



VIDEX

PROJETOS DE ENGENHARIA

videx.geral@gmail.com

Telm.: 964095042

PROJETO DE ESTABILIDADE

André Filipe de Almeida Encarnação

Projeto de Licenciamento

Barragem da Pola IV

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 IV 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:

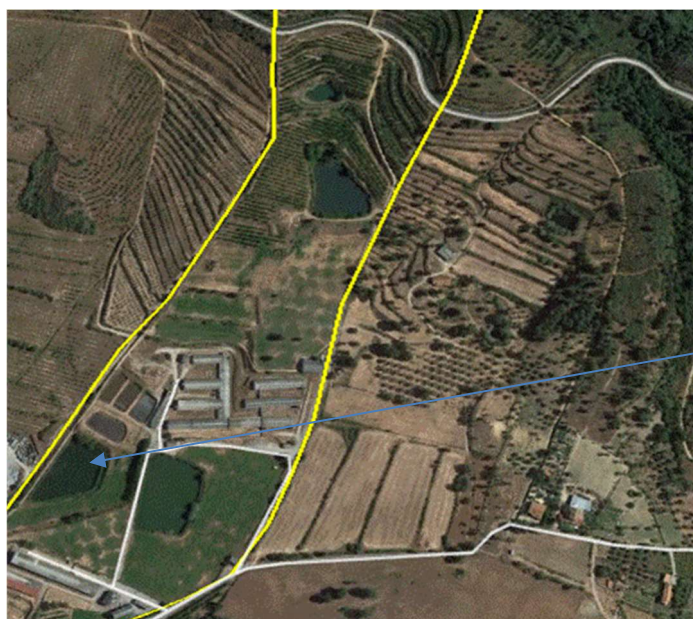
“ ...

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 – $S_{IV}=0.060 \text{ km}^2$ (Ver Des. 01), restringida que é a área pelas bacias a montante pelas barragens da Pola I, II, III e V.



Barragem da Pola IV

Trata-se de uma muito pequena barragem com 3.5 m de altura máxima (medida ao sopé do talude de jusante) e cerca de 6 mil m³ de capacidade. A descarga de superfície é oferecida por conduta com 200 mm de diâmetro com final na valeta da estrada adjacente à extrema da Quinta da Pola. Não tendo esta descarga capacidade de vazão para o caudal máximo de ponta cheia, substituir-se-á por conduta dupla DN 630 cuja vazão a meia secção permite o NMC (454.05), 1.00 m abaixo da cota de coroamento, como se demonstra no Cap. 3..

A barragem está abrangida pelo critério definido no nº 3 do Art. 2º do Anexo II do Dec. Lei 21/2018 (RPB), daqui, poder prescindir-se da observância do Art. 8º no que respeita à descarga de superfície. A capacidade de vazão da estrutura proposta face ao caudal máximo de ponta de cheia é demonstrada no Cap. 3..

1.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

1.2.1. Localização

Freguesia	Alcaria/Pêro Viseu
Concelho	Fundão
Distrito	Guarda
Coordenadas geográficas	-7° 29' 02" 40° 12' 10"

1.2.2. Hidrologia

Linha d'água:	Rib. da Senhora, Rib. da Meimoa, Rio Zêzere, Tejo
Área da bacia hidrográfica (km ²)	0.06
Precipitação média anual (mm)	720
Escoamento médio anual (mm)	270
Caudal máx. ponta cheia afluyente (0.186+0.638) (m ³ /s)	0.824
Caudal máx. ponta cheia efluente (m ³ /s)	0.824

1.2.3. Albufeira

N.P.A.	(453.92)
N.M.C.	(454.05)
Capacidade (x 10 ³ m ³)	~6
Área inundada ao N.P.A. (ha)	0.5

1.2.4. Barragem

Tipo	Terra - Homogénea
Altura máxima (m)	5.0
Cota coroamento	(455.05)
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	no alinhamento poente da barragem
Tipo	Aqueduto duplo DN 630; PN 6
Capacidade de vazão (m ³ /s)	0.900
Carga sobre a rasante (m)	0.30

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	0.060
Compr. da l. d'água princ., L	km	0.412
Cota máxima da bacia, C _s	m	490
Cota mínima da bacia, C _i	m	454
Desnível máximo da bacia, D	m	36
Altura média da bacia, H _m	m	18
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	$t_c = 0,675561 * (L/D)^{0,385}$	1.73	48.2	19.1	11.1	0.185
Giandotti	$t_c = (4 * A^{0,5} + 1,5 * L) / (0,8 * H_m^{0,5})$	0.47	27.1	5.8	12.4	0.206
Temez	$t_c = 0,3 * [L / (D/L)^{0,25}]^{0,76}$	0.24	20.2	2.7	11.2	0.187
Dooge	$t_c = 0,3649 * A^{0,41} / (D/L)^{0,17}$	0.17	17.4	1.7	10.0	0.166
N.R.C.S.	$t_c = L / 295,179 / 60 / (D/L)^{0,5}$	0.08	12.2	0.4	5.4	0.091

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

$$Q_n = 0,186 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sendo o caudal efluente da barragem da Pola V igual a $Q_e = 0.638 \text{ m}^3/\text{s}$, o caudal máximo a ter que ser igualado pela descarga de superfície terá de ser igual a $Q_p = 0.186 + 0.638$:

$$Q_p = 0.824 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. DESCARGA DE SUPERFÍCIE – NÍVEL DE MÁXIMA CHEIA

A descarga de superfície atual processa-se por meio de uma conduta DN 200 mm em que a cota da rasante na secção de entrada corresponde ao nível de pleno armazenamento, NPA (496.81).

