Quadro 5.1** apresenta-se o modelo de ocupação cultural a considerar no futuro aproveitamento.

Quadro 5.1 - Modelo de ocupação cultural (Cenário 2)

Cultura	Área (%)
Olival	40
Frutos secos	20
Vinha	5
Culturas forrageiras (Luzerna)	5
Rotação A ¹	10
Rotação B ²	10
Milho (forragem)	5
Hortícolas	5
Total	100

¹ Forragem (speedmix) e sorgo; ² Ervilha e girassol

5.3 CICLOS CULTURAIS

Com vista ao cálculo das necessidades de rega considera-se que o ciclo cultural das várias culturas anuais se subdivide em 4 períodos ou fases principais segundo a metodologia da FAO, a saber:

- **Fase inicial**, que começa na sementeira ou plantação e se estende até que a cultura atinge cerca de 10 % de cobertura do solo. Neste período, a área foliar das culturas é pequena, o que implica que a evapotranspiração seja predominantemente constituída pela evaporação do solo. Para as culturas perenes a data de plantação é substituída pela data de fim do período de dormência, rebentação de novas folhas ou, como no caso de exceção da amendoeira, do início da floração (nesta cultura a floração precede a rebentação foliar).
- **Fase de crescimento rápido**, que decorre aproximadamente entre os 10 % e a máxima cobertura do solo. Para as culturas em linha, cujas folhas se "misturam" (feijão, beterraba, batata, milho), a máxima cobertura do solo é identificada quando em linhas adjacentes as folhas se começam a tocar causando o ensombramento quase completo do solo. Por outro lado, se as folhas das culturas em linha não tenderem a tocar-se, a máxima cobertura do solo ocorre quando a cultura atinge aproximadamente a altura máxima.
- **Fase intermédia**, que se inicia com o estabelecimento da máxima cobertura do solo e termina com o início do período final ou de senescência, geralmente identificado com o envelhecimento da cultura, o que é caracterizado pelo amarelecimento e queda das folhas e/ou maturação dos frutos. O período intermédio é aquele que tem maior duração no caso das culturas perenes e algumas anuais, mas pode ter uma duração relativamente pequena se a cultura for colhida verde, como é o caso de muitas hortícolas de pequeno porte.
- **Fase final**, que decorre desde o início da senescência até à senescência completa ou início de dormência em algumas culturas perenes ou à colheita, nas culturas anuais ou plurianuais.

De acordo com a Aqualogus & TPF (2021), a duração entre fases para as diferentes culturas baseou-se inicialmente nos valores indicados pela FAO em Allen *et al.* para a região mediterrânea, tendo sido posteriormente adaptados com base na experiência de agricultores da região e nas informações disponibilizadas pelos técnicos da Associação de Produtores Agrícolas de Precisão (APAP).

Tendo em consideração os aspetos anteriormente referidos, apresentam-se no quadro seguinte os ciclos vegetativos adotados para as culturas estudadas no modelo cultural referido anteriormente.

Culturas	Ciclo Vegetativo			Meses											
	Duração (dias)	Início	Fim	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Luzerna	365	01/nov	31/out												
Milho (forragem)	120	15/abr	2/set												
Hortícolas	90	1/abr 15/jul	1/jul 15/out												
Olival	365	01/nov	31/out												
Vinha	365	01/set	31/ago												
Frutos secos	365	01/set	31/ago												
R "A" Forragem (speedmix) x Sorgo	130	15/out 01/mar	30/abr 15/set												
R "B" Ervilha x Girassol	100 130	01/mar 20/jun	10/jun 25/out												

Fonte: Aqualogus & TPF (2021)

Figura 5.1 - Ciclos vegetativos do modelo preconizado

5.4 TECNOLOGIA DE REGA

Quanto à tecnologia de rega, tendo em conta as características pedológicas e topográficas preconiza-se a utilização da rega gota-a-gota para o olival, a vinha e as culturas hortícolas. No caso dos frutos secos considerou-se a aplicação tanto de rega gota-a-gota, como de micro-aspersão. Para as restantes culturas perspetiva-se o uso de rega por aspersão.

5.5 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

A evapotranspiração de referência pode definir-se como o processo através do qual a água armazenada no solo é transferida para a atmosfera a partir de superfícies complexas, inertes ou vivas, nomeadamente o solo e a vegetação. Consiste fundamentalmente na transpiração das plantas e na evaporação a partir da superfície do solo.

A variabilidade de condições que afetam a evapotranspiração obriga à necessidade de definição de condições padrão que permitam a comparação entre diferentes cobertos vegetais e entre diferentes condições para o mesmo coberto. Para este efeito, recorre-se a uma cultura padrão cuja evapotranspiração máxima é designada por evapotranspiração de referência, ETo.

Doorenbos e Pruitt (1977) definem como evapotranspiração de referência a taxa de evapotranspiração de uma superfície extensa revestida por uma graminha uniformemente desenvolvida, de 8 a 15 cm de altura, na fase ativa de crescimento, cobrindo completamente o solo e não sofrendo deficiência hídrica.

Uma vez padronizadas as condições que influenciam a transpiração e a evaporação, verifica-se que a taxa de evapotranspiração é determinada, fundamentalmente, pelas condições climáticas. Assim, têm sido desenvolvidos vários métodos que relacionam a evapotranspiração com elementos meteorológicos de fácil medição. Para estimar a evapotranspiração de referência, ETo, foi utilizado pela Aqualogus & TPF (2021), o método de Penman-Monteith, recomendado pela FAO, com recurso ao *software* “ETo Calculator”, desenvolvido pela FAO (2009).

Nestes cálculos foram utilizados os dados meteorológicos correspondentes ao período de 1991 a 2019 para as estações meteorológicas de Portalegre e Benavila, com áreas de influência de 15 e 85 %, respetivamente (Aqualogus & TPF, 2021). Os valores médios obtidos para a ETo (mensais e totais anuais) são apresentados no **Quadro 5.2**.

Quadro 5.2 - Evapotranspiração de referência (ETo) médios diários (mm/dia)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0,8	1,3	2,2	3,1	4,1	5,1	5,6	4,8	3,4	1,9	1,0	0,8

Adaptado de: Aqualogus & TPF (2021)

5.6 PRECIPITAÇÃO EFETIVA

A definição da precipitação efetiva ou eficaz torna-se necessária para a execução do balanço hídrico, adiante referido.

De um modo geral, nem toda a precipitação que ocorre numa dada região é útil para as plantas, pois uma parte importante da precipitação total perde-se por escoamento superficial, por infiltração profunda e por evaporação. Apenas a parte restante fica armazenada na zona radicular, constituindo esta fração o que se designa de precipitação efetiva, Pe.

Na ausência de medições diretas para a região, no estudo realizado, a precipitação efetiva, Pe, necessária ao cálculo do balanço hídrico, é estimada diretamente pelo programa que efetua a simulação do balanço hídrico pelo método do “Soil Conservation Service” (USDA) que, é igualmente recomendado por Doorenbos e Pruitt (1977), a partir da precipitação total ponderada sobre a zona a regar. Este método também corrige os valores da precipitação eficaz em função da fração da capacidade utilizável dos solos abaixo da qual é afetada a produtividade.

No **Quadro 5.3** apresentam-se os valores médios de precipitação. A precipitação efetiva anual média é de 400 mm. O mês com maior precipitação efetiva é outubro, com um valor médio de 61 mm.

Quadro 5.3 - Precipitação efetiva (mm)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
48,12	35,61	36,88	38,46	25,11	5,96	4,41	19,27	32,34	60,82	51,32	41,26	399,56

Adaptado de: Aqualogus & TPF (2021)

5.7 COEFICIENTES CULTURAIS E EVAPOTRANSPIRAÇÃO CULTURAL MÁXIMA

As necessidades hídricas úteis ou teóricas podem definir-se, em primeira aproximação, como sendo as perdas devidas à evapotranspiração cultural, ET_c , que difere da evapotranspiração de referência (ET_o) na medida em que cada cultura apresenta diferentes características em termos de cobertura de solo, resistência aerodinâmica e características biofísicas específicas.

No atual estado dos conhecimentos e na ausência de medições ou estudos feitos em condições próximas das reais, a ET_c , isto é, a evapotranspiração máxima inerente ao crescimento vegetativo ótimo, sem qualquer restrição no que se refere aos demais fatores de produção, é calculada a partir do método dos coeficientes culturais, utilizando a metodologia proposta pela FAO, em Allen *et al.*, 1998, que expressa a ET_c através do produto entre um coeficiente cultural adimensional (K_c) e a evapotranspiração de referência:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Os valores de K_c são característicos de cada cultura, variam com as fases e duração do ciclo vegetativo e, genericamente, são afetados pelas condições climáticas locais.

A FAO associa três valores de coeficientes culturais médios, $K_{c\text{ ini}}$, $K_{c\text{ mid}}$ e $K_{c\text{ end}}$, aos quatro períodos do ciclo cultural, já referidos anteriormente, estabelecendo-se assim uma curva característica dos coeficientes culturais.

Sempre que disponíveis, é aconselhada a utilização de valores de K_c obtidos experimentalmente através de estudos realizados em campo. Na ausência destes a FAO disponibiliza valores médios tabelados considerando condições de referência padronizadas e para condições climáticas semelhantes à da região em estudo.

Assim, com base no conhecimento genérico do comportamento das culturas na região e recorrendo a Allen *et al.*, 1998, atribuíram-se os seguintes parâmetros: coeficientes culturais

tabelados intermédios (K_c mid tab) e final (K_c end tab), altura média máxima das culturas (h), profundidade radicular máxima (Z_r max) e parâmetro de gestão da rega (p).

Para os valores de K_c adotaram-se as recomendações da “FAO Irrigation Paper” Nº 33 e 56, que foram ajustados de acordo com as condições culturais e climáticas. Para o parâmetro de gestão da rega, p , utilizaram-se os valores tabelados na “FAO Irrigation Paper” Nº 24, 33 e 56, corrigidos em função das condições de cada região (Aqualogus & TPF, 2021).

Uma vez estabelecidos os valores de K_c podem definir-se os valores médios mensais e anuais da evapotranspiração cultural (ET_c).

5.8 BALANÇO HÍDRICO

As necessidades úteis de rega determinam-se a partir de um balanço de água no solo, entrando em conta, por um lado, com a evapotranspiração cultural e, por outro lado, com a precipitação efetiva.

O balanço, na sua formulação mais geral, é dado pela expressão:

$$I_n = ET_c + LR + W_e - (W_b + P_e + G_e)$$

em que:

- I_n – necessidades úteis de água (mm);
- ET_c – evapotranspiração cultural (mm);
- LR – fracção de lixiviação (mm);
- W_b – armazenamento inicial de água no solo (mm);
- W_e – armazenamento final de água no solo (mm);
- P_e – precipitação efetiva (mm);
- G_e – ascensão capilar a partir das águas subterrâneas (mm).

Compreende-se, então que para a realização do balanço hídrico se tenha em conta a influência de dados meteorológicos, pedológicos e culturais.

Ao **nível meteorológico** importa considerar a precipitação efetiva e a evapotranspiração de referência, já abordadas anteriormente. Ao **nível pedológico**, os elementos característicos dos solos foram definidos com base nos dados INFOSOLO do INIAV (Aqualogus & TPF, 2021).

O solo é considerado como um reservatório para a realização do balanço hídrico, sendo limitado superiormente pela superfície do terreno e inferiormente pela profundidade radicular. Neste reservatório distinguem-se três zonas de reserva de água:

- Zona de percolação, que corresponde à água não retida na matriz do solo e que é perdida por percolação.
- Zona de rendimento ótimo, que se refere à água facilmente disponível para a cultura, permitindo que esteja em conforto hídrico. O seu limite superior corresponde à reserva utilizável de água no solo ($RU = U \times Zr$) e o seu limite inferior à linha de rendimento ótimo ($LRO = RU - (RU \times p)$).
- Zona de carência hídrica, que corresponde à água fortemente retida pela matriz do solo, dificultando a extração de água pelo sistema radicular e induzindo carência em água nas culturas.

No cálculo das necessidades de rega o balanço hídrico efetua-se sempre na zona de rendimento ótimo onde a evapotranspiração real é igual à evapotranspiração cultural máxima.

Ao **nível cultural**, para a realização do balanço hídrico no solo, é necessária informação relativa às datas das fases do ciclo cultural, aos coeficientes culturais, aos coeficientes de redução, à profundidade radicular máxima e ao parâmetro de gestão da rega, referidos anteriormente.

O parâmetro de gestão da rega (p), atualmente designado por fração de esgotamento de água do solo em conforto hídrico, corresponde ao valor a partir do qual a cultura entra em stress hídrico e conseqüentemente ocorre quebra na produção. Este valor difere de cultura para cultura e dentro da mesma cultura deverá ser ajustado a cada uma das fases do ciclo cultural em função da evapotranspiração cultural.

Tendo em conta as condições existentes na área em estudo, nomeadamente as características dos solos em presença e o tipo de drenagem previsto, admite-se que:

- As eventuais necessidades de lixiviação serão satisfeitas pela água das chuvas e pela água de rega perdida por percolação, vindo a componente LR nula;
- A contribuição da toalha freática pode ser considerada desprezável, vindo a componente G_e nula.

Para cada cultura efetuou-se um balanço hídrico sequencial desde o dia 1 de janeiro de 1991 até ao dia 31 de dezembro de 2020, isto é para os 30 anos da série de dados de precipitação e de evapotranspiração de referência (Aqualogus & TPF, 2021). Para o efeito, considerou-se a evaporação do solo nu, nos períodos onde não existe cultura temporária no terreno ou a cultura permanente está em dormência.

Para se iniciar o balanço considerou-se que o teor de água no solo no dia 1 de janeiro do primeiro ano da série era de 95 % da RU, o que é plausível, pois nessa época do ano o solo encontra-se, de um modo geral, próximo da capacidade de campo.

Para a determinação das necessidades úteis de água para rega, a Aqualogus & TPF (2021) usou a metodologia preconizada pela FAO, tendo-se recorrido ao programa ISAREG, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Rural do Instituto Superior de Agronomia.

5.9 NECESSIDADES ÚTEIS DE REGA

As necessidades úteis de água para rega, NHU, foram avaliadas seguindo a metodologia descrita anteriormente. No **Quadro 5.4** resume-se as necessidades de rega úteis para o modelo cultural considerado nos blocos de rega do Crato.

Quadro 5.4 - Necessidades de rega úteis (mm)

Culturas	Área (%)	Ano médio		Ano crítico	
		Julho	Ano	Julho	Ano
Olival	40	95,7	266,6	108,5	305,0
Frutos secos	20	147,7	564,2	158,1	636,0
Vinha	5	58,2	221,9	74,1	261,0
Culturas forrageiras (Luzerna)	5	141,7	523,6	155,0	598,0
Rotação A	10	162,5	697,3	182,9	784,0
Rotação B	10	132,0	550,5	145,7	651,0
Milho (forragem)	5	192,2	568,2	207,7	603,0
Hortícolas	5	74,1	642,5	86,3	740,0
Média ponderada		120,6	442,0	134,0	502,8

Conforme se pode verificar, as necessidades hídricas úteis anuais, em ano seco ou crítico (correspondente à probabilidade de não ser excedido em 80 % dos anos), variam entre 261,0 mm/ano, para a vinha, e 784,0 mm/ano para a rotação A. Relativamente às necessidades mensais no mês mais crítico (julho), o milho para forragem apresenta o valor mais elevado, correspondendo a 207,7 mm, em ano crítico. Quanto ao total ponderado, que tem em conta a área percentual ocupada por cada cultura, as necessidades hídricas úteis em ano crítico rondam os 502,8 mm/ano, com um máximo mensal, em julho, de 134,0 mm.

5.10 EFICIÊNCIA DE REGA

A eficiência global de rega depende de vários parâmetros relacionados com os métodos de rega, o tipo de infraestruturas de transporte e distribuição e com a gestão das redes.

A nomenclatura referente às eficiências de rega está normalizada, devendo num projeto de rega, em geral, definir-se:

- Eficiência de aplicação, E_a , na parcela regada: relação entre a quantidade de água necessária para manter a humidade do solo ao nível requerido pela cultura (V_m) e a quantidade de água a fornecer na tomada de água (V_g);
- Eficiência de distribuição, E_d : exprime a relação entre os volumes fornecidos na tomada de água da parcela (V_r) e os volumes necessários no início da rede de distribuição (V_d) (esta eficiência traduz as perdas que ocorrem ao longo da rede de distribuição);
- Eficiência de transporte ou condução, E_c : traduz a relação entre os volumes fornecidos à rede de distribuição (V_d) e os volumes recebidos pela rede primária (V_c) quer a montante quer durante o percurso (esta eficiência deverá igualmente considerar as perdas de água devidas à gestão da rede, isto é, as perdas operacionais).

Assim, a eficiência global ou eficiência de projeto, E_p , que integra todas as perdas do sistema, vem igual a: $E_p = E_a \times E_d \times E_c$

A eficiência de aplicação depende fundamentalmente do método de rega utilizado ao nível da parcela. No caso presente adotaram-se os valores de 85, 87 e 90 % para a rega por aspersão, microaspersão ou localizada, respetivamente. Considerou-se que o milho, as culturas forrageiras e as rotações A e B seriam regadas por aspersão, que os frutos secos seriam regados por microaspersão (30%) e por gota a gota (70%) e que o olival, a vinha e as hortícolas seriam regadas por gota-a-gota. Assim, a eficiência de aplicação ponderada é de 88,3%.

As eficiências de condução e distribuição dependem das dimensões da área a regar e das unidades de rega, da natureza das infraestruturas utilizadas na distribuição de água, e ainda do tipo de comando e controlo da rede. Num sistema deste tipo, tendo em conta que toda a rede será em conduta fechada, a maior parte com juntas soldadas, tem sido normalmente adotado, em fase de projeto, um valor de eficiência elevado. Na fase de RECAP das infraestruturas principais, para efeitos de dimensionamento da rede primária e secundária de rega foi adotado um valor de 98 % para o conjunto da eficiência de condução e distribuição, valor este que foi adotado na simulação da exploração da albufeira.

No **Quadro 5.5** resumem-se os valores de eficiências consideradas para o perímetro de rega. Assim, tendo em conta a ocupação cultural considerada, e assumindo um valor de 98% para o conjunto de condução e distribuição, a eficiência global de projeto (E_p) é de aproximadamente 87 %.

Quadro 5.5 - Eficiências (%)

Ea			Ed x Ec	Ep
Aspersão	Microaspersão	Localizada		
85	87	90	98	86,6

5.11 NECESSIDADES TOTAIS DE REGA

As necessidades totais de água para rega, NHT, correspondem ao volume total de água que será necessário garantir para a satisfação das necessidades hídricas úteis tendo em consideração as eficiências de rega:

$$NHT = NHU / E_p$$

As necessidades de rega totais correspondem, assim, aos quantitativos que será necessário garantir na albufeira, de forma a regar a zona pretendida ocupada pelo modelo cultural previsto no perímetro de rega. A média ponderada do modelo cultural considerado, tendo em conta a eficiência agora considerada, encontra-se resumido no **Quadro 5.6**.

Quadro 5.6 - Necessidades de rega totais (mm)

Culturas	Área (%)	Ano médio		Ano crítico	
		Julho	Ano	Julho	Ano
Olival	40	108,5	302,2	123,0	345,8
Frutos secos	20	169,2	646,1	181,1	728,4
Vinha	5	66,0	251,5	84,0	295,9
Culturas forrageiras (Luzerna)	5	170,1	628,6	186,1	717,9
Rotação A	10	195,0	837,1	219,6	941,2
Rotação B	10	158,4	660,8	174,9	781,5
Milho (forragem)	5	230,7	682,1	249,3	723,9
Hortícolas	5	84,0	728,4	97,9	839,0
Média ponderada		140,1	514,4	155,7	585,1

Conforme se pode concluir, as necessidades de rega totais em ano crítico variam entre 295,9 mm/ano, para a vinha, e 941,2 mm/ano para a rotação A. Quanto ao total ponderado, que tem em conta a área percentual ocupada por cada cultura no perímetro de rega, as necessidades de rega totais em ano crítico rondam os 585,1 mm/ano, com um máximo mensal, em julho, de 155,7 mm.

6 ANÁLISE DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DAS BARRAGENS EXISTENTES

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na área do AHFM do Crato existem diversas infraestruturas de armazenamento de água privadas, como charcas, barragens ou reservatórios. As parcelas associadas a algumas destas infraestruturas serão incluídas no perímetro de rega do AHFM do Crato, permitindo assim aos proprietários compensar os anos hidrológicos com défice de água.

No Estudo Prévio foram apresentadas as características aproximadas de todas as barragens, charcas e reservatórios existentes na zona da área a beneficiar. No entanto, considera-se que apenas as barragens com alguma dimensão poderão ter capacidade de regularização para abastecer as áreas de rega com a garantia habitualmente estabelecida para rega. Assim, nesta fase, foram efetuadas simulações de exploração de albufeira para todas as barragens com armazenamento superior a 200 dam³, tendo como base as aflúências a cada uma das albufeiras, com o objetivo de estimar a área máxima que estas permitiriam regar com uma garantia de abastecimento igual ou superior a 80%, ou seja, a mesma que se assume como aceitável para um aproveitamento hidroagrícola.

As características aproximadas das barragens estudadas são apresentadas no quadro seguinte.

Quadro 6.1 - Características aproximadas das barragens estudadas

Barragem	Área da bacia hidrográfica (km ²)	Volume armazenado * (dam ³)	Altura (m)
Herdade da Selada	5,59	207	7
Monte do Campo	11,97	700	9
Monte Barrão	1,93	300	7
Barragem de Alter	13,64	571	9
Herdade de Ladrões	13,43	700	10
Monte do Pisão	29,00	1 129	7
Cristalina	15,76	2 000	10
Herdade do Cego	70,49	2 013	10
Monte do Cego II	1,55	229	6
Vila Formosa	3,15	290	9
Pegos da Pedra	8,33	231	9

*Volumes estimados

6.2 METODOLOGIA DE SIMULAÇÃO

Na análise de simulação de exploração, a variação do volume armazenado numa albufeira, considerada como um reservatório finito (que pode descarregar e ficar vazio) é estimada a partir da equação:

$$S_{t+1} = S_t + Q_t + D_t - \Delta E_t - L_t$$

sujeita à seguinte restrição:

$$C_1 \leq S_{t+1} \leq C_2$$

Onde:

- S_{t+1} - Volume armazenado no fim do período com duração igual a $t+1$;
- S_t - Volume armazenado no princípio do intervalo t ;
- Q_t - Afluência no intervalo t ;
- D_t - Consumo (rega, caudal ecológico, etc,) total no intervalo t ;
- ΔE_t - balanço entre a precipitação sobre a albufeira e evaporação a partir da albufeira no intervalo t ;
- L_t - outras perdas no intervalo t ;
- C_2 - volume total;
- C_1 - volume morto,

O intervalo de tempo considerado na análise foi o mês.

Tendo em conta o conhecimento bastante superficial das características das albufeiras estudadas, assumiram-se os seguintes pressupostos:

- O volume total indicado para cada albufeira corresponde ao volume armazenado ao seu NPA;
- Foi desprezado o volume morto;
- A cota do NPA corresponde à altura da barragem;
- Foi admitida uma relação linear para as áreas inundadas, variando entre 0 e o valor da área inundada ao NPA, uma vez que não se encontram disponíveis as curvas de volumes armazenados das albufeiras;
- No início de cada simulação a barragem em estudo encontrar-se-ia cheia, ou seja, ao nível do NPA.

6.3 AFLUÊNCIAS ÀS BARRAGENS

Na Nota Técnica 2 – Estudos de Base – Infra-Estruturas Hidráulicas Primárias da Avaliação da Sustentabilidade e Desenvolvimento Integrado dos Recursos Hídricos e Energéticos do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato, da autoria da Aqualogus & TPF (2021) foi estabelecida uma fórmula do tipo da preconizada por Turc para correlacionar a precipitação e escoamento anual na Estação Hidrométrica de Couto de Andreiros (praticamente coincidente com a secção da futura barragem do Pisão):

$$H = P - \sqrt{\frac{P^2}{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Onde:

- P – Precipitação anual média (mm);
- H – Escoamento anual médio (mm);
- L – Poder evaporante da atmosfera (mm).

Para calibração da fórmula de Turc determinou-se o parâmetro L a partir dos valores da precipitação anual média e do escoamento anual médio, no período de 19 anos, entre 1975/76 a 1976/77, 1978/79 a 1992/93 e 2002/03 a 2003/04, apresentados na referida Nota Técnica.

Os resultados da calibração efetuada são apresentados no quadro seguinte.

Quadro 6.2 - Estação Hidrométrica de Couto de Andreiros - calibração da fórmula de Turc

P (mm)	H (mm)	L (mm)
755	180	832

Aqualogus & TPF (2021)

Tendo em conta a calibração efetuada apresenta-se na figura seguinte a curva calibrada de Turc e a sua respetiva equação.

