



VIDEX

PROJETOS DE ENGENHARIA

videx.geral@gmail.com

Telm.: 964095042

PROJETO DE ESTABILIDADE

André Filipe de Almeida Encarnação

Projeto de Licenciamento

Barragem da Pola I

Quinta da Pola

Fundão

Janeiro / 2021

ÍNDICE

Parte escrita

1 Introdução

1.1 Considerações gerais

1.2 Características principais

2. Caudal máximo de ponta de cheia

3. Descarga de superfície – Nível de máxima cheia

4. Folga sobre o NMC

5. Classe de risco

6. Estimativa orçamental

Peças desenhadas

Des. Nº 01 - Bacia hidrográfica

Des. Nº 02 - Planta da albufeira e planta da Quinta. da Pola

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A Quinta da Pola dispõe de cinco pequenas barragens, quatro das quais em cascata seguindo o curso da primitiva Ribeira da Senhora, e, a quinta, em linha de água afluente na margem esquerda ligeiramente a montante da última daquelas barragens. A designação aqui proposta para as barragens será, para as da primeira linha d' água: Pola I, Pola II, Pola III e Pola IV, e, para a segunda linha d'água, Pola V.

É objeto deste Projeto a Barragem da Pola I dando cumprimento ao determinado no ponto 12 do capítulo “No âmbito da Avaliação de Impacte Ambiental (AIA)” do “Pedido de Elementos Adicionais” relativos ao “Processo de Licenciamento Único Ambiental N.º PL20191126001682”, concretamente:

“ ...

a) Projeto de caracterização atual da barragem e verificação do dimensionamento do descarregador de superfície, para o caudal de ponta de cheia com período de retorno de 100 anos;

b) Proposta de classe da barragem, acompanhada de representação gráfica da área inundada em caso de rotura

...”

Hidrologicamente, há a considerar a reduzidíssima dimensão da bacia hidrográfica – $S_{III}=0.075 \text{ km}^2$ (Ver Des. 01). Acresce como caracterizador orográfico da bacia, a forte modulação do terreno com a criação de socalcos, como ressalta a fotografia aérea:



Trata-se de uma muito pequena barragem com, sensivelmente, 8 m de altura máxima (medida ao sopé do talude de jusante) e com 2 a 3 mil m³ de capacidade. A descarga de

superfície, ao caso, atualmente inexistente, garantir-se-á com a implantação de conduta de PVC DN 400 PN 6 com a rasante da secção de entrada à cota do NPA (557.50) terminando na valeta do caminho situado imediatamente a jusante no ponto à cota (553.00).

Cientes da incompleta conformidade regulamentar, haverá, no entanto, a considerar que o critério definido no nº 3 do Art. 2º do Anexo II do Dec. Lei 21/2018 (RPB) de medição da altura de barragem defronta-se com a presente fortíssima inclinação do talvegue da linha d'água (13.5 % - ver perfil no Des. Nº 02)). Ou seja, sendo aqui o caso em que a altura máxima da barragem medida no sopé de jusante ser de 8 m e a correspondente no sopé de montante ser de 3 m não poderá o primeiro dos valores caracterizar a altura da barragem tal como é o espírito da lei. Haverá, portanto, justificação para esta barragem se incluir no âmbito daquele articulado considerando-a com altura máxima inferior a 5 m, e, daqui, poder prescindir-se da observância do Art. 8º no que respeita à descarga de superfície. A capacidade de vazão da estrutura proposta é demonstrada no Cap. 3, deduzindo que o caudal máximo de ponta de cheia é comportado pela capacidade de vazão a meia secção, fixando, portanto, o nível de máxima cheia à cota NMC (557.70).

1.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

1.2.1. Localização

Freguesia	Alcaria/Pêro Viseu
Concelho	Fundão
Distrito	Guarda
Coordenadas geográficas	-7° 28' 50" 40° 12' 31"

1.2.2. Hidrologia

Linha d'água:	Rib. da Senhora, Rib. da Meimoa, Rio Zêzere, Tejo
Área da bacia hidrográfica (km ²)	0.075
Precipitação média anual (mm)	720
Escoamento médio anual (mm)	270
Caudal máx. ponta cheia afluyente (m ³ /s)	0.230
Caudal máx. ponta cheia efluente (m ³ /s)	0.230

1.2.3. Albufeira

N.P.A.	(557.50)
N.M.C.	(557.70)
Capacidade (x 10 ³ m ³)	2 a 3
Área inundada ao N.P.A. (ha)	0.1

