

BARRAGEM DO VALE SERRANO

PROJECTO DE CONSTRUÇÃO

Capacidade - 926 475 m³

Altura máxima - 18,85 m

Enquadramento - Regulamento de Segurança de Barragens

Proprietário:

HVCZ Ventures, Lda.

Monte do Vale Serrano

Castelo Branco

GES - Gabinete de Engenharia do Sôr, Lda.

Novembro 2018

INDICE

Capítulo 1	_ pág. 4
Quadro nº 1.1 - Características principais da barragem	_ pág. 5
Quadro nº 1.2 - Áreas e Volumes na albufeira	_ pág. 6
Quadro nº 1.3 - Caracterização Hidrológica e Caudais de Cheia	
Quadros 1.4 e 1.5 - Precipitações e Escoamentos Mensais e Anuais (estação de Capinha)	
Quadro nº 1.6 a 1.8 - Estatística dos Escoamentos Anuais e Mensais	
Quadro nº 1.9 - Balanço Sequencial de Escoamentos Mensais	
Quadros nº 1.10A e 1.10B - Medições e Estimativa de Custos	
Desenho 1.1 - Localização e implantação sobre a carta militar nº 282 à escala 1/25.000	
Desenho 1.2 - Implantação sobre levantamento topográfico à escala 1/3.000	
Desenho 1.3 - Curva de Capacidade da Albufeira	
Desenho 1.4 - Relações Precipitação / Escoamento Anual	
Capítulo 2	_ pág. 11
Desenhos 2.1 e 2.1A - Planta da barragem, albufeira e mancha de empréstimo	
Desenho 2.2 - Perfil transversal na secção máxima	
Desenhos 2.3 - Perfil longitudinal segundo o eixo da barragem	
Desenho 2.4 - Perfis transversais	
Desenhos 2.5 e 2.6 - Pormenores do filtro de pé	
Desenho 2.7 - Perfil na secção da conduta de fundo	
Desenhos 2.8 e 2.9 - Pormenores da conduta de fundo	
Desenhos 2.10 a 2.17 - Pormenores do descarregador de cheias	
Quadros nº 2.1A e 2.1B - Medições	
Capítulo 3	_ pág. 18
Desenho 3.1 - Traçado das Linhas de Percolação	
Desenho 3.2 - Linhas de Percolação / secções	
Quadro nº 3.1 - Percolação pelo aterro	
Quadro nº 3.2 - Curva de Vazão da Conduta de Fundo	
Quadro nº 3.3 - Volumes de aterro a executar	
Desenho A1 - Curva hipsométrica da bacia hidrográfica	
Desenho A2 - Hidrogramas de cheias Giandotti	
Desenho A3 - Hidrogramas de cheias S.C.S.	
Quadro nº A1 - Caudais máximos instantâneos	
Quadro nº A2 - Balanço hídrico para amortecimento de Cheias (Giandotti)	
Quadro nº A3 - Balanço hídrico para amortecimento de Cheias (S.C.S.)	
Quadro nº A4 - Cálculo do canal de descarga	
Anexo I - Cálculo do Descarregador de Cheias	
Anexo II - Reconhecimento geológico e Ensaio Laboratoriais	
Anexo III - Proposta de Classe	
Anexo IV - Proposta de Plano de Observação	
Anexo V - Proposta de Regras de Exploração	

BARRAGEM DO VALE SERRANO

INTRODUÇÃO

O projecto actual tem por objectivo fornecer os dados necessários à construção de uma barragem de terra de acordo com as normas de segurança vigentes nos termos da legislação actual, e inclui a justificação técnica das opções tomadas bem como algumas recomendações e normas gerais de exploração.

Organização do Projecto:

1 - DESCRIÇÃO

(pág. 4)

Resumo das principais características da barragem e recomendações para a sua utilização, para utilização permanente.

- 1.1 - Descrição Geral
- 1.2 - Hidrologia
- 1.3 - Informação adicional

2 - PROJECTO DE EXECUÇÃO

(pág. 11)

Descrição e quantificação pormenorizada dos trabalhos a realizar durante a construção, normas e processos construtivos recomendados.

- 2.1 - Escavações e aterros
- 2.2 - Filtro de pé
- 2.3 - Conduta de fundo
- 2.4 - Protecção dos taludes
- 2.5 - Descarregador de cheias
- 2.6 - Equipamento de Monitorização

3 - PROJECTO TÉCNICO JUSTIFICATIVO

(pág. 18)

Justificação das opções tomadas, apresentação dos cálculos realizados e resultados obtidos, para apreciação técnica do projecto.

- 3.1 - Folga acima do NMC
- 3.2 - Protecção dos taludes
- 3.3 - Escavações e Aterros
- 3.4 - Filtro de pé
- 3.5 - Conduta de fundo
- 3.6 - Descarregador de cheias
- 3.7 - Estabilidade dos taludes
- 3.8 - Equipamentos de Monitorização

Anexo I - Cálculo do Descarregador de Cheias

Anexo II - Reconhecimento Geológico e Ensaios laboratoriais

Anexo III - Proposta de Classe de Risco

Anexo IV - Proposta de Plano de Observação

Anexo V - Proposta de Regras de Exploração

1. DESCRIÇÃO

1.1 - DESCRIÇÃO GERAL

A barragem a construir localiza-se na Monte do Vale Serrano, localizada na freguesia de Idanha-a-Nova e Alcafozes e concelho de Idanha-a-Nova, distrito de Castelo Branco, pertencente à HVCZ Ventures, Lda., com sede na Av. de Espanha nº 24, 6º Esq., 6000- 079 Castelo Branco, e destina-se a promover o armazenamento de caudais pluviais para rega de amendoeiras.

A barragem projectada é uma barragem em aterro, de perfil homogéneo, incluindo dreno de pé para captação de alguns caudais percolados através do aterro, dispendo de um descarregador de tipo frontal na sua margem esquerda e de uma conduta de fundo em PVC revestida a betão armado.

A linha de água intersectada pela barragem é afluente do Ribeiro da Presa, do Ribeiro do Freixo e do rio Ponsul, na bacia hidrográfica do Rio Tejo, dele distando cerca de 8,1 km.

A barragem situa-se sensivelmente nas coordenadas 39° 53' 15" N, 07° 11' 43" O, apresentando-se no desenho nº 1.1 a sua localização sobre a carta militar nº 282 à escala 1/25.000, bem como a sua albufeira e a sua bacia hidrográfica.

No quadro seguinte resumem-se as principais características da obra, destacando-se a capacidade da albufeira a criar, que se estima em 931 082 m³, a altura máxima da barragem, de 18,85 m, e a área máxima inundada, 139 201 m².

O seu abastecimento está não apenas dependente dos escoamentos pluviais privados e públicos originados numa bacia hidrográfica de 1,727 km², a que corresponderá um escoamento anual médio¹ da ordem dos 238 287 m³, como sobretudo de caudais a obter exteriormente.

Com estas características a obra enquadra-se no Regulamento de Segurança de Barragens (DL. 344/2007 de 15 de outubro) uma vez que a sua altura é superior a 15 metros.

Nos termos do mesmo, o cálculo do descarregador de superfície foi realizado para um período de retorno de 1 000 anos, considerando o efeito amortecedor de cheias da albufeira para a chuvada mais desfavorável.

¹ Estação de Ladoeiro 1992 a 2016

As principais características da barragem e sua bacia hidrográfica são apresentadas nos quadros seguintes.

Quadro nº 1.1 - Características Principais da barragem

	Corpo 1	
Altura máxima	18,85	m
Cota do Coroamento	241,90	
Cota do NPA ²	240,30	
Cota do NMC ³	240,90	
Cota mínima do terreno ao eixo	223,05	
Folga mínima acima do NMC adoptado	1,00	m
Comprimento do Coroamento	165,56	m
Largura do Coroamento	4,00	m
Inclinação do talude montante (h/v)	3,00/1	
Inclinação do talude jusante (h/v)	2,50/1	
Área Inundada	139 201	m ²

No quadro seguinte apresenta-se a curva de áreas inundadas e capacidades da albufeira a várias cotas, com indicação das suas capacidades natural, total e útil:

Quadro nº 1.2 - Áreas Inundadas e Capacidade da Albufeira

Cota	Área m ²	Volume m ³	Volume
			Acumulado m ³
223,05	0	0	0
224,00	938	446	446
225,00	4 351	2 644	3 090
226,00	8 340	6 345	9 435
227,00	12 671	10 505	19 941
228,00	17 118	14 894	34 835
229,00	21 813	19 466	54 301
230,00	28 774	25 293	79 594
231,00	35 331	32 052	111 646
232,00	43 528	39 429	151 075
233,00	51 783	47 655	198 731
234,00	60 324	56 054	254 784
235,00	70 185	65 254	320 039
236,00	79 922	75 053	395 092
NPA - 240,30	139 201		851 960
Volume escavado no interior da albufeira			+ 74 516
Capacidade Total			926 475
Volume Morto - (cota do patamar: 224,50)			- 201
Capacidade Útil			926 274

** ao valor da capacidade útil deverá ser descontado o valor da evaporação, dependente do regime de exploração da albufeira.

² Nível de Pleno Armazenamento

³ Nível Máximo de Cheia

Quadro nº 1.3 - Caracterização hidrológica e caudais de cheia

a) Bacia Hidrográfica

Área da Bacia Hidrográfica	1,727	km ²
Perímetro da Bacia Hidrográfica	5,98	km
Altura Média Bacia Hidrográfica	38,96	m
Cota Máxima da Bacia Hidrográfica	298,00	
Comprimento da Linha de Água Principal	2,677	km

b) Precipitação e Escoamento anual médio (Ladoeiro)

Precipitação anual em ano médio	569,0	mm
Escoamento anual em ano médio	238 287	m ³ /ano

d) Caudais e descarregador de Cheias

Máximo caudal de cheias individual afluente	16,818	m ³ /s
Caudal de cheias descarregado	4,570	m ³ /s
Período de retorno considerado	1 000	anos
Largura do descarregador de cheias	4,50	m
Carga para cheias	0,63	m

Nos desenhos 1.1 a 1.4 apresenta-se a localização e implantação da obra, a curva de capacidades da albufeira e a uma correlação empírica que permite obter os escoamentos anuais com base nas precipitações⁴.

Nos quadros 1.4 a 1.8 apresentam-se listagens de valores de precipitações mensais e anuais registadas e dos correspondentes valores de escoamento calculados por vários processos, considerando uma temperatura média anual de 14,03°C⁵.

No quadro 1.10 apresentam-se as medições e a estimativa de custos da obra e, no **Anexo I**, o cálculo do descarregador de cheias, realizado para um período de retorno de 500 anos, considerando o efeito amortecedor de cheias da albufeira para a chuvada mais desfavorável.

⁴ Curso Internacional de Hidrologia Operativa, António de Carvalho Quintela, Vol.II, DGRAH, 1984

⁵ IPMA - Beira Baixa, 1971 a 2000

1.2 - HIDROLOGIA

Precipitação e Escoamento anual no local da obra

No sentido de avaliar a probabilidade de enchimento da barragem foram analisados as precipitações e correspondentes escoamentos anuais no local. Dado tratar-se de uma pequena bacia hidrográfica, e pretendendo-se atender aos factores fisiográficos na avaliação das precipitações, optou-se pela utilização dos registos da estação de Ladoeiro, já que, pela análise da carta de isoietas da precipitação anual ⁶, se verifica ser a mais representativa da área em questão.

Os registos de precipitações mensais utilizados foram obtidos da base de dados do SNIRH e são apresentados no quadro nº 1.4, referindo-se ao período de 1 992 a 2 016.

No quadro nº 1.5 apresentam-se os valores do escoamento mensal e anual calculado para as referidas precipitações, com recurso a expressões empíricas.

No quadro 1.6 resumem-se os valores das precipitações anuais para dada probabilidade de ocorrência (ano mínimo e máximo, percentis de 10 a 90%) bem como os correspondentes valores de escoamento calculados⁷ com base na temperatura média anual e do grupo de solos existentes, permitindo estimar a probabilidade de enchimento da albufeira em termos da bacia exclusiva da barragem.

O processo de cálculo⁸ utilizado na execução deste quadro considera como parâmetros a temperatura média anual e do grupo de solos existentes, conforme se representa no desenho 1.4, o que não sucede nos outros processos de cálculo, pelo que se considera mais adequado apesar de não fornecer valores mensais.

Nos quadros 1.7 e 1.8 apresentam-se estimativas diferentes⁹ do escoamento anual e mensal, sendo de referir que sobretudo a avaliação dos escoamentos mensais é bastante complexa, por ser o coeficiente de escoamento muito dependente da intensidade e frequência das precipitações de curta duração, dos escoamentos nos períodos anteriores, do tipo de solos e sua cobertura vegetal, etc., e não tem grande utilidade neste tipo de aproveitamentos, de carácter anual.

Qualquer dos modelos utilizados não valoriza a variabilidade da precipitação e nomeadamente a sua concentração em períodos mais curtos, nem mesmo a nível mensal, pelo que os resultados apresentados são apenas indicativos.

De notar ainda que o eventual recurso a registos de escoamento medidos em bacias próximas é impraticável pela exiguidade dos dados disponíveis e por diferenças de escala, e em todo o caso não é indispensável para obras desta dimensão.

⁶ - Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Fasc. XLIX, 1991

⁷ - António de Carvalho Quintela, Curso Internacional de Hidrologia Operativa, Vol.II, DGRAH, 1984

⁸ - António de Carvalho Quintela, Curso Internacional de Hidrologia Operativa, Vol.II, DGRAH, 1984

⁹ - Correia, M.L.S. e Loureiro, J.M. - 1977

Pode verificar-se em todo o caso que a capacidade de enchimento da albufeira é muito reduzida, não se prevendo o seu enchimento nem no ano máximo da série considerada, devendo, portanto, a albufeira ser abastecida em grande parte por caudais bombeados do exterior, como previsto.

Balanço Sequencial

No quadro 1.9 é apresentada uma simulação do comportamento da albufeira numa série recente de 18 anos “efectivos” considerando o plano de rega que a albufeira deverá satisfazer (333,0 ha x 2 500 m³/ha.ano de amendoal) sendo contabilizado de forma aproximada o efeito das perdas por evaporação em função do nível mensal da albufeira.

Constata-se que não haveria satisfação das necessidades de rega em qualquer dos anos da série considerada, nem mesmo no ano de maior precipitação (2000/2001 - 920,2 mm) no qual subsistiria um déficit de cerca de 1/3 das necessidades, pelo que se considera virtualmente impossível suportar uma cultura de carácter permanente como a pretendida sem recurso a caudais de outra proveniência.

1.3 - INFORMAÇÃO ADICIONAL

conduta de fundo

Apesar de se ter verificado a estabilidade do talude montante para uma situação de abertura total da válvula de guilhotina referida, recomendam-se cuidados acrescidos na sua operação, que deverá ser preferencialmente realizada de forma lenta e gradual, e no acesso a estes comandos por parte de pessoal não autorizado.

A utilização da conduta de fundo como tomada de água para efeitos de rega não deverá impedir o livre acesso e possibilidade de abertura imediata da válvula de jusante para descarga livre. Neste caso deverá ser instalada para o efeito uma derivação a montante da válvula final.

filtro de pé

A barragem disporá de um filtro de pé instalado no interior do talude jusante destinado a recolher o caudal percolado através do corpo da barragem, evitando quer a desestabilização do talude jusante pela eventual intersecção com ele a linha de percolação, quer fenómenos de erosão interna motivados pelo arrastamento de partículas finas junto com o caudal percolado.

Este filtro disporá de três saídas independentes correspondendo às duas margens da barragem e à sua zona central, descarregando para uma caixa em betão no ponto de cota mais baixa dispondo de grelhas impedindo a entrada de pequenos animais, permitindo, sobretudo após o primeiro enchimento, o controle dos caudais percolados e melhor identificar a origem de possíveis excessos.

fundações

A construção de qualquer barragem deste tipo implica riscos, sobretudo o de perdas de água por insuficiente impermeabilização da albufeira, na maior parte dos casos por deficiente execução da vala corta águas, normalmente por insuficiência na profundidade alcançada, pelo que esta fase da obra pode ser considerada a mais importante para o seu futuro sucesso, tanto mais que a sua correcção é bastante difícil e implica sempre o esvaziamento da albufeira.

Para determinar a profundidade estimada desta vala pode recorrer-se à realização de sondagens geológicas contínuas ou descontínuas, as primeiras realizadas normalmente por abertura de poços ou furos antes do início dos trabalhos, e as segundas consistindo na abertura da vala corta águas permitindo observar todo o perfil transversal do terreno, neste caso já em fase de obra, e, portanto, sem encargos adicionais.

A realização de sondagens descontínuas não permite dispensar a sondagem contínua na fase de obra e representam muitas vezes um custo desproporcionado à importância da obra não garantindo um perfeito controlo da situação existente, essencialmente por serem descontínuas. Representam em geral um acréscimo de custos e um aumento do tempo de execução do projecto, tendo, no entanto, a vantagem de fornecer um valor mínimo aproximado da profundidade a atingir, e assim permitir uma estimativa inicial mais aproximada do custo da obra, útil sobretudo em casos extremos por poder levar a reconsiderar a sua própria construção por exemplo pelo custo das soluções técnicas especiais necessárias nesses casos.

Uma sondagem contínua mais rigorosa pode ser realizada durante a construção desde que a execução desta vala seja acompanhada da observação directa por técnico competente do perfil dos terrenos assim tornados visíveis, dispensando-se as sondagens em profundidade, desde que se assuma que um eventual acréscimo de escavação relativamente ao inicialmente previsto não põe em causa a realização da obra.

Comparativamente a esta opção a realização de sondagens apresenta vantagens apenas quando conduz a uma recomendação no sentido da desistência da construção, por um valor mais baixo que o da sondagem contínua. Na generalidade dos casos os custos da sondagem contínua são, no entanto, considerados nulos uma vez que a abertura desta vala é parte integrante e indispensável da obra.

Um reconhecimento geológico de superfície, acompanhado de análise cartográfica, é sempre recomendado podendo, no entanto, ser aligeirado nas obras de menor dimensão, já que os riscos de perda por infiltração aumentam com a altura da água na albufeira.

Opta-se neste projecto pela observação da vala corta águas durante a fase de execução dispensando-se a realização de sondagens em profundidade, sendo a sua profundidade avaliada, para efeitos de orçamentação, em função da carga hidráulica existente em cada secção transversal.

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO 1.4 - PRECIPITAÇÕES MENSAIS E ANUAIS (mm)

ESTAÇÃO - LADOEIRO - 14N/02UG

ANO	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ANUAL
1992/93	96,2	10,0	52,8	26,6	24,8	39,4	55,2	114,2	10,6	0,0	2,8	16,6	449,2
1993/94	151,5	111,7	10,6	69,2	97,2	6,8	9,2	136,9	0,0	0,0	0,4	1,6	595,1
1994/95	59,4	67,0	40,2	48,0	135,2	15,2	20,4	13,2	23,4	2,4	0,0	24,6	449,0
1995/96													
1996/97	52,0	77,6	180,7	135,6	4,0	0,0	24,6	158,6	46,6	29,4	25,4	46,6	781,1
1997/98	119,2	282,2	156,4	31,2	70,2	11,6	43,8	71,6	50,0	0,0	0,0	78,2	914,4
1998/99													
1999/00	184,9	4,0	29,8	3,0	5,6	8,2	89,6	67,8	0,0	3,0	0,0	20,0	415,9
2000/01	52,8	88,6	265,0	206,6	55,8	163,8	0,0	48,6	6,0	0,0	7,2	25,8	920,2
2001/02													
2002/03	57,8	87,6	91,4	66,5	76,4	59,2	63,3	0,6	1,5	11,1	3,5	6,1	525,0
2003/04													
2004/05													
2005/06	135,3	54,2	53,7	17,4	39,6	71,0	30,4	0,6	16,9	7,7	10,4	38,9	476,1
2006/07	157,9	216,8	28,0	13,6	46,9	11,6	84,6	31,5	32,9	0,3	11,2	39,8	675,1
2007/08	57,4	56,5	19,7	58,2	60,0	9,8	89,6	52,6	10,3	0,4	0,5	22,1	437,1
2008/09													
2009/10	42,8	38,2	152,4	81,3	109,5	82,2	61,0	17,6	10,3	1,0	0,0	5,2	601,5
2010/11	55,9	37,8	158,4	73,6	43,7	68,2	54,0	73,3	0,3	0,0	13,5	25,8	604,5
2011/12	46,8	126,9	13,5	7,5	0,7	1,5	29,0	49,5	0,2	0,0	6,6	28,5	310,7
2012/13	90,6	104,3	44,4	71,9	43,5	126,9	45,7	8,0	9,6	1,7	0,0	74,0	620,6
2013/14	140,4	3,8	66,2	93,5	89,0	18,2	48,7	18,9	6,4	7,4	0,1	95,0	587,6
2014/15													
2015/16	90,8	31,4	48,5	56,8	32,9	25,9	118,3	86,0	1,7	1,4	1,7	10,8	506,2
2016/17	68,3	84,5	34,6	29,6	59,1	37,2	3,3	28,9	6,6	13,7	7,4	0,0	373,2
2017/18													
	92,2	82,4	80,4	60,6	55,2	42,0	48,4	54,4	13,0	4,4	5,0	31,1	569,0

Fonte: SNIRH :: Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO 1.5 - ESCOAMENTOS MENSAIS E ANUAIS (mm)

ESTAÇÃO - LADOEIRO - 14N/02UG

ANO													R	P	R
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ANUAL	ANUAL	ANUAL
1992/93	41,3	0,0	19,0	5,5	4,6	12,1	20,2	50,5	0,0	0,0	0,0	0,4	153,7	449,2	30,2
1993/94	69,7	49,3	0,0	27,4	41,8	0,0	0,0	62,2	0,0	0,0	0,0	0,0	250,4	595,1	123,9
1994/95	22,4	26,3	12,5	16,5	61,3	0,0	2,4	0,0	3,9	0,0	0,0	4,5	149,8	449,0	30,1
1995/96															
1996/97	18,6	31,7	84,7	61,5	0,0	0,0	4,5	73,4	15,8	7,0	4,9	15,8	318,0	781,1	243,4
1997/98	53,1	136,9	72,2	7,9	27,9	0,0	14,4	28,7	17,6	0,0	0,0	32,0	390,7	914,4	329,0
1998/99															
1999/00	86,9	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	37,9	26,7	0,0	0,0	0,0	2,1	160,8	415,9	8,8
2000/01	19,0	37,4	128,0	98,0	20,5	76,0	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0	5,1	401,0	920,2	332,7
2001/02															
2002/03	21,6	36,9	38,8	26,0	31,1	22,3	24,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	201,1	525,0	78,9
2003/04															
2004/05															
2005/06	61,4	19,7	19,5	0,8	12,2	28,3	7,5	0,0	0,6	0,0	0,0	11,9	161,8	476,1	47,5
2006/07	73,0	103,3	6,3	0,0	16,0	0,0	35,3	8,1	8,8	0,0	0,0	12,3	263,0	675,1	175,3
2007/08	21,4	20,9	2,0	21,8	22,7	0,0	37,9	18,9	0,0	0,0	0,0	3,2	148,8	437,1	22,4
2008/09															
2009/10	13,9	11,5	70,2	33,6	48,1	34,1	23,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	235,5	601,5	128,0
2010/11	20,6	11,3	73,3	29,7	14,3	26,9	19,6	29,5	0,0	0,0	0,0	5,1	230,3	604,5	129,9
2011/12	15,9	57,1	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	17,3	0,0	0,0	0,0	6,5	103,6	310,7	0,0
2012/13	38,4	45,5	14,7	28,8	14,2	57,1	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	29,9	243,9	620,6	140,3
2013/14	64,0	0,0	25,9	39,9	37,6	1,2	16,9	1,6	0,0	0,0	0,0	40,7	227,8	587,6	119,1
2014/15															
2015/16	38,5	8,0	16,8	21,1	8,8	5,2	52,7	36,1	0,0	0,0	0,0	0,0	187,0	506,2	66,8
2016/17	27,0	35,3	9,6	7,1	22,2	11,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	118,9	373,2	0,0
2017/18															
	19,1	17,1	16,2	11,5	10,4	7,4	8,6	10,2	1,3	0,2	0,1	4,6	106,7	276,8	54,2