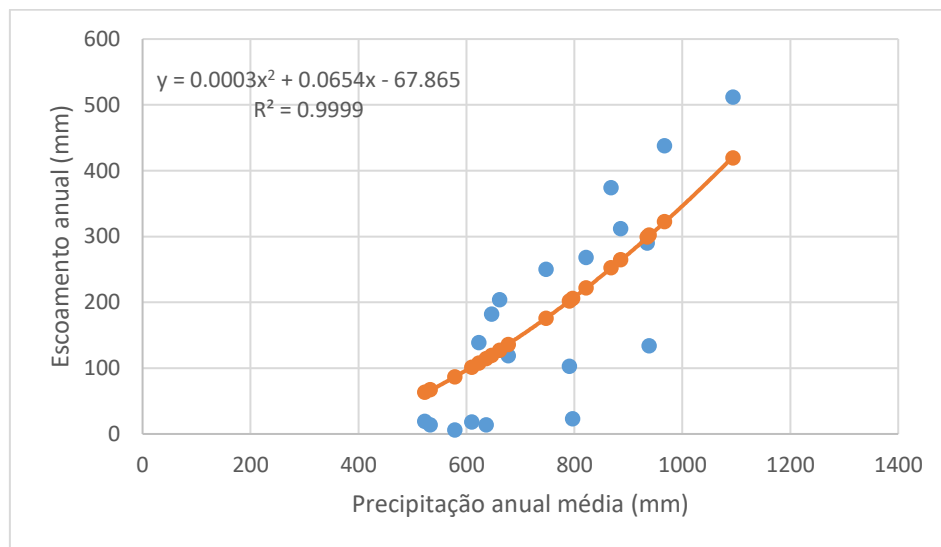


Figura 6.1 - Relação entre a precipitação anual e o escoamento anual na EH de Couto de Andreiros

De seguida foram estimadas as precipitações anuais ponderadas para cada uma das bacias hidrográficas em estudo, através do método de Thiessen, utilizando os postos de Alter do Chão (18L/01UG), Cabeço de Vide (19L/01UG) e Fronteira (196/02UG). Face à quantidade de falhas nos registos nos anos mais recentes, estas precipitações foram calculadas para o período de 1969/70 a 1998/99 (30 anos).

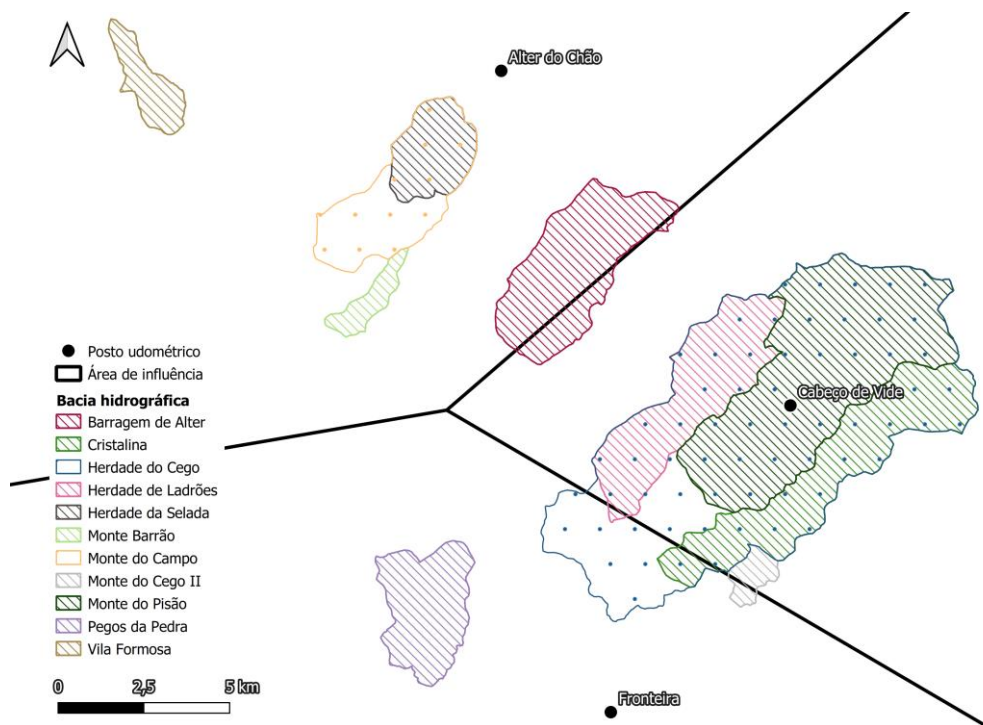
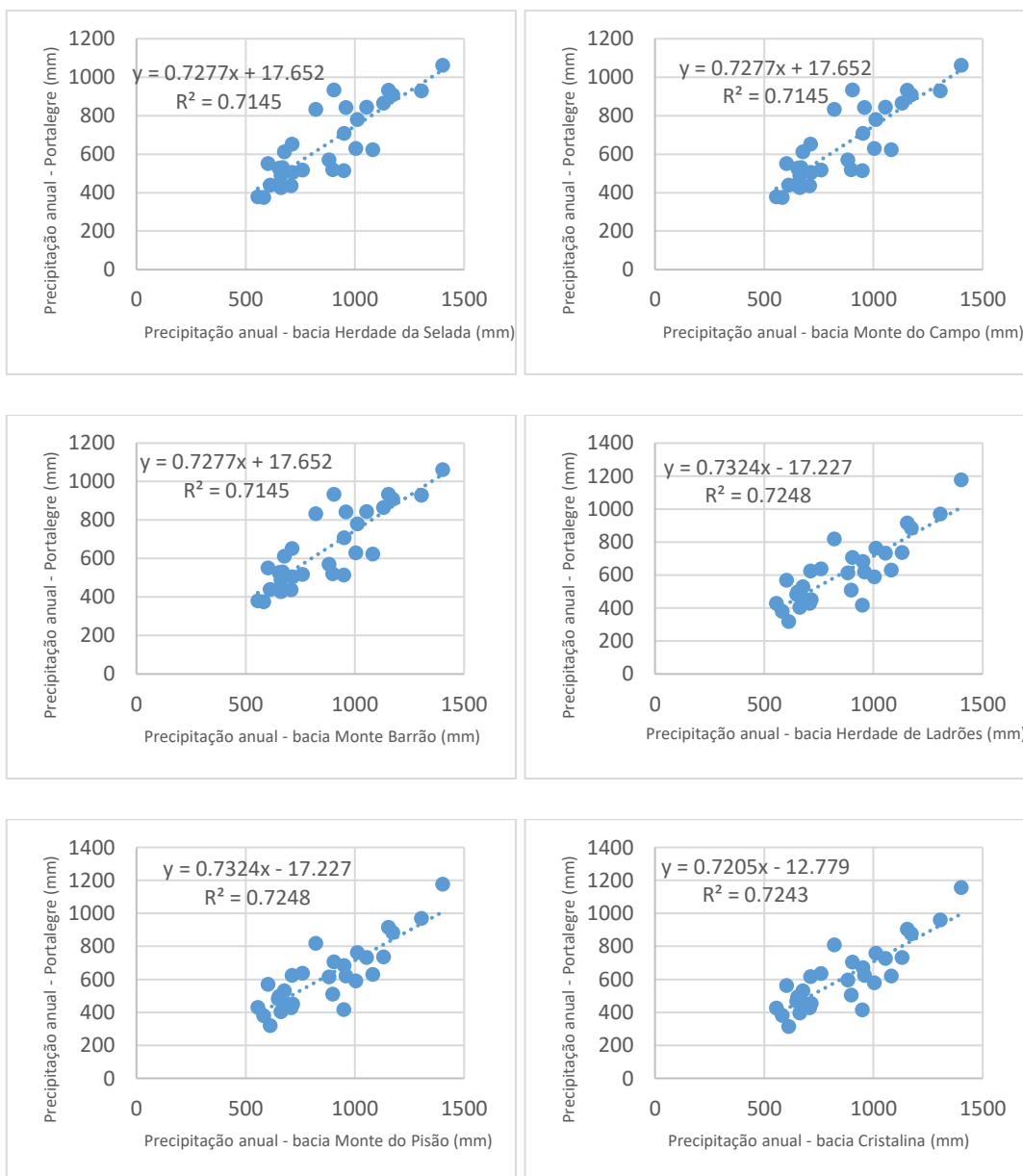


Figura 6.2 - Método de Thiessen. Precipitações ponderadas em cada uma das bacias hidrográficas

Com o objetivo de estimar as precipitações em cada bacia para um período mais recente e coincidente com o período de simulação, estabeleceram-se modelos de regressão linear entre a precipitação anual em cada bacia e a precipitação anual verificada na estação climatológica de Portalegre para o período de 1969/70 a 1998/99. Os modelos de regressão linear obtidos são apresentados nas figuras seguintes.



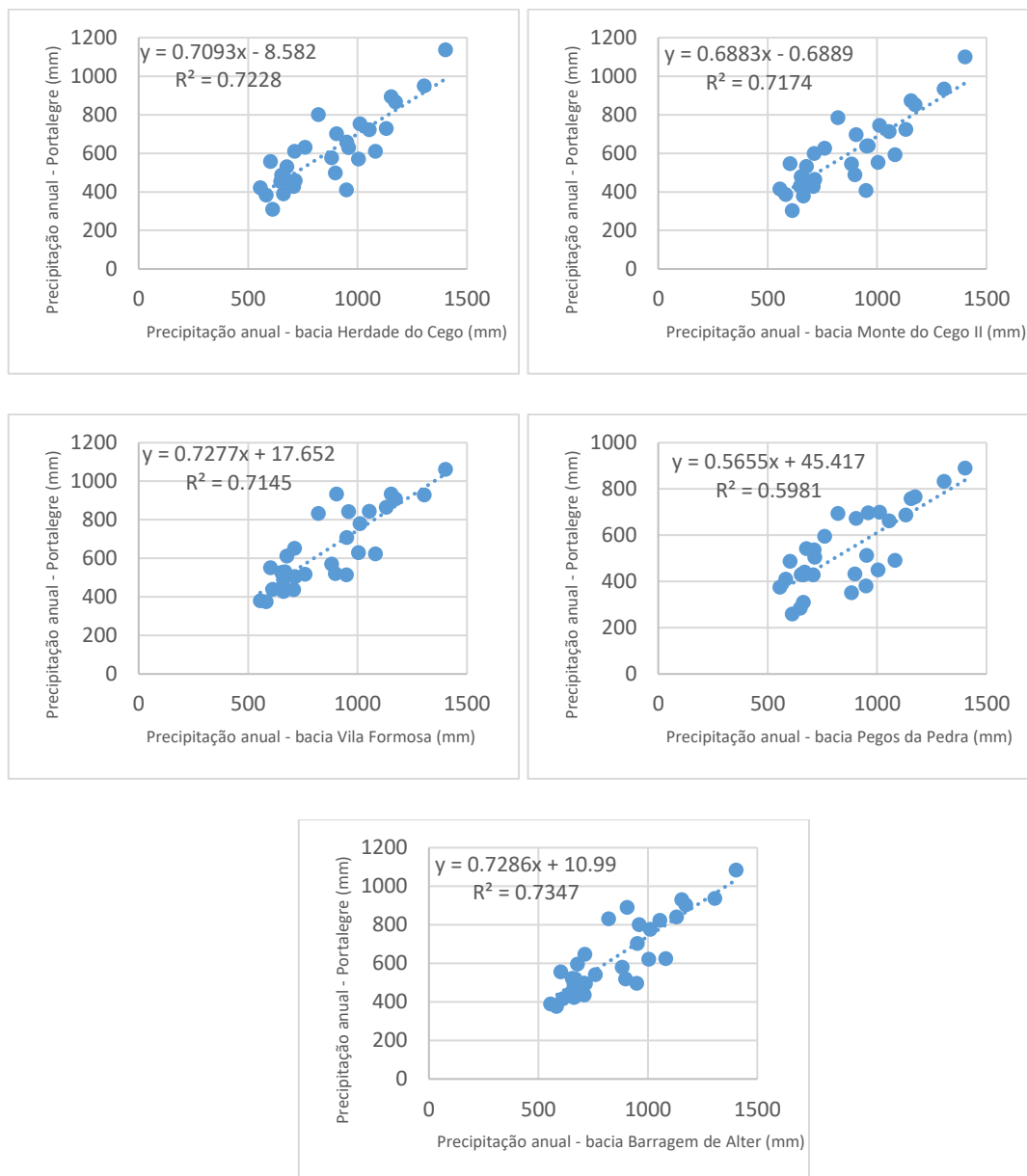


Figura 6.3 - Modelos de regressão linear entre as precipitações ponderadas para cada bacia em estudo e a estação climatológica de Portalegre – período 1969/70 a 1998/99

Tendo em conta os coeficientes de correlação obtidos (entre 0,60 e 0,73), que podem ser considerados razoáveis, usaram-se estes modelos para estimar as precipitações anuais ponderadas para a bacia hidrográfica de cada barragem estudada no período 1990/91 a 2019/20.

Com base nas séries de precipitação calculadas para cada bacia hidrográfica foi então aplicada a curva de Turc afetada de um fator de 0,874, tal como para o cálculo das aflúências à albufeira do Crato ajustadas na fase de RECAP, apresentada na **Figura 6.1**, estimando assim os escoamentos em cada bacia e as respetivas aflúências às albufeiras para o período de 1990/91

a 2019/20. Para efeitos de simulação considerou-se de uma forma conservativa que os escoamentos mensais nos meses de junho a setembro eram nulos. De referir também que nas barragens com albufeiras nas linhas de água a montante, às afluências calculadas foram descontadas as afluências da barragem a montante e adicionados os volumes descarregados mensais.

6.4 PRECIPITAÇÃO, EVAPORAÇÃO E CAUDAIS ECOLÓGICOS

No que diz respeito às precipitações que ocorrem diretamente sobre as albufeiras consideraram-se os valores de precipitação anual ponderados para cada uma das bacias.

De forma a desagregar as precipitações anuais em precipitações mensais, calcularam-se as relações $P_{\text{mensal}}/P_{\text{anual}}$ para cada mês no período 1991/92 a 2019/20, tendo como base as precipitações diárias em Portalegre apresentadas o estudo referido anteriormente.

Para cada mês calculou-se a média das relações $P_{\text{mensal}}/P_{\text{anual}}$, que após multiplicada pela precipitação anual ponderada estimada para as bacias em estudo permitiu obter a precipitação em cada mês, utilizada para efeitos de simulação.

A evaporação em cada albufeira foi obtida através dos dados da evaporação líquida para a barragem do Pisão apresentados no mesmo estudo, de forma a obter a evaporação ilíquida (sem subtrair a parcela da precipitação).

No que diz respeito aos caudais ecológicos considerou-se que esta parcela corresponderia a cerca de 15% das afluências em ano médio ou húmido e 35% em ano seco.

6.5 NECESSIDADES DE ÁGUA PARA REGA

As necessidades de água para rega totais foram calculadas para o Cenário 2, tal como indicado anteriormente. Foram ainda ajustadas as eficiências de transporte e distribuição para 98% uma vez que se trata de redes completamente enterradas e fechadas e que as distâncias das parcelas a regar às barragens dos agricultores é pequena. Assim, a eficiência global de projeto é de 0,866, com base nas necessidades hídricas ponderadas no pé da planta apresentadas anteriormente.

Em ano médio as necessidades totais de rega são de 5 144 m³/ha, sendo que em ano seco têm o valor de 5 851 m³/ha.

6.6 RESULTADOS OBTIDOS

Tendo em conta a metodologia apresentada anteriormente, a áreas máximas regadas, com uma garantia mínima de 80%, foi determinada e apresenta-se no quadro seguinte. Este quadro também inclui a área total da propriedade onde a barragem está inserida, assim como as áreas das unidades de rega em cada uma das propriedades.

Quadro 6.3 - Áreas regadas com garantia mínima de 80% a partir de cada barragem estudada

Barragem	Área regada 80% (ha)	Área da propriedade (ha)	Área UR (ha)
Herdade da Selada	19	758	96,17
Monte do Campo	51	562	123,25
Monte Barrão	17		63,78
Barragem de Alter	53	-	-
Herdade de Ladrões	60	578	116,41
Monte do Pisão	87	-	-
Cristalina	140	1200	371,12
Herdade do Cego	153		120,16
Monte do Cego II	10		189,47
Vila Formosa	22	1025	26,00
Pegos da Pedra	15	-	354,51

As áreas das propriedades aqui apresentadas têm como base os inquéritos efetuados aos agricultores na Componente A – Estudos Socioeconómicos realizados no âmbito da “Avaliação da Sustentabilidade e Desenvolvimento Integrado dos Recursos Hídricos e Energéticos do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato”. Em caso de ausência de resposta aos inquéritos, esta área foi determinada através dos limites cadastrais fornecidos pela CIMAA.

No caso das barragens de Alter, Monte do Pisão e Pegos da Pedra não foi possível determinar a área total das propriedades.

Tal como se pode verificar pela análise do quadro anterior a área máxima que pode ser regada a partir de cada uma das barragens, com uma garantia aceitável, é bastante pequena quando comparada com a área da propriedade, para aquelas propriedades onde foi possível determinar a área total.

No entanto, servem de armazenamento e complemento dos volumes aduzidos a partir do sistema de rega do Crato. Assim optou-se por dimensionar estas unidades de rega com base no caudal fictício contínuo, para não sobredimensionar toda a rede de rega.

7 REDE DE REGA

7.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para efetuar o dimensionamento do sistema de rega, para além do conhecimento das necessidades de água para rega no período de ponta foi necessário estabelecer as unidades de rega, localizar hidrantes e condutas, bem como estabelecer critérios e parâmetros de dimensionamento, como pressões mínimas a garantir em cada unidade de rega e caudais de dimensionamento.

Para a definição dos caudais de dimensionamento, torna-se necessário o conhecimento duma série de parâmetros, nomeadamente o método de distribuição de água, os métodos de rega, que irão ser utilizados pelos agricultores, e os horários de rega que irão ser praticados. É de referir que se teve em conta os parâmetros definidos no Estudo Prévio tal como já foi analisado nos capítulos anteriores.

7.2 CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE REGA

7.2.1 HORÁRIO DE REGA

O horário de rega, que depende do tipo de sistemas de rega existente e do tipo de estrutura da propriedade, determina o tempo máximo de utilização dos hidrantes. Tendo em conta os sistemas de rega preconizados – gota-a-gota e aspersão - considera-se que são suficientemente automatizáveis, para permitir um único horário de rega dilatado.

Assim, o horário de rega considerado foi de 6 dias/semana e 20 horas por dia durante o mês de ponta (julho) em ano seco, o que corresponde a um tempo máximo de utilização da rede, em período de ponta, de 540 horas/mês (20 horas/dia x 27 dias). Deste modo, visto que o mês de julho tem uma duração total de 744 h, prevê-se que o rendimento de utilização das redes de rega seja de 72,6 % ($540 / 744 = 0,726$).

7.2.2 CAUDAIS DE DIMENSIONAMENTO

O caudal de dimensionamento das bocas de rega é função das necessidades de água das culturas e do tempo máximo de utilização em período de ponta. É de referir que se considerou, para efeitos de dimensionamento, os valores das necessidades hídricas da cultura mais exigente, o milho, em ano seco, excetuando as áreas de maior dimensão (área superior a 35 ha). Nestes casos, considerou-se aceitável usar as necessidades hídricas obtidas para o modelo cultural. No

Quadro 7.1 apresentam-se os valores dos caudais específicos usados para o dimensionamento das bocas de rega.

Quadro 7.1 - Caudais de dimensionamento na boca de rega

Dotação útil (julho, ano seco) (m ³ /ha)	Ea (%)	Dotação na boca de rega (m ³ /ha)	Caudal fictício contínuo (l/s/ha)	Caudal específico (l/s/ha)
2 077	85	2 444	0,91	1,26

O caudal máximo atribuído a cada boca de rega é definido tendo em consideração as culturas previstas e a dimensão da unidade de rega beneficiada. No entanto, é geralmente superior ao caudal fictício contínuo, de forma a dar ao agricultor um certo grau de liberdade na organização das suas regas. A relação entre o caudal nominal atribuído a cada boca de rega e o caudal fictício contínuo é um indicador do “grau de liberdade” que o agricultor terá na programação da rega.

Tendo em consideração os critérios usados no Estudo Prévio e considerando os equipamentos disponíveis estabeleceram-se 18 classes de caudal para as bocas de rega (**Quadro 7.2**), tendo-se considerado os valores para os limitadores de caudal habitualmente utilizados em projetos anteriores. Considerou-se que o caudal mínimo da boca de rega é de 15 m³/h.

Quadro 7.2 - Classes de boca de rega

Classe	Caudal máx.		Área dominada máxima (ha)	Grau de liberdade	Dias de rega	Horas de rega
	m ³ /h	l/s				
1	15	4,2	2,83	1,70	27	20
2	20	5,6	3,77	1,70		
3	30	8,3	6,01	1,60		
4	40	11,1	8,01	1,60		
5	60	16,7	12,82	1,50		
6	80	22,2	17,09	1,50		
7	100	27,8	22,89	1,40		
8	120	33,3	27,47	1,40		
9	140	38,9	34,52	1,30		
10	160	44,4	39,45	1,30		
11	180	50,0	44,38	1,30		
12	200	55,6	51,28	1,25		
13	220	61,1	56,41	1,25		
14	240	66,7	61,54	1,25		
15	260	72,2	69,44	1,20		
16	280	77,8	74,78	1,20		
17	300	83,3	80,13	1,20		
18	320	88,9	85,47	1,20		

Mantiveram-se os graus de liberdade considerados no Estudo Prévio referido. É ainda de referir que nas unidades associadas a barragens se considerou um grau de liberdade igual a 1 para o dimensionamento das bocas de rega, como considerado nesse estudo e justificado anteriormente.

7.2.3 PRESSÕES MÍNIMAS A GARANTIR NA PARCELA

As pressões mínimas a garantir a jusante das bocas de rega dependem dos métodos de rega a utilizar. No entanto, neste aproveitamento optou-se por abastecer as unidades de rega sem pressão, nas zonas mais desfavoráveis.

Assim, a pressão mínima a garantir a montante das bocas de rega, será a pressão mínima que garanta o funcionamento dos equipamentos de rega de rega coletiva, isto é, 10 mca a montante do hidrante, não se garantindo qualquer pressão a jusante da boca de rega.

No entanto, admite-se que possa ser inferior em alguns pontos associados a zonas mais desfavoráveis, de modo a não sobredimensionar toda a rede. Caso seja necessário, pontualmente poderão ser considerados hidrantes apenas com um medidor de caudal em locais onde não se garanta a pressão necessária para o funcionamento da válvula hidráulica. Contudo, não poderão existir muitos destes locais sob pena de se desregular a rede de rega.

7.2.4 VELOCIDADES MÁXIMAS E MÍNIMAS DE ESCOAMENTO

O dimensionamento hidráulico das redes de rega implica a definição prévia das velocidades máximas que permitam a maximização do escoamento sem implicar perdas de carga excessivas e sem induzir o aparecimento de golpes de aríete de intensidade significativa. A definição destas velocidades tem em conta o tipo de material constituinte das condutas, sabendo-se que estas velocidades serão tanto maiores quanto maior for o diâmetro da conduta.

No **Quadro 7.3** apresentam-se os valores de velocidade máxima admissíveis, tendo em conta os diâmetros das tubagens. Define-se ainda a velocidade mínima de 0,5 m/s, com vista a permitir o arrastamento de eventual material sólido transportado pelas condutas, por forma a evitar a sua colmatção.

Quadro 7.3 - Velocidade máxima admissível

DN (mm)	V. máx. (m/s)
≤ 160	1,5
180 a 315	1,6
> 315	1,8

7.2.5 DECLIVES MÁXIMOS E MÍNIMOS

As condutas deverão apresentar, no seu traçado em perfil, declives mínimos compatíveis com o transporte do ar libertado pela água até ao local de instalação das ventosas. Por outro lado, os declives deverão ainda permitir o arrastamento de eventual material sólido transportado pela água e que não tenha ficado retido na câmara de decantação, até aos pontos onde se localizarão as descargas de fundo. Assim, e à partida, aponta-se para a utilização dos seguintes declives mínimos no que se refere ao traçado em perfil das condutas:

- declive mínimo em troços ascendentes: 0,003 m/m;
- declive mínimo em troços descendentes: 0,005 m/m.

Nas condutas de maior diâmetro ($> DN 1200$), se necessário, podem-se baixar estes declives até 0,002 m/m em troços ascendentes e 0,004 m/m em troços descendentes.

Quanto aos declives máximos, os mesmos estão associados à necessidade, ou não, de amarração das condutas que atravessem zonas mais declivosas, de forma a evitar o seu escorregamento. Em princípio adotar-se o declive máximo de 0,25 m/m, em condutas de betão com alma de aço, a partir do qual a conduta deverá ser ancorada com maciços ou juntas de travamento que garantam a sua fixação. Este valor dependerá, no entanto, das condicionantes locais das zonas de atravessamento das condutas, pelo que será definido caso a caso nos perfis longitudinais do projeto.