1.2.4. Barragem

Tipo	Terra - Homogénea
Altura máxima (m)	8
Cota coroamento	(558.70)
Desenvolvimento do coroamento (m)	50
Largura do coroamento (m)	3.00
Folga sobre o N.M.C. (m)	1.00
Classe de risco	III

1.2.5. Descarregador de superfície

Localização	ao extremo nascente
Tipo	Aqueduto DN 400 mm
Caudal a meia secção (m ³ /s)	0.23
Carga sobre a rasante (m)	0.20

2. CAUDAL MÁXIMO DE PONTA DE CHEIA

Não havendo medições de caudal de qualquer espécie na Ribeira da Senhora, sobre cujos registos se poderiam aplicar métodos estatísticos, o caudal máximo de ponta de cheia na secção da barragem é calculado pelo somatório do caudal máximo efluente da barragem da Pola II e o caudal devido à própria bacia e obtido pela expressão:

$$Q_n = i.A/3,6$$

em que:

Q_n - Caudal máximo de ponta de cheia em m^3/s

i - Intensidade média de precipitação útil em mm/h

A - Área da bacia hidrográfica em km^2

A precipitação máxima total será a correspondente ao tempo de concentração t_c da bacia, determinado pela aplicação de diferentes fórmulas semi-empíricas, e cujo valor é decorrente das expressões I-D-F do posto udográfico com área de influência que inclui a bacia hidrográfica em causa, ao caso, Posto Nº 12L/03 - Covilhã, calculadas, por sua vez, em "Precipitações Intensas em Portugal Continental - D.S.R.H. - Dez/2001" (Cláudia Brandão et al.) e relativas ao período de retorno de $T=100$ anos.

Parâmetros da curva I-D-F ($I[mm/h] = a \cdot D[min]^b$) para $30 \text{ min} < D < 6 \text{ h}$: $a = 368.22$

$b = -0.556$

A precipitação máxima útil calcular-se-á pela aplicação do método do "Natural Resources Conservation Service" (NRCS).

Dados:

Tipo de solo B

Cobertura do solo Cód. CORINE 242

Condição de superfície Normal

Número de escoamento para AMC II (Lobo Ferreira, 1995) $CN' = 74$

Condição antecedente de humidade AMC III

Número de escoamento corrigido (Chow et al, 1988), $CN = 23 \cdot CN' / (10 + 0.13 \cdot CN')$ $CN = 87$

Parâmetro	unid.	Valor
Área da bacia hidrográfica, A	km ²	0.075
Compr. da l. d'água princ., L	km	0.444
Cota máxima da bacia, C _s	m	630
Cota mínima da bacia, C _i	m	550
Desnível máximo da bacia, D	m	80
Altura média da bacia, H _m	m	40
Período de retorno, T	anos	100

Cálculo:

Retenção potencial máxima:

$$S = (1000/CN - 10) * 25.4$$

$$S = 38,0 \text{ mm}$$

Percas iniciais:

$$I_a = 0,2 * S = 0,2 * 38,0$$

$$I_a = 7.6 \text{ mm}$$

Precipitação total P[mm] no período D[min]= t_c:

$$P = a * t_c^{(1+b)} * 60^b$$

em que:

a e b são parâmetros da curva I-D-F e t_c o tempo de concentração [h].

Precipitação útil [mm]:

$$P_u = (P - I_a)^2 / (P - I_a + S) = (P - 7.6)^2 / (P + 0.8 * 38.0)$$

Caudal máximo de ponta de cheia [m³/s]:

$$Q_p = i * A / 3,6$$

em que:

$$i = P_u / t_c \text{ [mm/h]}$$

No Quadro seguinte apresenta-se o resultado do cálculo de Q_p aplicando diversas fórmulas de cálculo de t_c:

Tempo de concentração:			P	P _u	i	Q _p
Autor	Fórmula	t _c				
		[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[m ³ /s]
Kirpich	$t_c = 0,675561 \cdot (L/D)^{0,385}$	1.31	42.6	15.2	11.6	0.242
Giandotti	$t_c = (4 \cdot A^{0,5} + 1,5 \cdot L) / (0,8 \cdot H_m^{0,5})$	0.35	23.7	4.2	12.0	0.251
Temez	$t_c = 0,3 \cdot [L / (D/L)^{0,25}]^{0,76}$	0.22	19.5	2.5	10.9	0.228
Dooge	$t_c = 0,3649 \cdot A^{0,41} / (D/L)^{0,17}$	0.17	17.2	1.7	9.8	0.205
N.R.C.S.	$t_c = L / 295,179 / 60 / (D/L)^{0,5}$	0.06	10.8	0.2	3.5	0.073