Kc= 1,284

Nota: O Escoamento Mensal foi calculado através da expressão $R = 6 - 11 \times Kc + 0,4 \times Kc \times P$ e o Escoamento Anual pela expressão $R = 41 - 233 \times Kc + 0,5 \times Kc \times P$
(Correia, M.L.S. e Loureiro, J.M. - 1977)

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO 1.6 - PRECIPITAÇÕES E ESCOAMENTOS ANUAIS

ESTAÇÃO DE LADOEIRO
PERÍODO DE 1992 A 2016

ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA (Km²)- 1,727
GRUPO DE SOLOS - 1
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)- 14,03

Probabilidade	Precipitação mm	Escoamento m ³	Escoamento m ³
ANO MÁXIMO	920,2	363,6	627 989,5
Probab 90%	403,1	31,3	54 143,1
Probab 80%	441,9	56,3	97 166,9
Probab 70%	451,9	62,7	108 297,4
Probab 60%	500,2	93,7	161 885,7
Probab 50%	556,3	129,8	224 163,0
Probab 40%	596,4	155,5	268 640,5
Probab 30%	604,2	160,6	277 318,5
Probab 20%	653,3	192,1	331 805,7
Probab 10%	821,1	299,9	518 005,3
ANO MINIMO	310,7	0,0	0,0
ANO MÉDIO	569,0	138,0	238 287,3

Nota - Escoamentos calculados com base na precipitação anual pela correlação proposta por António de Carvalho Quintela, Curso Internacional de Hidrologia Operativa, 1984

503/18
Novembro

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO 1.7 - PRECIPITAÇÕES E ESCOAMENTOS ANUAIS

ESTAÇÃO DE LADOEIRO
PERÍODO DE 1992 A 2016

ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA (Km ²)-	1,727
GRUPO DE SOLOS -	1
TEMPERATURA MÉDIA ANUAL (°C)-	14,03

Probabilidade	Precipitação mm	Escoamento mm	Escoamento m ³
ANO MÁXIMO	920,2	332,7	574 643,2
Probab 90%	403,1	0,6	1 033,6
Probab 80%	441,9	25,5	44 039,6
Probab 70%	451,9	31,9	55 165,5
Probab 60%	500,2	63,0	108 731,7
Probab 50%	556,3	99,0	170 983,4
Probab 40%	596,4	124,7	215 442,5
Probab 30%	604,2	129,8	224 117,0
Probab 20%	653,3	161,3	278 581,6
Probab 10%	821,1	269,0	464 704,4
ANO MÍNIMO	310,7	0,0	0,0
ANO MÉDIO	569,0	107,2	185 101,8

Nota: O Escoamento foi calculado através da expressão $R = 41 - 233 \times Kc + 0,5 \times Kc \times P$
(A. Lencastre e F.M. Franco-" Lições de Hidrologia-UNL-Faculdade de Ciências e Tecnologia"

Kc= 1,284

(índice de Gravelius)

503/18
Novembro

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO 1.8 - PRECIPITAÇÕES E ESCOAMENTOS MENSAIS

ESTAÇÃO DE LADOEIRO
PERÍODO DE 1992 A 2016

ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA (Km ²)-	1,727
GRUPO DE SOLOS -	1
TEMPERATURA MÉDIA ANUAL (°C)-	14,03

	Precipitações Médias Mensais (mm)	Escoamento Mensal Médio (mm)	Escoamento Total (m ³)
Outubro	92,2	39,3	67 798,5
Novembro	82,4	34,2	59 077,3
Dezembro	80,4	33,2	57 263,0
Janeiro	60,6	23,0	39 702,2
Fevereiro	55,2	20,2	34 969,3
Março	42,0	13,5	23 265,4
Abril	48,4	16,7	28 885,7
Maio	54,4	19,8	34 195,3
Junho	13,0	0,0	0,0
Julho	4,4	0,0	0,0
Agosto	5,0	0,0	0,0
Setembro	31,1	7,8	13 548,3
Total	569,0	207,7	358 705,1

Nota: O Escoamento foi calculado através da expressão $R = 6 - 11 \times Kc + 0,4 \times Kc \times P$
(A. Lencastre e F.M. Franco-" Lições de Hidrologia-UNL-Faculdade de Ciências e Tecnologia"

Kc= 1,284

(índice de Gravelius)

503/18
Novembro

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO 1.9 - SIMULAÇÃO DA UTILIZAÇÃO NO PERÍODO DE 1992 A 2016

ESTAÇÃO DE LADOEIRO

Ano	Precipitação	Escoamento	Capacidade - 931.245 m ³			
	Anual	Anual	Área a regar - 333 ha			
	<i>mm</i>	<i>m³</i>	Consumo Anual - 832.500 m ³			
			déficit			
			Cap. Máx.	de rega	Cap. Final	Evaporação
			<i>m³</i>			
1992/93	449,2	105 312	39 075	793 151	0	3 050
1993/94	595,1	267 220	123 986	651 595	0	11 927
1994/95	449	105 090	80 270	751 180	0	5 335
					0	
1996/97	781,1	473 628	276 413	431 206	0	26 925
1997/98	914,4	621 553	396 081	332 466	0	38 130
					0	
1999/00	415,9	68 359	17 491	814 097	0	1 675
2000/01	920,2	627 989	555 551	280 956	0	46 690
					0	
2002/03	525	189 429	160 721	675 584	0	12 199
					0	
					0	
2005/06	476,1	135 164	68 723	753 875	0	4 809
2006/07	675,1	355 998	220 830	590 553	0	18 286
2007/08	437,1	91 885	60 829	769 679	0	4 196
					0	
2009/10	601,5	274 322	246 658	591 024	0	16 703
2010/11	604,5	277 651	201 411	595 281	0	15 611
2011/12	310,7	0	0	832 500	0	0
2012/13	620,6	295 518	203 369	597 951	0	14 420
2013/14	587,6	258 897	131 487	655 829	0	9 474
					0	
2015/16	506,2	168 566	96 039	706 663	0	8 010
2016/17	373,2	20 974	13 976	819 575	0	2 108
ANO	269,5	4 337 555	11 643 164			

NECESSIDADES TOTAIS (M3)	14 985 000
DEFICIT (M3)	11 643 164
UTILIZAÇÃO EFECTIVA (M3)	3 341 836
DEFICIT	77,7%
UTILIZAÇÃO EFECTIVA (HA)	74,3
TAXA DE UTILIZAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS	77,0%
Nº DE ANOS COM DÉFICIT > 30 %	100% 18
Nº DE ANOS COM DÉFICIT > 70 %	83% 15

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO 1.10A - ESTIMATIVA DE CUSTOS

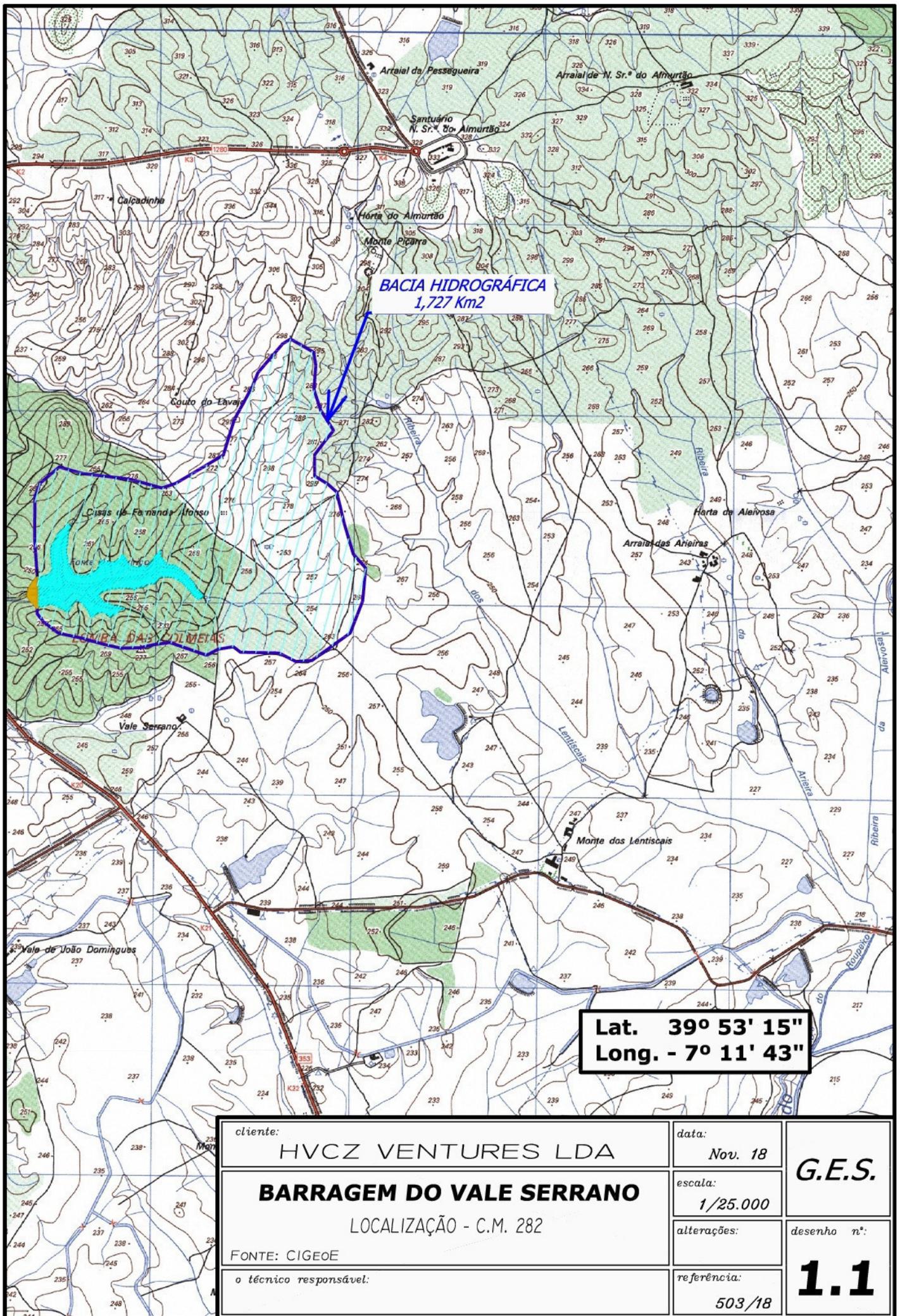
DESIGNAÇÃO	QUANTID.		PREÇOS	PREÇOS	PREÇOS
			UNITARIOS	PARCIAIS	TOTAIS
€					
<u>A) CORPO DA BARRAGEM</u>					
Escavação da vala de inserção	5 724	m ³	2,20	12 592,33	
Saneamento	2 874	m ³	2,00	5 748,15	
Aterro acima do terreno natural	86 578	m ³	3,00	259 733,78	
Aterro em reposição de escavações	8 598	m ³	3,00	25 793,58	
Abertura de vala para drenos	227,48	m	2,00	454,96	
Areia no Filtro de pé	48,93	m ³	14,00	684,96	
Gravilha no Filtro de pé	18,69	m ³	14,00	261,61	
Tubo drenagem corrugado PE 100mm SN 4 SP C2 240°	146,70	m	5,50	806,85	
Tubo PVC 110mm	45,98	m	5,50	252,88	
Tubo drenagem corrugado PE 80mm SN 2 TP C1 360°	80,78	m	1,80	145,41	
Tubo PVC 90mm	17,95	m	4,50	80,80	
Betão Armado na caixa de saída do filtro de pé	0,32	m ³	250,00	80,00	
Enrocamento no paramento montante.....	1 730	m ³	25,00	43 237,50	
Cobertura vegetal paramento de juzante	5 631	m ²	0,60	3 378,60	353 313,82
<u>B) CONDUTA DE FUNDO</u>					
Aterro Manual	33,00	m ³	3,00	99,00	
Tubo PVC 6 kg/cm2 de 400 mm incluindo abertura, e fecho de vala	108,00	m	61,07	6 595,56	
Betão de revestimento ao tubo PVC	41,73	m ³	225,00	9 389,45	
Betão Armado na caixa montante	3,06	m ³	300,00	918,00	
Betão Armado na caixa jusante	3,03	m ³	300,00	909,00	
Betão Armado na Viga de Rigidez e Pilaretes	4,49	m ³	300,00	1 347,53	
Válvula de guilhotina 400 mm, cardan, acessórios	1,00	un	2 487,43	2 487,43	
União de redução fêmea PVC 400x315 mm	1,00	un	220,35	220,35	
Anel curto PVC 315x250 mm	1,00	un	153,54	153,54	
Troço PVC 250 mm	1,00	un	6,49	6,49	
Junta Flange 250 mm	1,00	un	292,00	292,00	
Válvula de cunha elástica 250 mm	1,00	un	840,00	840,00	
Deflector ferro Flangeado 250 mm	1,00	un	186,00	186,00	
Chumbadores e acessórios	1,00	un	100,00	100,00	
Varão de accionamento e tubo de arejamento incluindo ligações	110,50	ml	12,50	1 381,25	
Acessórios e Montagem	1,00	un	1 239,87	1 240,00	26 697,90
<u>C) EQUIPAMENTO DE MONITORIZAÇÃO</u>					
Furo com 3 piezómetros hidráulicos	1,00	un	7 500,00	7 500,00	7 500,00
503/18	Total				387 511,72
Novembro					

Capacidade (m ³)	931 283
Cota do NPA	240,30
Cota do Coroamento	241,90

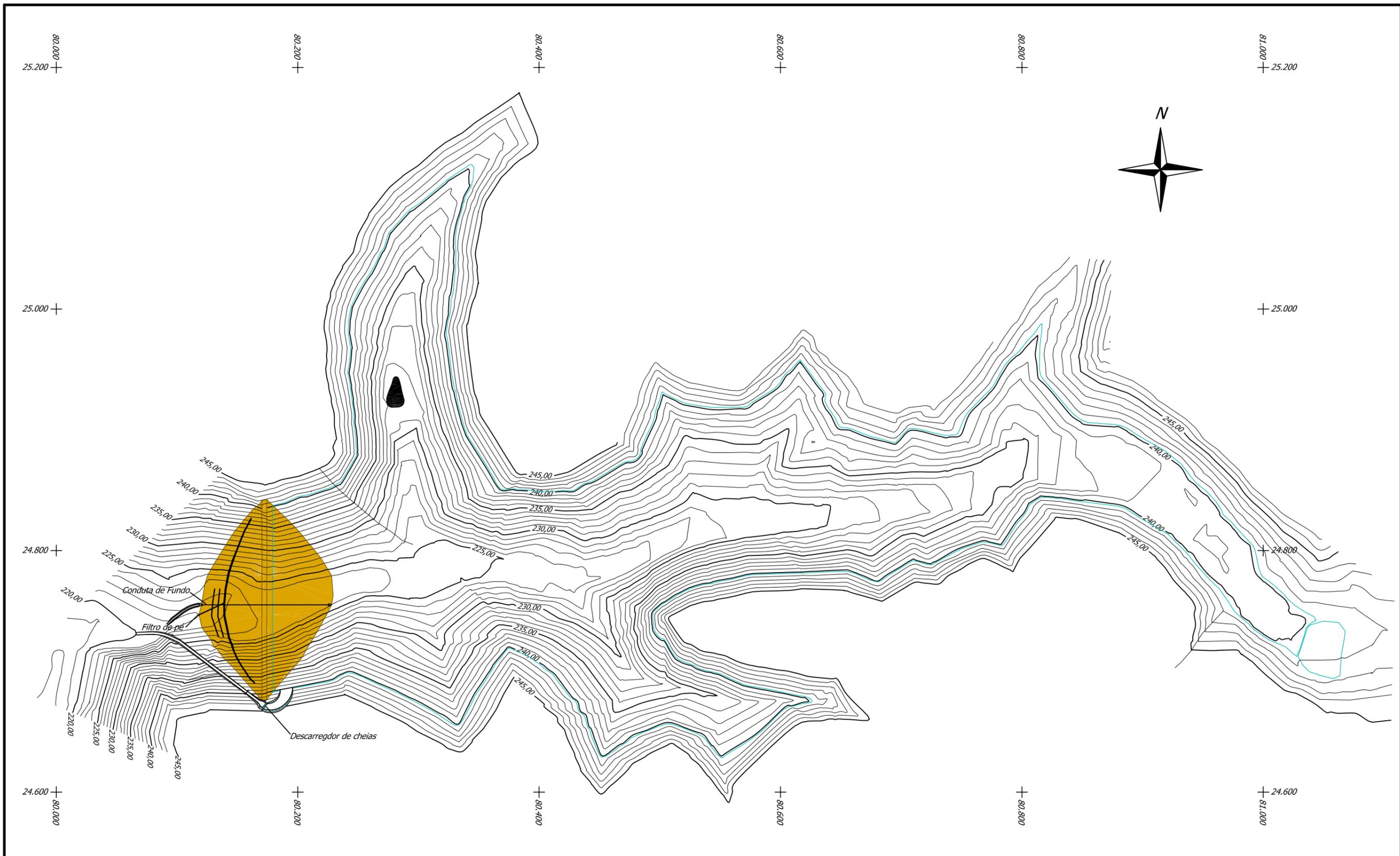
BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO 1.10B - ESTIMATIVA DE CUSTOS

DESIGNAÇÃO		QUANTIDADE (m ³)	PREÇOS UNITARIOS	PREÇOS PARCIAIS	PREÇOS TOTAIS
			€	€	€
<u>C) EVACUADOR DE CHEIAS</u>					
<u>c1) Escavação</u>					
Canal de chegada.....	E.	994	2,20	2 186,80	
Canal de descarga.....	E.	443	2,20	974,60	
Canal de restituição.....	E.	0	5,00	0,00	3 161,40
<u>c2) Descarregador</u>					
Soleira	B.S.	0,77	225,00	173,25	
Lage	B.S.	4,41	250,00	1 102,85	
Paredes	B.A.	2,86	300,00	858,00	
Brita		0,00	30,00	0,00	2 134,10
<u>c3) Canal de Descarga</u>					
Paredes	B.A.	3,78	300,00	1 134,00	
Lage	B.S.	6,53	250,00	1 632,50	2 766,50
<u>c4) Bacia de Dissipação</u>					
Paredes	B.A.	0,00	300,00	0,00	
Lage	B.A.	0,00	250,00	0,00	
Dentes	B.A.	0,00	300,00	0,00	
Enrocamento		0,00	30,00	0,00	
Brita		0,00	30,00	0,00	0,00
<u>c5) Muros e Fundação Final</u>					
Paredes	B.A.	0,25	300,00	74,25	
Lage	B.A.	0,39	250,00	98,44	172,69
TOTAL - DESCARREGADOR DE CHEIAS					8 234,69
TOTAL 1.10A + 1.10B					395 746,40
PROJECTO					
TOTAL					395 746,40
<i>B.S. - Betão simples / ligeiramente armado</i>					
<i>B.A. - Betão armado</i>					
<i>A. - Alvenaria</i>					503/18
<i>E. - Escavação</i>					

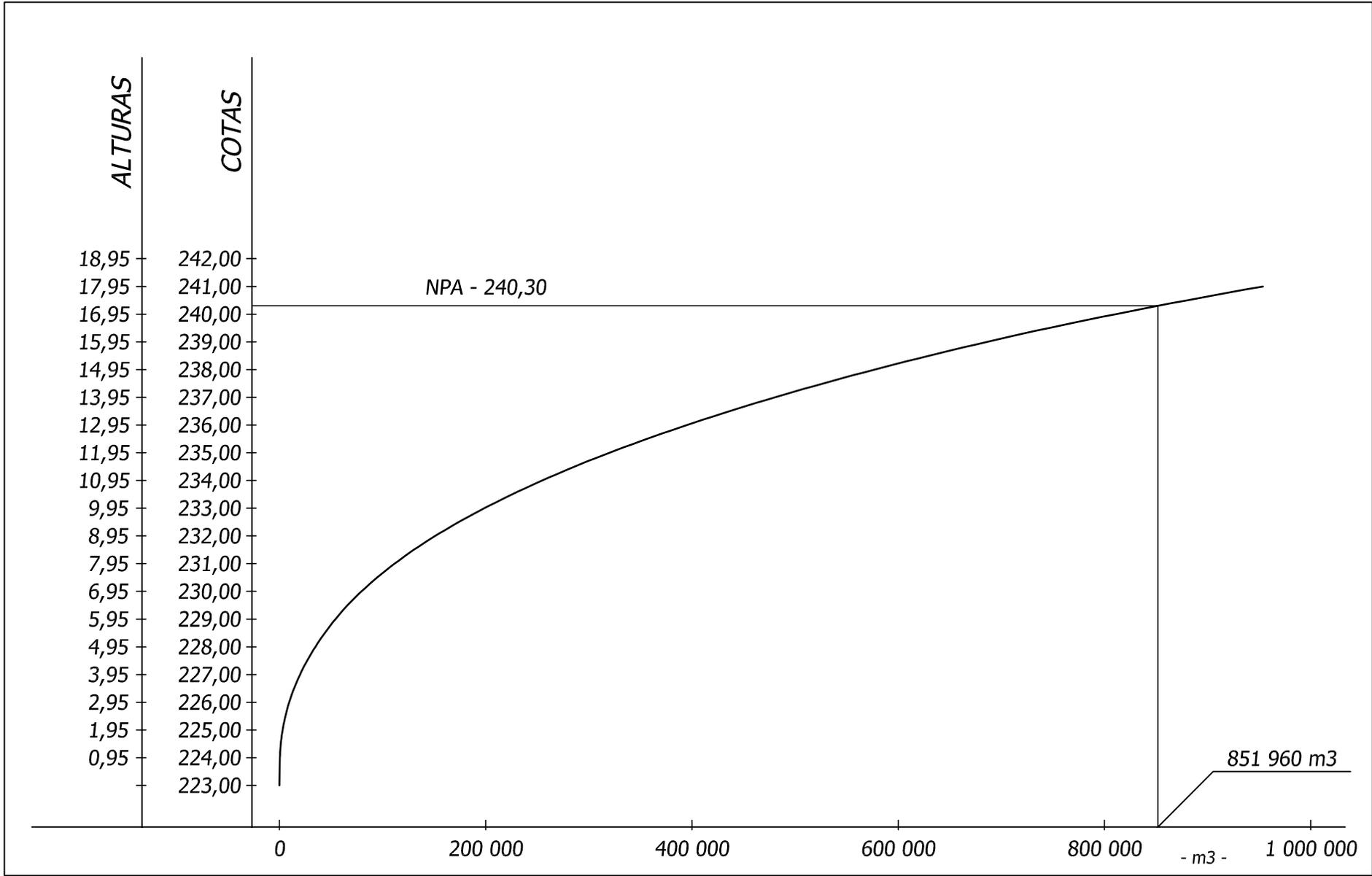


cliente: HVCZ VENTURES LDA	data: Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO	escala: 1/25.000	
LOCALIZAÇÃO - C.M. 282	alterações:	desenho n.º:
FONTE: CIGEOE	referência: 503/18	1.1
o técnico responsável:		