7.3 DELIMITAÇÃO DAS UNIDADES DE REGA

A delimitação das unidades de rega é fundamental para a posterior implantação dos hidrantes e definição das bocas de rega associadas e respetivos caudais, sendo que cada boca de rega alimentará uma unidade de rega.

A definição das unidades de rega, do traçado da rede e da localização dos hidrantes baseou-se no limite definido no Estudo Prévio de 2021 (Alternativa 2). É de referir que, comparando o limite atual do perímetro com o definido no referido Estudo Prévio, retiraram-se zonas em que poderia haver impactes ambientais consideráveis (contaminação de águas subterrâneas) (EIA, 2021) e algumas áreas na proximidade da IBA de Alter do Chão (PT017), em consequência do estabelecido na DIA. Uma análise mais pormenorizada das áreas ajustadas e excluídas foi efetuada nas notas técnicas anteriores.

De uma forma geral, o limite das unidades de rega foi efetuado ou por limites físicos (estradas, caminhos, linhas de água existentes), permitindo uma maior facilidade de acesso para exploração, manutenção e execução das obras, ou pelo cadastro disponível. Uma vez

delimitadas as unidades de rega, procedeu-se à sua agregação em unidades servidas por um hidrante, onde se concentram as respetivas bocas de rega.

Um dos aspetos mais relevantes na delimitação das unidades de rega passa pelo equilíbrio entre soluções que permitam o acesso direto à água por todos os proprietários, sem, no entanto, se traduzirem numa densidade da rede e de hidrantes que ponham em causa a viabilidade económica do empreendimento. Previu-se ainda a colocação de contadores individuais a jusante das bocas de rega sempre que a unidade é partilhada por mais de um proprietário.

De forma a reduzir os custos de instalação de hidrantes ou bocas de rega, agruparam-se parcelas de menor dimensão (sempre inferiores a 3 ha) numa área total de 6 ha, juntando-se um máximo de seis prédios. Através desta medida, perspetiva-se uma poupança ainda considerável de custos, tendo-se optado pela colocação de contadores individuais a jusante das bocas de rega, quando necessário.

A consulta pública permitiu também ajustar as unidades de rega, potenciando uma economia de bocas de rega e proporcionando o uso do menor número possível de bocas por proprietário. Também a pedido dos proprietários que participaram na consulta pública ajustaram-se algumas áreas.

Assim, a área equipada dos blocos de rega do Crato é, nesta fase, de 5 493,5 ha. Definiram-se 219 unidades de rega, com áreas entre 1,16 ha e 100,00 ha, o que corresponde a uma área média de 25,1 ha (**Quadro 7.4**). No **Quadro A1**, em anexo, são apresentados os valores das áreas das unidades de rega definidas, e que se apresentam no **Desenho 3**, para o bloco de rega do Crato, à escala 1:10 000.

Quadro 7.4 - Unidades de rega

Bloco de rega	Área equipada (ha)	Nº de unidades de rega	Área média das unidades de rega (ha)	Área mínima (ha)	Área máxima (ha)
Crato	654,5	26	25,17	1,82	87,89
Alter do Chão	3 144,6	162	19,41	1,16	100,00
Fronteira e Avis	1 694,5	31	54,66	10,06	100,00
A.H. Crato	5 493,5	219	25,08	1,16	100,00

7.4 LOCALIZAÇÃO DOS HIDRANTES

O traçado das condutas efetua-se, em simultâneo com a localização dos hidrantes, tendo em conta, não só os limites prediais, a topografia existente e as redes viária e de drenagem existentes, como também a localização da origem da água e o traçado do adutor.

Grande parte da rede de rega corresponde a rede de rega gravítica em pressão (rede não pressurizada na sua origem, mas com pressão natural), pelo que é extremamente importante localizar as condutas a cotas que permitam esse tipo de distribuição. A montante dos hidrantes dever-se-á ainda garantir a pressão mínima de 10 mca, para permitir o funcionamento das válvulas hidráulicas destes equipamentos.

Assim, o traçado em planta da rede de rega foi efetuado de modo a assegurar, ao longo da conduta, cargas hidráulicas nos hidrantes, em geral, superiores a 10 mca, admitindo que o nível de água no reservatório de regulação se encontra próximo do nível mínimo de exploração.

A localização dos hidrantes efetua-se, em articulação com o traçado das condutas e tendo essencialmente como base os seguintes elementos:

- linha piezométrica;
- dimensão das unidades de rega, sua configuração e parcelas dominadas;
- acessos existentes;
- altimetria da unidade de rega;
- tipos de hidrantes/bocas de rega.

No geral, os critérios adotados nesta localização permitiram que os hidrantes fossem implantados:

- em locais acessíveis, nomeadamente junto a caminhos agrícolas;
- nos limites das parcelas, facilitando o acesso a todos os proprietários;
- perto de equipamentos de rega já existentes e a manter;
- nos pontos altos das parcelas abrangidas.

Pretendeu-se ainda que a densidade e a localização dos hidrantes seja tal que permita um acesso à água em condições, tanto quanto possível, semelhante para todos os utilizadores, nomeadamente no que se refere à distância à zona mais afastada das parcelas. Optou-se ainda por localizar os hidrantes à entrada das propriedades.

Procurou-se, sempre que possível, minimizar o número de hidrantes e o comprimento das condutas. Cada hidrante apresenta várias bocas de rega e cada boca de rega está associada a

uma única unidade de rega. Unidades de rega de maior dimensão podem ter associadas duas bocas de rega.

É de salientar que as consultas públicas permitiram realizar alguns ajustes na localização dos hidrantes de forma a minimizar a quantidade de equipamentos a instalar, o que origina uma poupança de custos. Também a pedido dos agricultores que participaram nas consultas, fizeram-se alguns ajustes, sempre que possível. Adicionalmente, a DIA refere como condicionante para a implementação do aproveitamento, a alteração do traçado da rede de rega de forma a não interferir com as áreas da IBA. Assim, o traçado foi reajustado de forma a cumprir com este requisito, como se pode observar na **Figura 7.1**.

No **Quadro 7.5** resume-se o número de hidrantes e de bocas de rega a instalar, sendo o traçado da rede e a localização dos hidrantes apresentada no **Desenho 2**, à escala 1:25 000, e no **Desenho 3**, à escala 1:10 000.

Quadro 7.5 - Número de hidrantes e de bocas de rega - Bloco do Crato

Bloco	Área (ha)	Nº hidrantes	Área média por hidrante (ha)	Nº de bocas de rega	Área média por boca de rega (ha)
Crato	654,5	19	34,44	27	24,24
A.H. Crato	5 493,5	128	42,92	226	24,31

7.5 TRAÇADO DA REDE DE REGA

Por razões de ordem económica, procurou-se implantar as condutas sensivelmente no centro de gravidade dos consumos. Para além dos critérios já referidos, as condutas desenvolvem-se ao longo dos caminhos existentes e/ou nas extremas dos limites prediais, devido à maior facilidade de acesso para execução das obras, bem como das condições de exploração e manutenção.

Para os ramais geralmente de menores diâmetros, o traçado define-se em função da localização dos hidrantes e atendendo aos seguintes critérios:

- aproveitamento do traçado de caminhos e outros limites físicos existentes;
- implantação ao longo dos limites de propriedade;
- redução ao mínimo do número de acessórios a utilizar.

A localização das condutas ao longo dos caminhos permite um fácil acesso às condutas durante a implantação da obra e sempre que ocorram quaisquer problemas, como por exemplo ruturas. Adicionalmente, permite também minimizar os encargos extra-construção (expropriação,

indenizações, etc.). No desenvolvimento das condutas também se teve em conta a minimização do número de travessias em estradas asfaltadas.

Por último, a rede de drenagem foi ainda tida em consideração, nomeadamente no que se refere ao parcelamento induzido e às passagens inferiores das condutas. Neste sentido, evitou-se, sempre que possível, a implantação das condutas ao longo de linhas de água principais.

Na **Figura 7.1** pode visualizar-se um esquema geral do traçado da rede de rega e a localização dos hidrantes a instalar.

O traçado da conduta elevatória e das condutas de rega relativas ao bloco do Crato, é apresentado no **Desenho 3**, à escala 1:10 000. As plantas e perfis longitudinais, à escala 1:2 000 (H); 1:200 (V), das condutas de rega são apresentadas nos **Desenhos 4 a 8**, onde estão indicados também todos os órgãos de manobra e segurança, como ventosas, descargas de fundo, válvulas de seccionamento e hidrantes. As plantas geológicas, os perfis e pentes geológico-geotécnicos são apresentados nos **Desenhos G08 e G09**.

No **Desenho 9** apresenta-se o mapa de todos os nós existentes na rede. Nos nós não foram considerados os troços retos eventualmente necessários para ligação dos diversos acessórios. Com efeito, incluíram-se estes troços no comprimento total da tubagem.

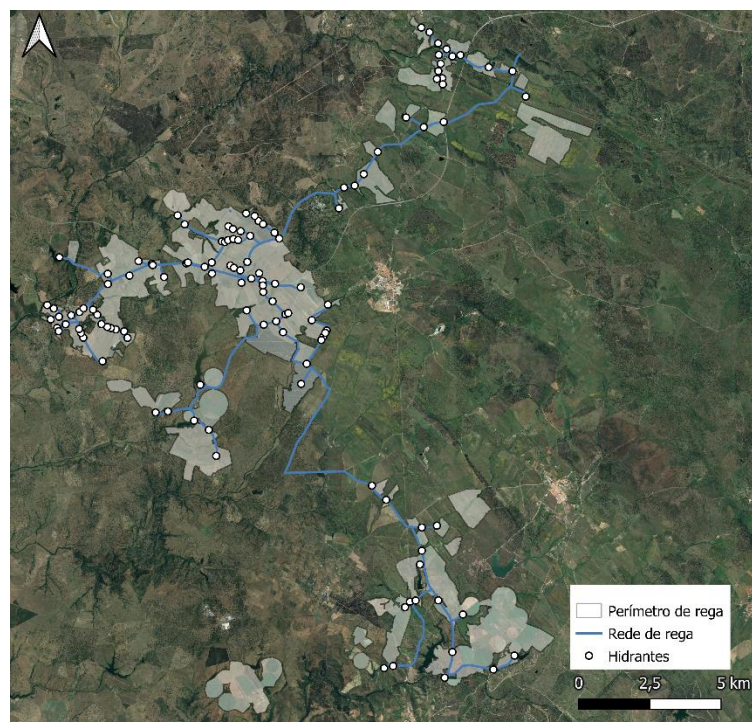


Figura 7.1 - Traçado da rede de rega proposto

7.6 MATERIAIS A UTILIZAR NAS CONDUTAS E ACESSÓRIOS

Para este perímetro de rega 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 adoção dos seguintes materiais:

- Diâmetros inferiores a 700 mm - PEAD (MRS 100) com soldadura topo a topo;
- Diâmetros iguais ou superiores a 700 mm - Betão com alma de aço (BT).

Para as tubagens em PEAD, os acessórios serão do mesmo material com soldadura topo a topo.

Para as 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.

8 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE REGA

8.1 CÁLCULO DOS CAUDAIS DE DIMENSIONAMENTO

8.1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O dimensionamento da rede deve ser efetuado de modo a assegurar o transporte de determinados caudais, que conduzam a uma solução global equilibrada, quer em termos de custo, quer do ponto de vista das condições de funcionamento.

Os parâmetros que caracterizam os métodos de distribuição de água são o caudal, a frequência e a duração da distribuição de água.

Na distribuição a pedido, normalmente não se restringe nem a frequência nem a duração de rega. A única restrição imposta ao agricultor é o caudal máximo que poderá ser derivado na boca de rega, que é função das necessidades de água das culturas e do tipo de instalações de rega a utilizar ao nível da parcela, condicionantes do tempo máximo de utilização das respetivas bocas de rega. Nesta situação, cada agricultor beneficiado tem total liberdade para abertura das bocas de rega ou hidrantes existentes na sua propriedade, sem efetuar qualquer aviso prévio aos responsáveis pela gestão do perímetro. Para efeito, os hidrantes / bocas de rega são equipados com um limitador de caudal.

Apesar da total liberdade na frequência e duração da rega, constata-se, na prática, que a percentagem de bocas de rega em funcionamento simultâneo varia na razão inversa do número total de bocas existentes em determinada rede coletiva. Assim, cada troço da rede é dimensionado apenas para um certo número de bocas de rega em funcionamento simultâneo, inferior ao número total, e corresponde a uma certa probabilidade de ocorrência, pelo que em geral, os caudais específicos de dimensionamento diminuem de jusante para montante.

O caudal máximo que poderá, potencialmente, ser solicitado em cada troço da rede, será igual à soma do caudal nominal de todas as bocas de rega que se encontrem a jusante. Contudo, o consumo deste caudal apenas se verificará quando todas essas bocas se encontrarem em funcionamento simultâneo.

Neste contexto, como o funcionamento das diversas bocas é independente, a probabilidade de tal acontecer diminui com o aumento do número de bocas de rega. Assim, por um lado, habitualmente dimensionam-se os troços das extremidades da rede (troços que dominam de 4 a 10 bocas de rega) para a soma dos seus caudais nominais. Por outro, nas condutas principais não é razoável dimensionar as mesmas para transportar a soma dos caudais de todas as bocas

instaladas na rede a jusante. Neste sentido, geralmente, dimensionam-se essas condutas para transportar um caudal correspondente a um determinado número de bocas de rega em funcionamento simultâneo e inferior ao número total de bocas instalado, de acordo com uma determinada probabilidade de ocorrência.

O caudal que será necessário transportar nos diversos troços da rede, para determinada probabilidade de não ser ultrapassado, pode ser calculado pela metodologia desenvolvida por Clément.

Assim, o primeiro modelo de Clément considera que o número de bocas de rega abertas, em simultâneo, numa rede de rega segue a distribuição Binomial, e que, a partir de 10 bocas de rega, pode ser aproximado pela distribuição normal. Este modelo é generalizadamente utilizado no dimensionamento de redes de rega.

8.1.2 METODOLOGIA DE CÁLCULO

Na adoção do método de distribuição de água a pedido, considerando-se o primeiro modelo (ou 1ª fórmula) de Clément, está subjacente que a probabilidade de todas as bocas de rega estarem simultaneamente abertas é reduzida, e que o número de bocas de rega abertas em simultâneo segue a distribuição binomial.

Na distribuição a pedido, o único parâmetro da distribuição que é restringido é o caudal máximo, que pode ser derivado em cada boca de rega, sendo que estas estão equipadas com um limitador de caudal.

O caudal máximo atribuído a cada boca de rega é definido de acordo com a ocupação cultural preconizada e a dimensão da unidade de rega beneficiada. No entanto, é superior ao caudal fictício contínuo, de forma a dar ao agricultor um certo grau de liberdade na programação da rega. Este grau de liberdade é um indicador estabelecido em função da relação entre o caudal nominal atribuído a cada boca de rega e o caudal fictício contínuo.

Como o caudal máximo atribuído a cada boca de rega é superior ao caudal fictício contínuo, o tempo de funcionamento das diversas bocas de rega é inferior a 24 horas/dia.

Os parâmetros mais importantes para o dimensionamento das redes coletivas de rega, com distribuição a pedido, são os seguintes:

- a) Duração do período de ponta;
- b) Tempo máximo de utilização das bocas de rega no período de ponta;
- c) Rendimento de utilização da rede;
- d) Probabilidade média de abertura das bocas de rega;
- e) Modelo probabilístico a adotar e qualidade de funcionamento.

De seguida analisa-se com maior pormenor cada um destes parâmetros.

a) Duração do período de ponta (T)

Dado que o cálculo das necessidades de água foi efetuado com uma base mensal, considera-se que a duração do período de ponta (mês de julho) é de 744 horas (31 dias x 24 horas = 744 horas).

b) Tempo máximo de utilização das bocas de rega (T')

Admite-se que o tempo máximo de utilização das bocas de rega, no período de ponta é de 540 horas (20 horas/dia x 27 dias), correspondentes a uma utilização em 20 horas/dia, durante 6 dias por semana (ou em 27 dias por mês).

c) Rendimento de utilização (r)

O dimensionamento das redes coletivas de rega é, geralmente, efetuado para atender aos consumos verificados em período de ponta com duração (T), que, como se referiu, na região é o mês de julho, com uma duração total de 744 horas.

Contudo, durante este período, a rede de rega não é utilizada continuamente na sua máxima capacidade, existindo períodos mortos, durante os quais são solicitados caudais inferiores aos caudais de ponta. Assim, se considerarmos que T' é o período real de utilização da rede, poder-se-á definir o rendimento de utilização como a razão de T' por T.

Tendo em conta o tempo máximo de utilização considerado anteriormente, obteve-se um rendimento de utilização de 72,6 % (540/744 x100).

d) Probabilidade média de abertura das bocas de rega (p)

A probabilidade média de abertura das bocas de rega é de grande importância para o cálculo dos caudais de dimensionamento, já que traduz o funcionamento das bocas de rega. Este corresponde à base da estimativa do número total de bocas de rega que entram em funcionamento simultâneo e, consequentemente, do caudal máximo que previsivelmente será solicitado à rede em cada instante.

O tempo médio de funcionamento de um troço de rede (t'), no qual existem R bocas de rega, é igual a:

$$t' = \frac{\text{Volume de água a aplicar}}{\text{caudal nominal}} = \frac{D \cdot T}{d \cdot R}$$

Onde: t' = tempo médio de funcionamento (horas); D = caudal fictício contínuo necessário para regar uma certa área (m³/h); T = tempo da duração do período de ponta (horas); d = caudal nominal das bocas de rega (m³/h) e R = número de bocas de rega existentes na rede.

A frequência (F) ou a probabilidade (p) de funcionamento de uma boca de rega é obtida a partir da expressão:

$$p = \frac{1}{F} = \frac{t'}{T} = \frac{t'}{rT} = \frac{D}{rRd}$$

enquanto que (1 – p) corresponde à probabilidade de encontrar uma boca de rega fechada.

Caso exista mais do que uma classe de bocas de rega, sendo i o número de classes de bocas de rega estabelecido, a probabilidade média de abertura das bocas de cada classe é definida por:

$$p_i = \frac{D_i}{r_i R_i d_i}$$

No **Quadro 8.1** indicam-se as probabilidades de abertura das diversas classes das bocas de rega a instalar.

Quadro 8.1 - Classes de caudais das bocas de rega e probabilidade de abertura

Classe	Caudal		Probabilidade de abertura (%)
	(m³/h)	(l/s)	
1	15	4,2	63,09
2	20	5,6	73,94
3	30	8,3	69,81
4	40	11,1	77,23
5	60	16,7	75,25
6	80	22,2	84,76
7	100	27,8	90,50
8	120	33,3	95,96
9	140	38,9	100,00
10	160	44,4	100,00
11	180	50,0	100,00
12	200	55,6	100,00
13	220	61,1	100,00
14	240	66,7	100,00
15	260	72,2	100,00
16	280	77,8	100,00
17	300	83,3	-
18	320	88,9	100,00

e) Modelo probabilístico a adotar e qualidade de funcionamento

O modelo probabilístico adotado, primeiro modelo de Clément, descreve o processo de abertura e fecho das bocas de rega através da distribuição binomial, caracterizada pela média $\mu = R p$ e variância $\sigma^2 = R p (1 - p)$.

A probabilidade acumulada, P_q , de haver um máximo de N bocas a funcionarem em simultâneo,

no total de R existentes na rede, é

$$P_q = \sum_{K=0}^N C_R^K p^K (1-p)^{(R-K)}$$

onde:

$$C_R^K = \frac{R!}{K! (R-K)!}$$

é o número de combinações de K bocas em funcionamento simultâneo, num total de R bocas existentes na rede de rega.

Quando o número total de bocas existente na rede é suficientemente grande ($R > 10$), e p é superior a 0,3, a distribuição binominal, que descreve o processo de abertura e fecho das bocas de rega, aproxima-se da distribuição normal.

A 1ª equação de Clément, que permite determinar o número de bocas de rega em funcionamento simultâneo, é então dada pela seguinte expressão:

$$N = R p + U(P_q) \sqrt{R p (1-p)}$$

Onde $U(P_q)$ é a normal reduzida correspondente à probabilidade P_q da distribuição normal. Para troços que dominam até 5 bocas de rega, considera-se uma qualidade de funcionamento igual a 100 %, isto é, os troços são dimensionados para a soma dos caudais de todas as bocas de rega instaladas a jusante. Para os restantes troços utilizam-se valores de P_q que variam de 80 % a 99 %.

Os valores de $U(P_q)$ e de P_q , com utilização generalizada no dimensionamento das redes coletivas de rega com distribuição a pedido são apresentados no **Quadro 8.2**.

Quadro 8.2 - Valores da qualidade de funcionamento da rede.

P_q	$U(P_q)$	P_q	$U(P_q)$
0,90	1,285	0,95	1,645
0,91	1,345	0,96	1,755
0,92	1,405	0,97	1,885
0,93	1,475	0,98	2,055
0,94	1,555	0,99	2,324

Assim, quando as bocas de rega têm o mesmo caudal nominal, o caudal de dimensionamento de um troço t de tubagem é dada por:

$$Q_t = R p d + U(P_q) \sqrt{R p (1-p) d^2}$$

e, caso existam várias classes de bocas de rega, o caudal calcula-se a partir de:

$$Q_t = \sum_i R_i p_i d_i + U(P_q) \sqrt{\sum_i R_i p_i (1-p_i) d_i^2}$$

sendo i o número de classes de boca de rega existentes e d_i os caudais nominais correspondentes.

É de referir que ainda se consideraram coeficientes de redução da probabilidade média de abertura (**Quadro 8.3**). O valor de eficiência de distribuição considerado foi de 98 %.

Quadro 8.3 - Coeficiente de redução aplicados

Número de bocas de rega	Coeficiente de redução
<5	1,00
6 - 12	0,95
13 -20	0,90
21 - 30	0,85
31 - 40	0,80
> 40	0,73

8.1.3 CÁLCULO DOS CAUDAIS A PEDIDO

Apesar do modelo estar associado a algumas limitações, este continua a ser o modelo mais recorrentemente utilizado. Deste modo, o cálculo dos caudais de dimensionamento da rede do perímetro de rega do Crato, foi efetuado através do primeiro modelo de Clément, recorrendo-se a um programa de cálculo automático, adotando os princípios definidos anteriormente.

Os caudais de dimensionamento, nos vários troços das redes de rega, são apresentados no **Quadro A2**, em anexo. No **Quadro 8.4** indica-se o caudal total de dimensionamento, bem como o caudal específico correspondente.

Quadro 8.4 - Caudais de dimensionamento na rede de rega

Área das UR (ha)	Caudal total instalado, Q_t (l/s)	Caudal de dimensionamento, Q_d (l/s)	Q_d/Q_t (%)	Caudal específico (l/s/ha)
5 493,5	6 525	5 007	0,77	0,91

No projeto da estação elevatória e do adutor este valor foia aproximado para 5,01 m³/s.

8.2 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA REDE DE REGA

8.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

No dimensionamento de uma rede de rega, para além dos aspetos hidráulicos relacionados com as velocidades mínimas e máximas do escoamento, há que ter em conta os custos de investimento a realizar na rede de rega, tendo em conta a cota piezométrica inicial.

Para a obtenção da solução mais económica foi utilizada a técnica da programação linear, pela qual é possível determinar, através de um processo iterativo, a solução de menor custo. De forma a resolver o problema de programação linear utilizou-se o método simplex modificado.

8.2.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR À OTIMIZAÇÃO DA REDE DE REGA

O cálculo baseia-se no custo das tubagens e nas respetivas perdas de carga, sendo necessário definir o tipo de material a aplicar na constituição das condutas. Como já referido anteriormente, considerou-se, para a otimização desta rede de rega, a utilização de tubagens de PEAD para todas as tubagens até 630 mm e em betão com alma de aço a partir desse diâmetro.

Uma vez estabelecido o traçado da rede de rega, foram caracterizados todos os troços, relativamente ao comprimento, caudal de dimensionamento, e cotas dos nós localizados a montante e a jusante. Caracterizada a rede, a otimização de diâmetros foi efetuada através de um programa de cálculo automático baseado na programação linear (método do *simplex* modificado). A seleção dos diâmetros candidatos foi feita através da equação da continuidade, admitindo uma velocidade mínima de 0,5 m/s e máxima de 1,8 m/s. Na otimização da conduta elevatória, tendo em conta o diâmetro a velocidade máxima admitida foi de 2,0 m/s.

As perdas de carga contínua foram determinadas pela fórmula de *Colebrook-White*, admitindo uma rugosidade absoluta de 0,3 mm para as condutas de BT e de 0,03 mm para condutas em PEAD. Para além das perdas de carga contínuas, teve-se adicionalmente em consideração as perdas de carga localizadas tendo-se admitido um valor igual a 10 % das perdas de carga contínuas.

Considerou-se que a carga mínima a montante dos hidrantes era, tal como referido anteriormente de 10 m.c.a., ou seja, o suficiente para o funcionamento da válvula hidráulica.

Para a definição dos custos, considerou-se o custo da tubagem propriamente dita, incluindo os elementos das juntas, os custos do movimento de terras e também os custos de mão-de-obra para a sua instalação.