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 630 PN 6):	$D =$	593 mm
Desenvolvimento da conduta:	$L =$	10.00 m
Raio hidráulico da conduta, $R = D/4$:	$R =$	0.148 m
Secção líquida da conduta, $S = \pi * D^2 / 4$:	$S =$	0.276 m ²
Desnível disponível:	$H =$	1.69 m
	$C =$	34.25
	$K_2 =$	1.127
	$K = K_1 + K_2 + K_3 =$	2.127
Caudal de vazão, $Q_v = S * [2 * 9.8 / (1 + K) * H]^{1/2}$:	$Q_v =$	0.900 m ³ /s

Preconizando conduta dupla permite-se que, a meia secção, se garanta a vazão do caudal máximo de ponta de cheia, e, daqui, fixar o nível de máxima cheia com a folga $f = 1.00$ m relativamente à cota de coroamento CC (455.05):

NMC (454.05)

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 sobre-elevação do nível da albufeira 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 ou 120 km/h (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 albufeira gerados pela rotação de 3 em 3º do segmento ortogonal à barragem de maior comprimento sobre a albufeira. 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)
0.05	0.05	0.05	0.05
0.05	0.05	0.05	
0.05	0.05	0.05	

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

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

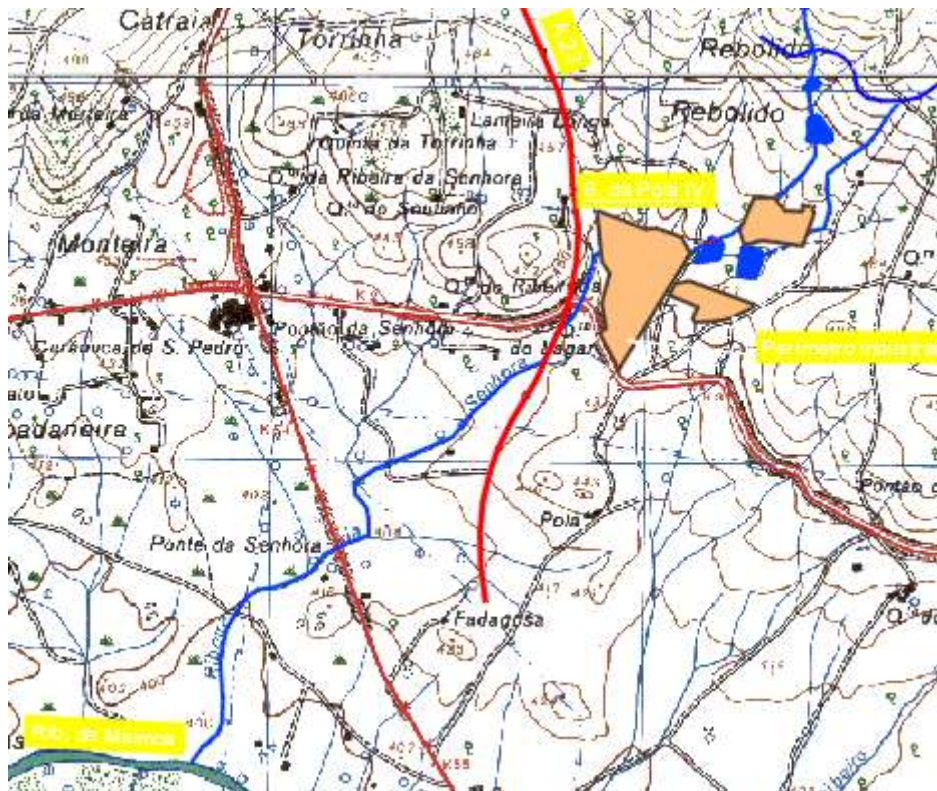
n.º	V (km/h)	T (s)	L (m)	H _{s1} (m)	H _{s2} (m)	H _s adoptado (m)	R (m)	R adoptado (m)
NMC	70	0.7	1	0.10	0.08	0.09	0.15	0.25
	120	0.9	1	0.19	0.13	0.16	0.26	

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

Preconiza-se a regularização do coroamento atual uniformizando altimetricamente – à cota (455.05) – 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: $X = 3.5^2 * 0.006^{1/2} = 1 \ll 50$, 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 determina, em consequência da orografia do vale, o limite altimétrico e planimétrico da onda. Ao caso, esta orografia devido à ocupação por parque industrial imediatamente a jusante da barragem, torna impossível a definição da secção transversal líquida, tornando indeterminável a cartografia da onda. Considerando que, basicamente, o volume de água é muitíssimo reduzido, a hipotética quantificação da afectação da zona industrial, 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 Polva IV a **Classe III**.

6. ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

6.1 Custo estimado da regularização do coroamento:

Aterro compactado mecanicamente

$$70 \times 0.20 \times 3.00 = 42 \text{ m}^3$$

$$42 \times 5.00 [\text{€/m}^3] = 210 \text{ €}$$

6.2 Custo estimado da descarga de superfície:

Fornecimento e montagem de tubagem PVC DN 630 PN 6, incluindo caixa de entrada e saída

$$2 \times 10.00 \times 350 [\text{€/m}] = 7\,000 \text{ €}$$

Total: 7 210 €

PROJETO DE ESTABILIDADE

André Filipe de Almeida Encarnação

*Projeto de Licenciamento
Barragem da Pola IV*

***Quinta da Pola
Fundão***

Janeiro / 2021