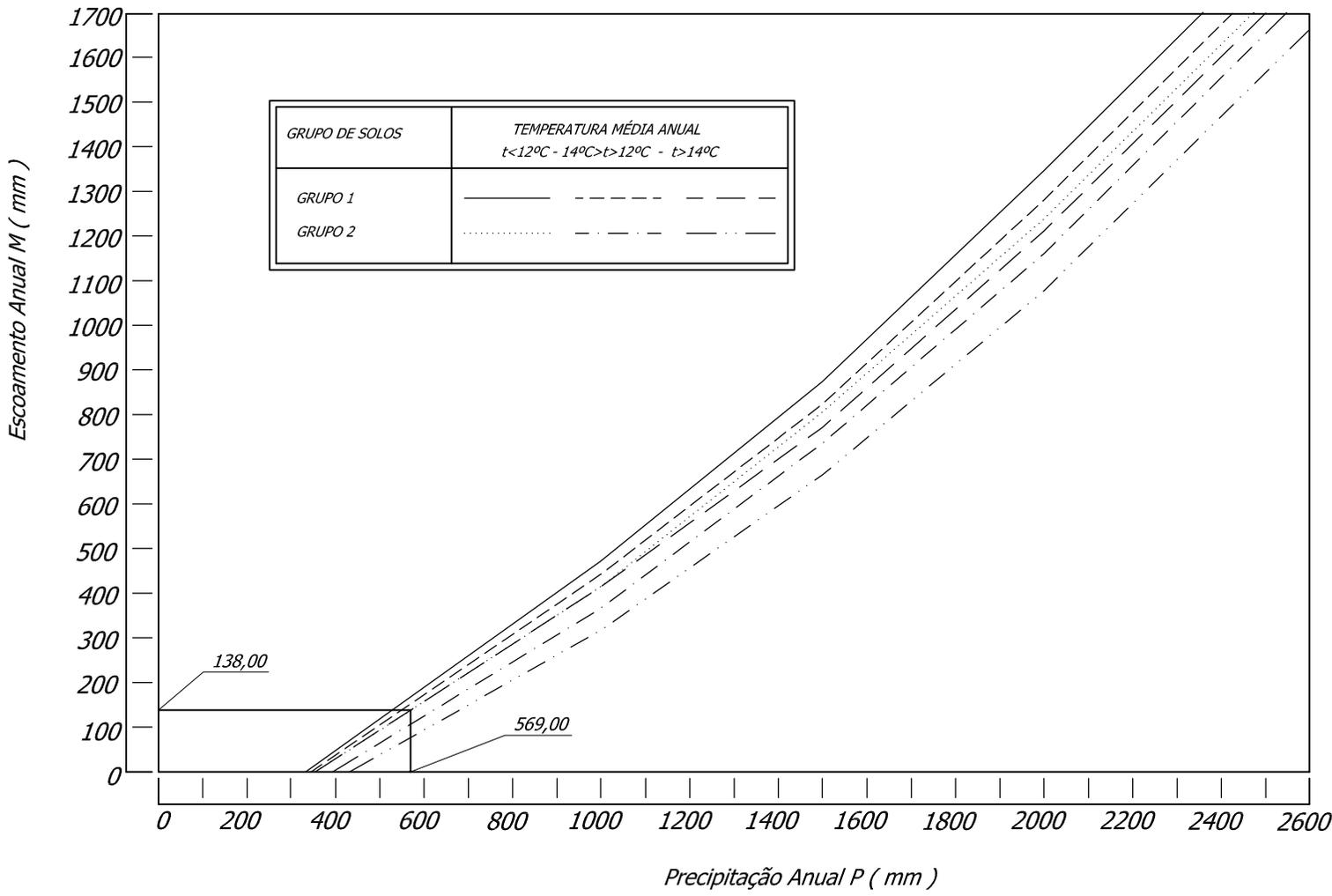


cliente:	HVCZ VENTURES LDA	data:	Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO		escala:	1/3.000	
IMPLANTAÇÃO		alterações:		desenho n.º:
o técnico responsável:		referência:	503/18	1.2

CURVA DE CAPACIDADE NATURAL DA ALBUFEIRA



RELAÇÕES MÉDIAS ENTRE O ESCOAMENTO ANUAL E A PRECIPITAÇÃO ANUAL



Grupo 1 - Grupo de solos dando origem a escoamento anual de médio a elevado.

Grupo 2 - Grupo de solos dando origem a escoamento anual de médio a baixo.

2 - PROJECTO DE EXECUÇÃO

2.1) ESCAVACÕES E ATERROS

O perfil transversal correspondente à secção de maior altura apresenta-se no desenho nº 2.2, portanto com uma altura máxima de 18,85 metros, uma largura do coroamento mínima de 4,00 metros, e os taludes montante e jusante com inclinações de respectivamente 3,00/1 e 2,50/1.

Será realizada a **limpeza prévia** da área de implantação do corpo da barragem, com uma espessura adequada às características dos solos encontrados, com o objectivo principal de remover todos os solos que apresentem vestígios vegetais. O projecto apresenta valores estimados variando em função da carga hidráulica e alcançando a cota do coroamento da barragem, com valores máximos e mínimos de respectivamente 0,30 e 0,15 m, e a correspondente medição dos volumes de solo a remover.

Deverão ser removidos todos os solos remexidos e todos os que similarmente não apresentem condições para suporte dos aterros a executar, até profundidades superiores à definida para a limpeza geral, quando necessário.

Os solos assim obtidos, bem como aqueles que resultam da decapagem da mancha de empréstimo, poderão em princípio ser utilizados no remate final do talude jusante uma vez que são os que apresentam as melhores características agronómicas para suportar a sementeira da sua cobertura vegetal, ficando acima da linha de saturação da barragem, portanto sem funções de impermeabilização do aterro.

Uma vez que a barragem se irá sobrepor a outra já existente, deverá aquela ser totalmente removida antes da execução destes trabalhos, podendo os solos existentes com boas características para reutilização no aterro ser devidamente separados dos restantes, para posterior utilização. Neste processo serão removidos todos os solos com resíduos vegetais, pedra de enrocamento ou outra, e restantes materiais como os materiais construtivos utilizados nos seus descarregadores de fundo e superfície, filtro de pé, etc.

A **escavação da vala corta-águas**, igualmente com profundidade adaptada à carga hidráulica existente, terá previsivelmente as dimensões máximas definidas no desenho 2.2, atingindo uma profundidade máxima que se estima em 8,94 metros, criando uma cortina subterrânea que deverá intersectar eventual percolação sob a barragem, ao atingir o fixe, ou aumentar os caminhos de percolação nesta zona fazendo reduzir os caudais perdidos por percolação através das fundações.

Esta profundidade será variável ao longo do perfil longitudinal tendendo a ser superior na zona do vale ou em zonas apresentando características particulares, e deverá ser definida com o maior cuidado pois constitui a peça mais importante da obra, responsável pela maior parte dos problemas que ocorrem neste tipo de obras e de mais difícil reparação. Assim, e apesar quer da boa qualidade que se prevê para as fundações existentes quer da reduzida carga hidráulica da albufeira, recomenda-se que esta vala não seja fechada antes do seu visionamento por técnico experiente.

O quadro seguinte resume as profundidades estimadas para o saneamento e para a vala corta-águas para os perfis transversais considerados, (ver desenho nº 2.4), bem como a largura máxima da vala para implantação do dreno principal:

Cota Eixo	Fundação	Limpeza	Dreno
223,05	8,94	0,30	1,40
224,00	8,47	0,30	1,40
225,00	7,97	0,30	1,40
226,00	7,47	0,30	1,40
227,00	6,97	0,25	1,40
228,00	6,47	0,25	0,95
229,00	5,97	0,25	0,95
230,00	5,47	0,20	0,80
231,00	4,97	0,20	0,80
232,00	4,47	0,15	0,63
233,00	3,97	0,15	0,63
234,00	3,47	0,15	0,63
235,00	2,97	0,15	0,63
236,00	2,47	0,15	0,63
237,00	1,97	0,15	0,63
238,00	1,47	0,15	
239,00	0,97	0,15	
240,00	0,47	0,15	
NMC - 240,93	-	0,15	
241,00	-	0,15	
CC - 241,90	-	0,15	

Parte dos solos obtidos da abertura destas valas poderão eventualmente ser reaproveitados nas áreas mais a jusante e a cotas mais elevadas do corpo da barragem.

Deverão ainda ser removidos todos os solos remexidos e todos os que similarmente não apresentem condições para suporte dos aterros a executar, até profundidades superiores à definida para a limpeza geral, quando necessário.

No desenho nº 2.1 delimita-se uma área de cerca de 39 662 m² escolhida para a escavação dos solos a reutilizar no aterro (mancha de empréstimo), após limpeza superficial, admitindo-se que terá uma profundidade média de 2,00 m e um coeficiente de empolamento de 20%. Esta área foi definida nas proximidades do aterro a executar, para reduzir as distâncias de transporte, e totalmente no interior da futura albufeira para reduzir o impacte paisagístico da escavação e produzir um aumento da sua capacidade da albufeira, que se estima em cerca de 79 323 m³.

Recomenda-se a execução dos trabalhos de escavação do descarregador de cheias em fase inicial da construção no sentido de tentar reaproveitar para o aterro alguns destes solos.

A construção do aterro será realizada pela colocação de camadas longitudinais dos solos devidamente escolhidos com espessuras não superiores a 40 cm, que após o correcto humedecimento serão compactadas com cilindro vibrador. Antes da colocação da camada superior deverá a inferior ser passada por um equipamento do tipo escarificador para que não existam superfícies lisas por onde a percolação seria facilitada. Nos remates com o terreno dos encontros deverá ser executado um “denteado” conseguido pelo desfasamento das camadas (ver desenho 2.3) para que a compactação resulte eficaz.

A sua compactação em obra deverá respeitar os parâmetros de compactação obtidos laboratorialmente, designadamente o teor em humidade óptimo (ω_{opt}) com um desvio não superior a 2% e o valor da compactação relativa igual ou superior a 95% (Proctor normal):

$$\omega_{opt} = 11,85 \%$$
$$\gamma_{dm} = 1,90 \text{ g/cm}^2$$

2.2) FILTRO DE PÉ

Após o saneamento da área de implantação dos novos aterros da barragem, e preferivelmente antes do início da execução dos aterros, deverão ser abertas valas destinadas à colocação deste filtro de pé conforme representado nos desenhos nº 2.5 e 2.6, para colocação dos tubos de drenagem e seu revestimento por gravilha lavada de 5 a 15 mm envolvida por areia.

O filtro previsto é constituído por dois sistemas independentes.

O sistema principal é constituído por dois tubos de drenagem, de maior comprimento e localizados mais a montante, a uma distância do pé de talude próxima da altura da barragem nessa secção, permitirão a recolha dos caudais percolados em cada uma das margens da barragem e a sua condução em separado até uma caixa de recolha em betão a construir no ponto mais baixo da base do talude jusante, sendo estes tubos de drenagem inseridos, na zona de ligação a esta caixa, em tubos estanques de PVC ϕ 110 mm. Nesta zona os drenos deverão estar afastados no mínimo por 0,50 m de solo compactado, constituindo um septo impermeável impedindo a passagem de caudal de um para o outro dreno.

Estes tubos de drenagem serão de parede dupla e classe de pressão SN4, com um diâmetro mínimo exterior de 100 mm, usualmente fornecidos em varas de 6 metros e ligados por uniões, devendo as valas a abrir ser executadas conforme explicitado nos desenhos nº 2.5 e 2.6. As suas larguras superficiais serão variáveis de secção para secção, conforme quadro anterior, sendo a sua profundidade e largura de rasto fixas, com os valores de 0,50 e 0,375 m respectivamente.

Mais a jusante, será instalado um dreno secundário constituído por quatro tubos de drenagem de parede simples, PE 80 mm SN 2, fornecidos em rolos, ligados entre si com descarga comum para a caixa já referida por tubagem em PVC ϕ 90 mm.

Na caixa de descarga deverão ser instaladas grelhas de protecção nas saídas dos tubos de drenagem e instalado medidor de caudal triangular conforme representado.

Estas valas, a escavar no terreno natural após limpeza, terão dimensões fixas, cum 0,50 m de largura superficial, 0,30 m de rasto e 0,50 m de profundidade.

2.3) CONDUITA DE FUNDO

A conduta de fundo a instalar será constituída por tubagem em PVC de 400 mm com uma classe de pressão mínima de 6 kg/cm², integralmente revestida a betão armado, conforme se representa nos desenhos. A sua execução será realizada sem recurso a cofragem, mediante a colocação da tubagem e armadura em vala a abrir no aterro entretanto executado, dentro da qual será realizada betonagem (colocação e vibração do betão) de forma a eliminar superfícies lisas que propiciem eventuais percolações e protegendo a conduta do trabalho da maquinaria durante a execução das camadas de aterro superiores.

Conforme representado nos desenhos 2.7 a 2.9, esta conduta terá a tomada de água à cota 224,80 com a comporta fechada e saída á cota 221,79, ao eixo, sendo o seu comprimento em planta, medido à base dos taludes, de 107,98 metros, o comprimento de PVC de 104,65 metros, e a sua inclinação de 2,11%.

A largura mínima da vala a executar será de 0,70 metros de forma a permitir o devido revestimento da tubagem com betão nos termos projectados, implicando a utilização de larguras superiores gastos desnecessários de betão.

A betonagem e sua vibração serão realizadas por fases para evitar a “flutuação” da tubagem uma vez que, sobretudo com betão pronto, se verificará uma forte impulsão nesse sentido.

O processo construtivo proposto permitirá a dispensa da execução de muretes corta águas e ajudará a garantir a protecção da conduta relativamente à circulação da maquinaria na fase de execução dos aterros superiores, que deverá ocorrer sempre no sentido transversal ao da conduta.

A vala referida terá uma profundidade tal que após a betonagem fique sobre o betão de recobrimento uma altura dentro da vala com um mínimo de 0,50 metros, para preenchimento com aterro a ser compactado manualmente ou com um pequeno vibrador que possa trabalhar no sentido longitudinal da vala.

Para que se verifiquem as condições descritas o aterro deverá atingir aproximadamente a cota 224,85 na face montante antes do início da abertura desta vala, resultando que, caso a camada de aterro esteja integralmente executada até esta cota, a profundidade mínima desta vala na extremidade jusante deveria ser cerca de 3,46 metros, situação que tornaria complexa a instalação da conduta e posterior compactação da vala.

Para o evitar recomenda-se que as primeiras camadas de aterro sejam executadas em patamares longitudinais desnivelados até que seja colocada a conduta de fundo, sendo que a cota mínima da camada de jusante deverá rondar o valor de 222,64.

Na sua câmara de entrada será montada uma válvula de guilhotina ϕ 400 mm, manobrável a partir do coroamento da barragem, inserida em caixa de betão armado com entrada superior protegida por três grelhas em ferro galvanizado com malha quadrada de 0,05 x 0,05 m, amovíveis de forma a permitir eventual manutenção, e disporá de comporta frontal em chapa do mesmo material, para limpeza periódica do fundo da albufeira (ver desenho nº 2.8). A cota da base desta comporta (224,50) define aproximadamente o “volume morto” da albufeira.

O varão de accionamento da válvula de guilhotina será constituído por tubo galvanizado de 1" apoiado em pilaretes de betão armado sobre viga de rigidez destinada a absorver eventuais assentamentos diferenciais do aterro.

Uma vez que a câmara de entrada se apoia no terreno natural, encontra-se desligada da viga de rigidez, não sendo afectada por eventuais assentamentos no aterro.

Fazendo face a esta eventualidade e facilitando acertos na fase de montagem, a ligação da válvula mural será articulada com o varão de accionamento por cardan em aço inox, como representado no desenho nº 2.8.

A válvula de guilhotina deve ser escolhida com um sistema de funcionamento tal que o varão de accionamento funcione apenas em rotação e possa dilatar livremente para a extremidade superior, na qual se adapta o volante de comando. Com este cuidado evitar-se-ão esforços laterais sobre os pilaretes e empenos do varão de accionamento, garantido a sua duração em condições de operacionalidade.

O arejamento da conduta de fundo, destinado a permitir a saída do ar existente no seu interior sem conflito com os caudais entrados essencialmente nas operações de enchimento da conduta, e evitando assim vibrações danosas para os equipamentos, é constituído por tubagem em polietileno de 30 mm de diâmetro enterrada lateralmente ao lintel de rigidez.

No seu arranque ligará à curva de concordância no seu ponto mais elevado possível atendendo à necessidade de um recobrimento a betão não inferior a 0,02 m, sendo embebida no betão da caixa de entrada com sentido ascendente, terminando no pilar superior no coroamento da barragem.

Na extremidade jusante da conduta será construída uma caixa de betão armado com ligação a vala de descarga, protegida por enrocamento, na qual será instalada uma válvula de cunha elástica ϕ 250 mm, ligada por meio de flange metálica ao conjunto de reduções em PVC necessárias.

Esta caixa foi dimensionada de forma a produzir alguma dissipação da energia através do direccionamento do jacto de água contra a sua laje, embora que como já referido não seja recomendável a sua abertura total com a albufeira cheia. Inclui-se derivação lateral a utilizar para efeitos de rega, deixando livre a saída frontal para utilização rápida em caso de emergência.

A vala de restituição encontra-se representada nos desenhos 2.1 e 2.9 e deverá ter uma inclinação mínima de 0,35 % ao longo do seu percurso, sendo protegida por enrocamento igual ao utilizado no revestimento do talude montante numa extensão de 2 m a partir do seu início.

2.4) PROTECÇÃO DOS TALUDES

Na fase final dos aterros poderá o alisamento do talude jusante ser realizado com o aproveitamento pelo menos parcial dos solos resultantes da decapagem inicial, aproveitando os solos mais orgânicos que serão um bom suporte para as sementeiras de protecção do talude a realizar. Esta cobertura vegetal será à base de festuca, panasco, trevo subterrâneo ou outras gramíneas em consociação e será realizada preferencialmente no início do período chuvoso, evitando a necessidade de a regar após a instalação.

O paramento de montante será integralmente protegido da acção das ondas pela colocação de uma protecção em enrocamento (“rip-rap”), espalhada com recurso a máquina giratória, sobre o aterro, constituído por pedras angulosas com uma dimensão média de 0,19 m e um máximo de 0,27 m, constituindo uma camada com uma espessura mínima de 0,30 m. A dimensão mínima recomendada é da ordem dos 0,10 m, devendo, porém, ser inferior nos locais de preenchimento dos espaços maiores, protegendo o aterro do contacto directo com a ondulação, para que possa ser dispensada a execução de filtro entre o enrocamento e o aterro.

Recomenda-se a execução de pequenas valas de cintura, eventualmente a realizar com equipamento tipo charrua agrícola, para desviar deste talude os escorrimentos quer do coroamento quer dos encontros laterais, devendo o coroamento da barragem ser executado com um ligeiro pendente para montante.

2.5) DESCARREGADOR DE CHEIAS

O descarregador de cheias a executar é um descarregador frontal com soleira do tipo Creager localizado na margem esquerda da barragem, consistindo numa estrutura em betão armado enquadrada a montante e a jusante por duas valas a abrir no terreno natural, o canal de chegada e um canal trapezoidal de encosta que se estende até à linha de água natural a jusante, conforme representado nos desenhos nº 2.1 e 2.10, não sendo executada qualquer bacia de dissipação.

A estrutura em betão será de perfil rectangular com larguras e alturas variáveis, adaptadas às características do escoamento previsto e às condições do terreno existente.

A secção de controlo é uma soleira em betão ligeiramente armado com crista à cota 240,30 com uma largura mínima de 4,50 m, no interior de estrutura em betão armado dispendo de laje, dois muros de ala atingindo a cota do coroamento da barragem, e um dente de fundação, a montante, destinado a evitar infiltrações pela face inferior da estrutura.

Esta soleira terá um paramento montante com uma altura de 0,25 m, destinando-se a forma do seu perfil a evitar pressões excessivas, positivas ou negativas, durante a descarga das cheias, que reduziriam quer a sua capacidade de descarga quer a sua duração, e deverá ser executada como indicado no desenho 2.13.

O canal de chegada até à soleira será uma vala de secção trapezoidal escavada no terreno natural com um comprimento médio de 27,55 metros com rasto à cota 240,05, taludes inclinados a $H/V=1/1,5$. A sua largura é variável, estreitando para jusante, com um valor médio de 6,50 metros. A sua altura média será de 3,95 metros.

Os taludes adjacentes às paredes em betão terão uma inclinação de $H/V=1/2$.

A vala de restituição a executar, com uma extensão de cerca de 106 metros, manterá uma largura de rasto igual à do canal e terá perfil trapezoidal com taludes inclinados a 45°, devendo ao longo de toda a sua extensão manter os combros a uma cota não inferior à dos muros do canal em betão, de forma a evitar qualquer passagem de água em direcção ao corpo da barragem.

Nos desenhos 2.1 e 2.10 a 2.16 apresenta-se a geometria pretendida e suas cotas de implantação, bem como os necessários pormenores construtivos como as armaduras e os drenos, sendo apresentado o seu cálculo hidráulico no Anexo I.

Ficando toda a estrutura abaixo do terreno natural, resultarão solos sobrantes da escavação necessária que poderão em parte ser reutilizados nas zonas menos críticas do aterro, a jusante e nas cotas mais elevadas, pelo que se recomenda que a realização desta escavação seja feita no início da construção, por forma a poder avaliar a qualidade dos solos assim produzidos para reaproveitamento, evitando mais escavações na mancha de empréstimo e reduzindo o trabalho final de espalhamento dos solos sobrantes.