A rede de rega do bloco do Crato, com início na conduta elevatória (condutas CE1, CE2 e CE3), será alimentada a partir da estação elevatória sempre que esta se encontra em funcionamento. Quando a estação está parada estas condutas são abastecidas a partir do reservatório de regularização. A rede de rega do bloco de Alter do Chão e de Fronteira e Avis são abastecidas sempre a partir do reservatório de regularização.

Assim, a otimização teve de ser efetuada de forma separada. Para a fixação do nível mínimo de exploração no reservatório foi efetuada uma análise conjunta da rede de rega, conduta elevatória e energia.

É de referir que, para a otimização dos diâmetros dos troços da rede de rega do bloco do Crato, considerou-se a situação menos favorável, nomeadamente a alimentação das condutas a partir do reservatório de regularização.

Por outro lado, considerou-se que o diâmetro mínimo a adotar nos ramais terminais da rede de rega é de 110 mm de modo a não limitar uma possível extensão em fase de exploração da rede de rega.

8.2.3 OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA ELEVATÓRIO E DA REDE DE REGA

Para a definição das cotas de funcionamento do reservatório, é necessário efetuar uma análise conjunta entre o custo da rede de rega e do sistema elevatório e o custo da energia consumida na estação elevatória ao longo de um período de, pelo menos, 30 anos.

Esta otimização foi efetuada em fase de nota técnica, com base em preços atualizados aos fabricantes das tubagens de betão e PEAD. Para os preços de energia foram analisados os custos energéticos em 2021 e 2022 da estação elevatória do Estácio do EFMA, estação esta com um modo de funcionamento e potência similares à estação elevatória em estudo.

Num sistema como o preconizado para o Aproveitamento Hidroagrícola do Crato, com bombagem para um reservatório elevado com uma rede gravítica a jusante, e em que o peso da conduta elevatória é significativo, a otimização deverá ser efetuada em duas fases. Por um lado, o custo da rede de rega gravítica a jusante do reservatório baixa à medida que a cota do nível mínimo no reservatório é mais elevada. Pelo contrário, quando mais elevado for a cota do reservatório, mais cara será a conduta elevatória, para a mesma altura de elevação na estação elevatória.

Assim, considerando um valor mínimo de 10 m.c.a. nos hidrantes, foi efetuada, numa primeira fase, a otimização da rede de rega considerando o custo da tubagem instalada em vala, incluindo movimento de terras. A otimização foi efetuada para os vários valores para a cota do NME no

reservatório. Considerou-se que o nível de água no reservatório, para o caudal de dimensionamento, se encontra 1 m acima do NME.

O custo do sistema elevatório a montante do reservatório varia de acordo com a cota piezométrica à saída da estação elevatória e o nível no reservatório. Assim, a otimização foi efetuada considerando várias cotas piezométricas à saída da estação elevatória. Para cada um dos valores anteriores foram considerados os vários valores de NME do reservatório considerado anteriormente, obtendo-se um total de 42 combinações de valores.

Após a otimização dos sistemas indicados anteriormente foram determinados os custos energéticos associados a cada uma das alturas de elevação.

Com base nas dotações médias anuais (5 144 m³/ha/ano) e na área total a regar (5 494 ha) determinou-se o volume elevado anualmente, o número de horas de bombagem por ano (considerando um caudal na estação elevatória de 5,01 m³/s) e as potências necessárias para cada uma das alturas de elevação testadas (considerando a perda de carga total na estação elevatória, um nível médio na albufeira do Pisão à cota 234,5 m e um rendimento da bombagem de 85 %). A otimização foi efetuada considerando um nível médio no reservatório de 2 m acima do NME.

Considerando um custo médio de energia de 0,15 €/kWh, valor este obtido a partir de dados concretos de estações semelhantes, em 2022, considerando todos os encargos energéticos, foram determinados os valores dos custos da conduta elevatória, das redes de rega e do custo de energia.

Para determinar a combinação mais económica determinou-se o Valor Atualizado Líquido (VAL) a 30 anos, considerando o custo da rede de rega e os custos energéticos anuais, para taxas de desconto de 4, 6 e 8%.

Para os custos energéticos anuais foi ainda considerada a taxa de adesão ao regadio utilizada na fase de Estudo Prévio que se apresenta no quadro seguinte:

Quadro 8.5 - Taxa de adesão ao regadio

Anos	Taxa de adesão ao regadio
1º ano	30%
2º ao 5º ano	50%
6º ao 10º ano	70%
11º ao 20º ano	80%
21º ao 30º ano	85%

A solução para a qual se obtém um VAL mais baixo, corresponde à solução em que a cota piezométrica à saída da estação elevatória é a 277 m, e o NME no reservatório se encontra à cota 266 m.

Caso o custo da energia duplicasse (0,30 €/kWh), a solução para a qual se obtém um VAL mais baixo corresponde à cota piezométrica à saída da estação elevatória de 276 m, mantendo-se o NME do reservatório.

Caso o custo da energia baixe para 0,05 €, tendo em conta as fontes de energia fornecidas pelas duas centrais fotovoltaicas e pela mini-hídrica, que se destina em parte ao auto-consumo da estação elevatória, a solução mais vantajosa corresponde à cota piezométrica à saída da estação elevatória de 278,5 m, e o NME no reservatório à cota 266 m, para uma taxa de desconto de 4%. Para as taxas de desconto de 6 % e 8 % a solução mais vantajosa corresponde à cota piezométrica à saída da estação elevatória é a 279 m e o NME no reservatório se encontra à cota 267 m.

Assim, tendo em conta que as diferenças são pouco significativas, optou-se por fixar o NME do reservatório à cota 266 m, e a cota piezométrica à saída da estação elevatória de 277 m. No entanto a altura de elevação final é determinada, de forma detalhada, no projeto de execução da estação elevatória.

8.2.4 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE REGA DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO

Neste contexto, estabeleceu-se uma cota piezométrica de 267,0 m, ou seja, 1 m acima do nível mínimo de exploração fixado para o reservatório (266,0 m) para a otimização da rede de rega, tendo em conta que a otimização é efetuada para o caudal nominal. A pressão máxima (estática) foi definida pelo NPA do reservatório, à cota 271,0 m.

O dimensionamento da rede de rega apresentado foi efetuado considerando a alternativa requisitada na DIA, em que a rede de rega não deveria interseccionar zonas protegidas – IBA. No **Quadro A3** apresenta-se o dimensionamento hidráulico com o escoamento a partir do reservatório. No **Quadro A4** apresenta-se a situação de funcionamento a partir da estação elevatória. Apresenta-se no **Quadro 8.6** um resumo dos resultados obtidos para o Aproveitamento Hidroagrícola do Crato. Como se pode verificar, a densidade de rede, sem considerar a conduta elevatória, obtida é bastante baixa, na ordem dos 15,8 m/ha, mas normal para a região, visto as propriedades terem uma dimensão ainda considerável.

Quadro 8.6 - Densidades e diâmetros máximos e mínimos das redes de rega

Área equipada (ha)	Comprimento (km)	Densidade (m/ha)	φ máximo (mm)	φ mínimo (mm)
5 493,5	86,6	15,8	1800	110

A rede de rega, apesar de ser apenas um único sistema foi dividida nos três blocos de rega, permitindo o lançamento de empreitadas separadas, caso necessário. Assim, para o bloco de rega do Crato serão instalados 7,8 km de condutas, distribuídos de acordo com o **Quadro 8.7**.

Quadro 8.7 - Diâmetros e pressões de funcionamento das tubagens no bloco de rega do Crato

Material	DN (mm)	Comprimento (m)					
		PN 6	PN 8	PN 10	PN 12.5	PN 16	Total
PEAD	630	-	592	279	-	-	872
PEAD	560	-	866	418	634	-	1919
PEAD	450	-	-	-	954	-	954
PEAD	400	-	43	790	-	-	833
PEAD	355	-	-	-	104	-	104
PEAD	280	237	634	-	913	-	1785
PEAD	250	-	-	487	-	-	487
PEAD	200	-	185	-	-	-	185
PEAD	180	-	-	-	340	-	340
PEAD	140	-	-	88	-	-	88
PEAD	110	-	224	-	-	-	224
Total		237	2544	2063	2945	0	7790

9 ÓRGÃOS DE EXPLORAÇÃO E SEGURANÇA

9.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os órgãos de comando, manobra e segurança serão constituídos por válvulas de seccionamento, ventosas e descargas de fundo, hidrantes e bocas de rega, cujo objetivo é o de assegurar o bom funcionamento da rede de rega e o seccionamento de troços da rede para reparação de condutas. Estes equipamentos são descritos, em maior pormenor nos pontos seguintes.

9.2 HIDRANTES E BOCAS DE REGA

Os hidrantes são órgãos hidráulicos que têm por objetivo assegurar a distribuição de água aos regantes a partir da rede coletiva de rega. Os hidrantes encontram-se, portanto, na transição entre a rede coletiva e as redes individuais que os agricultores deverão instalar ao nível das parcelas. Os hidrantes fazem parte integrante da rede coletiva e apenas deverão ser manobrados pelo responsável da gestão da rede. Estes órgãos devem cumprir os seguintes objetivos:

- estabelecer ou interromper o fornecimento de água através de um dispositivo de obturação, tipo válvula de seccionamento, para permitir a remoção da boca de rega sem interrupção do abastecimento para os outros beneficiários;
- quantificar os volumes distribuídos pelas bocas de rega;
- regular a pressão a jusante através de um regulador de pressão;
- limitar o caudal debitado pela boca de rega através de limitadores de caudal;
- ligar à rede terciária do beneficiário.

O diâmetro do hidrante é dado pelo diâmetro da conduta de derivação da rede. O dispositivo de obturação não deverá ser utilizado como órgão de regulação de caudal, devendo encontrar-se em situação normal totalmente aberto. Destina-se, portanto, apenas a interromper o fornecimento geral da água. A velocidade do fecho deverá ser relativamente reduzida por forma a evitar o choque hidráulico, quer na rede coletiva, quer na rede ao nível da parcela.

Os dispositivos das bocas de rega deverão desempenhar as seguintes funções:

- regular a pressão a jusante (nos casos em que a pressão a montante da válvula hidráulica é superior a 45 mca);
- limitar o caudal derivado;
- contar os volumes de água fornecidos;

- seccionar o escoamento à saída da boca de rega.

O hidrante deverá ser constituído por uma ventosa de três funções e um dispositivo de obturação (válvula de seccionamento), comum a todas as bocas de rega e uma válvula hidráulica de controle (equipada com contador volumétrico, limitador de caudal e regulador de pressão). A jusante, de modo a poder ser manobrado pelo agricultor, tem instalado uma válvula de borboleta tipo sandwich.

O contador volumétrico deverá estar equipado com emissor de impulsos de forma a fornecer ao sistema de controlo os caudais que estão a ser consumidos. As válvulas de controlo deverão estar equipadas também com electroválvula piloto que permite fechar à distância a válvula de controlo, interrompendo assim o fornecimento da água.

Os dispositivos de obturação deverão ainda permitir o fecho total do hidrante para a sua manutenção, mantendo a rede em pressão.

De acordo com os caudais a derivar em cada boca de rega, as pressões de serviço e, atendendo aos critérios referidos anteriormente, definiram-se as características de todos os hidrantes e das diversas bocas de rega que se prevê instalar na rede em projeto. Estas características são apresentadas no **Quadro A5** em anexo.

A ligação dos hidrantes às condutas de derivação da rede, em PEAD, será feita através de um tê e troço em PEAD com um stub-end na extremidade, tal como indicado nos **Desenhos 12 e 13**. Nas ligações às condutas de betão com alma de aço o troço de ligação será também em PEAD. A localização dos hidrantes é ainda apresentada em planta e perfil, nos **Desenhos 4 a 8**, assim como no mapa de nós (**Desenho 9**).

Os hidrantes serão devidamente protegidos através de câmaras de betão pré-fabricado com acesso através da cobertura, por meio de uma tampa em chapa de aço devidamente protegida contra a corrosão (**Desenho 34**).

Nos casos em que a boca de rega serve parcelas que estão separadas por valas ou caminhos serão utilizadas saídas isoladas. As saídas isoladas são condutas em PEAD, ligadas à boca de rega ou válvula de controlo, tendo na estrutura terminal uma válvula de seccionamento.

9.3 CONTADORES INDIVIDUAIS

Quando uma boca de rega sirva mais que uma parcela, imediatamente à saída das bocas serão consideradas as necessárias derivações, onde cada proprietário terá o seu contador individual, conforme **Desenhos 12 e 13**. Este tipo de instalação é apresentado nas fotografias seguintes e tem sido instalado em regadios da região norte.



Figura 9.1 - Contadores individuais instalados em perímetros de rega na região norte

Os contadores de água individuais serão do tipo turbina de jato múltiplo. A seleção da dimensão dos contadores baseou-se no caudal que se prevê derivar, tendo em conta o **Quadro 9.1**. O caudal que se prevê derivar da boca de rega para cada contador individual (ou proprietário) é proporcional à área a beneficiar.

No **Quadro A6** em anexo apresenta-se o dimensionamento e localização dos vários contadores a instalar.

Quadro 9.1 - Dimensões dos contadores individuais.

Diâmetro		Caudal	
(mm)	(")	(l/s)	(m³/h)
15	½"	0,42	1,5
20	¾"	0,69	2,5
25	1"	1,39	5,0
30	1 ¼"	2,22	8,0
40	1 ½"	4,17	15,0
50	2"	5,00	25,0

Todas as derivações serão obturadas a jusante do contador privado, com uma válvula do tipo macho esférico, dependendo do diâmetro. Os regantes apenas terão acesso e manobrarão esta válvula.

Os contadores individuais serão alocados em bateria, em caixas em aço inoxidável. As caixas a colocar serão em aço inoxidável AISI304, devidamente seladas e equipadas com tampa frontal munida de chave, com acesso apenas por parte da entidade exploradora. Em cada uma destas caixas de proteção serão instalados um máximo de quatro contadores. Assim, a jusante das

bocas de rega mais do que quatro contadores individuais, serão instaladas duas caixas de proteção.

9.4 VÁLVULAS DE SECCIONAMENTO

Durante o período de rega é provável que surja a necessidade de isolar determinados troços da rede de rega, quer por necessidade de manutenção e reparação, quer por esses troços não se encontrarem em funcionamento. Assim, para evitar o corte total do abastecimento e o esvaziamento de grandes extensões da rede, foi necessário prever a instalação de válvulas de seccionamento. Quando necessário, as válvulas de seccionamento terão associadas ventosas e/ou descargas de fundo.

O seccionamento proposto na rede de rega obedece aos seguintes critérios:

- Seccionamento das condutas em extensões máximas da ordem dos 3 km. Na conduta principal de grande diâmetro e tendo em conta o custo destes nós a extensão máxima foi de 4 km;
- Seccionamento de ramais principais.

As válvulas de seccionamento a instalar, com diâmetro inferior a 400 mm, serão de cunha com sedes planas, de comando manual, e com extremidades flangeadas (**Desenho 14**). A localização das mesmas é apresentada em planta e perfil, nos **Desenhos 4 a 8**, assim como no mapa de nós (**Desenho 9**).

As válvulas com diâmetros iguais ou superiores a 400 mm serão do tipo borboleta com extremidades flangeadas, de comando manual e com desmultiplicador. Tendo em conta o diâmetro das válvulas estas deverão ser duplamente excêntricas. Nestas válvulas prevê-se a existência de um “by-pass” para que, no restabelecimento da rede após um corte, o enchimento da conduta a jusante da válvula seja feito de uma forma gradual.

As válvulas até DN900 mm serão manuais e as válvulas com diâmetro igual ou superior a DN1000 terão um atuador elétrico. Neste último caso não se prevê posto de transformação em cada um dos locais, mas sim que sejam atuadas a partir de um gerador que é transportado numa carrinha ao local sempre que é necessário a sua atuação.

No bloco de rega do Crato apenas serão instaladas válvulas de cunha.

Para o dimensionamento das válvulas, definiu-se que para válvulas DN400 ou superior considerar-se-ia uma velocidade máxima de 3 m/s e para válvulas de diâmetro inferior uma velocidade máxima de 2,5 m/s.

Nas condutas com diâmetro igual ou inferior a 315 mm não se prevê a redução de secção da válvula.

As válvulas serão sempre instaladas em caixas de secção retangular em betão armado, munidas de tampa metálica superior e tubos de ventilação. A ligação das válvulas às condutas será feita através de troços em tubo de aço flangeados nas extremidades e com passa-muros para fixação às caixas, na ligação a condutas de betão e através de troços em PEAD com duplo passa muros e anel de ancoragem para proteção da tubagem de PEAD para as tubagens deste material.

Nos **Desenhos 2 e 3** é possível identificar a localização das válvulas de seccionamento e no **Quadro A7** apresenta-se a localização e características das mesmas.

9.5 VENTOSAS

9.5.1 DIMENSIONAMENTO

Considerando que a rede projetada funcionará sempre em pressão, ocorrerá uma variação permanente das alturas piezométricas que será função da variação dos caudais escoados. 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 das condutas, 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.

O diâmetro do orifício da ventosa deverá permitir a extração de um caudal de ar de cerca de 1,0 % a 1,5 % do caudal máximo escoado nas condutas. No que se refere ao diâmetro nominal da ventosa, este deverá ser da ordem de 1/6 do diâmetro das condutas onde estão inseridas. Os diâmetros das ventosas são apresentados no **Quadro 9.2**.

Quadro 9.2 - Diâmetro das ventosas.

Diâmetro da conduta (mm)	Diâmetro da ventosa (mm)
≤ 200	65
225 a 450	80
500 a 630	100
700 a 1000	150
1200 a 1500	200
≥ 1600	2 x 200

No entanto, nas condutas de grande diâmetro (superior a 1200 mm) procedeu-se ao dimensionamento de cada uma das ventosas segundo a metodologia proposta por Cary (1992), que considera vários cenários de funcionamento. Neste bloco não se existem condutas com diâmetros superiores a 1200 mm.

9.5.2 CONDIÇÕES DE INSTALAÇÃO

As ventosas a instalar nas condutas do bloco do Crato deverão ser de triplo efeito com caixa circular constituída por anéis pré-fabricados. As caixas terão acesso superior devidamente protegido por uma tampa metálica.

A ligação das ventosas às tubagens será feita através de um tê em betão, com extremidade flangeada, nas tubagens em betão ou um tê em PEAD nas tubagens de PEAD (**Desenho 10**).

O tipo, diâmetro e localização das ventosas encontram-se discriminados no **Quadro A8** e é apresentada em planta e perfil nos **Desenhos 4 a 8**, assim como no mapa de nós (**Desenho 9**).

9.6 DESCARGAS DE FUNDO

Para esvaziar os troços da rede previamente seccionados, considerou-se a instalação de descargas de fundo nos principais pontos baixos das condutas. 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. Os diâmetros das válvulas de descarga de fundo deverão ser os que são apresentados no **Quadro 9.3**.

Quadro 9.3 - Diâmetro das válvulas de descarga de fundo

Diâmetro da conduta (mm)	Diâmetro da válvula (mm)
≤ 630	100
700 a 1000	150
≥ 1200	200

As válvulas das descargas de fundo serão instaladas no interior de caixas circulares constituídas por uma base em betão armado e a parte superior em anéis pré-fabricados, munida de tampa metálica superior de acesso. A ligação das válvulas das descargas de fundo às condutas será feita através de tês e troços de tubagem em PEAD com stub-end na extremidade (**Desenho 11**).

O tipo, diâmetro e localização das descargas de fundo encontram-se discriminados no **Quadro A9** e em planta e perfil, nos **Desenhos 4 a 8**, assim como no mapa de nós (**Desenho 9**).

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.

10 FUNDAÇÃO DA CONDUTA, ATRAVESSAMENTOS DE CAMINHOS E LINHAS DE ÁGUA

10.1 FUNDAÇÃO TIPO DA CONDUTA

A fundação tipo das condutas do bloco do Crato deverá ser efetuada de acordo com o **Desenho 16**, a uma profundidade nunca inferior a 1 m.

10.2 ATRAVESSAMENTOS DE CAMINHOS E LINHAS DE ÁGUA

No atravessamento de caminhos e linhas de água as tubagens deverão ser envolvidas em maciços de betão armado com secção retangular (**Desenho 17**). O envolvimento em betão será feito até 1,5 m para além dos limites dos caminhos ou das linhas de água.

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.

10.3 ATRAVESSAMENTO DE ESTRADAS NACIONAIS E LINHA FÉRREA

No bloco do Crato será necessário efetuar atravessamentos das estradas nacionais EN245, bem como da linha férrea pelo que se prevê o atravessamento por perfuração horizontal, com forra para encamisamento da conduta, tendo em conta os diâmetros das condutas a instalar.

O atravessamento do IC13 pela conduta CE1, será efetuado por baixo de uma ponte existente (fotografia seguinte), pelo que se prevê a instalação com vala aberta, de acordo com a fundação tipo proposta.



Figura 10.1 – Ponte do IC13



Figura 10.2 – Zona do atravessamento da conduta CE1 na linha férrea

11 MACIÇOS DE AMARRAÇÃO

11.1 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.

Nas tubagens em PEAD, apesar de serem uma tubagem soldada, tendo em conta os diâmetros da conduta de ligação, considerou-se também necessária a construção de maciços de amarração, nas tubagens com diâmetros iguais ou superiores a 400 mm.

Para diâmetros inferiores, tendo em conta o material a utilizar (PEAD) e as pressões de funcionamento da rede não se considera necessária a construção de maciços de amarração.

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 a 1,5 vezes a pressão estática.

No caso das câmaras de válvulas, o maciço foi incorporado nas mesmas de forma a evitar a construção separada de caixas e de maciços gravíticos, com a consequente economia de espaço e de obras de arte.

11.2 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 ³
Peso específico do terreno existente	19,0 kN/m ³
Coeficiente de atrito solo-betão	0,55
Tensão de segurança do terreno de fundação	150 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.

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.

Para os nós das tubagens com diâmetros iguais a 400 mm adotaram-se maciços do tipo encosto (**Desenho 16**). Calculados os impulsos hidráulicos, os maciços de encosto foram dimensionados de forma a que a tensão transmitida ao terreno de fundação fosse inferior a 150 kPa. Esta premissa deverá ser confirmada nas situações em que se verifique não ser possível satisfazer esta condição. O cálculo dos maciços de encosto é apresentado no **Quadro A10**, em anexo.

As faces que se consideram de encosto lateral devem ser betonadas contra o terreno.

Nos **Quadros A11, A12 e A13** em anexo apresenta-se o dimensionamento dos maciços de amarração das diversas peças e acessórios existentes ao longo das condutas de rega, assim como nas câmaras de válvulas. Os maciços gravíticos são apresentados no **Desenho 15**.

Tal como já referido, para diâmetros iguais ou inferiores a 315 mm, optou-se pela não colocação de maciços, uma vez que a tubagem a utilizar será de PEAD soldada.

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.

12 ESTAÇÕES DE FILTRAÇÃO

12.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nas redes de rega sob pressão equipadas como hidrantes, como é o caso do Aproveitamento Hidroagrícola de Crato, reveste-se de particular importância o problema de filtração da água. Os órgãos de exploração destas redes, nomeadamente os equipamentos das válvulas de controlo, são sensíveis aos sólidos em suspensão, sendo facilmente colmatados. A obturação pode ser provocada por partículas minerais como areia, limo, argila, e partículas orgânicas, nomeadamente algas, restos de animais e plantas.

A estação elevatória do Pisão capta a água da tomada da barragem do Pisão, que será bombada para um reservatório de regularização elevado, a partir do qual se desenvolve a rede de rega gravítica dos blocos de Alter do Chão e de Fronteira e Avis. Preconiza-se a instalação de tamisadores a jusante do reservatório, pelo que, de forma a proteger os órgãos hidráulicos, nomeadamente os hidrantes, e a garantir água de boa qualidade aos regantes nas condutas do bloco de rega do Crato que derivam diretamente da conduta elevatória, serão instaladas estações de filtração no início das condutas CE1, CE2 e CE3. Nos blocos de Alter do Chão e de Avis e Fronteira, os tamisadores no reservatório permitirão garantir a qualidade da água nestes blocos.

Em geral, a qualidade da água das albufeiras, varia ao longo do ano sendo de esperar sobretudo a presença de partículas orgânicas. Já no que se refere ao seu teor de sais, de acordo com a experiência existente, será insuficiente para causar obturações. Assim, no que se refere aos aspetos qualitativos, serão apenas consideradas as partículas minerais e as orgânicas para efeitos de conceção dos sistemas de filtração a instalar.

Na definição do sistema de filtração podem considerar-se dois graus de filtração: um para a rede coletiva de adução e distribuição, e outro para as instalações de rega de cada agricultor, a jusante das bocas de rega.

Em termos económicos, a solução mais favorável consiste na filtração da água de rega na origem, libertando os regantes dos custos individuais desta operação. No entanto, será difícil e arriscado para a entidade gestora garantir a todos os utilizadores um grau de filtração muito elevado.