Desconsiderando o valor da fórmula do N.R.C.S. por manifesta discrepância, adotaremos o valor médio dos restantes:

$$Q_p = 0,231 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. DESCARGA DE SUPERFÍCIE – NÍVEL DE MÁXIMA CHEIA

A descarga de superfície atual processar-se-á por meio de uma conduta de PVC DN 400 PN 6 em que a cota da rasante na secção de entrada corresponde ao nível de pleno armazenamento, NPA (557.50).

A seguir se calcula a respetiva capacidade de vazão, Q_v , considerando a secção plena:

Coeficiente de perda de carga na entrada da conduta (Idel'cik):	$K_1 =$	0.5
Coeficiente de perda de carga contínua (Darcy):	$K_2 = 2 * g / C^2 / R * L$	
Coeficiente de perda de carga na saída da conduta (Idel'cik):	$K_3 =$	0.5
Coeficiente de rugosidade (Darcy):	$C = 87 * R^{1/2} / (D + R^{1/2})$	
Diâmetro da conduta (DN 400 PN 6):	$D =$	388 mm
Desenvolvimento da conduta:	$L =$	15.00 m
Raio hidráulico da conduta, $R = D/4$:	$R =$	0.097 m
Secção líquida da conduta, $S = \pi * D^2 / 4$:	$S =$	0.118 m ²
Desnível disponível (descarga na valeta do caminho):	$H =$	4.50 m
	$C =$	38.74
	$K_2 =$	2.020
	$K = K_1 + K_2 + K_3 =$	3.020
Caudal de vazão, $Q_v = S * [2 * 9.8 / (1 + K) * H]^{1/2}$:	$Q_v =$	0.554 m ³ /s

A meia secção garante-se, por isso, a capacidade de vazão igual a $Q'_v = Q_v / 2 = 0.277 \text{ m}^3/\text{s}$ excedendo, assim, Q_p , pelo que, apesar do justificado no Cap. 1.1, considerando a folga relativamente à cota do coroamento CC (557.70) de $f = 1.00 \text{ m}$, fixa-se a cota do nível de máxima cheia igual a $(557.50) + 0.40/2$:

NMC (557.70)

4. FOLGA SOBRE O NMC

Conforme preconizado no capítulo anterior, fixa-se o valor da folga segundo o estipulado regulamentarmente. No entanto, determina-se para este caso particular da Barragem da Pola III, o valor deste parâmetro de acordo com os resultados obtidos no LNEC por Rui Mateus.

Segundo Rui Martins (in “A folga em barragens”, Memória nº 828 – LNEC, 2002) o espraçamento é o mais importante dos factores quantificáveis que contribui para a fixação da folga, indicando a seguinte expressão para o cálculo da sobrelevação do nível da albufera causada pelo espraçamento, R (m):

$$R = 1,6 * K * \operatorname{tg} \alpha / (H_s / L)^{1/2} * H_s$$

K (coeficiente relativo à rugosidade do paramento de montante):

$$K = 0.55 \quad (\text{revestimento de 1 camada de enrocamento})$$

α (ângulo do paramento com a horizontal):

$$\text{Inclinação do talude} \quad 1.5 : 1 \quad \alpha = 33.7^\circ$$

$$H_{s1} = V^{1,23} * F_t^{0,5} / 422 \text{ ou } H_{s2} = V * F_t^{0,5} / 200 \quad (\text{altura significativa das ondas, em m})$$

$$V = 70 \text{ ou } 120 \text{ km/h} \quad (\text{velocidade do vento normal ou excepcional})$$

F_t - fetch calculado pela média aritmética do comprimento de 9 segmentos de recta do feixe entre a barragem e o limite da albufera gerados pela rotação de 3 em 3º do segmento ortogonal à barragem de maior comprimento sobre a albufera. No caso presente, de muito reduzidas dimensões e formato, tomaram-se como iguais os desenvolvimentos de todos os segmentos:

Comprimento dos segmentos de recta ao NMC (km)			Fetch (km)
0.06	0.06	0.06	0.06
0.06	0.06	0.06	
0.06	0.06	0.06	

$$L = 1,56 * T^2 \quad (\text{comprimento de onda, em m})$$

$$T = 0,33 * V^{0,41} * F_t^{0,33} \quad (\text{período de onda, em s})$$

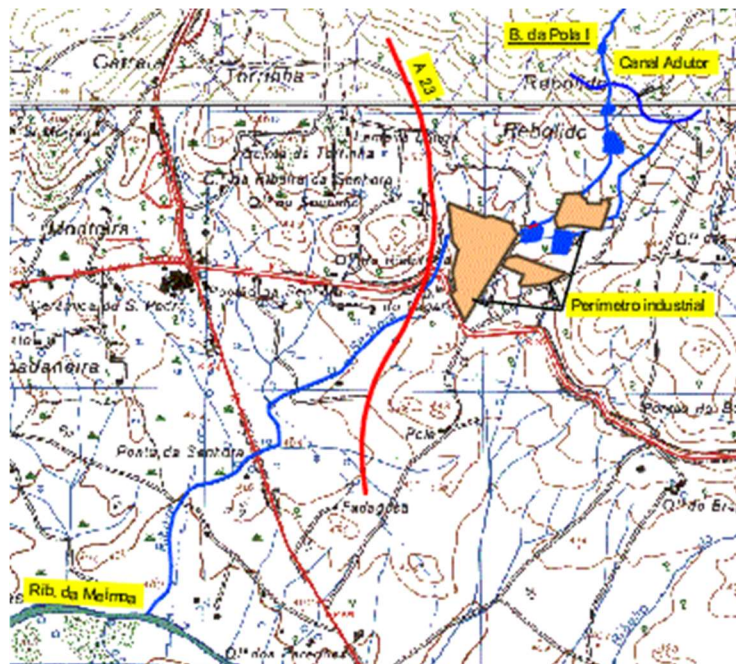
n.º	V (km/h)	T (s)	L (m)	H _{s1} (m)	H _{s2} (m)	H _s adoptado (m)	R (m)	R adoptado (m)
NMC	70	0.7	1	0.11	0.09	0.10	0.17	0.30
	120	0.9	1	0.21	0.15	0.18	0.29	

Resultando daqui, portanto, que o valor de regulamento mais que triplica o valor aqui calculado.

Preconiza-se a regularização do coroamento atual uniformizando altimetricamente – à cota (558.70) – toda a extensão do coroamento por meio de aterro compactado mecanicamente e com 3.00 m de largura mínima.

5. CLASSE DE RISCO

O factor de perigosidade da barragem é de: $X = 8^2 \cdot 0.003^{1/2} = 4 \ll 50$, pelo que, segundo o documento do LNEC de apoio à classificação de risco, a altura da onda provocada pela cheia de ruptura poderá considerar-se igual a metade da altura da barragem ao longo de 5 km para jusante. Esta altura determinaria, em consequência da orografia do vale, o limite altimétrico e planimétrico da onda. Ao caso, esta orografia devida à acentuada modulação do terreno em socacos e plataformas torna impossível a definição da secção transversal líquida, tornando indeterminável a cartografia da onda. Para mais, a existência imediatamente a jusante do Canal Adutor da Meimosa e das barragens da Pola II, III e IV mais implica não poder definir-se realisticamente a afectação da onda. Considerando que, basicamente, o volume de água é muitíssimo reduzido a hipotética quantificação da afectação das zonas industriais, à EN 346, à A 23 e, remotamente, à urbanização a sul desta estrada teria, de igual forma, expressão muito reduzida:



*Pelas razões expostas propõe-se para a Barragem da Pola I a **Classe III**.*

6. ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

6.1 Custo estimado da regularização do coroamento:

Aterro compactado mecanicamente

$$50 \times 0.20 \times 3.00 = 30 \text{ m}^3$$

$$30 \times 5.00 [\text{€/m}^3] = 150 \text{ €}$$

6.2 Custo estimado da descarga de superfície:

Fornecimento e montagem de tubagem PVC DN 400 PN 6, incluindo caixa de entrada e saída

$$15.0 \times 120 [\text{€/m}] = 1\,800 \text{ €}$$

Total: 1 950 €

PROJETO DE ESTABILIDADE

André Filipe de Almeida Encarnação

*Projeto de Licenciamento
Barragem da Pola I*

***Quinta da Pola
Fundão***

Janeiro / 2021