As cotas mais determinantes para o seu bom funcionamento e duração são a inicial e final, devendo ser rigorosamente respeitada a cota da soleira (240,30), que define a folga e a segurança da barragem ao galgamento (1,60 metros), e a cota do fundo da bacia de dissipação (220,00), para evitar fenómenos de erosão regressiva para montante.

2.6) EQUIPAMENTO DE MONITORIZAÇÃO

De forma a permitir controlo dos caudais percolados pelo aterro e fundação da barragem, será executado furo de sondagem desde o coroamento da barragem até abaixo da sua fundação, no perfil de maior altura, para instalação um piezómetro hidráulico, conforme representado no desenho nº 2.2.

Este piezómetro, do tipo Casagrande, em furo de 150 mm de diâmetro, terá três câmaras de captação, a instalar a níveis próximos do terreno da fundação e no corpo do aterro. A envolver as câmaras de captação, será colocado um filtro drenante constituído por areão calibrado. Para selagem das câmaras, será colocada uma camada de calda de cimento e bentonite, sobre a qual será colocada material de aterro. À superfície, será colocada tampa de protecção chumbada contra o terreno.

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO 2.1A - MEDIÇÕES

DESIGNAÇÃO	QUANTID.		PREÇOS UNITARIOS	PREÇOS PARCIAIS	PREÇOS TOTALS
			€		
<u>A) CORPO DA BARRAGEM</u>					
Escavação da vala de inserção	5 724	m ³			
Saneamento	2 874	m ³			
Aterro acima do terreno natural	86 578	m ³			
Aterro em reposição de escavações	8 598	m ³			
Abertura de vala para drenos	227,48	m			
Areia no Filtro de pé	48,93	m ³			
Gravilha no Filtro de pé	18,69	m ³			
Tubo drenagem corrugado PE 100mm SN 4 SP C2 240°	146,70	m			
Tubo PVC 110mm	45,98	m			
Tubo drenagem corrugado PE 80mm SN 2 TP C1 360°	80,78	m			
Tubo PVC 90mm	17,95	m			
Betão Armado na caixa de saída do filtro de pé	0,32	m ³			
Enrocamento no paramento montante.....	1 730	m ³			
Cobertura vegetal paramento de juzante	5 631	m ²			
<u>B) CONDUTA DE FUNDO</u>					
Aterro Manual	33,00	m ³			
Tubo PVC 6 kg/cm2 de 400 mm incluindo abertura, e fecho de vala	108,00	m			
Betão de revestimento ao tubo PVC	41,73	m ³			
Betão Armado na caixa montante	3,06	m ³			
Betão Armado na caixa jusante	3,03	m ³			
Betão Armado na Viga de Rigidez e Pilaretes	4,49	m ³			
Válvula de guilhotina 400 mm, cardan, acessórios	1,00	un			
União de redução fêmea PVC 400x315 mm	1,00	un			
Anel curto PVC 315x250 mm	1,00	un			
Troço PVC 250 mm	1,00	un			
Junta Flange 250 mm	1,00	un			
Válvula de cunha elástica 250 mm	1,00	un			
Deflector ferro Flangeado 250 mm	1,00	un			
Chumbadores e acessórios	1,00	un			
Varão de accionamento e tubo de arejamento incluindo ligações	110,50	ml			
Acessórios e Montagem	1,00	un			
<u>C) EQUIPAMENTO DE MONITORIZAÇÃO</u>					
Furo com 3 piezómetros hidráulicos	1,00	un			
Total					

503/18
Novembro

Capacidade (m ³)	931 283
Cota do NPA	240,30
Cota do Coroamento	241,90

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO 2.1B - MEDIÇÕES

DESIGNAÇÃO		QUANTIDADE (m ³)	PREÇOS UNITARIOS	PREÇOS PARCIAIS	PREÇOS TOTAIS
			€	€	€
<u>C) EVACUADOR DE CHEIAS</u>					
<u>c1) Escavação</u>					
Canal de chegada.....	E.	994			
Canal de descarga.....	E.	443			
Canal de restituição.....	E.	0			
<u>c2) Descarregador</u>					
Soleira	B.S.	0,77			
Lage	B.S.	4,41			
Paredes	B.A.	2,86			
Brita		0,00			
<u>c3) Canal de Descarga</u>					
Paredes	B.A.	3,78			
Lage	B.S.	6,53			
<u>c4) Bacia de Dissipação</u>					
Paredes	B.A.	0,00			
Lage	B.A.	0,00			
Dentes	B.A.	0,00			
Enrocamento		0,00			
Brita		0,00			
<u>c5) Muros e Fundação Final</u>					
Paredes	B.A.	0,25			
Lage	B.A.	0,39			

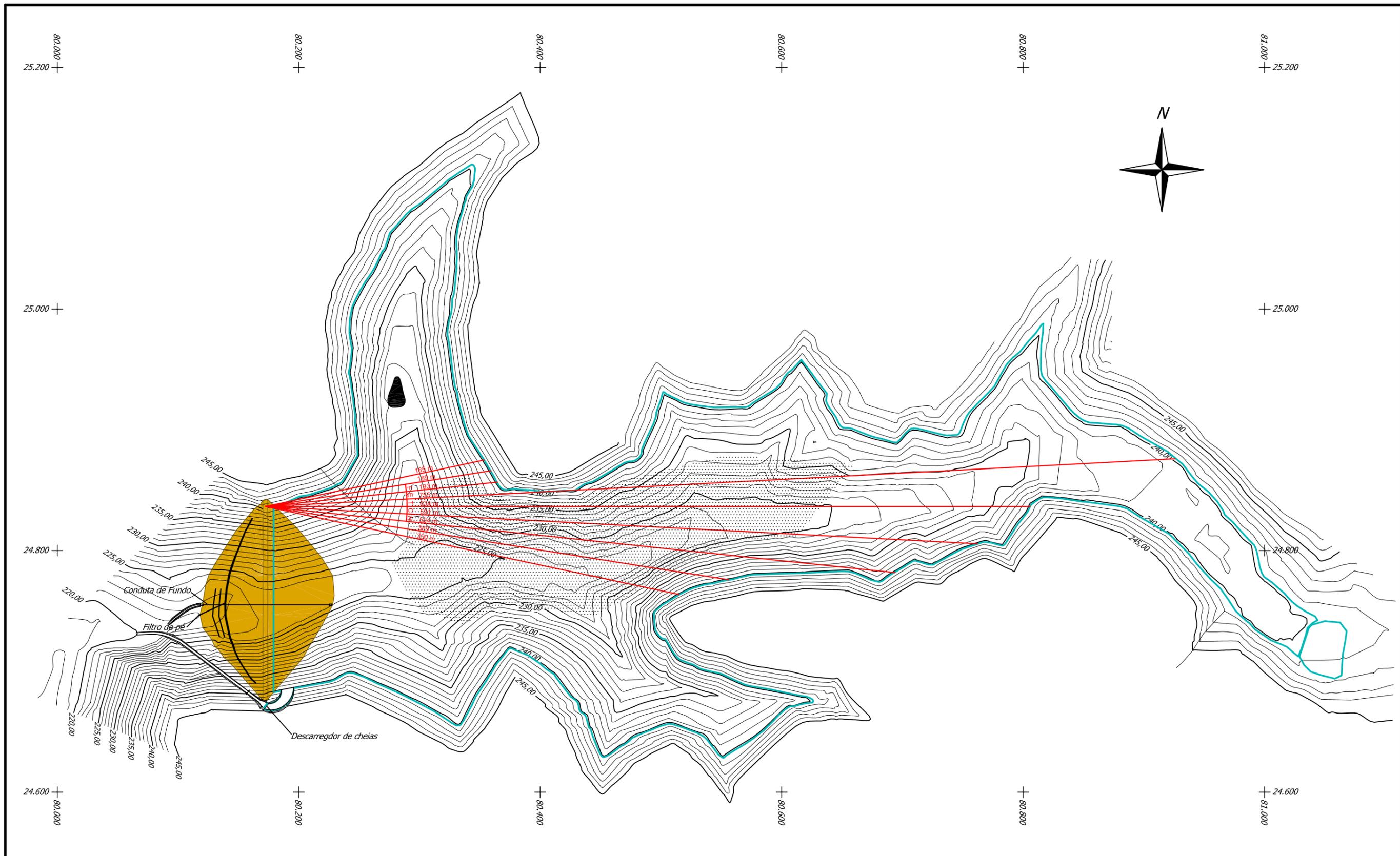
TOTAL - DESCARREGADOR DE CHEIAS

TOTAL 2.1A + 2.1B

PROJECTO

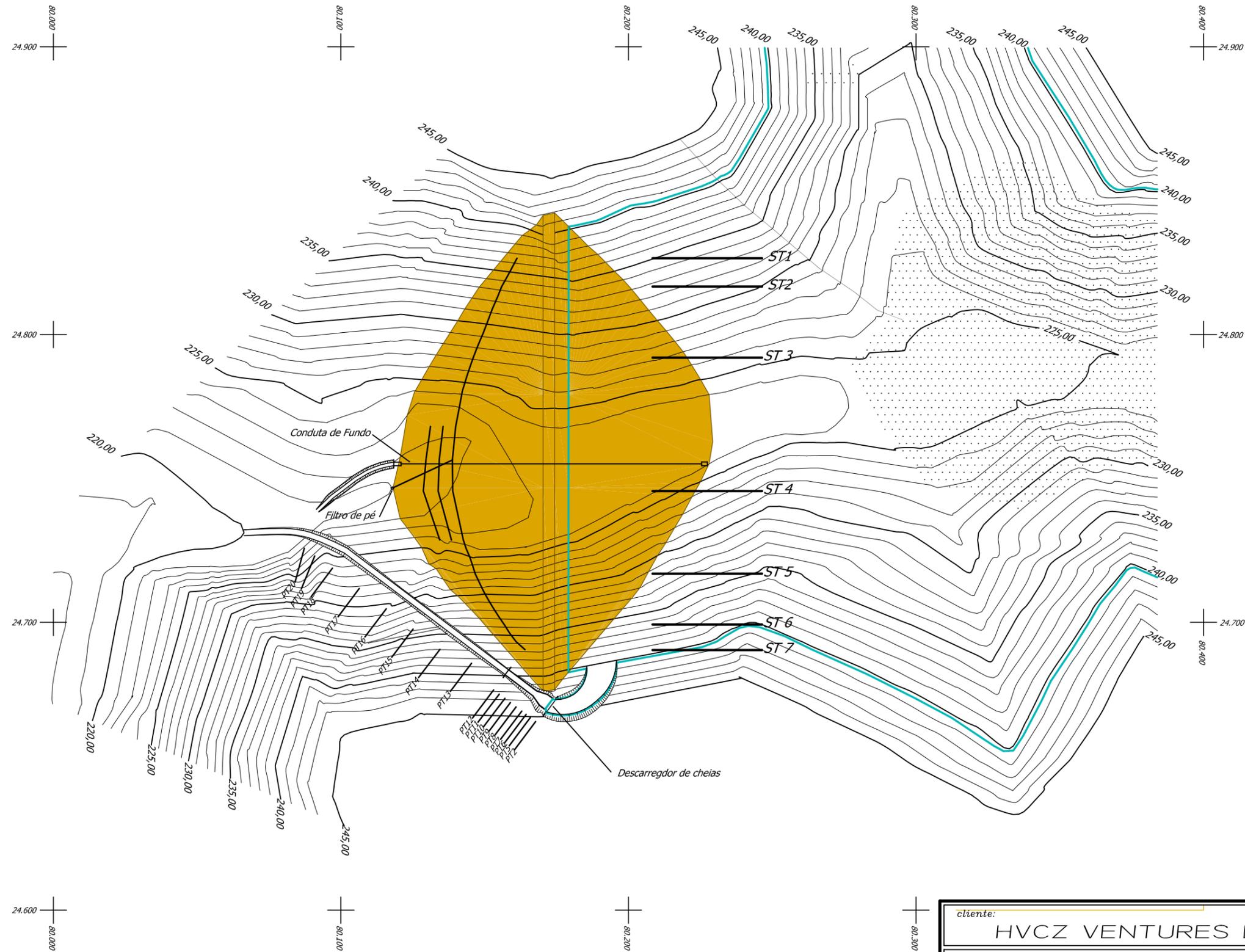
TOTAL

B.S. - Betão simples / ligeiramente armado
 B.A. - Betão armado
 A. - Alvenaria
 E. - Escavação



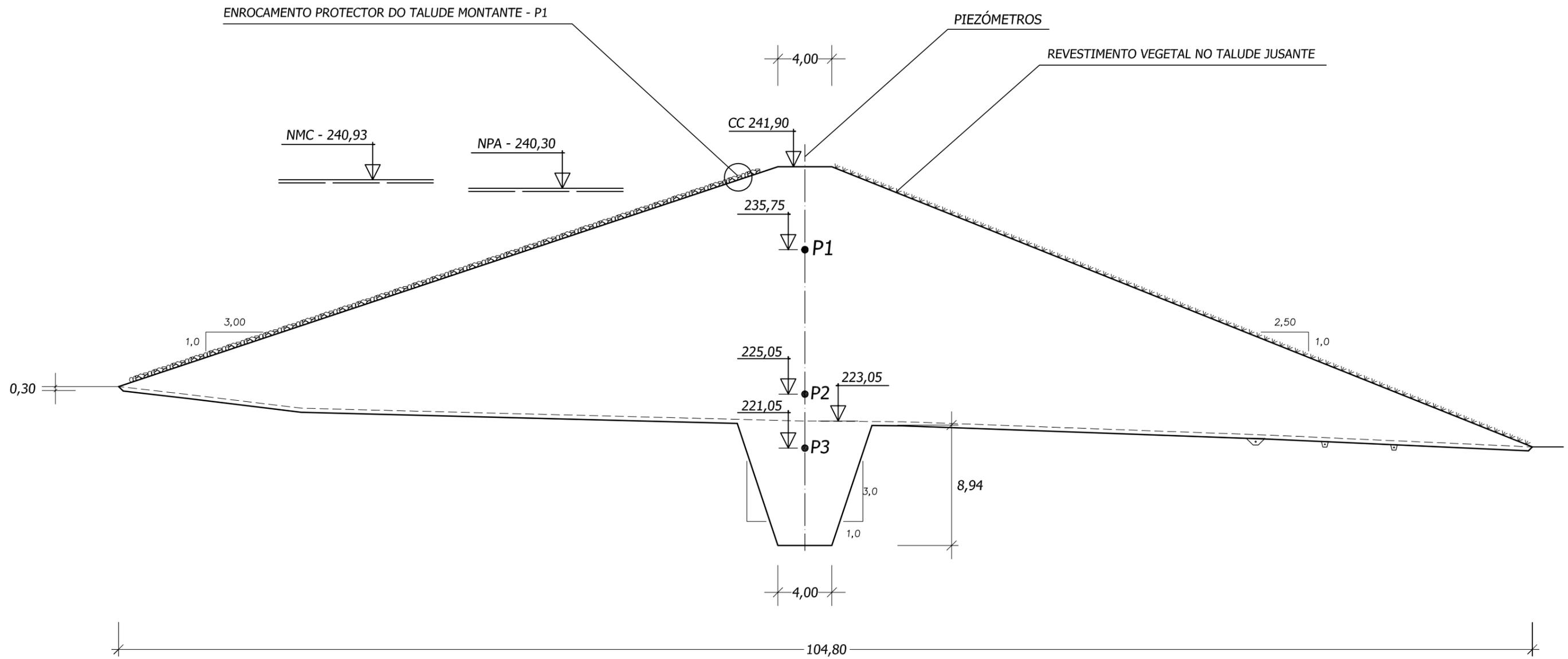
— NPA - 240,30
 [Hatched Box] MANCHA DE EM PRÉSTIMO

cliente: HVCZ VENTURES LDA	data: Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO	escala: 1/3.000	
IMPLANTAÇÃO	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 503/18	2.1

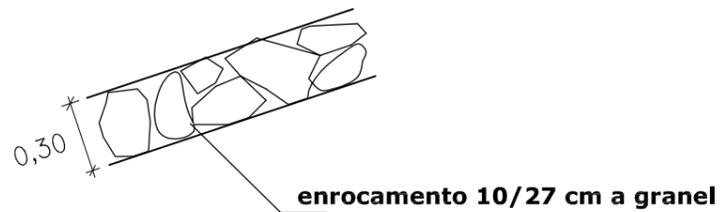


— NPA - 240.30
 MANCHA DE EM PRÉSTIMO

cliente: HVCZ VENTURES LDA	data: Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DOVALE SERRANO	escala: 1/1.500	
IMPLANTAÇÃO	alterações:	desenho n.º: 2,1
o técnico responsável:	referência: 503/18	Á



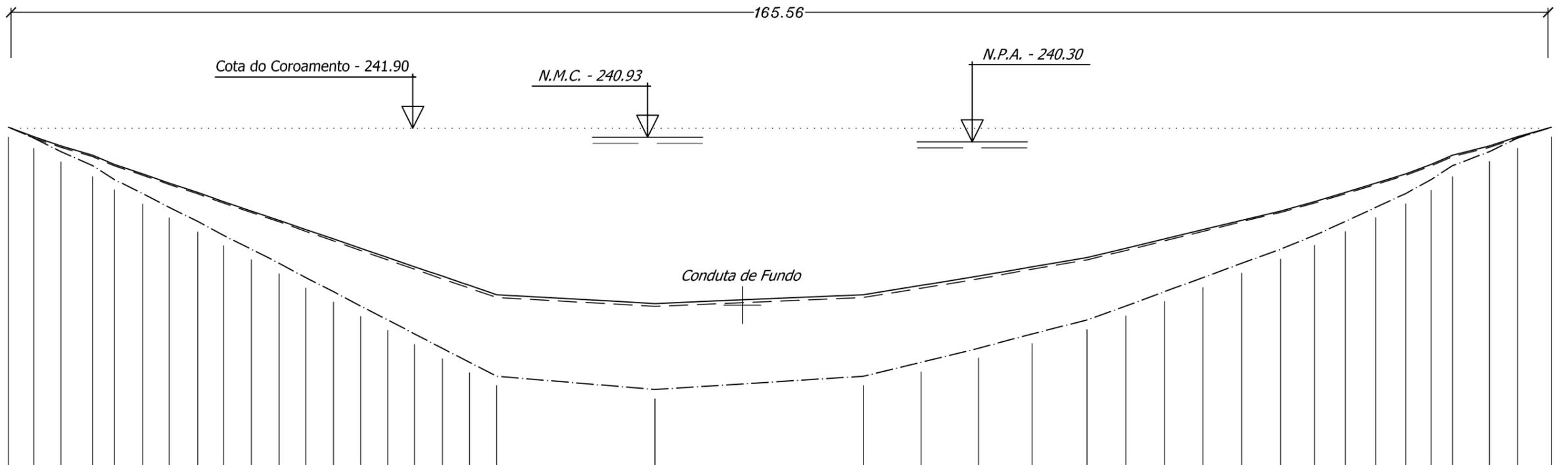
PORMENOR P1
Escala 1/30



cliente:	HVCZ VENTURES, LDA.	data:	Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO PERFIL DA SECÇÃO MÁXIMA		escala:	1/300	
		alterações:		desenho n.º:
o técnico responsável:		referência:	503/18	

MARGEM ESQUERDA

MARGEM DIREITA

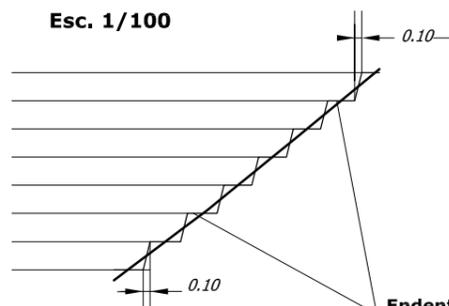


COTA DO TERRENO	242	241	240	239	238	237	236	235	234	233	232	231	230	229	228	227	226	225	224		223		224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242
DISTÂNCIA A ORIGEM	0.00	5.65	11.40	17.32	23.16	29.15	35.01	40.86	46.73	52.58		69.64		92.07	98.31	104.48	110.26	116.17	124.53	132.83	140.68	147.26	153.24	159.52	166.20																
NUMERO DO PONTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
DIST. ENTRE PONTOS	2.72	2.93	3.41	2.34	3.07	2.86	3.05	3.00	2.78	2.99	2.88	2.98	2.92	2.94	2.87	2.99	2.92	2.93		17.06		22.43	6.23	6.17	5.78	5.91	4.19	4.17	4.14	4.16	4.18	3.66	3.33	3.25	3.24	2.74	2.31	3.97	3.04	3.64	
SECÇÕES TRANSV.	ST1				ST2				ST3				ST4				ST5				ST6				ST7																
DIST. ENTRE SECÇÕES	8.69				17.71				28.78				46.53				24.50				9.82																				