Com efeito, situando-se geralmente as estações de filtração à cabeça das redes de distribuição de água, em caso de rotura de tubagens existe o perigo dos materiais sólidos que entraram nas condutas virem a danificar os equipamentos individuais, podendo a entidade gestora ser confrontada com pedidos de indemnização.

Por outro lado, dado que neste perímetro se irão utilizar equipamentos que exigem um grau de filtração elevado (rega localizada), esta solução torna-se desfavorável do ponto de vista dos custos de investimento e de exploração. Deste modo, a solução mais adequada será assegurar apenas a pré-filtração de modo a proteger os equipamentos da rede coletiva, devendo os agricultores introduzir sistemas de filtração próprios (de malha e de areia) para proteção das suas instalações de rega.

Assim, pretende-se alcançar os seguintes objetivos com a solução de filtração a instalar à cabeça das condutas CE1, CE2 e CE3 no bloco de rega do Crato:

- Dotar a rede de rega de equipamento de proteção para os órgãos e equipamentos hidráulicos instalados a jusante dos sistemas de filtração (válvulas de seccionamento, ventosas, hidrantes e contadores), de modo a prevenir danos causados por elementos em suspensão na água de rega, diminuindo os riscos de obturação dos mesmos e reduzindo os custos de manutenção;
- Reduzir a acumulação de sedimentos no interior das condutas constituintes da rede de rega, as quais diminuem a secção interior das condutas, aumentando as perdas de carga e reduzindo os caudais transportados;
- Distribuir água com boa qualidade aos regantes, viabilizando a instalação de equipamentos de rega localizada, através da redução de custos de investimento em equipamento de filtração pelo agricultor, apesar destes terem de instalar um equipamento de filtração para a rega gota a gota.

Assim, optou-se por considerar a instalação das estações de filtração imediatamente a jusante das derivações para as condutas CE1, CE2 e CE3, junto aos nós E1.1, E2.1 e E3.1.

Os sistemas de filtração em pressão poderão ainda subdividir-se de acordo com a pressão mínima necessária para o seu funcionamento e de acordo com o modo de atuação. Os filtros clássicos de malha em geral requerem, para o seu bom funcionamento, uma carga superior a 2,0-3,0 bar, apresentando uma perda de carga que poderá chegar a 5 m.c.a., quando completamente colmatados. Em geral, o ciclo de limpeza inicia-se para uma pressão diferencial igual ou inferior àquele valor.

Os filtros de malha estão especialmente indicados para reter partículas minerais e orgânicas, expressando-se normalmente o seu grau de filtração em micras ou em mesh (definido como o número de orifícios por polegada linear contados a partir do centro de um dos fios da malha). Estes filtros permitem filtrar caudais numa grande gama de valores, sendo a solução a reter.

Relativamente ao modo de atuação, os filtros de malha podem ser atuados eletricamente ou hidráulicamente.

Os filtros de atuação hidráulica, podem ser instalados em espaços remotos sem necessidade de energia elétrica, são mais baratos que os primeiros, mas requerem uma pressão de funcionamento mínima

superior, na ordem dos 25 a 30 m.c.a., de modo a permitir uma boa autolimpeza. Quando os filtros estão colmatados, as perdas de carga esperadas são semelhantes nos dois tipos de filtros, ou seja, até um máximo de cerca de 5 m.c.a.

Visto que nos locais onde se irão instalar as estações de filtração dispõem de pressões variáveis entre 2,7 bar (pressão mínima) e 6,5 bar (pressão máxima), e não existem condições de alimentação elétrica optou-se pela instalação de filtros de malha com sistema de limpeza automático e de funcionamento estritamente hidráulico.

Tendo em consideração a possibilidade da ocorrência de temperaturas negativas durante o inverno, e muito elevadas durante o verão, optou-se por instalar os filtros no interior de um edifício, para melhor proteção do equipamento. A localização das estações de filtração é apresentada no **Desenho 3**.

12.2 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Para a conceção e dimensionamento do sistema de filtração há ainda que definir os seguintes critérios:

- caudal a filtrar e número de filtros necessários;
- grau de filtração.

Relativamente ao caudal nominal do sistema de filtração, propõe-se a adoção de uma capacidade mínima de 110 % do caudal de dimensionamento da rede de rega. Em caso de avaria de um dos filtros, o caudal garantido pelos restantes filtros deverá ser pelo menos da ordem de 75 % do caudal total de dimensionamento da rede de rega, cobrindo praticamente as necessidades de rega.

Tal como referido anteriormente, a função do sistema de filtração é reter as partículas sólidas em suspensão na água de rega, de origem mineral ou orgânica, de dimensões superiores aos admitidos pelos equipamentos da rede secundária. A filtração necessária ao nível da rede de rega terciária, ou seja, a jusante da boca de rega será da responsabilidade do agricultor.

De acordo com este conceito, afigura-se necessário assegurar um grau de filtração igual a 1500 micras (1,5 mm), valor suficiente para garantir a proteção dos equipamentos da rede. No entanto, o valor mínimo recomendado para filtros de malha é de 1000 micras, pelo que se adotou este valor nas estações de filtração em pressão.

Nos locais onde se prevê a instalação das estações de filtração esperam-se as seguintes pressões:

Estação de filtração EF1 - Conduta CE1

- Pressão mínima de funcionamento: 27,1 mca
- Pressão máxima de funcionamento: 37,5 mca
- Pressão máxima de funcionamento (regime transitório): 53,2 mca

Estação de filtração EF2 - Conduta CE2

- Pressão mínima de funcionamento: 39,8 mca
- Pressão máxima de funcionamento: 49,7 mca
- Pressão máxima de funcionamento (regime transitório): 53,8 mca

Estação de filtração EF3 - Conduta CE3

- Pressão mínima de funcionamento: 59,6 mca
- Pressão máxima de funcionamento: 64,8 mca
- Pressão máxima de funcionamento (regime transitório): 64,3 mca

A pressão mínima de funcionamento ocorre quando o abastecimento é efetuado a partir do reservatório de regularização. A pressão máxima de funcionamento foi definida com base na cota piezométrica na conduta adutora para caudal total, com reservatório ao nível máximo de dimensionamento dos grupos eletrobomba em funcionamento simultâneo.

Tendo em conta as pressões máximas e mínimas de funcionamento a opção por filtros de malha com funcionamento hidráulico é viável.

12.3 EQUIPAMENTO PROPOSTO

Os filtros terão limpeza automática por atuação hidráulica e serão instalados em paralelo, para uma pressão de serviço de 1,0 MPa e um grau de filtração de 1000 micras (1,0 mm). Considera-se a adoção de filtros iguais para facilidade da manutenção. Contudo, tal não foi possível na estação de filtração EF3, tendo em conta o reduzido caudal de dimensionamento, pelo que nesta estação de filtração foram utilizados filtros mais pequenos. Devem ser usados filtros com suporte da malha filtrante em aço inox. Assim, os filtros terão as seguintes características dimensionais principais:

Estação de filtração EF1 - Conduta CE1

- Caudal de dimensionamento da rede: 1355 m³/h (376,4 l/s);
- Caudal mínimo requerido na estação: 1491 m³/h;
- Nº de filtros: 3

- Diâmetro do filtro: 250 mm (10");
- Caudal nominal do filtro: 500 m³/h (água de qualidade média);
- Grau de filtração: 1000 micras (1,0 mm);
- Caudal de dimensionamento da estação: 1500 m³/h;
- Caudal de dimensionamento da rede garantido com 1 filtro fora de serviço: 1000 m³/h;
- % do caudal de dimensionamento da rede garantido com 1 filtro fora de serviço: 74 %;
- Cota piezométrica máxima sobre os filtros: 277,24;
- Cota piezométrica mínima sobre os filtros: 266,00;
- Cota de implantação dos filtros (cota do eixo do coletor): 238,90;
- Pressão mínima de funcionamento: 27,10 mca;
- Pressão máxima de funcionamento: 38,34 mca;

Estação de filtração EF2 - Conduta CE2

- Caudal de dimensionamento da rede: 1080 m³/h (300,0 l/s);
- Caudal mínimo requerido na estação: 1188 m³/h;
- Nº de filtros: 3
- Diâmetro do filtro: 250 mm (10");
- Caudal nominal do filtro: 500 m³/h (água de qualidade média);
- Grau de filtração: 1000 micras (1,0 mm);
- Caudal de dimensionamento da estação: 1500 m³/h;
- Caudal de dimensionamento da rede garantido com 1 filtro fora de serviço: 1000 m³/h;
- % do caudal de dimensionamento da rede garantido com 1 filtro fora de serviço: 93 %;
- Cota piezométrica máxima sobre os filtros: 276,72;
- Cota piezométrica mínima sobre os filtros: 266,00;
- Cota de implantação dos filtros (cota do eixo do coletor): 226,25;
- Pressão mínima de funcionamento: 39,75 mca;
- Pressão máxima de funcionamento: 50,47 mca;

Estação de filtração EF3 - Conduta CE3

- Caudal de dimensionamento da rede: 480 m³/h (133,3 l/s);
- Caudal mínimo requerido na estação: 528 m³/h;
- Nº de filtros: 3
- Diâmetro do filtro: 150 mm (6");
- Caudal nominal do filtro: 170 m³/h (água de qualidade média);
- Grau de filtração: 1000 micras (1,0 mm);
- Caudal de dimensionamento da estação: 510 m³/h;
- Caudal de dimensionamento da rede garantido com 1 filtro fora de serviço: 340 m³/h;

- % do caudal de dimensionamento da rede garantido com 1 filtro fora de serviço: 71 %;
- Cota piezométrica máxima sobre os filtros: 272,10;
- Cota piezométrica mínima sobre os filtros: 266,00;
- Cota de implantação dos filtros (cota do eixo do coletor): 206,70;
- Pressão mínima de funcionamento: 59,30 mca;
- Pressão máxima de funcionamento: 65,40 mca;

Os equipamentos a instalar nas estações de filtração é apresentado nos **Desenhos 18, 21 e 24**, para as estações de filtração EF1, EF2 e EF3, respetivamente.

12.4 CONSTITUIÇÃO E FUNCIONAMENTO DOS FILTROS DE MALHA

Os filtros de malha com acionamento hidráulico são constituídos por um corpo exterior em aço carbono, no qual se alojam três câmaras distintas:

- Câmara de pré-filtração: câmara inicial junto à entrada de água, com uma malha grossa para reter as partículas de maior dimensão;
- Câmara de filtração, com uma malha fina (correspondente ao grau de retenção de partículas desejado e no interior do qual se encontra um coletor com bocais que permitem a sucção dos detritos);
- Câmara de limpeza, na qual se desloca um pistão, para permitir um diferencial de pressão e a limpeza automática da malha filtrante fina.

O processo de filtração inicia-se com a entrada da água bruta, através do coletor de entrada, para a câmara de pré-filtração onde os elementos de maiores dimensões são retidos, protegendo o filtro de malha fina a jusante. A água passa então do interior para o exterior da malha filtrante fina, ficando os detritos retidos no seu interior. A acumulação gradual de resíduos provoca um diferencial de pressão entre a superfície interior e exterior da malha fina. Quando este diferencial de pressão excede um valor pré-definido (neste caso adotou-se um máximo de 4 m.c.a.) inicia-se o ciclo de limpeza automática.

O sistema de limpeza automático é essencialmente constituído por uma turbina que se encontra ligada a um “scanner” no qual estão instaladas boquilhas ocas munidas de escovas. O “scanner”, quando acionado pela turbina, têm movimento espiral permitindo deste modo que as escovas das boquilhas raspem a totalidade da superfície interior da malha filtrante, e que as boquilhas aspirem os detritos depositados no interior da malha.

O processo de autolimpeza consiste na abertura de uma válvula de drenagem que origina um diferencial de pressão entre o exterior (pressão atmosférica) e o interior do filtro (pressão de trabalho), o que cria um forte fluxo de água para fora do filtro devido à pressão no sistema. Este caudal de lavagem passa através da turbina, e a perda de pressão na câmara da turbina provocam o movimento em espiral do “scanner” de limpeza, permitindo a limpeza da malha filtrante.

Quando o primeiro ciclo da limpeza termina, inicia-se um segundo ciclo de limpeza quando o “scanner” retorna até a sua posição original, através da ação de um pistão. Os dois ciclos de limpeza demoram cerca de 30 segundos.

O processo de limpeza pode iniciar-se por diferencial de pressão ou por temporização. Deste modo, embora os filtros tenham funcionamento estritamente hidráulico, deverão ter um quadro e painel de controlo (com visor LCD) alimentado a baterias alcalinas de 1,5 V, que permitirá a programação dos ciclos de limpeza.

12.5 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO PROJETADA

12.5.1 EDIFÍCIO E RECINTO

Tendo em consideração as condições climatéricas existentes na região, nomeadamente as baixas temperaturas registadas no inverno e as elevadas temperaturas no verão previu-se a instalação dos filtros no interior de um pequeno edifício. A definição de formas, pormenores e betão armado do edifício são apresentados nos **Desenhos 26 a 29**.

O edifício ocupará em planta uma área de cerca de 9,0 x 5,0 m² (dimensões exteriores) e terá uma altura máxima (pé direito) de 4,0 m acima do pavimento.

Interiormente, o edifício da estação de filtração albergará numa única área os equipamentos hidromecânicos, nomeadamente as tubagens e respetivos acessórios em aço, as válvulas de seccionamento manuais e respetivas juntas de desmontagem, os filtros e acessórios diversos e o guincho diferencial, instalado em monocarril.

O edifício proposto é de cariz industrial e caracteriza-se, do ponto de vista formal, por um jogo simples de volumes perfeitos e linhas retas. Em termos de projeto, o edifício cumpre, no essencial, as exigências programáticas e funcionais aplicáveis a um edifício desta natureza, nomeadamente as imposições relacionadas com operacionalidade, acessibilidade, manutenção e relação com a envolvente.

O edifício destaca-se pela sua pequena dimensão e volumetria cega, que é trabalhada do ponto de vista da iluminação natural.

Em termos de acabamentos interiores, dada a natureza do edifício, propõem-se materiais de elevada resistência e reduzida manutenção, nomeadamente paredes e tetos rebocados, pintados com tinta plástica.

Relativamente aos acabamentos exteriores, foi dada particular atenção ao tratamento visual das fachadas, propondo-se a aplicação de materiais de qualidade e com manutenção reduzida, designadamente rebocos hidrófilos com apontamentos de cor.

A cobertura será revestida com isolamento térmico e painéis metálicos com ondulação trapezoidal, solução considerada versátil e economicamente vantajosa face à dimensão do vão da cobertura.

Em termos estruturais, o edifício da estação de filtração será, essencialmente, constituído por soleiras de fundação, paredes laterais e vigas e laje de cobertura.

As implantações das estações de filtração, são apresentadas nos **Desenhos 17, 20 e 23**, para as estações de filtração EF1, EF2 e EF3, respetivamente.

O recinto será em ABGE e será vedado com uma vedação em malha eletrosoldada, com um portão com 4,0 m de largura (**Desenho 32**). Os acessos serão efetuados a partir dos caminhos rurais existentes e serão em terra batida. Os pormenores de drenagem são apresentados no **Desenho 30**.

A estação de filtração EF3 ficará localizada próxima de uma linha de água da descarga de uma barragem. A distância à linha de água ao edifício é superior a 5 m. Apenas à vedação, a distância é da ordem dos 3,4 m, tal como se pode verificar no **Desenho 23**. No entanto, o recinto até à vedação será em ABGE permeável.

12.5.2 CIRCUITOS HIDRÁULICOS

O edifício das três estações de filtração foi projetado para albergar quatro filtros de malha com eixo horizontal e respetivos circuitos hidráulicos individuais. Apesar de só se instalarem três filtros, ficará um lugar de reserva caso se verifique que a qualidade da água de rega seja inferior ao expectável e seja necessário aumentar a capacidade de filtração.

Os circuitos hidráulicos das três estações de filtração são os seguintes:

Estação de filtração EF1 e EF2- Conduta CE1 e CE2

- Diâmetro dos coletores principais (a montante e jusante dos filtros): 500 mm;
- Válvula de borboleta tipo “Wafer” no início do coletor dos filtros: DN500;
- Válvulas de borboleta tipo “Wafer” nos circuitos individuais dos filtros (a montante e jusante): DN250;
- Válvula de borboleta tipo “Wafer” do by-pass à EF: DN500
- Junta de desmontagem no circuito de by-pass à EF: DN500

Estação de filtração EF3- Conduta CE3

- Diâmetro dos coletores principais (a montante e jusante dos filtros): 300 mm;
- Válvula de borboleta tipo “Wafer” no início do coletor dos filtros: DN300;
- Válvulas de borboleta tipo “Wafer” nos circuitos individuais dos filtros (a montante e jusante): DN150;
- Válvula de borboleta tipo “Wafer” do by-pass à EF: DN300
- Junta de desmontagem no circuito de by-pass à EF: DN300

Em todas as estações de filtração será instalada uma ventosa de triplo efeito, com válvula de seccionamento do tipo cunha a montante, no coletor de jusante dos filtros.

Prevê-se ainda a instalação de um medidor/transmissor de pressão no início do coletor de montante dos filtros.

Já fora do edifício serão instalados medidores de caudal do tipo eletromagnético em câmaras de betão que serão implantadas no recinto das estações. As características dos medidores de caudal são as seguintes:

- Estação de filtração EF1: medidor de caudal tipo eletromagnético DN500
- Estação de filtração EF2: medidor de caudal tipo eletromagnético DN500
- Estação de filtração EF3: medidor de caudal tipo eletromagnético DN300

A definição de formas e pormenores de betão armado das câmaras dos medidores de caudal são apresentados nos **Desenhos 19, 22 e 25**, para as estações de filtração EF1, EF2 e EF3, respetivamente.

12.5.3 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

As perdas de carga foram calculadas em cada uma das estações de filtração considerando as perdas de carga contínuas nas tubagens de aço e nas tubagens de PEAD, assim como as perdas de carga singulares nas curvas, válvulas e outras singularidades.

Considerando que a lavagem dos filtros se faz quando o diferencial de pressão a montante e a jusante dos filtros é de 4,0 bar, as perdas de carga totais nas estações são as que se apresentam no quadro seguinte:

Quadro 12.1 – Perda de cargas totais nas estações de filtração

Estação de filtração	Peça	K	DN	Perda de carga (mca)
EF1	Derivação adutor	0,9	500	0,168
	2 curvas 90º	0,4	500	0,075
	Válvula borboleta	0,5	500	0,093
	Derivação circuito individual	0,9	500	0,168
	2 válvulas borboleta c. individual	1,0	250	0,332
	Entrada coletor geral	0,1	250	0,033
	Tê	0,9	500	0,168
	2 curvas 90º	0,4	500	0,075
	Perda de carga contínua aço			0,075
	Perda de carga contínua PEAD			0,086
	Perda de carga no filtro (lavagem)			4,000
	TOTAL			5,27
EF2	Derivação adutor	0,9	500	0,107
	2 curvas 90º	0,4	500	0,048
	Válvula borboleta	0,5	500	0,059
	Derivação circuito individual	0,9	500	0,107
	2 válvulas borboleta c. individual	1,0	250	0,212
	Entrada coletor geral	0,1	250	0,021
	Tê	0,9	500	0,107
	2 curvas 90º	0,4	500	0,048
	Perda de carga contínua aço			0,065
	Perda de carga contínua PEAD			0,056
	Perda de carga no filtro (lavagem)			4,000
	TOTAL			4,83
EF3	Derivação adutor	0,9	300	0,162
	2 curvas 90º	0,4	300	0,072
	Válvula borboleta	0,5	300	0,090
	Derivação circuito individual	0,9	300	0,162
	2 válvulas borboleta c. individual	1,0	150	0,321
	Entrada coletor geral	0,1	150	0,032
	Tê	0,9	300	0,162
	2 curvas 90º	0,4	300	0,072
	Perda de carga contínua aço			0,169
	Perda de carga contínua PEAD			0,120
	Perda de carga no filtro (lavagem)			4,000
	TOTAL			5,36

12.5.4 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A informação dos medidores/transmissores de pressão assim como as dos medidores de caudal serão transmitidas à estação elevatória. Para o seu funcionamento prevê-se a instalação de painéis solares (300 W pico) e baterias.

Prevê-se ainda a instalação de detetores de intrusão na porta da estação de filtração.

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.

Os pormenores das instalações elétricas são apresentados no **Desenho 31**.

13 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA ESTAÇÃO DE FILTRAÇÃO

13.1 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 do edifício da estação de filtração. Para as restantes estruturas incluídas neste projeto foram seguidos os mesmos critérios aqui identificados apenas não se apresentam os seus cálculos estruturais pois trata-se de elementos correntes e sem quaisquer especificidades de cálculo.

13.2 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).

13.3 MATERIAIS UTILIZADOS

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

- Betão C30/37 XC2;
- Aço em armaduras (varões): A500NR (REBAP).
- Aço em armaduras (malha eletrosoldada): A500EL (REBAP).

O recobrimento nominal mínimo das armaduras será, em geral de 40 mm, sendo sempre indicado nas peças desenhadas.

13.4 AÇÕES

Ações permanentes

- Peso específico do betão armado
- 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.

Combinações de ações

As ações foram combinadas de acordo com o estipulado no Eurocódigo n.º1 para os diferentes casos de carga e estados limites considerados.

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 obtêm os valores máximos de cada esforço, deslocamento, etc., numa ação dinâmica dada.

13.5 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

13.5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Trata-se de uma estrutura porticada, composta por uma laje de cobertura, apoiada em vigas perimetrais e pilares apoiados diretamente no terreno.

13.5.2 ESFORÇOS

13.5.2.1 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:

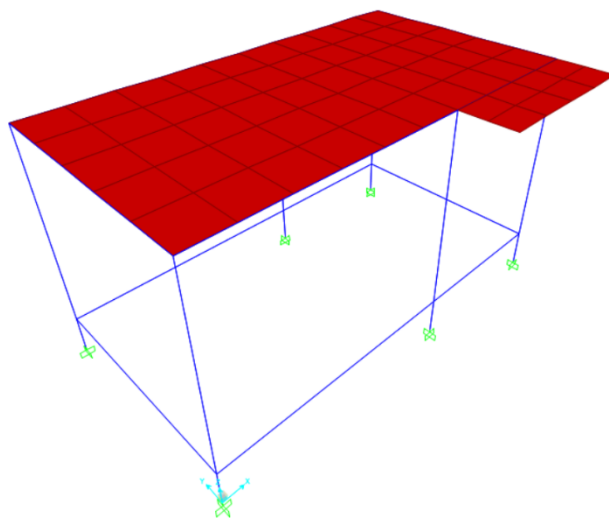


Figura 13.1 – Modelo de cálculo

Para o cálculo desta estrutura foram utilizadas as seguintes convenções:

- Elemento Finito tipo SHELL – Elementos “laje” de 4 nós;
- M11 – Momento fletor nos elementos “shell” na direção local 1 (kN.m/m);
- M22 – Momento fletor nos elementos “shell” na direção local 2 (kN.m/m);
- F11 – Esforço axial nos elementos “shell” na direção local 1 (kN/m);
- F22 – Esforço axial nos elementos “shell” na direção local 2 (kN/m);
- V13 – Esforço transversal nos elementos “shell” na direção local 1 (kN/m);
- V23 – Esforço transversal nos elementos “shell” na direção local 2 (kN/m);

13.5.2.2 Ações

Peso próprio

- | | |
|--|-------------------------|
| • Peso específico do betão armado (PP) | 25.00 kN/m ³ |
| • Peso do revestimento da cobertura (PPNE) | 2.50 kN/m ² |
| • Peso das paredes exteriores (PPNE) | 8.00 kN/m |

Sobrecarga de utilização

- | | |
|--|------------------------|
| • Sobrecarga uniformemente distribuída (SC1) | 1.00 kN/m ² |
|--|------------------------|

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. 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/s²) nas várias zonas sísmicas

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

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.

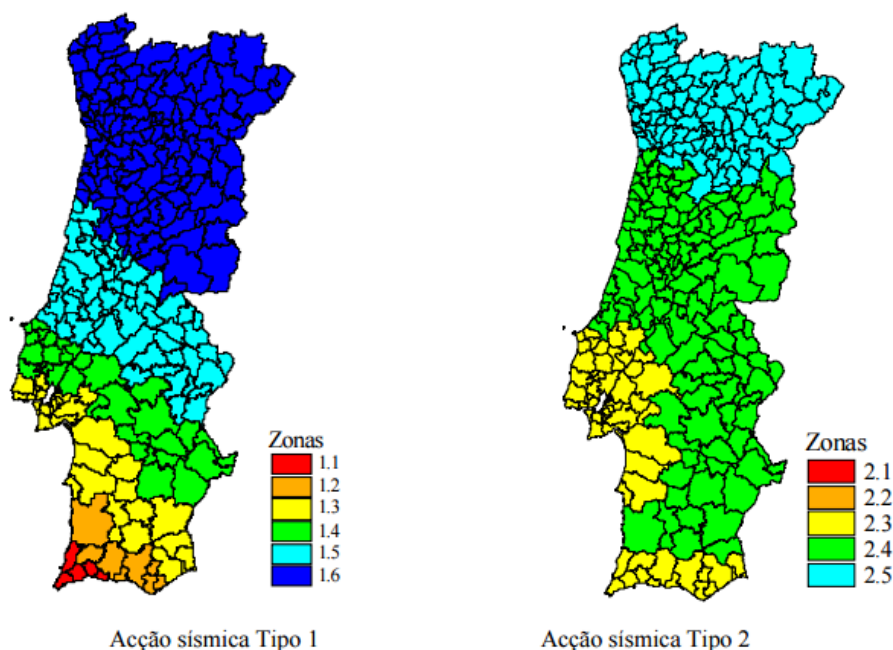


Figura 13.2 – Ação sísmica regulamentar

13.5.2.3 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.