- Terreno Natural
- - - Limpeza
- · - · Fundação

P1 - Pormenor do endentamento

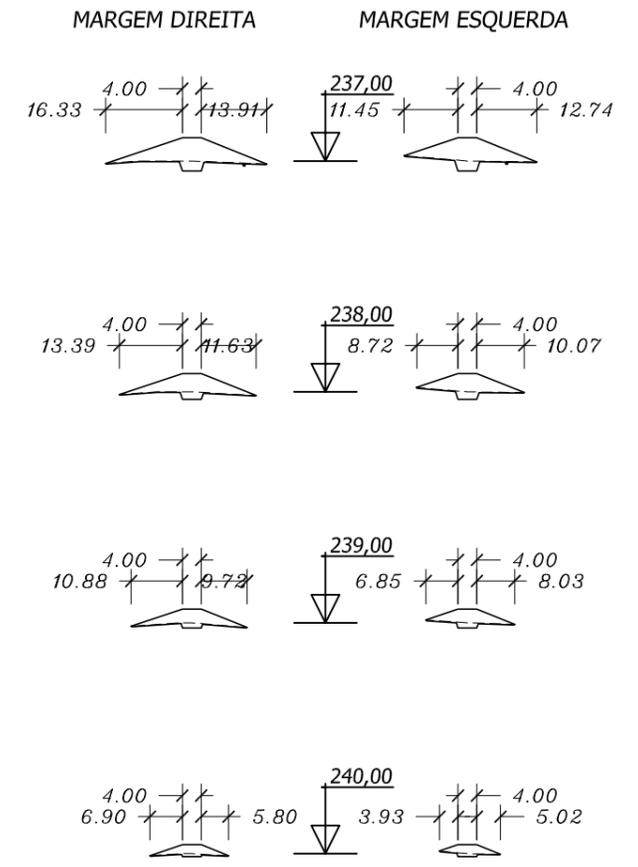
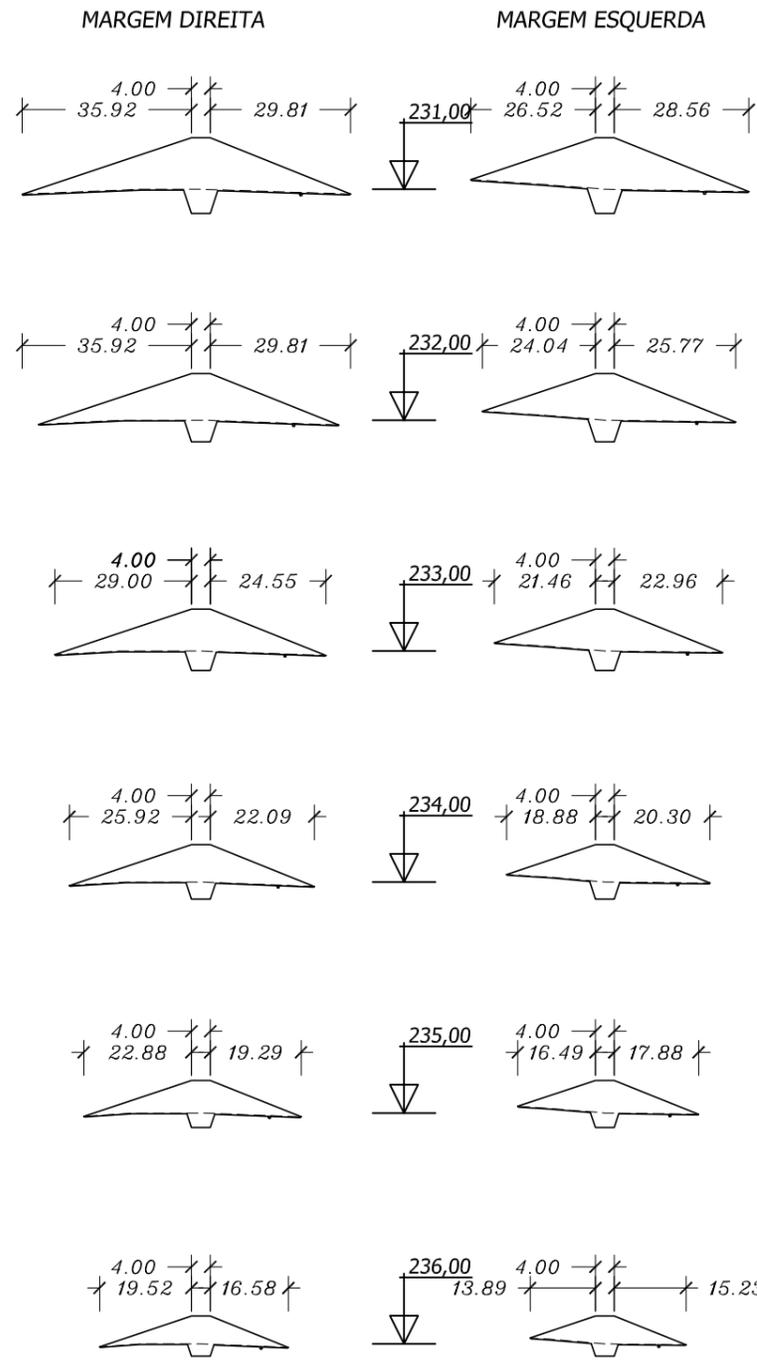
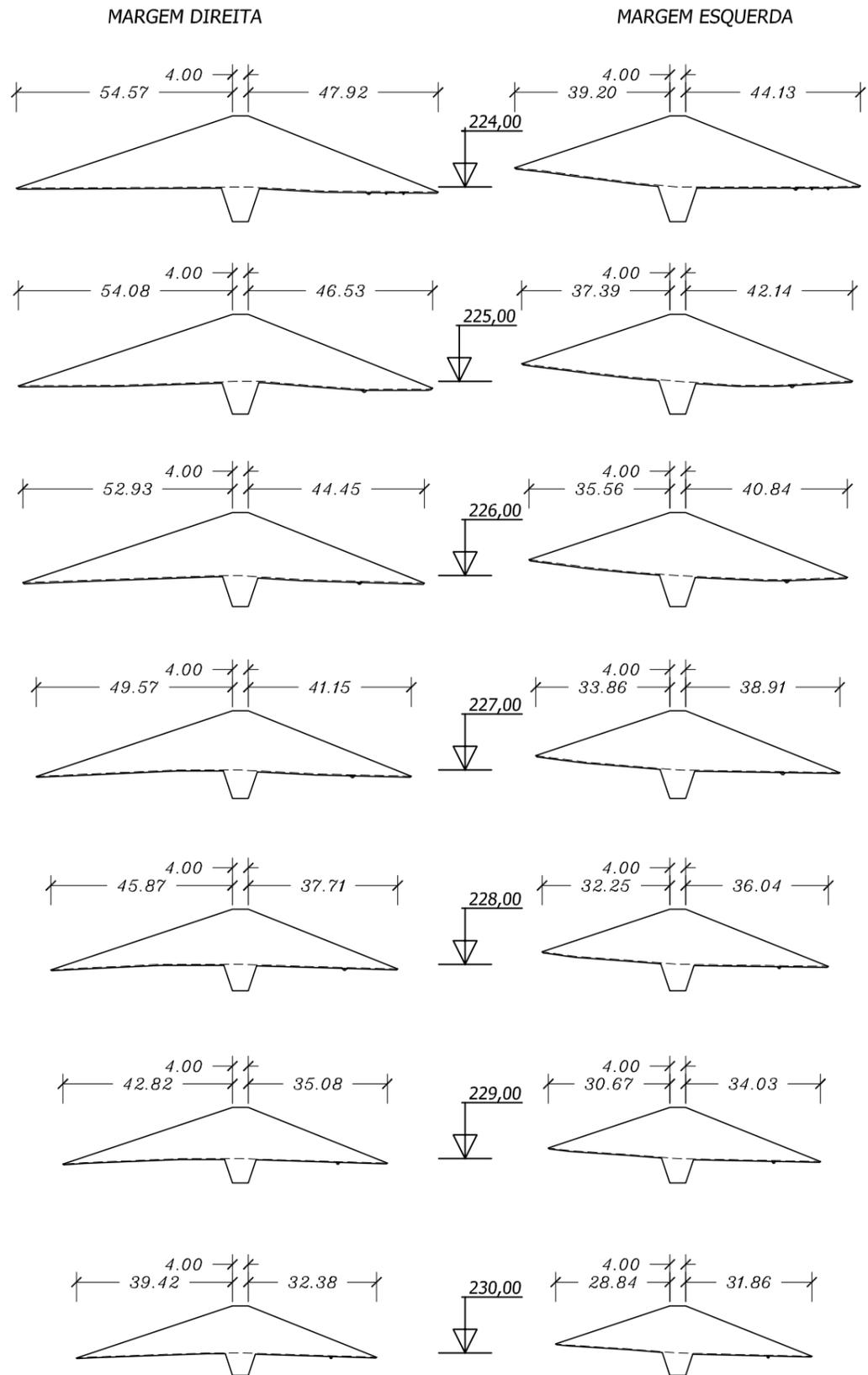
Esc. 1/100



Nota: Patamares horizontais com 0.40m de espessura máxima, compactados com cilindro vibrador.

Endentamento

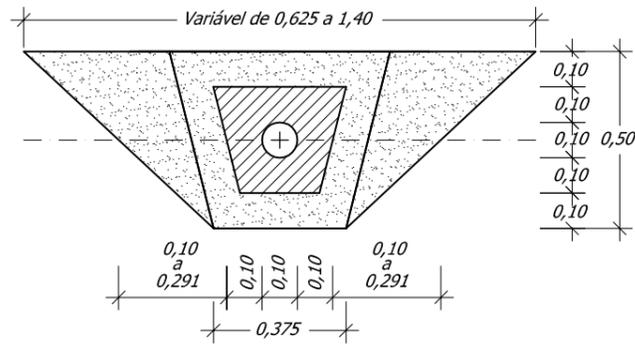
cliente:	HVCZ VENTURES, LDA.	data:	Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO		escala:	V=1/500 H=1/500	
PERFIL LONGITUDINAL NO EIXO DA BARRAGEM		alterações:		desenho n°:
o técnico responsável:		referência:	503/18	2.3



Cota Eixo	Fundação	Limpeza	Dreno
223,05	8,94	0,30	1,40
224,00	8,47	0,30	1,40
225,00	7,97	0,30	1,40
226,00	7,47	0,30	1,40
227,00	6,97	0,25	1,40
228,00	6,47	0,25	0,95
229,00	5,97	0,25	0,95
230,00	5,47	0,20	0,80
231,00	4,97	0,20	0,80
232,00	4,47	0,15	0,63
233,00	3,97	0,15	0,63
234,00	3,47	0,15	0,63
235,00	2,97	0,15	0,63
236,00	2,47	0,15	0,63
237,00	1,97	0,15	0,63
238,00	1,47	0,15	
239,00	0,97	0,15	
240,00	0,47	0,15	
NMC - 240,93	-	0,15	
241,00	-	0,15	
CC - 241,90	-	0,15	

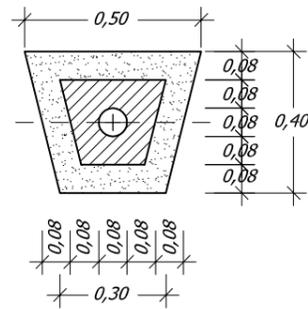
cliente:	HVCZ VENTURES, LDA.		data:	Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO			escala:	1/1.500	
			SECÇÕES TRANSVERSAIS		
o técnico responsável:			referência:	503/18	2.4

Pormenor P1

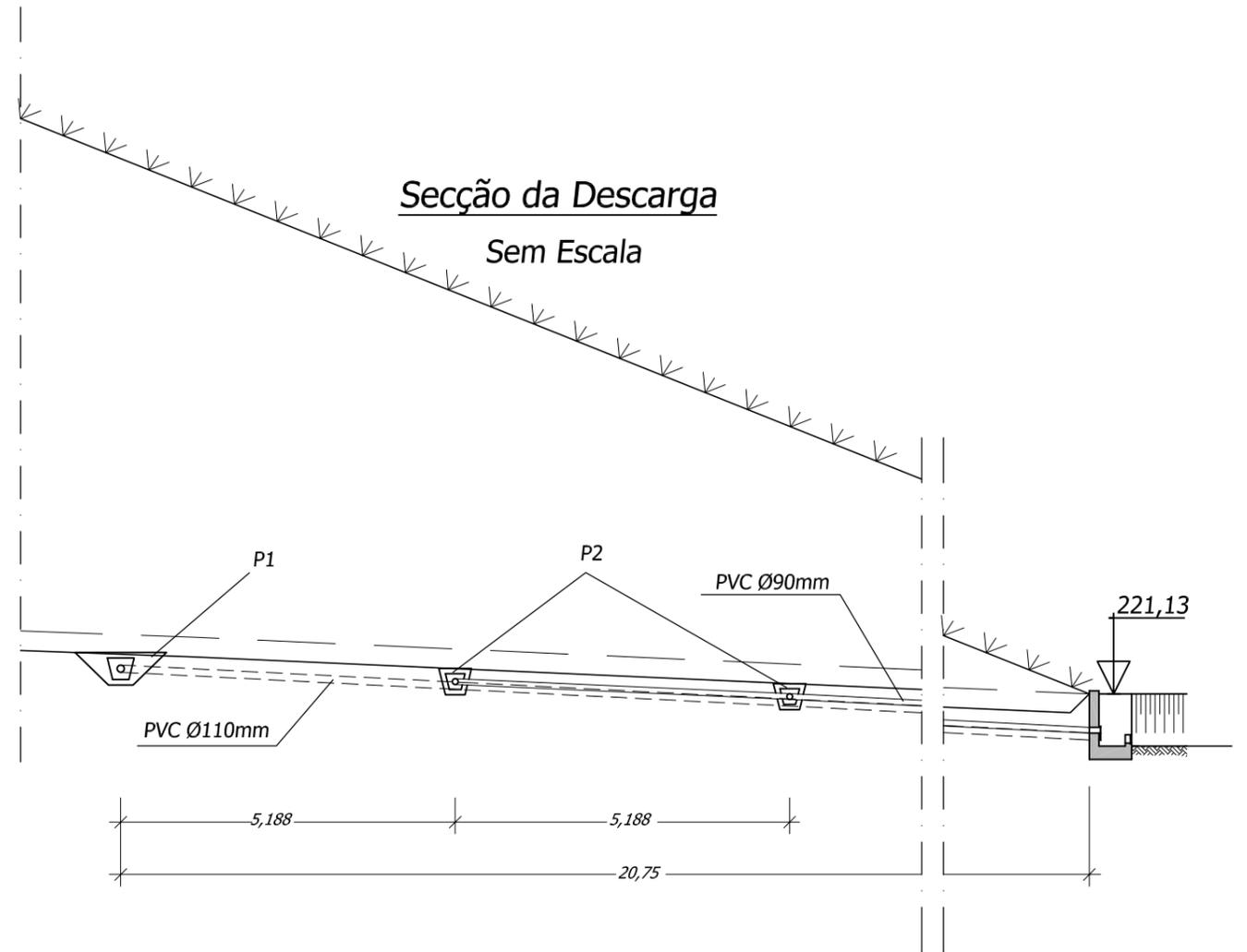


Escala 1/20

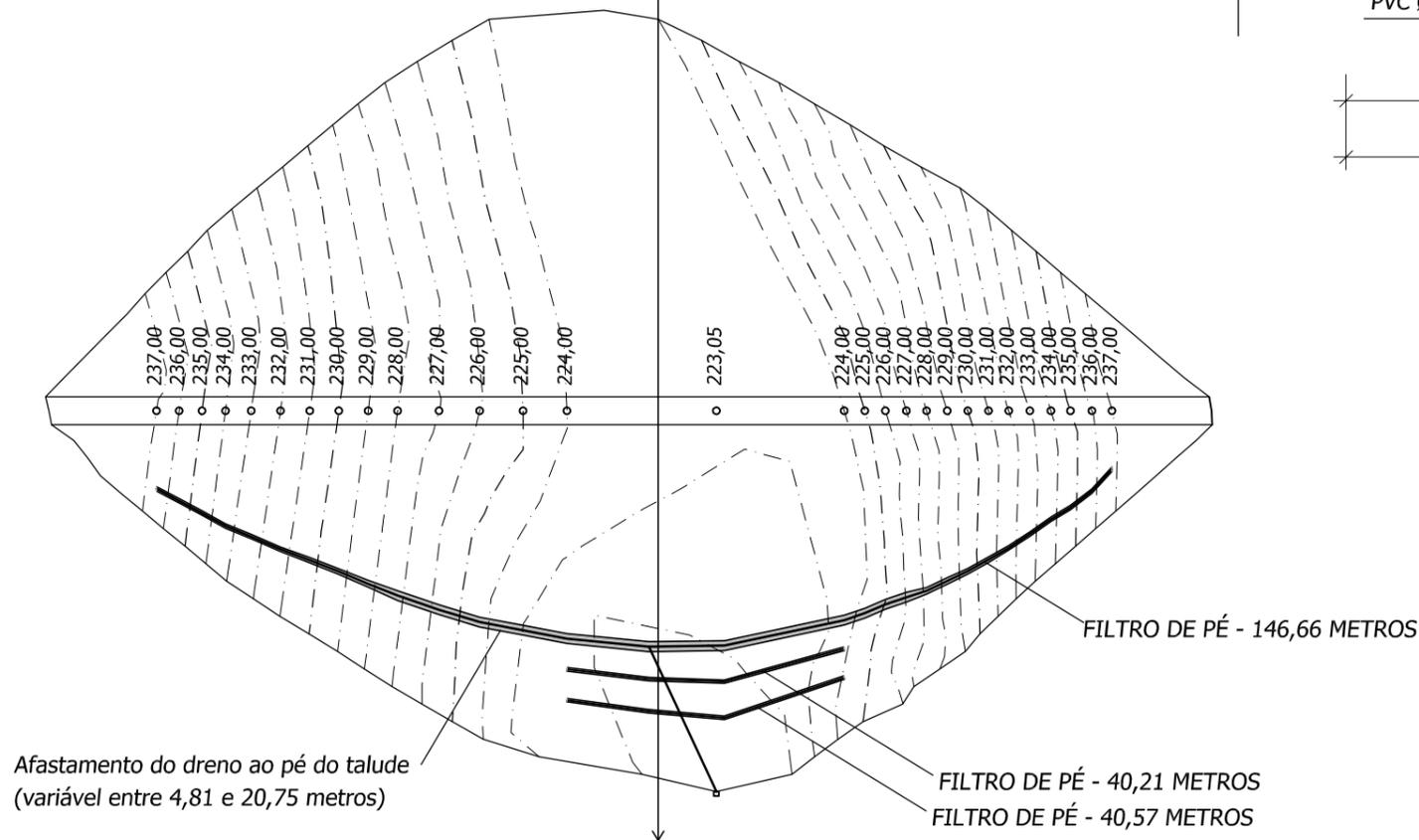
Pormenor P2



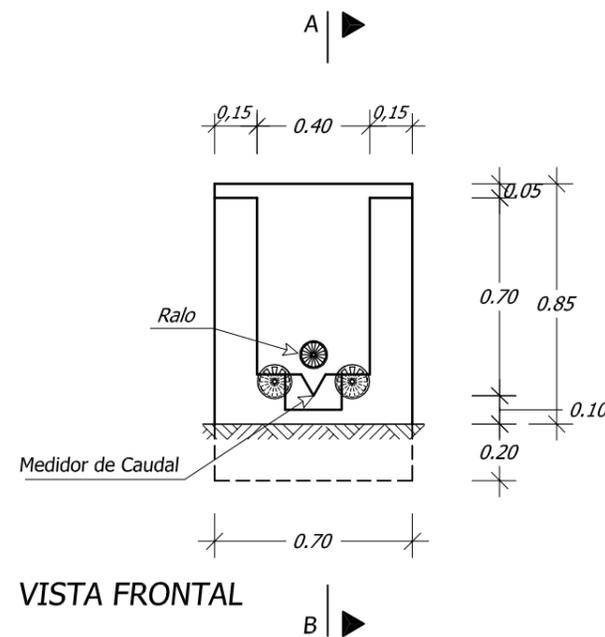
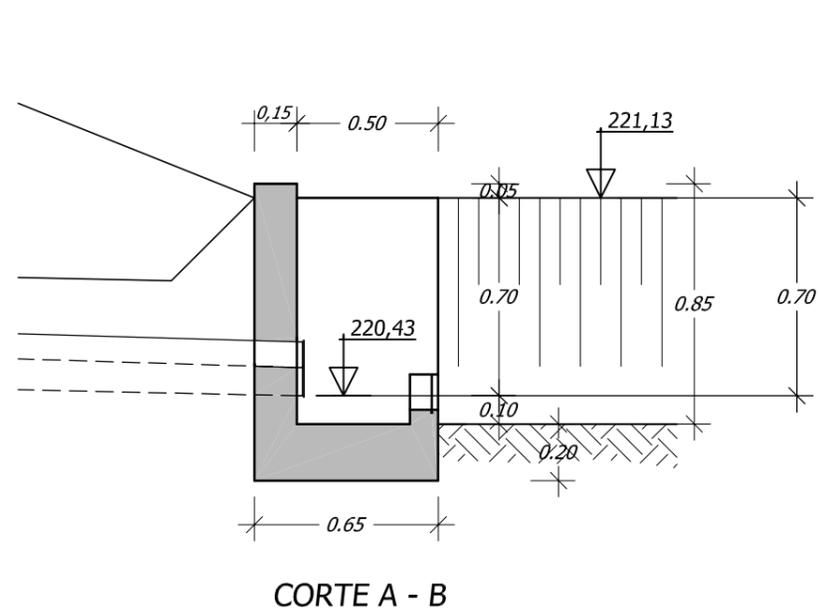
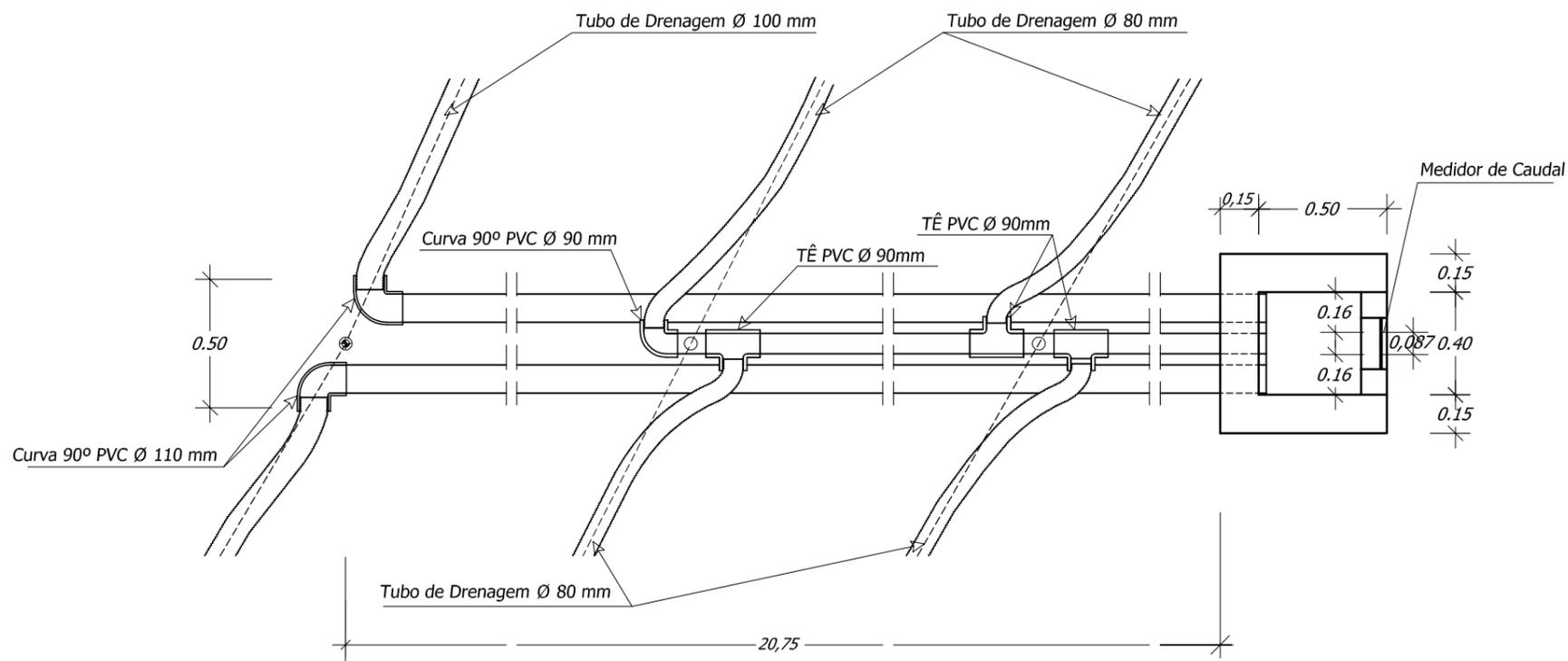
Secção da Descarga
Sem Escala



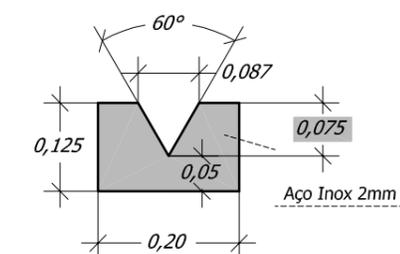
(Distância à Saída do Filtro - 8,27 metros)
Localização da Condução de Fundo



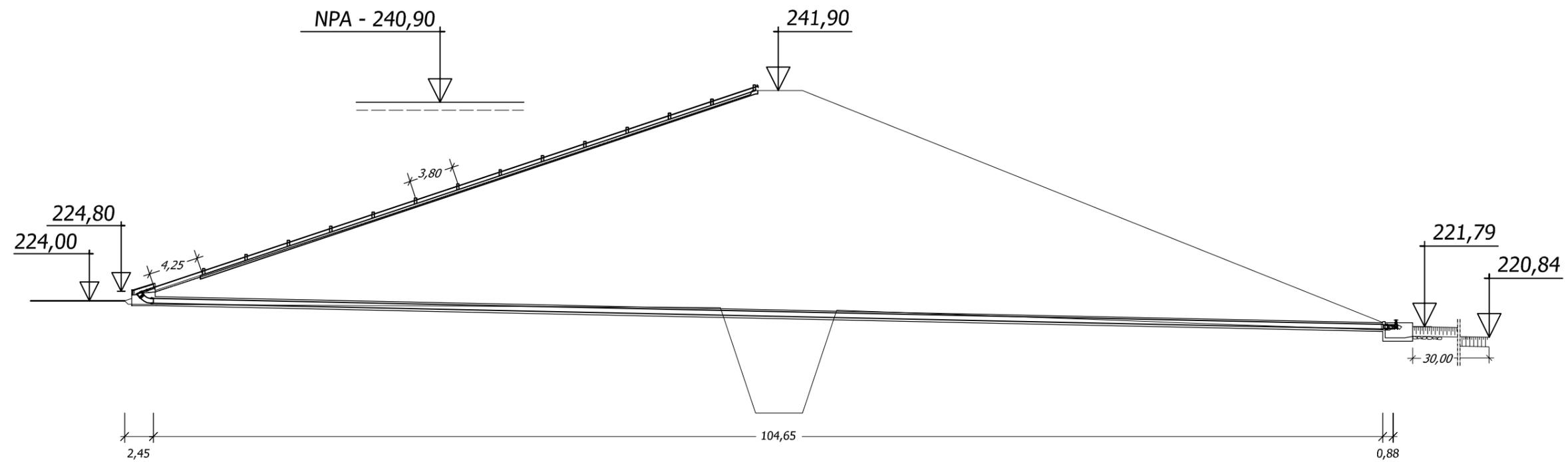
cliente: HVCZ VENTURES LDA	data: Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO FILTRO DE PÉ	escala: 1/1.000	
o técnico responsável:	alterações:	desenho n°:
	referência: 503/18	2.5



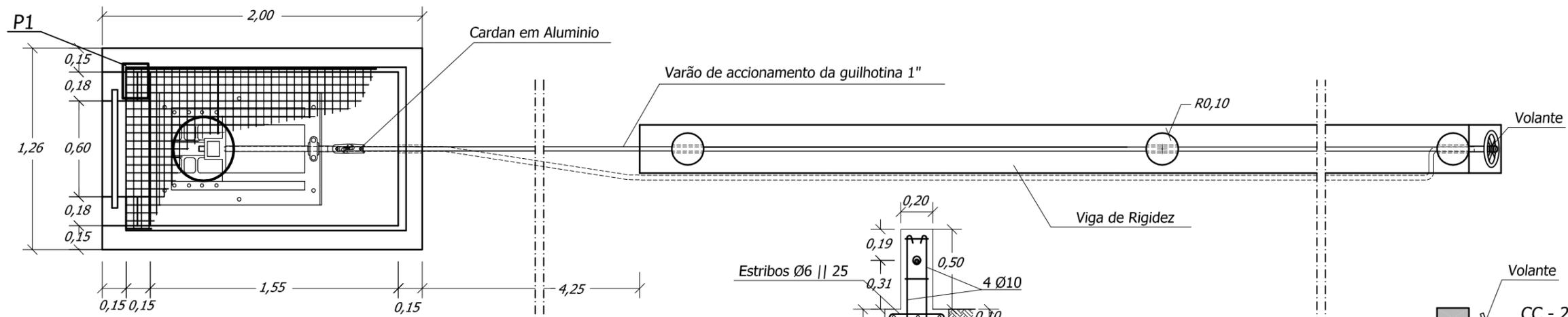
Medidor de Caudal
Esc. 1/10



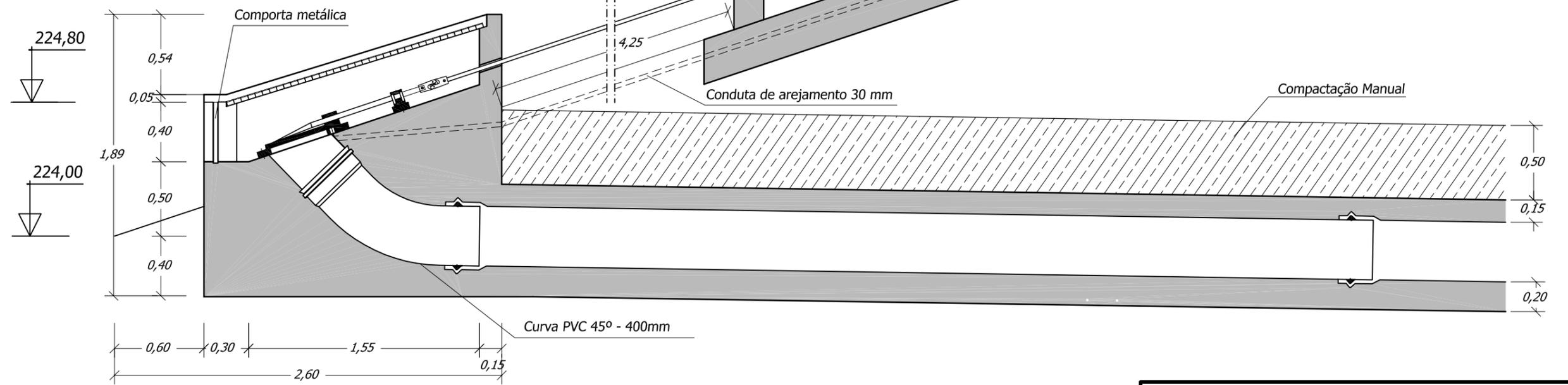
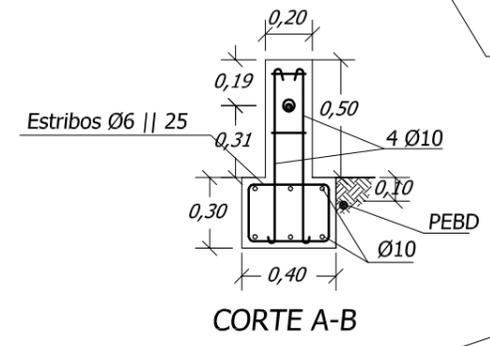
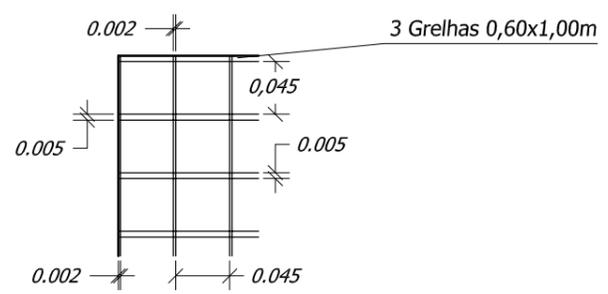
cliente: HVCZ VENTURES LDA	data: Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO PORMENORES DO FILTRO DE PÉ	escala: 1/25	
o técnico responsável:	alterações:	desenho n.º: 2.6
	referência: 503/18	



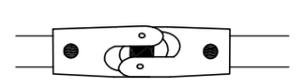
cliente:	HVCZ VENTURES, LDA.	data:	Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO		escala:	1/400	
SECÇÃO NO EIXO DA CONDUTA DE FUNDO		alterações:		desenho n.º:
o técnico responsável:		referência:	503/18	2.7



P1- PORMENOR DA GRELHA

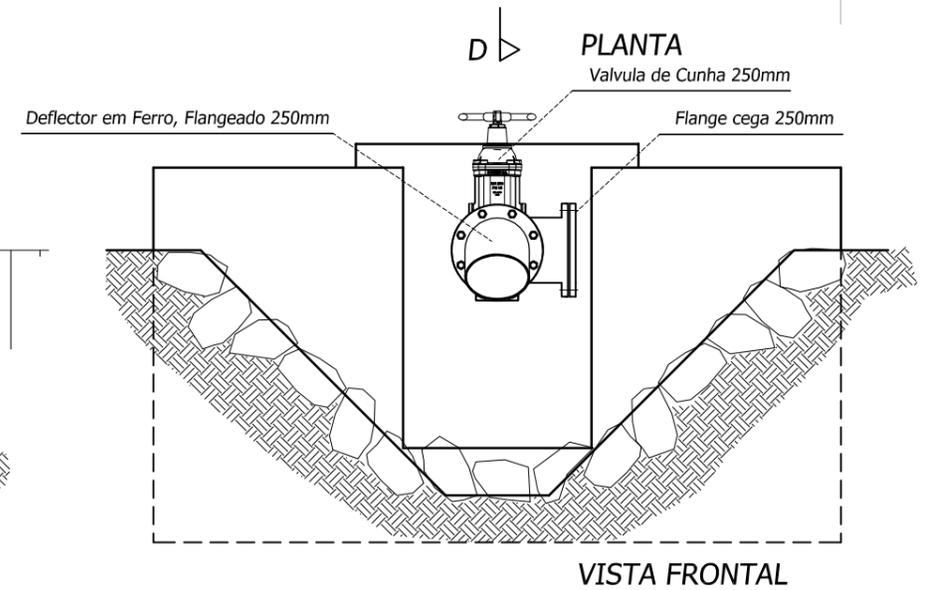
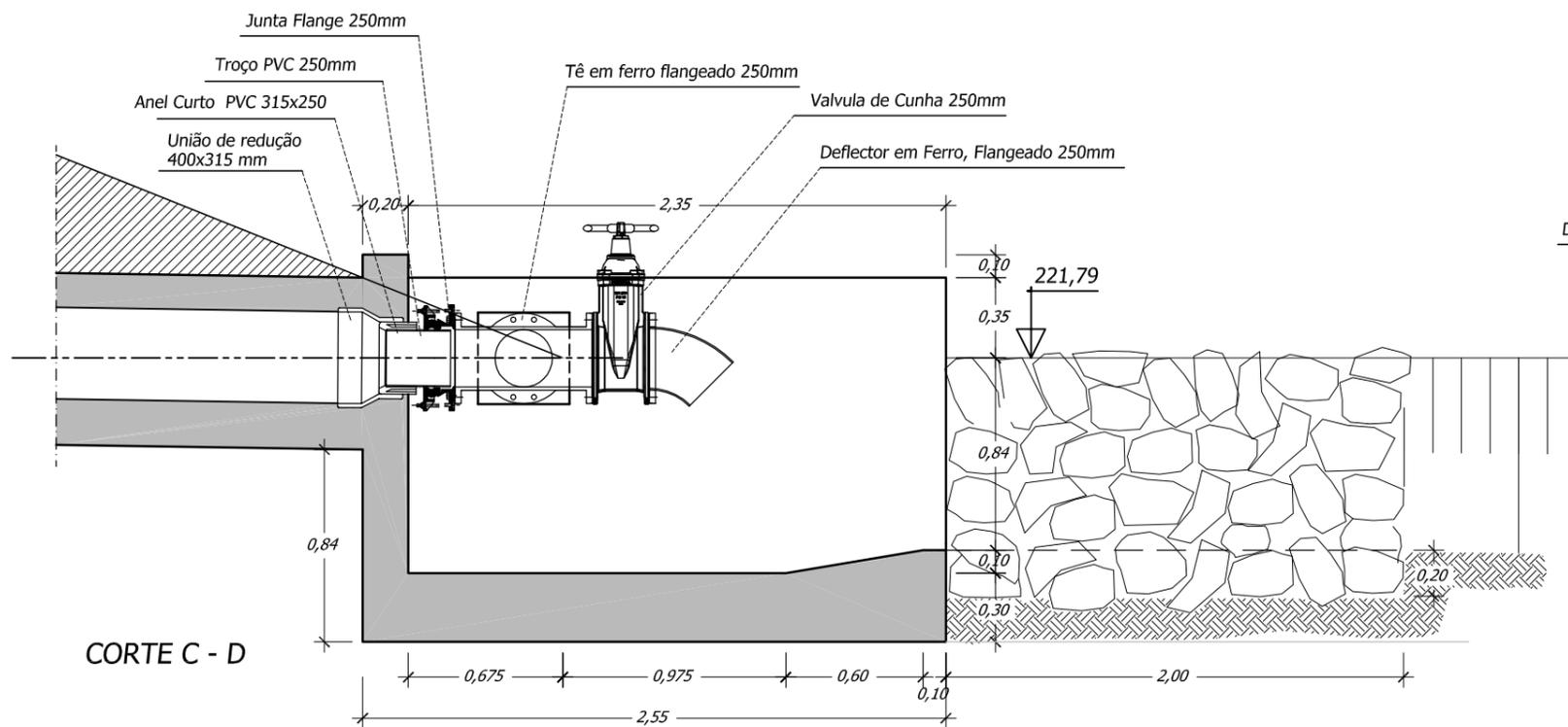
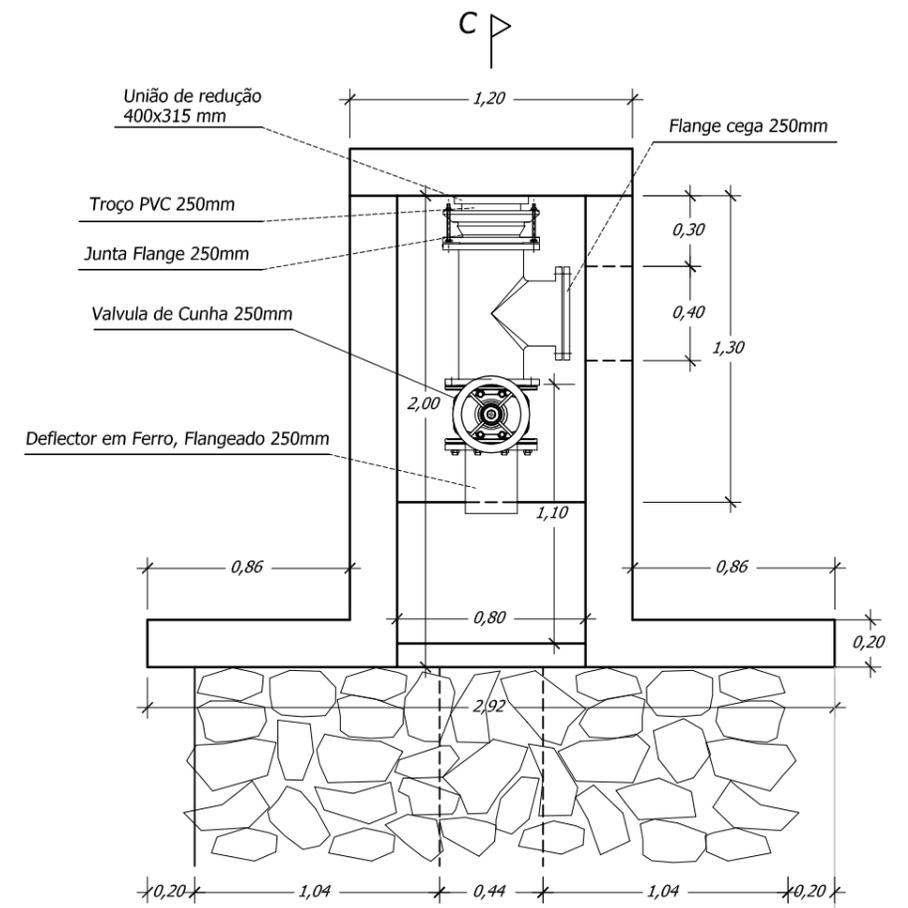
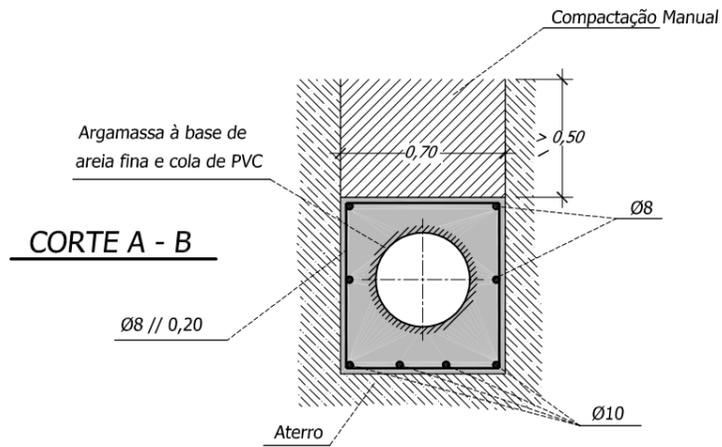
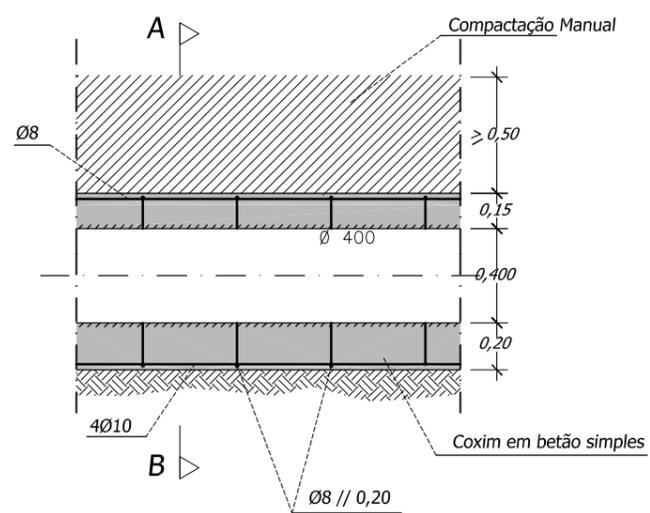


PORMENOR DO CARDAN



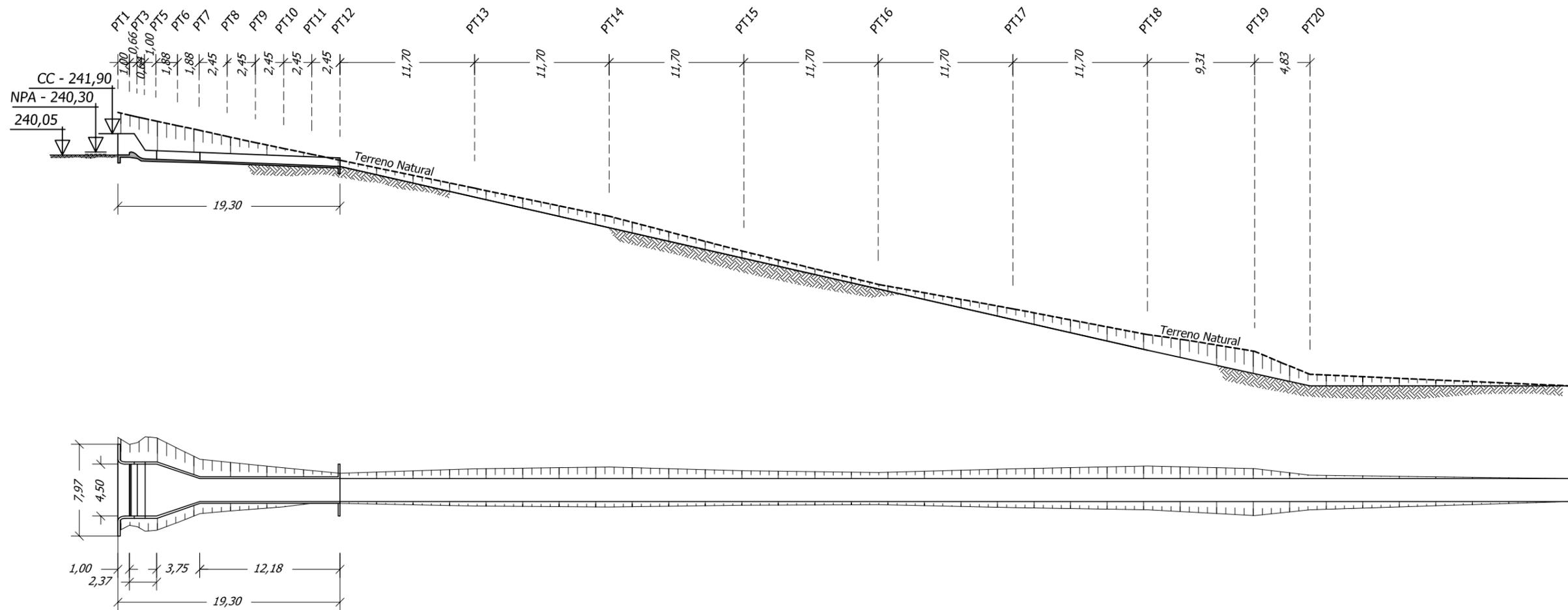
Betão - NP EN 206-1 . C25/30 . XC 2 . Cl 0,4 . Dmax 35 . S3
 Aço - A 400 NR
 Recobrimento - 0,04m

cliente:	HVCZ VENTURES, LDA.	data:	Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO		escala:	1/30	
PORMENORES DA VALVULA DE GUILHOTINA		alterações:		desenho n°:
o técnico responsável:		referência:	503/18	2.8