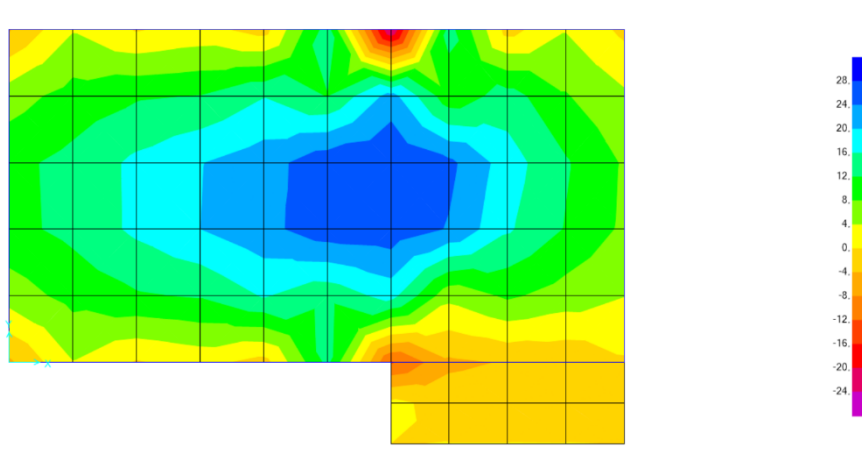


Figura 13.3 – Laje de Cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolvente máxima

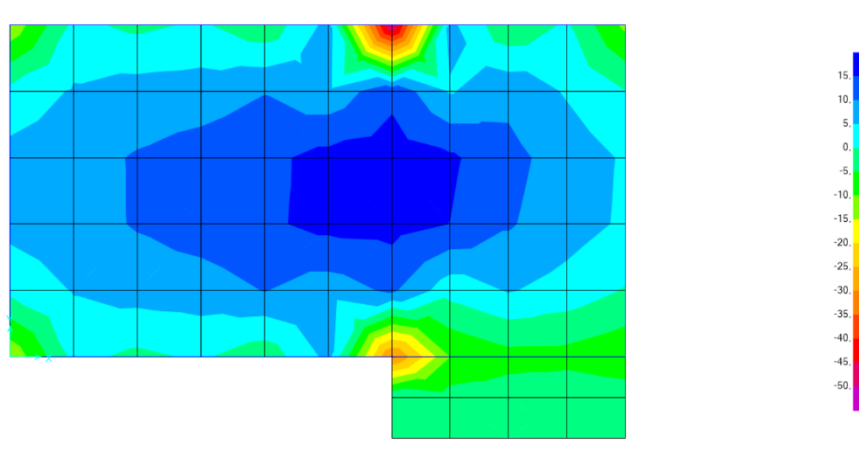


Figura 13.4 – Laje de Cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolvente mínima

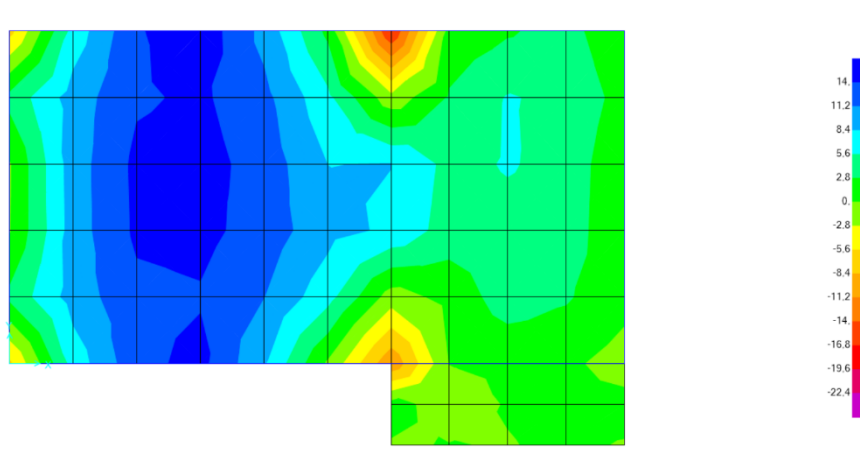


Figura 13.5 – Laje de Cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolvente máxima

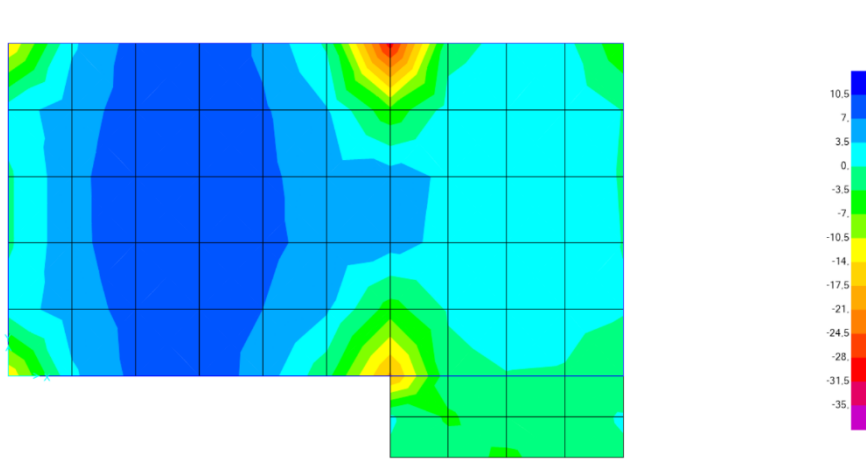


Figura 13.6 – Laje de Cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolvente mínima

13.5.3 LAJE DE COBERTURA

Estado limite último de flexão

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 13.1:

Quadro 13.1 – Dimensionamento da armadura da Laje de Cobertura

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd ⁺ (kNm/m)	Msd ⁻ (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	As ⁻ (cm ² /m)	As ⁺ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	Armaduras Adoptadas	
													As ⁻	As ⁺
dir XX	Mmáx-	1,00	0,20	0,16	26,00			117,50	0,00	3,93	0,00	0,00	φ12//.125	
	Mmáx+	1,00	0,20	0,16		15,00		117,50	0,00	0,00	2,22	0,00	φ12//.125	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,20	0,16	42,00			117,50	0,00	6,53	0,00	0,00	φ12//.125	
	Mmáx+	1,00	0,20	0,16		28,00		117,50	0,00	0,00	4,24	0,00	φ12//.125	

fcd (kN/m ²)	20000
fsyd (kN/m ²)	435000
τ1 (kN/m ²)	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.

13.5.4 PILARES

Estados limites últimos

O dimensionamento das armaduras apresenta-se nos Quadros 13.2 e 13.3:

Quadro 13.2 – Dimensionamento da armadura dos Pilares P1

Eurocode 2-2004 COLUMN SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)							
L=425,							
Element : 20	B=40,	D=30,	dc=6,703				
Section ID : P30x40	E=3300,	fck,cyl=3,	Lt.Wt. Fac.=1,				
Combo ID : COMB18	fyk=43,5	fywk=43,5					
Station Loc : 425,	RLLF=1,	SOM: Nominal Curvature					
Combo Eq. : Eq. 6.10							
Gamma(Concrete): 1,5	AlphaCC = 1,	AlphaCT = 1,					
Gamma(Steel) : 1,15	AlphaLCC = 0,8	AlphaLCT = 0,8					
Gamma(cE) : 1,2	Alpha_e = 15,	phi_ef = 1,21					
SLENDERNESS CHECK (governing permutation)							
	Slenderness	Slenderness	Column	Governing			
	Ratio	Limit Ratio	Condition	Permutation			
Major Bending (M3)	49,075	210,041	N/A	N/A			
Minor Bending (M2)	36,806	210,309	N/A	N/A			
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR NEd, MEd2, MEd3 (governing permutation)							
	Rebar	Capacity	Design	Design	Design	Minimum	
Minimum	Area	Ratio	NEd	MEd3	MEd2	M3	
M2	12,	0,335	55,121	1780,781	-1902,196	110,243	
110,243							
FIRST-ORDER MOMENTS (governing permutation)							
	End I	End J	Section	Mimp	M02		
M01							
	Moment	Moment	Moment	Moment	Moment	Moment	
Moment							
Major Bending (M3)	-549,637	1723,963	1723,963	56,818	1780,781		
-492,819							
Minor Bending (M2)	531,225	-1902,196	-1902,196	56,818	-1902,196		
531,225							
DESIGN DETAILS FOR ALL PERMUTATIONS CONSIDERED							
	Imperfection	Direction	None	Pos. M3	Neg. M3	Pos. M2	Neg.
M2							
MAJOR BENDING (M3)							
(Analysis)	Mana	1723,963	1723,963	1723,963	1723,963		
1723,963							
(Imperfection)	Mimp	0	56,818	-56,818	0		
0							
Mai = Mana + Mimp		N/A	1780,781	1667,145	1723,963		
1723,963							
(Minimum)	Mmin	N/A	110,243	110,243	110,243		
110,243							
M3des1 = Mai or Mmin		N/A	1780,781	1667,145	1723,963		
1723,963							
(Neg. Moment Capacity) MRd-	-5830,962	-5830,962	-5830,962	-5830,962	-5830,962		
-5830,962							
(Pos. Moment Capacity) MRd+	5830,962	5830,962	5830,962	5830,962	5830,962		
5830,962							
MINOR BENDING (M2)							
	Mana	-1902,196	-1902,196	-1902,196	-1902,196		
-1902,196							
	Mimp	0	0	0	56,818		
-56,818							
Mai = Mana + Mimp		N/A	-1902,196	-1902,196	-1845,378		
-1959,014							
	Mmin	N/A	1,102	1,102	1,102		
1,102							
M2des1 = Mai or Mmin		N/A	-1902,196	-1902,196	-1845,378		
-1959,014							
	MRd-	-8062,534	-8062,534	-8062,534	-8062,534		
-8062,534							
	MRd+	8062,534	8062,534	8062,534	8062,534		
8062,534							
DEMAND/CAPACITY PMR RATIO							
(M3des1, M2des1) PMR Ratio		0,327	0,335	0,319	0,322		
0,331							

(M3des1, M2des1) PMM Governs		No	Yes	No	No
No					
SHEAR DESIGN FOR V2,V3					
	Rebar	Shear	Shear	Shear	Tan(Theta)
	Asw/s	VED	VRdc	VRds	Ratio
Major Shear(V2)	0,	19,094	64,858	0,	0,
Minor Shear(V3)	0,	19,094	63,344	0,	0,
AXIAL COMPRESSION RATIO					
	Conc.Capa	CompRatio	CompRatio	Seismic	CompCheck
Ratio	A*fcd Ned/ (A*fcd)		Limit	Load?	Needed?
OK?	2400,	0,025	0,55	Yes	Yes
Yes					
JOINT SHEAR DESIGN					
Joint	Joint Shear	Shear	Shear	Shear	Shear
	Ash	VED,Top	Vjhd	Vrd,Conc	Ratio
Area					
Major Shear(V2)	4,315	0,	136,008	828,8	0,164
518,					
Minor Shear(V3)	3,065	0,	136,008	1152,	0,118
720,					
(1.3) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS					
	Major	Minor			
	Ratio	Ratio			
	N/A	N/A			
Notes:					
N/A: Not Applicable					
N/C: Not Calculated					
N/N: Not Needed					

Quadro 13.3 – Dimensionamento da armadura dos Pilares P2

Eurocode 2-2004 COLUMN SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=425,
Element : 22 B=30, D=30, dc=6,703
Section ID : P30x30 E=3300, fck,cyl=3, Lt.Wt. Fac.=1,
Combo ID : COMB18 fyk=43,5 fywk=43,5
Station Loc : 425, RLLF=1, SOM: Nominal Curvature
Combo Eq. : Eq. 6.10

Gamma(Concrete): 1,5 AlphaCC = 1, AlphaCT = 1,
Gamma(Steel) : 1,15 AlphaLCC = 0,8 AlphaLCT = 0,8
Gamma(cE) : 1,2 Alpha_e = 15, phi_ef = 1,21

SLENDERNESSE CHECK (governing permutation)
Slenderness Slenderness Column Governing
Ratio Limit Ratio Condition Permutation
Major Bending (M3) 58,312 125,385 N/A N/A
Minor Bending (M2) 49,075 141,223 N/A N/A

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR Ned, Med2, Med3 (governing permutation)
Minimum Rebar Capacity Design Design Design Minimum
Area Ratio Ned Med3 Med2 M3
M2 9, 0,338 94,688 -1712,246 1165,962 189,376
189,376

FIRST-ORDER MOMENTS (governing permutation)
End I End J Section Mimp M02
Moment Moment Moment Moment Moment
Moment
Major Bending (M3) 253,406 -1605,854 -1605,854 106,392 -1712,246
147,013
Minor Bending (M2) -363,132 1165,962 1165,962 97,602 1165,962
-363,132

DESIGN DETAILS FOR ALL PERMUTATIONS CONSIDERED
Imperfection Direction None Pos. M3 Neg. M3 Pos. M2 Neg.
M2
MAJOR BENDING (M3)
(Analysis) Mana -1605,854 -1605,854 -1605,854 -1605,854
-1605,854
(Imperfection) Mimp 0 106,392 -106,392 0
0 Mai = Mana + Mimp N/A -1499,462 -1712,246 -1605,854
-1605,854
(Minimum) Mmin N/A 189,376 189,376 189,376
189,376 M3des1 = Mai or Mmin N/A -1499,462 -1712,246 -1605,854
-1605,854
(Neg. Moment Capacity) MRd- -4871,914 -4871,914 -4871,914 -4871,914
-4871,914
(Pos. Moment Capacity) MRd+ 4871,914 4871,914 4871,914 4871,914
4871,914
MINOR BENDING (M2)
Mana 1165,962 1165,962 1165,962 1165,962
-97,602 Mimp 0 0 0 97,602
Mai = Mana + Mimp N/A 1165,962 1165,962 1263,564
1068,36 Mmin N/A 1,894 1,894 1,894
1,894 M2des1 = Mai or Mmin N/A 1165,962 1165,962 1263,564
1068,36 MRd- -4871,914 -4871,914 -4871,914 -4871,914
-4871,914 MRd+ 4871,914 4871,914 4871,914 4871,914
4871,914
DEMAND/CAPACITY PMR RATIO
(M3des1, M2des1) PMR Ratio 0,322 0,306 0,338 0,335
0,309

(M3des1, M2des1) PMR Governs	No	No	Yes	No
No				
SHEAR DESIGN FOR V2,V3				
Rebar	Shear	Shear	Shear	Tan(Theta)
Asw/s	VED	VRdc	VRds	Ratio
Major Shear (V2)	0,	16,069	55,25	0,
Minor Shear (V3)	0,	19,094	55,25	0,
AXIAL COMPRESSION RATIO				
Conc.Cap	CompRatio	CompRatio	Seismic	CompCheck
Ratio	A*fcd Ned/ (A*fcd)	Limit	Load?	Needed?
OK?	1800,	0,057	0,55	Yes
Yes				Yes
JOINT SHEAR DESIGN				
Joint	Joint Shear	Shear	Shear	Shear
Area	Ash	VED,Top	Vjhd	Vrd,Conc
Major Shear (V2)	4,315	0,	136,008	672,
420,				0,202
Minor Shear (V3)	4,315	0,	136,008	672,
420,				0,202
(1.3) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS				
Major	Minor			
Ratio	Ratio			
N/A	N/A			

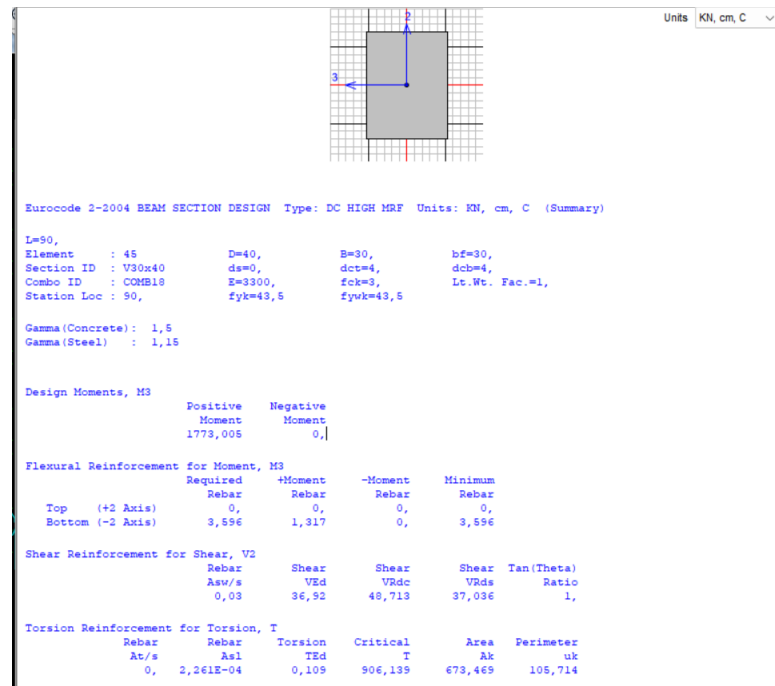
Notes:
N/A: Not Applicable
N/C: Not Calculated
N/N: Not Needed

13.5.5 VIGAS DE COBERTURA

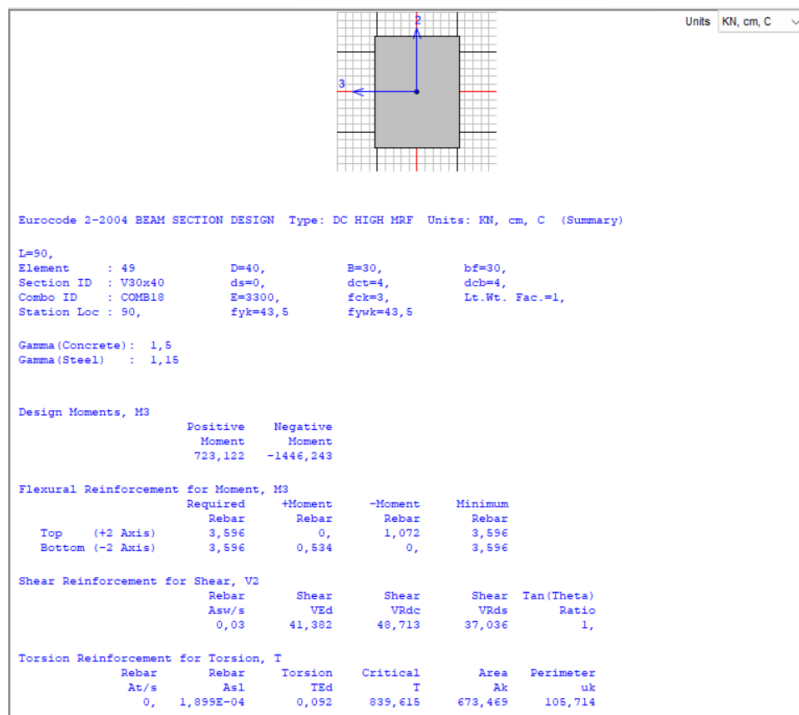
Estados limites últimos

O dimensionamento das armaduras apresenta-se nos Quadros 13.4 a 13.7:

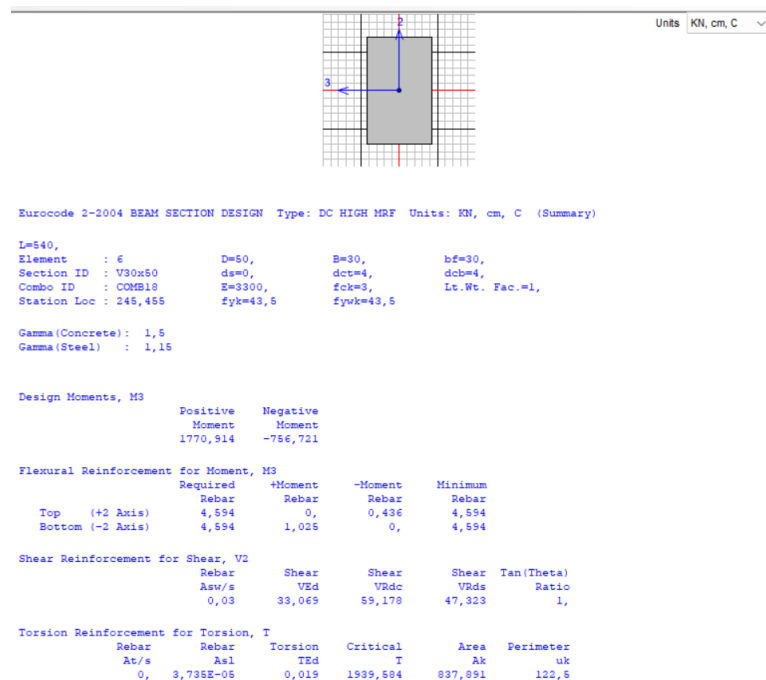
Quadro 13.4 – Viga de Cobertura V1 / V2 / V4. Dimensionamento da Armadura inferior



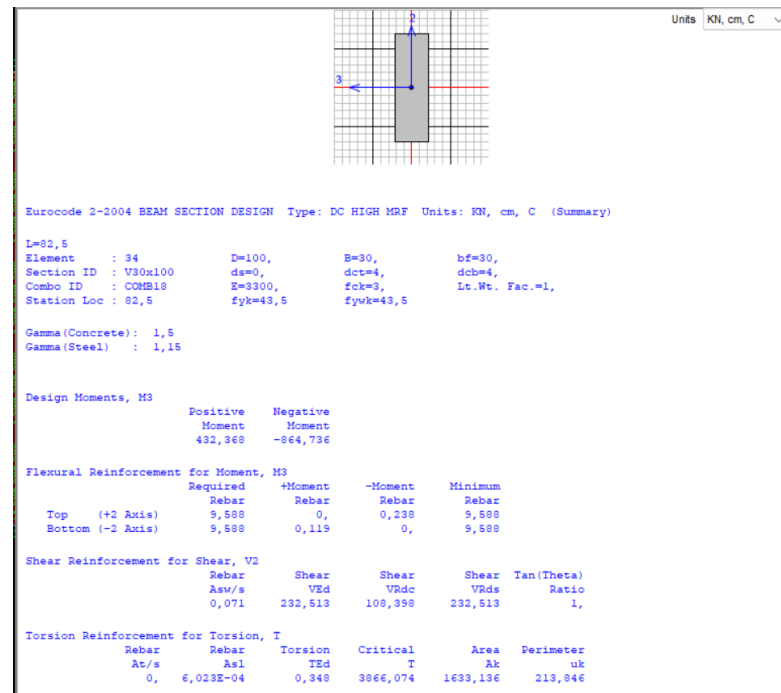
Quadro 13.5 – Viga de Cobertura V1 / V2 / V4. Dimensionamento da Armadura superior



Quadro 13.6 – Viga de Cobertura V3. Dimensionamento da Armadura inferior



Quadro 13.7 – Viga de Cobertura V3. Dimensionamento da Armadura superior

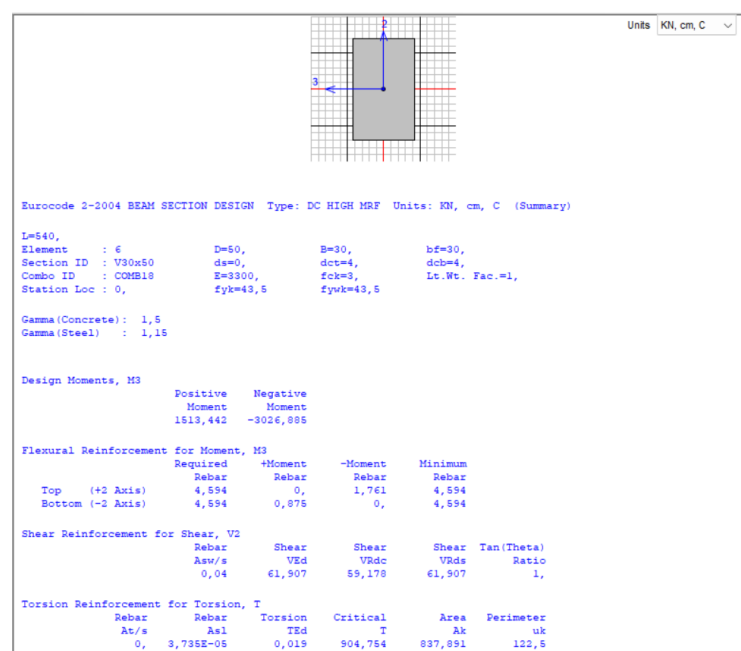


13.5.6 VIGAS DE FUNDAÇÃO

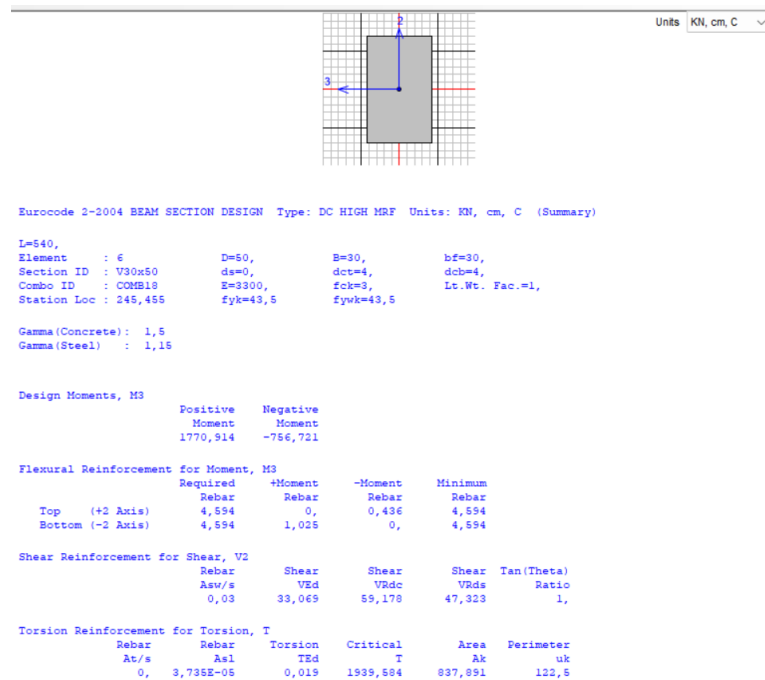
Estados limites últimos

O dimensionamento das armaduras apresenta-se nos Quadros 13.8 a 13.9:

Quadro 13.8 – Dimensionamento da armadura superior



Quadro 13.9 – Dimensionamento da armadura inferior



13.5.7 FUNDAÇÕES

13.5.8 TENSÃO ADMISSÍVEL

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

13.5.9 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:

$$\sigma_{máx} \approx 198,61 \text{ kPa} - \text{Sapata S1}$$

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

13.5.10 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DAS SAPATAS

O dimensionamento estrutural das sapatas de fundação foi efetuado tendo em consideração a máxima tensão admissível no terreno. Deste modo chega-se à armadura resumida no quadro seguinte.

Quadro 13.10 – Dimensionamento das sapatas

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 ² /m)	As ⁺ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	As ⁻	As ⁺
Mmáx-	1,00	0,40	0,36	36,00			227,66	0,00	2,33	0,00	0,00	φ12//15	

QUADROS

Quadro A1 - Identificação das unidades de rega e respetivos hidrantes e bocas de rega

Bloco de rega	Conduta	Hidrante	Nº da boca de rega				Área beneficiada (ha)				Caudal (m³/h)			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Crato	CE1	HE1.1	HE1.1-1				26.03				120			
	CE1	HE1.2	HE1.2-1				48.65				200			
	CE1	HE1.3	HE1.3-1				5.32				30			
	CE1	HE1.4	HE1.4-1				2.60				15			
	CE1	HE1.5	HE1.5-1	HE1.5-2			6.36	1.84			40	15		
	CE1	HE1.6	HE1.6-1	HE1.6-2			74.51	8.42			280	60		
	CE1-1	HE1.7	HE1.7-1	HE1.7-2			11.05	16.98			60	80		
	CE1-1	HE1.8	HE1.8-1				4.10				30			
	CE1-1	HE1.9	HE1.9-1				6.42				40			
	CE1-1	HE1.10	HE1.10-1	HE1.10-2			16.71	1.82			80	15		
	CE1-1	HE1.11	HE1.11-1				17.26				100			
	CE1-2	HE1.12	HE1.12-1				9.50				60			
	CE1-3	HE1.13	HE1.13-1				21.08				100			
	CE1-3	HE1.14	HE1.14-1				4.00				30			
	CE2	HE2.1	HE2.1-1	HE2.1-2	HE2.1-3		87.89		49.45		180	180	200	
	CE2	HE2.2	HE2.2-1	HE2.2-2	HE2.2-3		25.77	47.06	48.47		120	200	200	
	CE3	HE3.1	HE3.1-1				19.62				100			
	CE3	HE3.2	HE3.2-1				66.46				260			
	CE3-1	HE3.3	HE3.3-1				27.08				120			
Alter do Chão	CP	H1	H1-1				18.95				100			
	CP	H2	H2-1	H2-2			67.47	48.51			260	200		
	CP	H3	H3-1				3.88				30			
	CP	H4	H4-1				1.84				15			
	CP	H5	H5-1	H5-2			95.64				200	200		
	CP	H6	H6-1	H6-2	H6-3	H6-4	8.06	7.18	2.67	5.94	60	40	15	30
	CP	H7	H7-1	H7-2			3.94	4.28			30	30		
	CP	H8	H8-1				9.04				60			
	CP	H9	H9-1	H9-2	H9-3		15.25	18.37	2.51		80	100	15	
	CP	H10	H10-1				3.73				20			
	CP	H11	H11-1	H11-2			69.78	43.95			280	180		
	CP	H12	H12-1				2.22				15			
	CP	H13	H13-1	H13-2			8.16	15.91			60	80		
Fronteria e Avis	CP	H14	H14-1				16.21				80			
	CP	H15	H15-1				15.24				80			
	CP	H16	H16-1				13.02				80			
	CP	H17	H17-1	H17-2			11.91	81.23			60	320		
	CP	H18	H18-1	H18-2			60.75	59.41			200	200		
	CP	H19	H19-1				10.06				60			

Bloco de rega	Conduta	Hidrante	Nº da boca de rega				Área beneficiada (ha)				Caudal (m³/h)			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Alter do Chão	C1	H1.1	H1.1-1				13.37				80			
	C2	H2.1	H2.1-1	H2.1-2			23.42	6.07			120	40		
	C2	H2.2	H2.2-1	H2.2-2			3.54	6.74			20	40		
	C2	H2.3	H2.3-1				3.21				20			
	C2	H2.4	H2.4-1	H2.4-2			7.95	5.31			40	30		
	C2	H2.5	H2.5-1	H2.5-2			26.26	4.60			120	30		
	C3	H3.1	H3.1-1				52.84				220			
	C3	H3.2	H3.2-1	H3.2-2	H3.2-3		2.93	9.00	10.26		20	60	60	
	C3	H3.3	H3.3-1	H3.3-2	H3.3-3		4.86	7.01	11.14		30	40	60	
	C3	H3.4	H3.4-1	H3.4-2			7.88	4.58			40	30		
	C3	H3.5	H3.5-1	H3.5-2			1.77	3.24			15	20		
	C3	H3.6	H3.6-1	H3.6-2	H3.6-3		3.13	3.80	4.39		20	30	30	
	C3	H3.7	H3.7-1	H3.7-2			100.00				200	200		
	C3	H3.8	H3.8-1				40.62				180			
	C3-1	H3.9	H3.9-1	H3.9-2	H3.9-3		17.82	2.23	3.17		100	15	20	
	C3-1	H3.10	H3.10-1	H3.10-2			12.27	4.65			60	30		
	C3-1	H3.11	H3.11-1				36.55				160			
	C3-2	H3.12	H3.12-1	H3.12-2	H3.12-3		18.23	4.41	5.29		100	30	30	
	C3-2	H3.13	H3.13-1				60.89				240			
	C3-2	H3.14	H3.14-1				54.64				220			
	C4	H4.1	H4.1-1	H4.1-2	H4.1-3		11.12	3.35	1.76		60	20	15	
	C4	H4.2	H4.2-1				4.10				30			
	C5	H5.1	H5.1-1	H5.1-2			2.99	2.39			20	15		
	C5	H5.2	H5.2-1	H5.2-2	H5.2-3		7.16	7.85	3.46		40	40	20	
	C5	H5.3	H5.3-1				73.59				280			
	C5-1	H5.4	H5.4-1	H5.4-2			4.23	4.64			30	30		
	C6	H6.1	H6.1-1	H6.1-2			34.54	27.35			160	120		
	C6	H6.2	H6.2-1	H6.2-2			21.44	34.32			100	140		
	C6	H6.3	H6.3-1				32.87				140			
	C6	H6.4	H6.4-1				4.98				30			
	C6	H6.5	H6.5-1	H6.5-2			4.44	5.78			30	30		
	C6	H6.6	H6.6-1				6.00				30			
	C6	H6.7	H6.7-1	H6.7-2			4.84	8.06			30	60		
	C6	H6.8	H6.8-1	H6.8-2	H6.8-3		20.93	7.27	13.52		100	40	80	
	C6	H6.9	H6.9-1				3.83				30			
	C6-1	H6.10	H6.10-1	H6.10-2			6.13	6.22			40	40		
	C6-2	H6.11	H6.11-1				17.46				100			
	C6-3	H6.12	H6.12-1	H6.12-2			3.49	5.42			20	30		
	C6-3	H6.13	H6.13-1				24.36				120			
	C6-4	H6.14	H6.14-1	H6.14-2			59.23	4.16			240	30		

Bloco de rega	Conduta	Hidrante	Nº da boca de rega				Área beneficiada (ha)				Caudal (m³/h)			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Alter do Chão	C6-5	H6.15	H6.15-1	H6.15-2			68.65	57.31			260	240		
	C6-5	H6.16	H6.16-1				26.00				100			
	C6-6	H6.17	H6.17-1				6.06				40			
	C6-6	H6.18	H6.18-1	H6.18-2			2.08	4.71			15	30		
	C6-6	H6.19	H6.19-1	H6.19-2	H6.19-3		54.00	3.13	9.07		220	20	60	
	C6-6	H6.20	H6.20-1				5.25				30			
	C6-6	H6.21	H6.21-1	H6.21-2			4.01	53.23			30	220		
	C6-6	H6.22	H6.22-1	H6.22-2	H6.22-3		4.08	8.22	4.54		30	60	30	
	C6-6	H6.23	H6.23-1	H6.23-2	H6.23-3		2.54	24.57	3.53		15	120	20	
	C6-6	H6.24	H6.24-1	H6.24-2	H6.24-3		4.20	3.95	5.07		30	30	30	
	C6-7	H6.25	H6.25-1	H6.25-2			13.30	4.03			80	30		
	C6-7	H6.26	H6.26-1	H6.26-2	H6.26-3		4.48	4.38	6.03		30	30	40	
	C6-7	H6.27	H6.27-1				4.89				30			
	C6-7-1	H6.28	H6.28-1				4.17				30			
	C6-7-1	H6.29	H6.29-1				3.34				20			
	C6-7-2	H6.30	H6.30-1	H6.30-2			2.36	5.33			15	30		
	C6-7-3	H6.31	H6.31-1	H6.31-2			1.16	5.73			15	30		
	C6-7-4	H6.32	H6.32-1				4.48				30			
	C7	H7.1	H7.1-1	H7.1-2	H7.1-3		22.69	17.64	23.72		100	100	120	
	C8	H8.1	H8.1-1				23.87				120			
	C9	H9.1	H9.1-1	H9.1-2	H9.1-3		89.14		49.01		200	200	200	
	C10	H10.1	H10.1-1	H10.1-2			12.22	15.16			60	80		
	C10	H10.2	H10.2-1				63.78				220			
	C10	H10.3	H10.3-1	H10.3-2			26.37	39.91			120	180		
	C10	H10.4	H10.4-1	H10.4-2			81.00	82.60			320	320		
	C10-1	H10.5	H10.5-1				96.17				320			
	C10-2	H10.6	H10.6-1	H10.6-2			40.03	83.22			140	280		
	C10-3	H10.7	H10.7-1				40.72				180			
	C10-3	H10.8	H10.8-1				74.69				280			
	C11	H11.1	H11.1-1				37.48				160			
	C11	H11.2	H11.2-1	H11.2-2			6.69	3.19			40	20		
	C11	H11.3	H11.3-1	H11.3-2			3.15	5.03			20	30		
	C11	H11.4	H11.4-1	H11.4-2			3.39	3.02			20	20		
	C11	H11.5	H11.5-1	H11.5-2			4.26	3.36			30	20		
	C11	H11.6	H11.6-1	H11.6-2			4.54	9.80			30	60		
	C11	H11.7	H11.7-1	H11.7-2			3.01	7.03			20	40		
	C12	H12.1	H12.1-1	H12.1-2	H12.1-3	H12.1-4	90.51		81.96	49.70	200	200	320	200

Bloco de rega	Conduta	Hidrante	Nº da boca de rega				Área beneficiada (ha)				Caudal (m³/h)			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Fronteria e Avis	C13	H13.1	H13.1-1	H13.1-2			13.06	16.70			80	80		
	C13	H13.2	H13.2-1				44.79				200			
	C13	H13.3	H13.3-1	H13.3-2			63.87	58.37			260	240		
	C14	H14.1	H14.1-1	H14.1-2			61.54	54.87			220	200		
	C15	H15.1	H15.1-1				15.36				80			
	C15	H15.2	H15.2-1				44.12				180			
	C15	H15.3	H15.3-1				26.58				120			
	C15-1	H15.4	H15.4-1				12.22				60			
	C15-1	H15.5	H15.5-1	H15.5-2	H15.5-3		100.00		91.50		200	200	320	
	C15-1	H15.6	H15.6-1	H15.6-2	H15.6-3	H15.6-4	99.89		81.23	81.99	180	180	280	280
	C16	H16.1	H16.1-1	H16.1-2	H16.1-3	H16.1-4	84.92	95.72	97.18	93.30	280	320	320	320
	C17	H17.1	H17.1-1				67.96				240			
	C17	H17.2	H17.2-1	H17.2-2			41.60	79.91			140	280		

Unidades de rega associadas a barragens com armazenamento superior a 200 dam³

Quadro A2 - Cálculo dos caudais de dimensionamento

Troço	Caudais (l/s)			Soma dos caudais das bocas de rega (Q total)	Q Clement / Q total	Número de bocas de rega a jusante
	Médio	Desvio Padrão	Clement			
42	13	7	17	17	1.00	1
20002	119	0	117	117	1.00	2
20001	187	0	183	183	1.00	3
41	200	7	200	200	1.00	4
40	300	29	311	311	1.00	6
19001	351	0	344	344	1.00	4
39	655	28	656	656	1.00	10
38	768	10	761	761	1.00	12
18004	33	7	33	33	1.00	1
18003	84	7	83	83	1.00	2
18013	261	0	256	256	1.00	4
18012	448	33	456	456	1.00	7
18011	464	31	472	472	1.00	8
18002	553	25	556	556	1.00	10
18001	576	21	578	578	1.00	11
37	1167	107	1339	1339	1.00	23
17001	119	0	117	117	1.00	2
36	1284	107	1456	1456	1.00	25
35	1309	106	1478	1478	1.00	26
16002a	141	0	139	139	1.00	2
16002	198	0	194	194	1.00	3
16001	237	12	239	239	1.00	5
34	1388	137	1613	1717	0.94	31
33	1412	136	1635	1739	0.94	32
32	1436	135	1658	1761	0.94	33
14001	261	0	256	256	1.00	4
31	1689	138	1917	2017	0.95	37
13007	13	5	17	17	1.00	2
13006	32	10	42	42	1.00	4
13005	40	11	56	56	1.00	6
13004	49	12	67	67	1.00	8
13003	59	13	80	81	0.99	10
13002	73	13	95	97	0.98	12
13001	107	20	140	142	0.99	13
30	1563	167	1837	2158	0.85	50
29	1587	167	1862	2197	0.85	52
28	1589	167	1864	2201	0.85	53
12007	181	0	178	178	1.00	2
12006	265	7	261	261	1.00	4
12005	327	7	322	322	1.00	5
12032	79	0	78	78	1.00	1
12031	130	0	128	128	1.00	2
12004	441	34	450	450	1.00	7
12021	119	0	117	117	1.00	2
12003	564	30	567	567	1.00	9
12011	91	0	89	89	1.00	1
12002	658	27	656	656	1.00	10
12001	700	13	694	694	1.00	12
27	2099	194	2419	2896	0.84	65
26	2195	199	2522	3024	0.83	67
1101	170	0	167	167	1.00	3
25	2319	204	2654	3190	0.83	70
24	2322	204	2657	3196	0.83	71
23	2355	204	2691	3246	0.83	74
22	2364	205	2700	3267	0.83	75

Troço	Caudais (l/s)			Soma dos caudais das bocas de rega (Q total)	Q Clement / Q total	Número de bocas de rega a jusante
	Médio	Desvio Padrão	Clement			
1001	33	7	33	33	1.00	1
21	2388	205	2725	3296	0.83	76
901	84	14	89	89	1.00	3
20	2449	207	2789	3385	0.82	79
816	6	4	8	8	1.00	1
815	60	13	69	69	1.00	4
814	75	17	94	94	1.00	6
813	81	17	103	103	1.00	7
840	6	4	8	8	1.00	1
838	27	8	36	36	1.00	4
845	6	4	8	8	1.00	1
837	33	9	44	44	1.00	5
836	56	13	75	75	1.00	7
844	9	4	13	13	1.00	2
835	65	14	88	88	1.00	9
843	9	4	13	13	1.00	2
834	74	14	98	100	0.98	11
842	4	2	6	6	1.00	1
841	10	5	14	14	1.00	2
833	77	16	104	114	0.91	13
812	161	24	200	217	0.92	20
811	156	27	200	233	0.86	22
810	162	27	206	242	0.85	23
831	18	7	25	25	1.00	3
830	55	12	68	68	1.00	6
829	80	15	101	101	1.00	9
828	149	15	171	171	1.00	11
827	156	15	179	179	1.00	12
826	216	31	263	263	1.00	15
825	227	30	275	275	1.00	17
824	237	29	285	286	1.00	18
809	321	54	411	528	0.78	41
808	350	57	444	567	0.78	42
823	26	8	28	28	1.00	1
822	167	8	167	167	1.00	3
807	472	74	593	733	0.81	45
821	74	4	75	75	1.00	2
806	526	80	657	808	0.81	47
820	33	7	33	33	1.00	1
819	43	8	47	47	1.00	3
805	558	81	691	856	0.81	50
804	605	84	744	922	0.81	52
818	26	8	28	28	1.00	1
803	624	85	764	950	0.81	53
802	681	89	827	1028	0.81	55
817	18	7	22	22	1.00	2
801	694	89	841	1050	0.80	57
19	3143	225	3513	4439	0.79	136
704	79	0	78	78	1.00	1
703	101	7	106	106	1.00	4
711	12	6	17	17	1.00	2
702	108	19	122	122	1.00	6
701	116	16	132	132	1.00	8
18	3230	228	3606	4571	0.79	144
602	6	4	8	8	1.00	1
601	26	9	35	35	1.00	4
17	3249	228	3625	4605	0.79	148

Troço	Caudais (l/s)			Soma dos caudais das bocas de rega (Q total)	Q Clement / Q total	Número de bocas de rega a jusante
	Médio	Desvio Padrão	Clement			
16	3258	228	3633	4622	0.79	150
15	3280	229	3656	4662	0.79	154
510	51	0	50	50	1.00	1
509	164	0	161	161	1.00	3
508	173	20	183	183	1.00	6
507	182	17	193	193	1.00	8
523	62	0	61	61	1.00	1
522	130	0	128	128	1.00	2
521	168	10	172	172	1.00	5
506	322	41	365	365	1.00	13
505	340	39	385	385	1.00	15
504	373	37	421	421	1.00	18
503	365	52	451	460	0.98	21
502	421	56	513	521	0.98	22
514	45	0	44	44	1.00	1
513	64	8	69	69	1.00	3
511	92	16	107	107	1.00	6
501	522	55	612	628	0.98	28
14	3708	240	4103	5290	0.78	182
13	3790	243	4190	5401	0.78	184
405	39	8	42	42	1.00	2
404	53	10	61	61	1.00	4
403	57	10	67	67	1.00	5
402	68	13	83	83	1.00	7
401	109	16	128	128	1.00	9
12	3872	244	4274	5525	0.77	193
301	19	8	22	22	1.00	1
11	3886	245	4288	5551	0.77	194
10	3888	245	4290	5555	0.77	195
9	3892	245	4295	5564	0.77	196
8	3987	248	4396	5692	0.77	198
7	4006	249	4415	5719	0.77	199
5	4006	249	4415	5719	0.77	199
313	34	0	33	33	1.00	1
312	74	0	72	72	1.00	1
311a	103	4	106	106	1.00	2
311	129	8	133	133	1.00	3
3	4103	252	4516	5853	0.77	202
202	146	7	144	144	1.00	3
201	292	26	300	300	1.00	6
2	4325	258	4749	6153	0.77	208
109	92	7	94	94	1.00	2
132	6	4	8	8	1.00	1
131	32	9	36	36	1.00	2
108	124	12	131	131	1.00	4
107	129	21	146	146	1.00	6
121	13	7	17	17	1.00	1
106	143	22	163	163	1.00	7
105	146	21	167	167	1.00	8
104	153	20	175	175	1.00	9
115	26	8	28	28	1.00	1
114	48	12	54	54	1.00	3
113	56	13	65	65	1.00	4
112	62	13	74	74	1.00	5
111	91	19	113	113	1.00	7
103	232	34	287	288	1.00	16
102	286	36	343	343	1.00	17
101	319	36	376	376	1.00	18
1	4573	264	5007	6529	0.77	226

Quadro A3 - Dimensionamento hidráulico da rede de rega do bloco do Crato. Abastecimento a partir do reservatório

Bloco	Conduta	Troço	Nó Montante*	Nó Jusante*	Conduta/Nó Jusante	L acumulado	L	Material	Rugosidade	DN	Classe de pressão (PN)	ø interno	Q dimens.	v	i unitária	i total	Cota do terreno no nó	Cota piezométrica no nó	Pressão mínima	Pressão máxima
(-)	(-)	(-)	(-)	(-)		(m)	(m)	(-)	(m)	(mm)	(bar)	(mm)	(l/s)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Abastecimento a partir do reservatório						5789									RR			267.00		271.00
Crato	CE	4	3	4	CE3	4695	1093	BT	0.0003	1800	6/8	1800	876	0.34	0.0001	0.06	206.4	266.94	60.5	64.6
	CE	3	2	3	-	2380	2315	BT	0.0003	1800	6/8	1800	676	0.27	0.0000	0.08	254.4	266.86	12.4	16.6
	CE	2	1	2	CE2	1257	1123	BT	0.0003	2000	6	2000	676	0.22	0.0000	0.02	225.8	266.84	41.0	45.2
	CE	1	0	1	CE1	678	578	BT	0.0003	2000	8	2000	376	0.12	0.0000	0.00	238.6	266.83	28.2	32.4
	CE	0	0	0	EE	0	678	BT	0.0003	2000	8/10/12	2000	0	0.00	0.0000	0.00	206.3	266.83	60.5	64.7
	EF1															5.27				
	CE1	101	1	101	HE1.1	5	5	PEAD	0.00003	630	8	570	376	1.48	0.0026	0.01	237.8	261.55	23.8	33.2
	CE1	101a	101	101a	-	592	588	PEAD	0.00003	630	8	570	343	1.34	0.0022	1.40	220.0	260.15	40.2	51.1
	CE1	102	101a	102	HE1.2	872	279	PEAD	0.00003	630	10	555.2	343	1.42	0.0025	0.76	214.3	259.39	45.1	56.7
	CE1	102a	102	102a	-	1290	418	PEAD	0.00003	560	10	493.6	287	1.50	0.0032	1.45	202.7	257.94	55.2	68.3
	CE1	103	102a	103	CE1-1	1924	634	PEAD	0.00003	560	12.5	477.6	287	1.60	0.0037	2.59	194.6	255.34	60.8	76.5
	CE1	104	103	104	HE1.3	2288	364	PEAD	0.00003	450	12.5	383.8	175	1.51	0.0043	1.73	203.4	253.62	50.3	67.6
	CE1	105	104	105	HE1.4	2878	590	PEAD	0.00003	450	12.5	383.8	167	1.44	0.0039	2.56	209.5	251.06	41.5	61.5
	CE1	106	105	106	CE1-2	3202	325	PEAD	0.00003	400	10	352.6	163	1.66	0.0057	2.04	219.3	249.02	29.7	51.7
	CE1	107	106	107	HE1.5	3439	236	PEAD	0.00003	400	10	352.6	146	1.49	0.0047	1.21	227.5	247.80	20.3	43.5
	CE1	108	107	108	CE1-3	3668	229	PEAD	0.00003	400	8	361.8	131	1.27	0.0033	0.84	230.7	246.96	16.3	40.4
	CE1	109	108	109	HE1.6	3707	38	PEAD	0.00003	400	8	361.8	94	0.92	0.0018	0.08	234.6	246.88	12.3	36.4
	CE1-1	111	103	111	HE1.7	104	104	PEAD	0.00003	355	12.5	302.8	113	1.56	0.0061	0.69	196.8	254.65	57.9	74.2
	CE1-1	112	111	112	HE1.8	635	531	PEAD	0.00003	280	12.5	238.8	74	1.64	0.0089	5.20	196.0	249.45	53.4	75.0
	CE1-1	113	112	113	HE1.9	1017	382	PEAD	0.00003	280	12.5	238.8	65	1.46	0.0071	2.99	202.5	246.46	43.9	68.5
	CE1-1	114	113	114	HE1.10	1504	487	PEAD	0.00003	250	10	220.4	54	1.42	0.0075	4.00	210.4	242.46	32.0	60.6
	CE1-1	115	114	115	HE1.11	1844	340	PEAD	0.00003	180	12.5	153.4	28	1.50	0.0129	4.81	198.3	237.65	39.3	72.7
	CE1-2	121	106	121	HE1.12	88	88	PEAD	0.00003	140	10	123.4	17	1.39	0.0145	1.41	215.0	247.61	32.7	56.0
	CE1-3	131	108	131	HE1.13	185	185	PEAD	0.00003	200	8	180.8	36	1.41	0.0093	1.90	225.8	245.06	19.2	45.2
	CE1-3	132	131	132	HE1.14	409	224	PEAD	0.00003	110	8	99.4	8	1.07	0.0117	2.89	230.9	242.17	11.2	40.1
	EF2															4.83				
	CE2	201	2	201	HE2.1	866	866	PEAD	0.00003	560	8	506.6	300	1.49	0.0030	2.87	253.4	259.14	5.7	17.6
	CE2	202	201	202	HE2.2	866	0	PEAD	0.00003	560	8	506.6	144	0.72	0.0008	0.00	253.4	259.14	5.7	17.6
	EF3															5.36				
	CE3	311	4	311	HE3.1	4	4	PEAD	0.00003	400	8	361.8	167	1.62	0.0053	0.02	206.5	261.55	55.1	64.5
	CE3	311a	311	311a	CE3-1	4	0	PEAD	0.00003	400	8	361.8	106	1.03	0.0023	0.00	206.5	261.55	55.1	64.5
	CE3	311b	311a	311b	-	526	522	PEAD	0.00003	280	8	253.2	72	1.43	0.0064	3.70	237.7	257.85	20.1	33.3
	CE3	312	311b	312	HE3.2	764	237	PEAD	0.00003	280	6	258.6	72	1.38	0.0058	1.52	219.7	256.34	36.7	51.3
	CE3-1	313	311a	313	HE3.3	112	112	PEAD	0.00003	280	8	253.2	33	0.66	0.0015	0.19	207.8	261.36	53.6	63.2