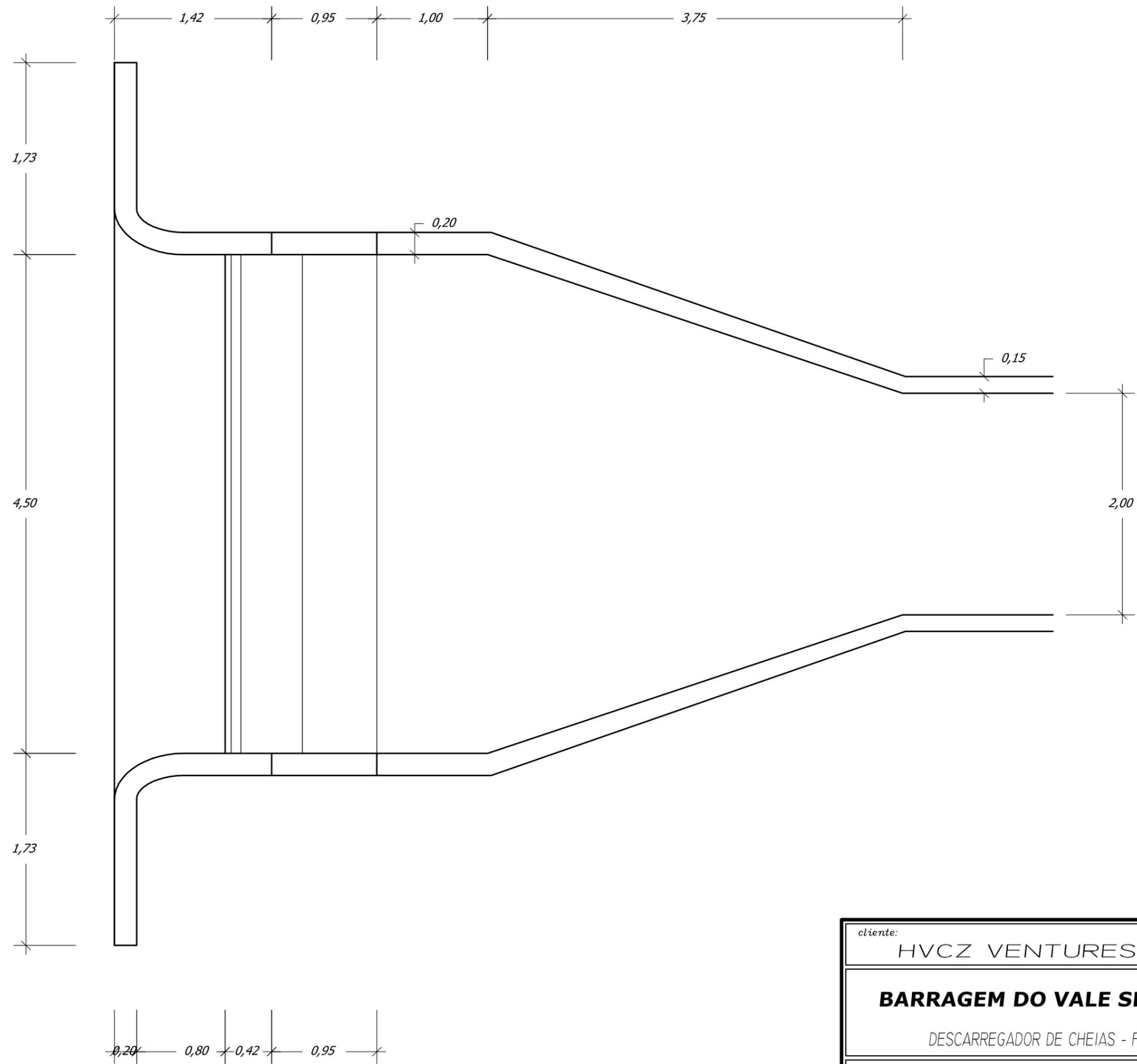
Betão - NP EN 206-1 . C25/30 . XC 2 . Cl 0,25. Dmax 35 . S3
 Aço - A 400 NR
 Recobrimento - 0,025m

cliente:	HVCZ VENTURES, LDA.	data:	Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO		escala:	1/30	
PORMENORES DA CONDOTA DE FUNDO		alterações:		desenho n°:
o técnico responsável:		referência:	503/18	2.9

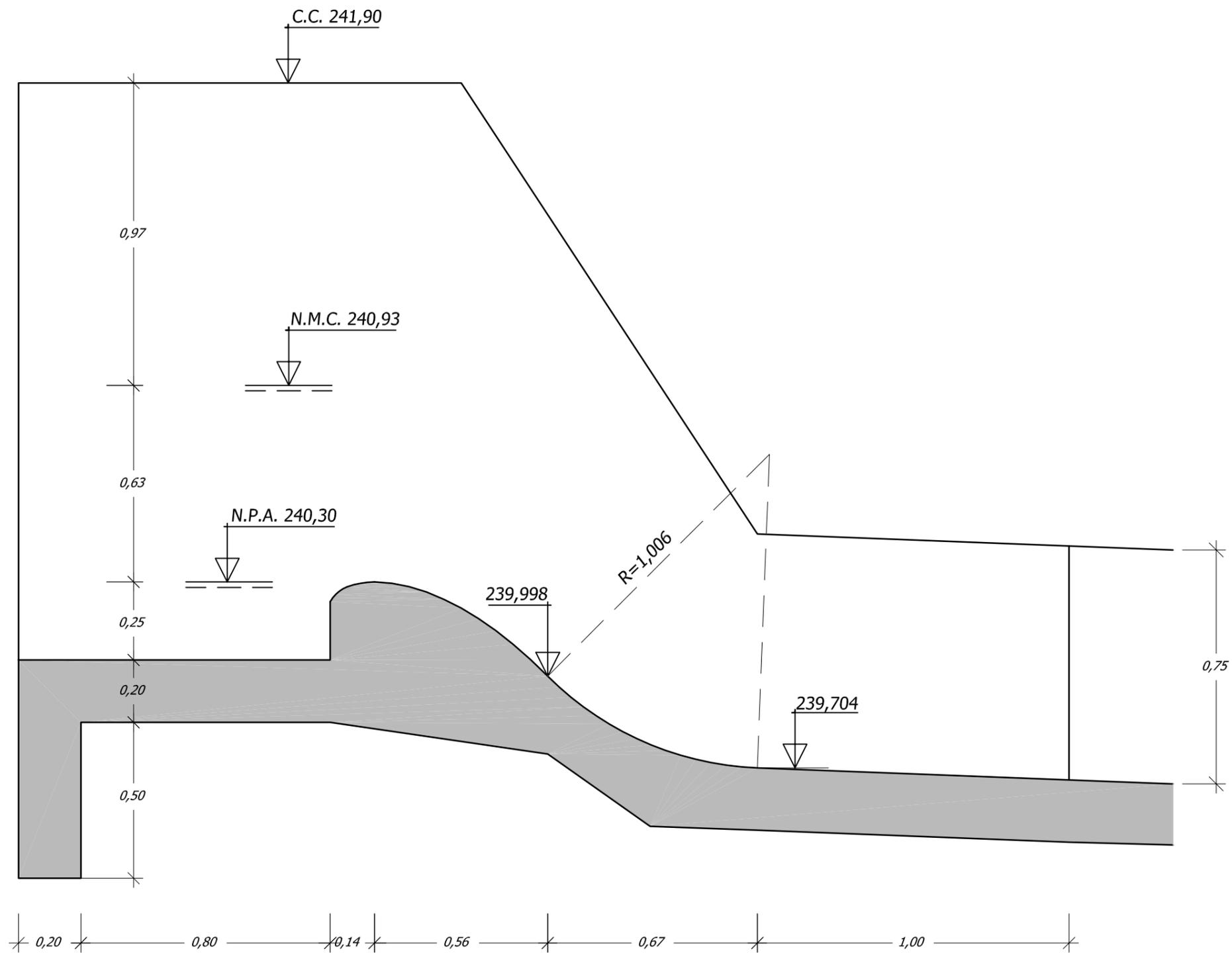


COTA DO TERRENO	-1,00	0,00	0,50	1,37	2,39	4,24	6,12	8,55	10,99	13,43	15,86	18,30	30,00	41,70	53,40	65,10	76,80	88,50	97,81	102,64	125,15	
COTA DO CANAL	240,05	240,30	240,35	239,70	239,67	239,59	239,52	239,43	239,33	239,24	239,14	239,00	226,39	233,73	231,08	228,42	225,76	223,10	221,06	220,00	220,00	220,00
DISTÂNCIA À SOLEIRA	-1,00	0,00	0,50	1,37	2,39	4,24	6,12	8,55	10,99	13,43	15,86	18,30	30,00	41,70	53,40	65,10	76,80	88,50	97,81	102,64	125,15	
INCLINAÇÃO DO CANAL (%)								3,90							22,70							

cliente:	HVCZ VENTURES LDA	data:	Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO		escala:	1/400	
DESCARREGADOR DE CHEIAS - PERFIL LONGITUDINAL		alterações:		desenho n°:
o técnico responsável:		referência:	503/18	2.10

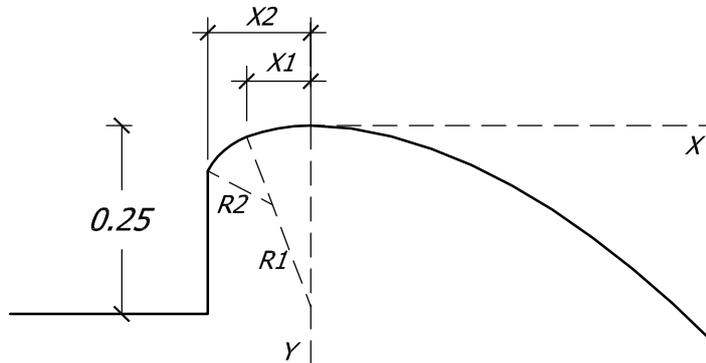


cliente: HVCZ VENTURES LDA	data: Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO	escala: 1/40	
DESCARREGADOR DE CHEIAS - PLANTA	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 503/18	2.11



cliente: HVCZ VENTURES LDA	data: Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO	escala: 1/15	
DESCARREGADOR DE CHEIAS - PERFIL DA SOLEIRA	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 503/18	2.12

PERFIL DA SOLEIRA



Esc. 1/10

$$Y = \frac{X^n}{K \times Hd^{n-1}}$$

CARGA = 0,63

PARAMENTO MONTANTE VERTICAL

$$N = 1,85$$

$$K = 2,00$$

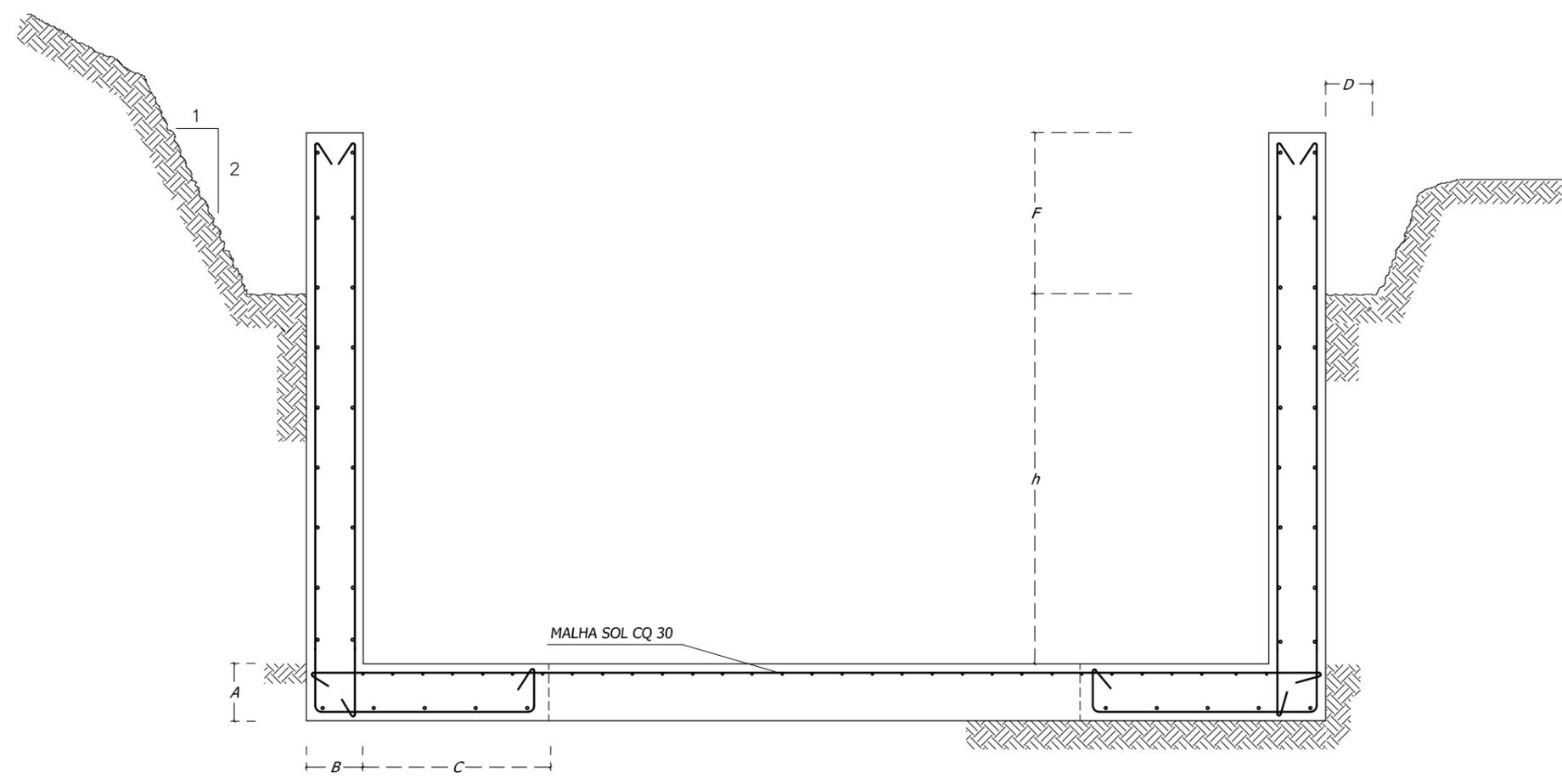
$$R1 = 0,50 \quad x \quad 0,504 = 0,252$$

$$R2 = 0,20 \quad x \quad 0,504 = 0,101$$

$$X1 = 0,175 \quad x \quad 0,504 = 0,088$$

$$X2 = 0,282 \quad x \quad 0,504 = 0,142$$

<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>
0,00	0,000
0,10	0,013
0,20	0,046
0,30	0,097
0,40	0,164
0,50	0,248
0,60	0,348
0,70	0,463
1,00	0,895
1,20	1,254
1,40	1,668
1,60	2,136

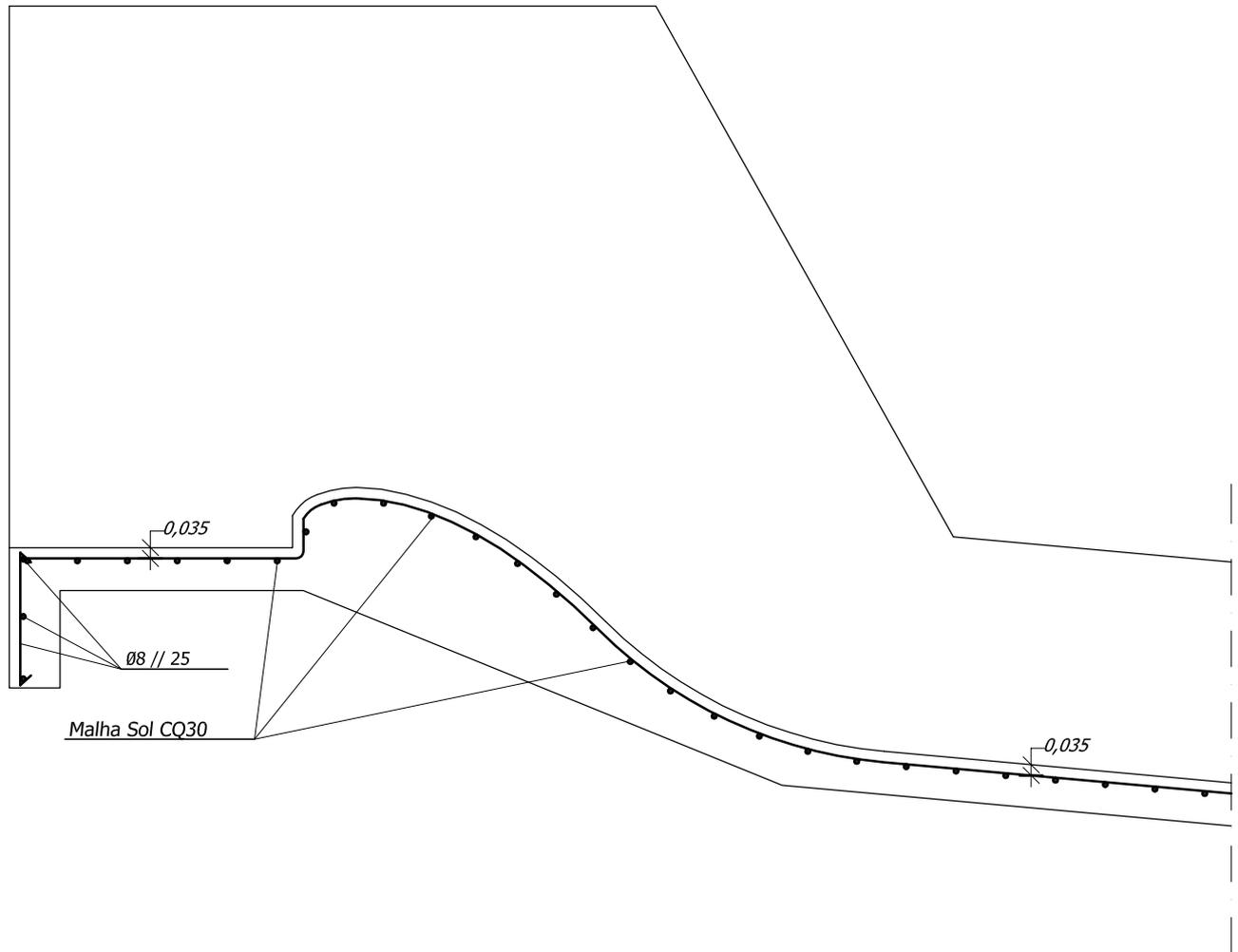


MUIROS DE SUPORTE	DIMENSÕES					AÇO		DRENO s/n	REBORDO D
	A	B	C	F	h	HORIZONTAL	VERTICAL		
SOLEIRA	0,20	0,20	1,20	0,00	1,85	5Ø6/m	5Ø8/m	NÃO	0,20
CANAL DE DESCARGA	0,15	0,15	0,60	0,15	0,60	5Ø6/m	5Ø8/m	NÃO	0,15
Caixas e/s da Conduta de Fundo	---	---	---	---	---	5Ø6/m	7Ø6/m	NÃO	

Betão - NP EN 206-1 . C25/30 . XC 2 . Cl 0,4 . Dmax 25 . S3
 Aço - A 400 NR
 Recobrimento - Interior 0,035m - Exterior 0,025m

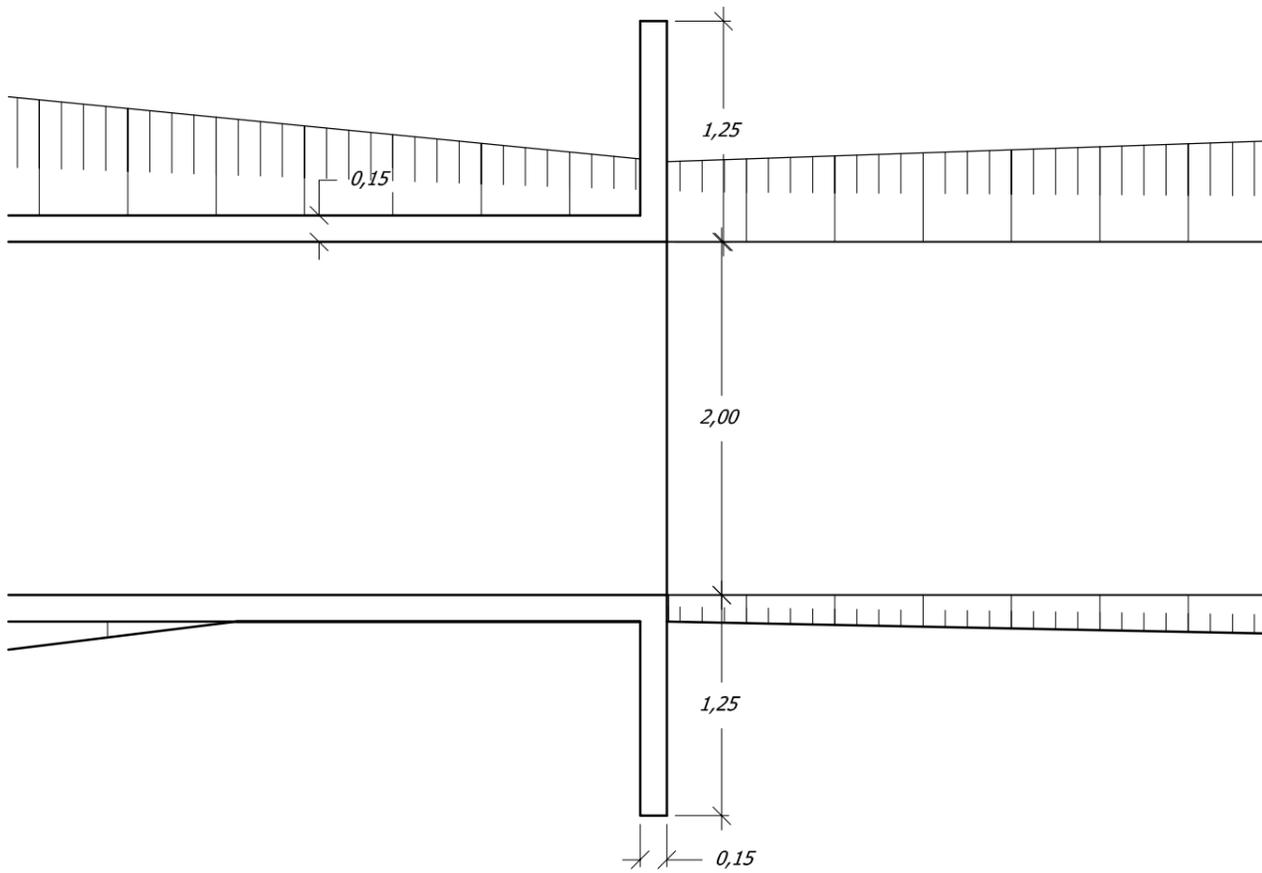
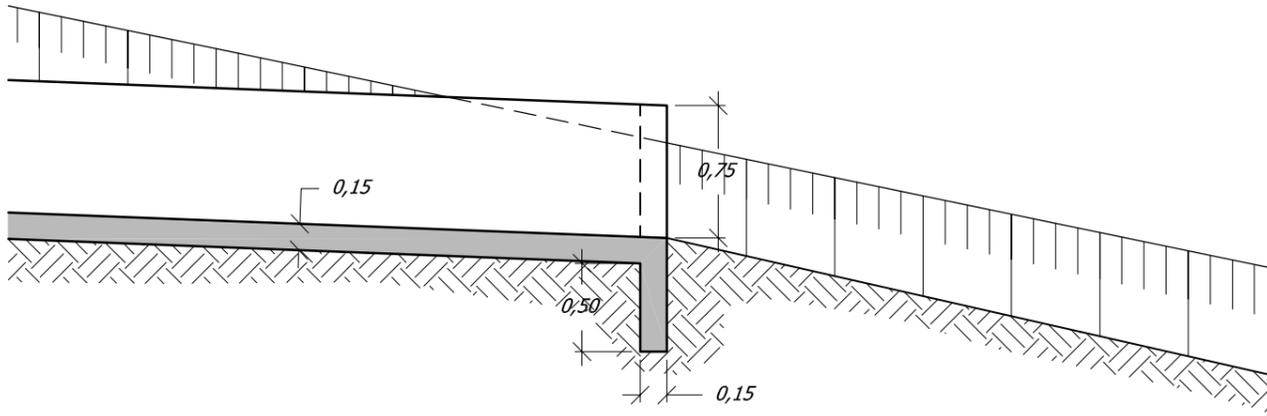
cliente: HVCZ VENTURES LDA	data: Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO	escala: S/ escala	
PORMENORES CONSTRUTIVOS - MUROS DE SUPORTE	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 503/18	2.14