* Nós de cálculo

Quadro A4 - Dimensionamento hidráulico da rede de rega do bloco do Crato com abastecimento a partir da estação elevatória

Bloco	Conduta	Troço	Nó Montante*	Nó Jusante*	Conduta/Nó Jusante	L acumulado	L	Material	Rugosidade	DN	Classe de pressão (PN)	Ø interno	Q dimens.	v	i unitária	i total	Cota do terreno no nó	Cota piezométrica no nó	Pressão mínima	Pressão estática***
(-)	(-)	(-)	(-)	(-)		(m)	(m)	(-)	(m)	(mm)	(bar)	(mm)	(l/s)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Abastecimento a partir da estação elevatória																	Cota piezométrica no adutor (CE1)**: 271.87 277.2			
Crato	CE1	101	1	101	HE1.1	5	5	PEAD	0.00003	630	8	570	376	1.48	0.0026	0.01	237.8	266.58	28.8	39.5
	CE1	101a	101	101a	-	592	588	PEAD	0.00003	630	8	570	343	1.34	0.0022	1.40	220.0	265.18	45.2	57.3
	CE1	102	101a	102	HE1.2	872	279	PEAD	0.00003	630	10	555.2	343	1.42	0.0025	0.76	214.3	264.43	50.2	63.0
	CE1	102a	102	102a	-	1290	418	PEAD	0.00003	560	10	493.6	287	1.50	0.0032	1.45	202.7	262.97	60.3	74.5
	CE1	103	102a	103	CE1-1	1924	634	PEAD	0.00003	560	12.5	477.6	287	1.60	0.0037	2.59	194.6	260.38	65.8	82.7
	CE1	104	103	104	HE1.3	2288	364	PEAD	0.00003	450	12.5	383.8	175	1.51	0.0043	1.73	203.4	258.65	55.3	73.9
	CE1	105	104	105	HE1.4	2878	590	PEAD	0.00003	450	12.5	383.8	167	1.44	0.0039	2.56	209.5	256.09	46.6	67.7
	CE1	106	105	106	CE1-2	3202	325	PEAD	0.00003	400	10	352.6	163	1.66	0.0057	2.04	219.3	254.05	34.8	58.0
	CE1	107	106	107	HE1.5	3439	236	PEAD	0.00003	400	10	352.6	146	1.49	0.0047	1.21	227.5	252.84	25.3	49.7
	CE1	108	107	108	CE1-3	3668	229	PEAD	0.00003	400	8	361.8	131	1.27	0.0033	0.84	230.7	251.99	21.3	46.6
	CE1	109	108	109	HE1.6	3707	38	PEAD	0.00003	400	8	361.8	94	0.92	0.0018	0.08	234.6	251.92	17.3	42.6
	CE1-1	111	103	111	HE1.7	104	104	PEAD	0.00003	355	12.5	302.8	113	1.56	0.0061	0.69	196.8	259.69	62.9	80.5
	CE1-1	112	111	112	HE1.8	635	531	PEAD	0.00003	280	12.5	238.8	74	1.64	0.0089	5.20	196.0	254.49	58.5	81.2
	CE1-1	113	112	113	HE1.9	1017	382	PEAD	0.00003	280	12.5	238.8	65	1.46	0.0071	2.99	202.5	251.49	49.0	74.7
	CE1-1	114	113	114	HE1.10	1504	487	PEAD	0.00003	250	10	220.4	54	1.42	0.0075	4.00	210.4	247.50	37.1	66.8
	CE1-1	115	114	115	HE1.11	1844	340	PEAD	0.00003	180	12.5	153.4	28	1.50	0.0129	4.81	198.3	242.69	44.4	78.9
	CE1-2	121	106	121	HE1.12	88	88	PEAD	0.00003	140	10	123.4	17	1.39	0.0145	1.41	215.0	252.65	37.7	62.3
	CE1-3	131	108	131	HE1.13	185	185	PEAD	0.00003	200	8	180.8	36	1.41	0.0093	1.90	225.8	255.35	29.5	45.2
	CE1-3	132	131	132	HE1.14	409	224	PEAD	0.00003	110	8	99.4	8	1.07	0.0117	2.89	230.9	252.46	21.5	40.1
	Cota piezométrica no adutor (CE2)**: 271.40 276.7																			
	CE2	201	2	201	HE2.1	866	866	PEAD	0.00003	560	8	506.6	300	1.49	0.0030	2.87	253.4	263.70	10.3	23.3
	CE2	202	201	202	HE2.2	866	0	PEAD	0.00003	560	8	506.6	144	0.72	0.0008	0.00	253.4	263.70	10.3	23.3
	Cota piezométrica no adutor (CE3)**: 267.64 272.1																			
	CE3	311	4	311	HE3.1	4	4	PEAD	0.00003	400	8	361.8	167	1.62	0.0053	0.02	206.5	262.25	55.8	65.6
	CE3	311a	311	311a	CE3-1	4	0	PEAD	0.00003	400	8	361.8	106	1.03	0.0023	0.00	206.5	262.25	55.8	65.6
	CE3	311b	311a	311b	-	526	522	PEAD	0.00003	280	8	253.2	72	1.43	0.0064	3.70	237.7	258.56	20.8	34.4
	CE3	312	311b	312	HE3.2	764	237	PEAD	0.00003	280	6	258.6	72	1.38	0.0058	1.52	237.7	257.04	19.3	34.4
	CE3-1	313	311a	313	HE3.3	112	112	PEAD	0.00003	280	8	253.2	33	0.66	0.0015	0.19	207.8	262.06	54.3	64.3

* Nós de cálculo

** Cota piezométrica na conduta adutora com consumo de percurso ao longo da conduta e reservatório ao nível mínimo de exploração (NmE = 266 m)

*** Cota piezométrica na conduta adutora para caudal total com reservatório ao nível de dimensionamento dos grupos eletrobomba (Nnominal = 270 m)

Quadro A5 - Dimensionamento dos hidrantes e bocas de rega

Bloco	Nº Hidrante	Localização		Unidade de rega / Boca de rega				Nº de bocas de rega	Caudal das bocas de rega (m³/h)				Q hidrante (m³/h)	Ø ligação PEAD (mm)	Ø hidrante (mm)	Ø bocas de rega (mm)				Perda de carga (m)				Pressão min. (mca) Montante	Pressão min. Jusante (mca)				PN
		Conduta	Nº perfil	1	2	3	4		1	2	3	4				1	2	3	4	1	2	3	4		1	2	3	4	
Crato	HE1.1	CE1	E1.2	HE1.1-1				1	120				120	160	150	150				4.5				23.8	19.3				10
	HE1.2	CE1	E1.5	HE1.2-1				1	200				200	225	200	200				4.6				45.1	40.5				10
	HE1.3	CE1	E1.12	HE1.3-1				1	30				30	90	80	80				4.9				50.3	45.4				16
	HE1.4	CE1	E1.17	HE1.4-1				1	15				15	75	65	50				8.2				41.5	33.3				16
	HE1.5	CE1	E1.21	HE1.5-1	HE1.5-2			2	40	15			55	125	100	80	50			5.7	8.3			20.3	14.6	12.0			10
	HE1.6	CE1	E1.25	HE1.6-1	HE1.6-2			2	280	60			340	315	300	200	100			5.4	6.2			12.3	6.9	6.1			10
	HE1.7	CE1-1	E1.27	HE1.7-1	HE1.7-2			2	60	80			140	180	150	100	150			6.4	3.7			57.9	51.5	54.2			16
	HE1.8	CE1-1	E1.31	HE1.8-1				1	30				30	90	80	80				4.9				53.4	48.5				16
	HE1.9	CE1-1	E1.34	HE1.9-1				1	40				40	110	100	80				5.7				43.9	38.2				16
	HE1.10	CE1-1	E1.36	HE1.10-1	HE1.10-2			2	80	15			95	160	150	150	50			3.5	8.3			32.0	28.5	23.7			16
	HE1.11	CE1-1	E1.38	HE1.11-1				1	100				100	160	150	150				3.9				39.3	35.4				16
	HE1.12	CE1-2	E1.40	HE1.12-1				1	60				60	125	100	100				6.3				32.7	26.4				10
	HE1.13	CE1-3	E1.43	HE1.13-1				1	100				100	160	150	150				3.9				19.2	15.3				10
	HE1.14	CE1-3	E1.44	HE1.14-1				1	30				30	90	80	80				4.9				11.2	6.3				10
	HE2.1	CE2	E2.5	HE2.1-1	HE2.1-2	HE2.1-3		3	180	180	200		560	400	400	200	200	200		4.3	4.3	4.5		5.7	1.4	1.4	1.2		10
	HE2.2	CE2	E2.5	HE2.2-1	HE2.2-2	HE2.2-3		3	120	200	200		520	400	400	150	200	200		4.1	4.4	4.4		5.7	1.6	1.3	1.3		10
	HE3.1	CE3	E3.2	HE3.1-1				1	100				100	160	150	150				3.9				55.1	51.2				10
	HE3.2	CE3	E3.4	HE3.2-1				1	260				260	250	250	200				5.2				36.7	31.5				10
	HE3.3	CE3-1	E3.6	HE3.3-1				1	120				120	160	150	150				4.5				53.6	49.1				10

Quadro A6 - Dimensionamento dos contadores individuais

Bloco	Hidrante	Boca	Q boca	Nº proprietário	Área (ha)	Q contador (m3/h)	DN contador (mm)	Nº derivações
Crato	HE1.1	HE1.1-1	120	7	26.03	-	-	-
	HE1.2	HE1.2-1	200	7	48.65	-	-	-
	HE1.3	HE1.3-1	30	0	5.32	-	-	-
	HE1.4	HE1.4-1	15	0	2.60	-	-	-
	HE1.5	HE1.5-1	40	0	6.36	-	-	-
		HE1.5-2	15	0	1.84	-	-	-
	HE1.6	HE1.6-1	280	51	74.51	-	-	-
		HE1.6-2	60	2	8.42	-	-	-
	HE1.7	HE1.7-1	60	0	11.05	-	-	-
		HE1.7-2	80	53	16.98	-	-	-
	HE1.8	HE1.8-1	30	0	3.35	24.51	50	3
				0	0.46	3.37	25	
				53	0.29	2.12	20	
	HE1.9	HE1.9-1	40	0	6.42	-	-	-
	HE1.10	HE1.10-1	80	1	16.71	-	-	-
		HE1.10-2	15	0	1.82	-	-	-
	HE1.11	HE1.11-1	100	2	17.26	-	-	-
	HE1.12	HE1.12-1	60	0	9.50	-	-	-
	HE1.13	HE1.13-1	100	0	21.08	-	-	-
	HE1.14	HE1.14-1	30	0	4.00	-	-	-
	HE2.1	HE2.1-1	180	52	87.89	-	-	-
		HE2.1-2	180			-	-	-
		HE2.1-3	200			-	-	-
	HE2.2	HE2.2-1	120	5	25.77	-	-	-
		HE2.2-2	200	54	47.06	-	-	-
		HE2.2-3	200	4	48.47	-	-	-
	HE3.1	HE3.1-1	100	6	19.62	-	-	-
	HE3.2	HE3.2-1	260	6	66.46	-	-	-
	HE3.3	HE3.3-1	120	2	27.08	-	-	-

Quadro A7 - Válvulas de seccionamento

Bloco	Nº VS	Conduta	Nó	DN conduta	DN válvula	Caudal (l/s)	Velocidade (m/s)	PN válvula	Área (ha)
Crato	VSE1.2	CE1	E1.7	450	300	175	2.48	16	99.1
	VSE1.3	CE1-1	E1.7	355	300	113	1.59	16	74.3

Quadro A8 - Ventosas

Bloco	Nº ventosa	Localização			Diâmetro (mm)	PN ventosa
		Conduta	Nó	DN conduta		
Crato	VC1.1	CE1	E1.3	630	100	10
	VC1.2	CE1	E1.6	560	100	16
	VC1.3	CE1	E1.9	450	80	16
	VC1.4	CE1	E1.11	450	80	16
	VC1.5	CE1	E1.14	450	80	16
	VC1.6	CE1	E1.18	400	80	10
	VC1.7	CE1	E1.22	400	80	10
	VC1.8	CE1	E1.25	400	80	10
	VC1.9	CE1-1	E1.28	280	80	16
	VC1.10	CE1-1	E1.30	280	80	16
	VC1.11	CE1-1	E1.34	280	80	16
	VC1.12	CE1-1	E1.35	250	80	10
	VC1.13	CE1-1	E1.38	180	65	16
	VC1.14	CE1-2	E1.40	140	65	10
	VC1.15	CE1-3	E1.41	200	65	10
	VC1.16	CE1-3	E1.44	110	65	10
	VC2.1	CE2	E2.3	560	100	10
	VC2.2	CE2	E2.5	560	100	10
	VC3.1	CE3	E3.3	280	80	10
	VC3.2	CE3-1	E3.6	280	80	10

Quadro A9 - Descargas de fundo

Bloco	Nº descarga de fundo	Localização			Diâmetro (mm)	PN Descarga
		Conduta	Nó	DN conduta		
Crato	DFC1.1	CE1	E1.8	450	100	16
	DFC1.2	CE1	E1.10	450	100	16
	DFC1.3	CE1	E1.13	450	100	16
	DFC1.4	CE1	E1.15	450	100	16
	DFC1.5	CE1	E1.20	400	100	10
	DFC1.6	CE1	E1.23	400	100	10
	DFC1.7	CE1-1	E1.26	355	100	16
	DFC1.8	CE1-1	E1.29	280	100	16
	DFC1.9	CE1-1	E1.32	280	100	16
	DFC1.10	CE1-1	E1.37	180	100	16
	DFC1.11	CE1-2	E1.39	140	100	10
	DFC1.12	CE1-3	E1.42	200	100	10
	DFC2.1	CE2	E2.1	560	100	10
	DFC2.2	CE2	E2.4	560	100	10
	DFC3.1	CE3	E3.1	400	100	10
	DFC3.2	CE3	E3.4	280	100	10
	DFC3.3	CE3-1	E3.5	280	100	10

Quadro A10 - Maciços de encosto

Pressão de ensaio até 1,0 MPa

Curvas a 11.15°

ϕ	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)			encosto (cm ²)
			L1	L2	H	
400	2417	237	0.45	0.40	0.60	2700

Curvas a 22.5°

ϕ	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)			encosto (cm ²)
			L1	L2	H	
400	4810	471	0.85	0.40	0.60	5100

Curvas a 45°

ϕ	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)			encosto (cm ²)
			L1	L2	H	
400	9435	925	1.70	0.40	0.60	10200

Curvas a 90°

ϕ	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)			encosto (cm ²)
			L1	L2	H	
400	17434	1709	1.80	0.60	1.00	18000

Tês

$\phi 1$	$\phi 2$	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)			encosto (cm ²)
				H	L1	L2	
400	500	12328	1208	0.90	1.50	0.40	13500
	450	12328	1208	0.90	1.50	0.40	13500
	400	12328	1208	0.90	1.50	0.40	13500

Cones de redução

$\phi 1$	$\phi 2$	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)			encosto (cm ²)
				L1	L2	H	
400	110	11395	1117	0.60	0.30	1.00	12000
400	140	10817	1060	0.60	0.30	1.00	12000
400	160	10355	1015	0.60	0.30	1.00	12000
400	200	9246	906	0.60	0.30	1.00	12000
400	250	7512	736	0.50	0.30	0.80	8000
400	315	4683	459	0.50	0.30	0.70	7000

Cruzetas

ϕ	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)		encosto (cm ²)
			L1	H	
400	12328	1208	0.90	0.75	13500

Pressão de ensaio até 1,6 MPa

Curvas a 11.15°

φ	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)			Área de encosto
			L1	L2	H	
400	3867	379	0.50	0.40	0.80	4000

Curvas a 22.5°

φ	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)			Área de encosto
			L1	L2	H	
400	7696	754	1.05	0.40	0.80	8400

Curvas a 45°

φ	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)			Área de encosto
			L1	L2	H	
400	15096	1479	2.00	0.40	0.80	16000

Curvas a 90°

φ	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)			Área de encosto
			L1	L2	H	
400	27894	2734	2.30	0.60	1.30	29900

Tês

φ1	φ2	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)			Área de encosto
				H	L1	L2	
400	500	19724	1933	1.40	1.50	0.40	21000
	450	19724	1933	1.40	1.50	0.40	21000
	400	19724	1933	1.40	1.50	0.40	21000

Cones de redução

φ1	φ2	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)			encosto (cm ²)
				L1	L2	H	
400	110	18233	1787	0.90	0.30	1.20	21600
400	140	17308	1696	0.90	0.30	1.20	21600
400	160	16568	1624	0.90	0.30	1.20	21600
400	200	14793	1450	0.90	0.30	1.20	21600
400	250	12019	1178	0.70	0.30	1.00	14000
400	315	7492	734	0.60	0.30	0.70	8400

Cruzetas

φ	I (kgf)	I (MPa)	Dimensões (m)		encosto (cm ²)
			L1	H	
400	19724	1933	1.00	1.00	20000

Quadro A11 - Maciços de amarração. Câmara de válvulas

Coef Atrito	0.55
Peso esp. betão	25 KN/m³
σ terreno	150 KPa
Peso esp. terreno	19 KN/m³

Conduta	Nó	DN (mm)	Cota soleira (m)	Cota eixo (m)	Cota terreno (m)	Ø1	2			3			4			Estática (m.c.a)	Pressão estática (m.c.a.)	Pressão ensaio (m.c.a.)	F estática (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		
CE1	E1.1 *	630	236.24	236.56	237.95	630				500		180				271.0	34.4	51.7	39.0	58.5	2.10	3.10	2.70	6.5	8.8
CE1	E1.7 **	560	190.52	190.80	194.55	560	450	F	150	355	F	225				271.0	80.2	120.3	193.7	290.6	-	-	-	-	29.4
CE2	E2.1 *	560	223.59	223.87	225.46	560				500		180				271.0	47.1	70.7	23.1	34.6	2.10	3.10	2.70	6.5	8.8

* maciço considerado na câmara de válvulas do medidor de caudal

** para o cálculo foi considerado o peso das duas câmaras de válvulas

Conduta	Nó					Verificação para a pressão estática				Verificação para a pressão de ensaio				Tensão no terreno	
		Impulsão				Deslizamento		Derrubamento		Deslizamento		Derrubamento		Tensão no terreno (KPa)	P < σ terreno
		Cota NF (m)	Cota soleira maciço (m)	Cota topo maciço (m)	Impulsão (KN)	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		
CE1	E1.1 *	235.67	235.67	238.37	0.0	3.1	Ok	2.6	Ok	2.1	Ok	1.7	Ok	-	-
CE1	E1.7 **	-	-	-	0.0	2.1	Ok	-	-	1.4	Ok	-	-	-	-
CE2	E2.1 *	223.03	223.03	225.73	0.0	5.2	Ok	4.1	Ok	3.5	Ok	2.7	Ok	-	-

* maciço considerado na câmara de válvulas do medidor de caudal

** para o cálculo foi considerado o peso das duas câmaras de válvulas

Quadro A12 - Maciços de amarração . Curvas em planta

Coef Atrito 0.55
Peso esp. Betão 25 KN/m³
σ terreno 150 KPa
Peso esp. terreno 19 KN/m³

Conduta	Nó	DN (mm)	Cota soleira (m)	Cota eixo (m)	Cota terreno (m)	Ângulo ext. (°)	Ø	Estática (m.c.a)	Pressão estática (m.c.a.)	Pressão ensaio (m.c.a.)	F estática (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)
CE1	E1.4	630	214.35	214.67	219.82	45.0	630	271.0	56.3	84.5	131.9	197.8	2.6	2.6	1.3	1.3	17.6	17.6	213.37	213.37	215.97	0.0
CE1	E1.16	450	195.84	196.07	197.67	90.0	450	271.0	74.9	112.4	165.3	248.0	2.7	2.7	1.5	1.5	21.9	21.9	194.57	194.57	197.57	0.0
CE2	E2.2	560	229.85	230.13	231.62	90.0	560	271.0	40.9	61.3	139.7	209.5	2.6	2.6	1.4	1.4	18.9	18.9	228.73	228.73	231.53	0.0

		Verificação para a pressão estática				Verificação para a pressão de ensaio				Tensão no terreno		Altura disponível ao terreno (m)
Conduta	Nó	Deslizamento		Derrubamento		Deslizamento		Derrubamento		Tensão no terreno (KPa)	P < σ 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			
CE1	E1.4	1.8	Ok	3.3	Ok	1.2	Ok	2.2	Ok	138.2	Ok	3.86
CE1	E1.16	1.8	Ok	3.0	Ok	1.2	Ok	2.0	Ok	77.0	Ok	0.10
CE2	E2.2	1.9	Ok	3.1	Ok	1.2	Ok	2.1	Ok	71.7	Ok	0.09

Quadro A13 - Maciços de amarração . Derivações e reduções

Coef Atrito 0.55
Peso esp. betão 25 KN/m³
 σ terreno 150 KPa
Peso esp. terreno 19 KN/m³

Conduta	Nó	DN (mm)	Cota soleira (m)	Cota eixo (m)	Cota terreno (m)	ø1	2			3			4			Estática (m.c.a)	Pressão estática (m.c.a.)	Pressão ensaio (m.c.a.)	F estática (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		
CE1	E1.5	630	212.02	212.34	214.26	630	200	A	90	560		180				271.0	58.7	88.0	41.8	62.6	1.5	1.5	1.6	1.6	7.2	6.7
CE1	E1.17	450	206.80	207.03	209.52	450	65	A	90	400		180				271.0	64.0	96.0	21.0	31.6	1.4	1.4	0.8	0.8	3.1	2.9
CE2	E2.5	560	251.69	251.97	253.40	560	400	A	90	400	F	180				271.0	19.0	28.5	51.6	77.4	2.0	2.0	1.0	1.0	8.0	7.5

						Verificação para a pressão estática				Verificação para a pressão de ensaio				Tensão no terreno		Altura disponível ao terreno (m)
Conduta	Nó	Impulsão				Deslizamento		Derrubamento		Deslizamento		Derrubamento		Tensão no terreno (KPa)	P < σ terreno	
		Cota NF (m)	Cota soleira maciço (m)	Cota topo maciço (m)	Impulsão (KN)	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			
CE1	E1.5	210.74	210.74	213.94	0.0	2.2	Ok	1.9	Ok	1.5	Ok	1.3	Ok	81.0	Ok	0.32
CE1	E1.17	206.23	206.23	207.83	0.0	1.9	Ok	3.0	Ok	1.3	Ok	2.0	Ok	69.4	Ok	1.70
CE2	E2.5	250.97	250.97	252.97	0.0	2.0	Ok	3.6	Ok	1.3	Ok	2.4	Ok	55.1	Ok	0.43