SOLEIRA

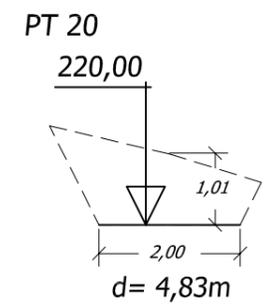
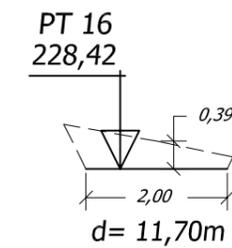
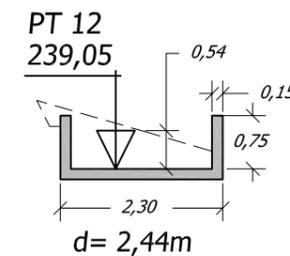
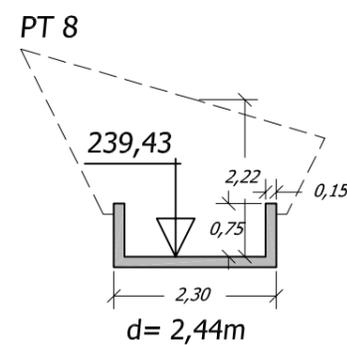
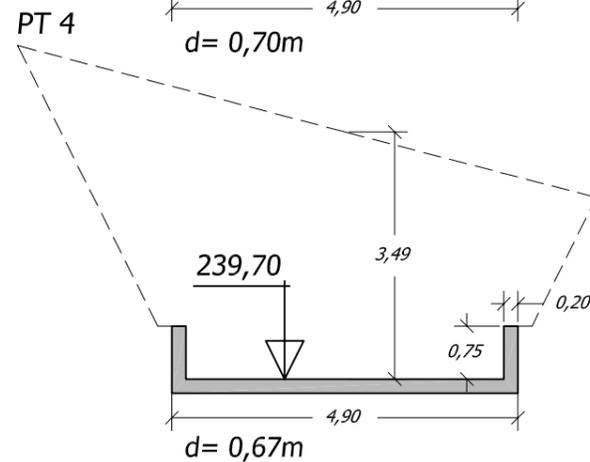
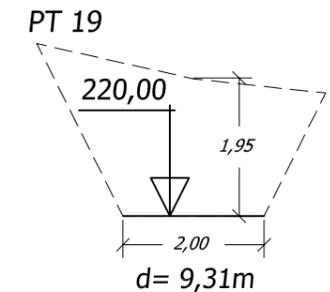
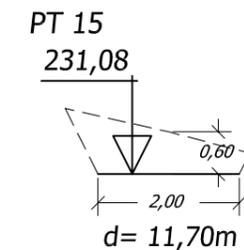
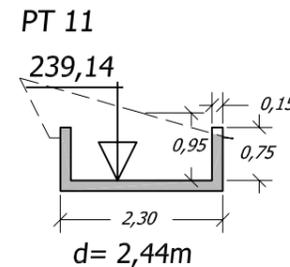
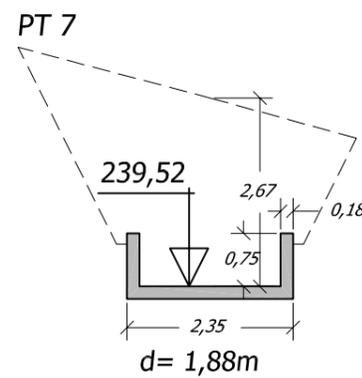
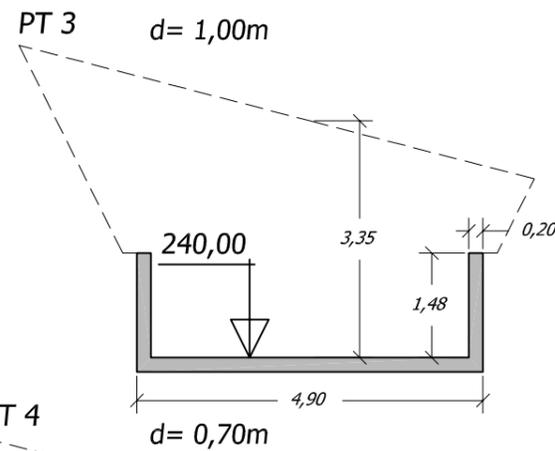
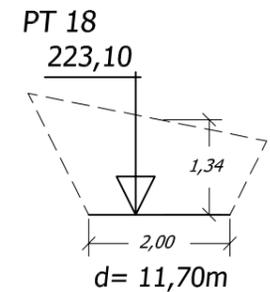
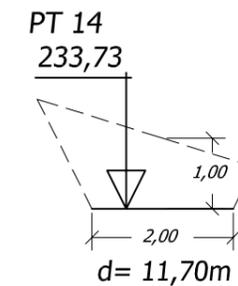
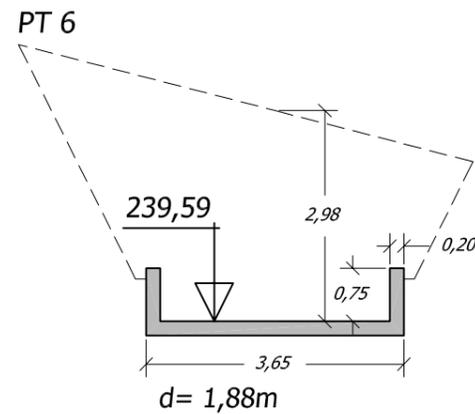
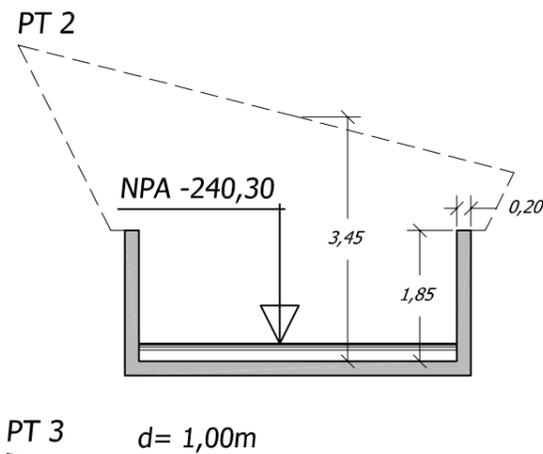
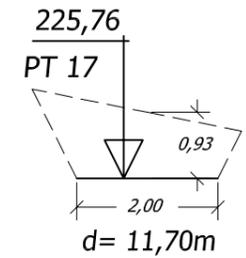
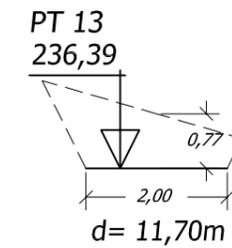
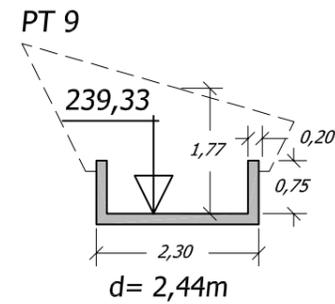
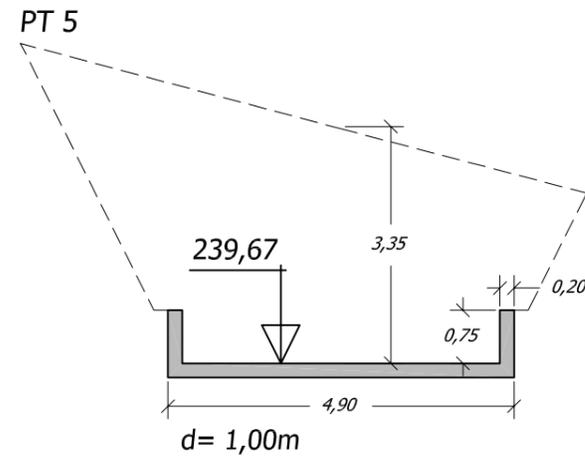
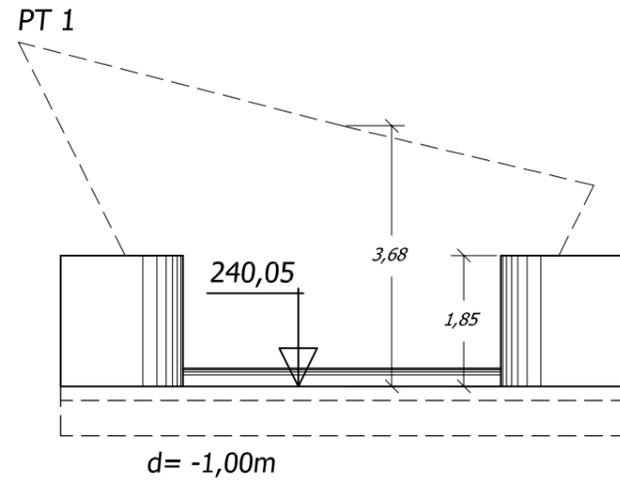


Betão - NP EN 206-1 . C25/30 . XC 2 . Cl 0,4 . Dmax 25 . S3
 Aço - A 400 NR
 Recobrimento - Exterior 0,025m

cliente: HVCZ VENTURES LDA	data: Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO	escala: S/Escala	
PORMENORES CONSTRUTIVOS - LAJES	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 503/18	2.15



cliente:	HVCZ VENTURES LDA	data:	Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO		escala:	1/40	
DESCARREGADOR DE CHEIAS - FIM DO BETÃO		alterações:		desenho nº:
o técnico responsável:		referência:	503/18	2.16



cliente: HVCZ VENTURES LDA	data: Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO	escala: 1/100	
DESCARREGADOR DE CHEIAS - PERFIS TRANSVERSAIS	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 503/18	2.17

3 - PROJECTO TÉCNICO JUSTIFICATIVO

3.1) VALOR DA FOLGA ACIMA DO NMC

A folga de uma barragem deste tipo destina-se a reduzir o risco de galgamento do seu corpo por efeito da ondulação na albufeira e espraçamento das ondas ao longo do paramento, neste caso reduzido pela existência de enrocamento protegendo este talude.

No quadro seguinte apresentam-se os valores calculados para a altura das ondas (Hs) e para o valor da sobrelevação (R) proposta para ventos de 70 e 120 km/h, de acordo com a metodologia proposta¹⁰.

taludes H/V	3/1
tang α	0,33
rugosidade (K)	0,55
fetch máximo (km)	0,75
fetch efectivo	0,42

	V = 70 km/h			V = 120 km/h		
	Hs	R	f	Hs	R	f
USBR	0,29	0,28	0,40	0,56	0,48	0,78
Thomas T.	0,23	0,25	0,32	0,39	0,40	0,55
médias	0,26	0,26	0,36	0,47	0,44	0,66
médias		0,31			0,55	

A sobrelevação do nível da albufeira R por efeito do espraçamento destas ondas, nos termos da expressão de cálculo correspondente³, foi obtida considerando a inclinação do talude montante existente, o correspondente factor de rugosidade, e o comprimento de onda ($L_{70}=3,14\text{m}$ e $L_{120}=4,88\text{m}$).

No mesmo quadro, e para as mesmas alturas de ondas, apresentam-se também os resultados obtidos por expressão empírica¹¹ mais expedita utilizada com frequência, que não considerando alguns dos parâmetros anteriores, propõe, no entanto, um valor para já para a folga total, proporcional à altura das ondas consideradas.

Foi considerado o “fetch” efectivo da albufeira (Fe), avaliado a partir do traçado do maior segmento de recta perpendicular ao eixo da barragem que é possível traçar sobre a albufeira (Ft), como se representa no desenho nº 2.1.

$$F_t = 0,75 \text{ km}$$

$$F_e = 0,42 \text{ km}$$

Os valores foram calculados por excesso, dada a adopção de alguns cenários de que se destaca:

¹⁰ Rui Martins, A folga em barragens, LNEC 2002

¹¹ K. Tamada, EPUSP, 1999 - folga = 1,4 Hs

- A ocorrência simultânea de fenómenos não relacionados, vento anormal e precipitação intensa, admitindo-se ainda que nesse momento a albufeira se encontra ao nível do NMC_{1000} ;
- A direcção do vento coincidindo com o “fetch” total da albufeira.

Para velocidades do vento de 70 km/h as fórmulas propostas¹² permitem obter alturas para as ondas de respectivamente 0,29 m e 0,23 m, com média de 0,26 m.

Para velocidades de 120 km/h, os valores são de 0,56 m e 0,39 m, com média de 0,47 m.

O valor mínimo a atribuir à folga acima do NMC deveria, portanto, rondar, para ventos de 120 km/h, o valor médio calculado, 0,55 m.

Considerando, no entanto, que se trata de barragem de considerável altura a construir de novo, em que poderão ocorrer alguns assentamentos diferenciais por compactação do aterro, adopta-se uma folga final de 0,97 metros.

3.2) PROTECÇÃO DOS TALUDES

Propõe-se o recobrimento do talude montante com enrocamento sem filtro e o revestimento do talude jusante com uma cobertura vegetal conforme descrito, para contrariar o efeito erosivo dos escoamentos pluviais e os efeitos da acção das ondas e do eventual esvaziamento brusco da albufeira.

As dimensões propostas para o enrocamento resultam do cálculo da altura da ondulação prevista para ventos de 70 km/h, apresentado no capítulo anterior, e avaliada em 0,26 m, e da inclinação do talude montante, considerando um fetch efectivo de 0,42 km ocorrendo na direcção EW.

Nestas condições, a dimensão recomendada¹³ para o enrocamento será definida por:

$$\begin{aligned} D_{50} &= 0,19 \text{ m} \\ D_{100} &= 0,27 \text{ m} \\ D_{\min} &= 0,10 \text{ m} \end{aligned}$$

A espessura mínima da camada (0,30 m) foi estabelecida para que não seja inferior nem a D_{100} nem a $1,5 \times D_{50}$.

Dada a relativamente grande dimensão destas pedras, e no sentido de justificar a dispensa de um filtro entre o enrocamento e o aterro, recomenda-se a colocação de pedras de menores dimensões preenchendo os espaços maiores de forma a reduzir o contacto directo da ondulação com o aterro.

Esta dispensa baseia-se ainda na suavidade do talude em causa face à altura da barragem e à facilidade de acesso para eventual reparação na eventualidade da ocorrência de ventos anormais.

¹² USBR e Thomas Telford

¹³ Fell, Macgregor, Stapledon - Geotechnical Engineering of Embankement Dams, 1992

3.3) ESCAVAÇÕES E ATERROS

No Anexo II apresenta-se relatório de reconhecimento das condições geológicas da área de implantação da barragem e das análises laboratoriais realizadas a duas amostras de solo recolhidas na zona da mancha de empréstimo (P11) e junto ao eixo de implantação (P7), que se consideraram representativas dos solos a reutilizar no aterro.

De acordo com o mesmo, a zona de implantação da futura barragem localiza-se em terrenos de idade câmbria, atribuídos à Formação de Malpica (CBM) que se insere no Complexo xisto-grauváquico do Super Grupo do Douro-Beiras. É representada essencialmente por turbiditos e conglomerados. Estes materiais são recobertos generalizadamente por terrenos recentes, de terra vegetal (TV) e depósitos coluvionares (Co).

Apesar da previsão no sentido de menores profundidades, considerou-se à segurança uma profundidade de escavação da vala corta-águas com um valor médio de 3,88 metros. Este valor é a média ponderada das profundidades estabelecidas para cada secção em função da carga hidráulica em NMC, conforme explicitado no desenho nº 2.2, sendo o valor máximo previsto de 7,87 metros, abaixo do saneamento, podendo variar em função das efectivas condições encontradas, sendo indispensável o acompanhamento por técnico experiente.

As análises laboratoriais realizadas às duas amostras de solo recolhidas na zona previamente escolhida para mancha de empréstimo permitiram apurar que os mesmos se incluem nas classes **SM** da classificação unificada e obter alguns parâmetros classificativos para além dos que definem as condições a respeitar na compactação do aterro e, indirectamente, os necessários à verificação da estabilidade dos taludes propostos e ao dimensionamento e verificação do filtro de pé.

Com base nestes resultados foi definida uma profundidade média de 2,00 metros para a escavação na mancha de empréstimo que, para um coeficiente de empolamento de 20%, deverá abranger uma área de cerca de 39 662 m², que provavelmente se localizará integralmente no interior da albufeira, e que se representa no desenho nº 2.1A.

Apresentam-se no Capítulo 2 as recomendações necessárias à boa execução do saneamento, fundações e aterros, pelo sistema de camadas e endentamento nos encontros, bem como os parâmetros de compactação a respeitar, obtidos dos ensaios laboratoriais referidos.

3.4) FILTRO DE PÉ

As formas e as dimensões deste sistema de filtragem foram estabelecidas atendendo a critérios objectivos adaptados à especificidade da obra, atendendo essencialmente a que:

- Se pretende reduzir ao mínimo os caudais percolados através do aterro, de forma a não comprometer a viabilidade económica do investimento, mediante a utilização de vala corta-águas total com solos pouco permeáveis e bem compactados que elimine qualquer percolação significativa sob o seu corpo e consequentemente a eventualidade de ocorrência de pressões negativas no seu talude jusante;
- Destinando-se, portanto, o filtro projectado quase exclusivamente a recolher caudais percolados pelo aterro, o que fundamenta a exclusão de soluções do tipo tapete drenante tradicional;
- Se pretendem adoptar medidas que valorizem o sistema de drenagem em termos da segurança da barragem, possibilitando futuros diagnósticos e a facilitação de eventuais correcções caso por deficiência construtiva venham a ocorrer caudais anormais, designadamente valorizando a possibilidade de separação dos caudais originários de uma ou outra margem por drenos independentes, que soluções do tipo tapete drenante efectivamente não permitem.

O sistema de drenagem projectado será assim essencialmente constituído por drenos localizados na base do aterro, tendencialmente paralelos ao pé de talude jusante, projectados para conduzir os caudais captados de cada encontro para a zona central de cota mais baixa, respeitando o sentido preferencial do escoamento, de onde serão conduzidos para o exterior para caixa de recolha com dispositivo de medição de caudais.

A sua localização definitiva em planta resultou da análise dos valores mínimos dos afastamentos entre a linha de saturação e o talude jusante, para evitar a possibilidade de ocorrência de ressurgências no mesmo e os consequentes riscos de excessiva erosão interna, por descarga de caudais não drenados, e desestabilização do talude, num cenário correspondente ao pleno enchimento da albufeira.

Para o efeito, após a implantação preliminar de um dreno transversal afastado do pé de talude jusante de um valor igual ao da altura da barragem ao eixo nessa secção, avaliaram-se para todas as secções os valores dos caudais esperados e do afastamento da linha de saturação ao talude jusante.

A avaliação referida foi realizada considerando um cenário de solo isotrópico ou com anisotropias caracterizadas por relações entre a permeabilidade horizontal e vertical de 3, 6 e 9, apresentando-se no quadro 3.1 um resumo dos parâmetros de cálculo utilizados e dos resultados finais obtidos, no desenho 3.2 o esquema de construção das linhas de saturação, e no desenho 3.3 o traçado das linhas de percolação correspondentes para 7 das secções da barragem, uma das quais coincidindo com o alinhamento da conduta de fundo, para verificação de eventual conflito na localização destas duas estruturas.

Quer o desenho das linhas de saturação quer o cálculo dos caudais foram realizados, por exigências de compatibilização com as expressões de cálculo adoptadas, para perfis mais desfavoráveis que os reais, consistindo na adopção de perfis de fundo horizontal à cota do foco da parábola correspondente, calculada sobre o terreno real, após limpeza, considerado impermeável.

Para o valor da permeabilidade foi utilizado, à segurança, o valor máximo dos indicados¹⁴ para o solo mais permeável dos identificados pelos ensaios laboratoriais (classe MH), não obstante a recomendação de mistura de solos a efectuar, conforme explicitado no quadro seguinte:

Permeabilidade (K)	cm/s	
	médio	máximo
Classe MH	7,25E-06	1,19E-05
valor utilizado	1,19E-05	

Simulando eventual anisotropia dos solos, os caudais foram nestes casos avaliados com base na permeabilidade equivalente obtida a partir das permeabilidades horizontal e vertical pela expressão

$$K_e = (K_v \cdot K_h)^{0,5},$$

considerando K_e igual ao valor de projecto, portanto sem redução por efeito da compactação que estará na base do aumento da diferença entre as permeabilidades horizontal e vertical, à segurança.

O traçado da linha de percolação nestas situações, bem como a obtenção dos parâmetros de cálculo necessários à avaliação do caudal correspondente, foi realizado através do processo¹⁵ consistindo na redução da escala horizontal do perfil pelo factor

$$(K_v / K_h)^{0,5}$$

Neste processo, dada a efectiva existência de dreno, foi considerada à segurança a inexistência de uma faixa a jusante do perfil transversal, cortando graficamente o mesmo desde a extremidade jusante do coroamento até à extremidade montante do dreno (foco da parábola), para adequação ao modelo de cálculo.

Para o traçado da linha de percolação foi utilizado o processo¹⁶ consistindo no desenho de parábola com foco na localização montante do dreno proposto, obedecendo à equação

$$x = (y^2 - S^2) / 2 \cdot S$$

$$\text{com } S = (d^2 + h_t^2)^{0,5} - d$$

A avaliação dos caudais percolados foi realizada com base nas expressões apresentadas pelos autores referidos:

$$q = K \cdot S \quad (\text{em caso de isotropia do solo})$$

$$q = K_e \cdot a \cdot \text{sen}^2 B \quad (\text{com anisotropia})$$

Face aos resultados obtidos, designadamente o afastamento mínimo ao talude jusante na situação da anisotropia maior, foi revista a localização inicialmente estabelecida, de forma a corrigir situações pontuais resultantes da real topografia do terreno e normalizar o valor deste parâmetro.

¹⁴ Design of Small Dams; BUREC

¹⁵ Gupta (2008)

¹⁶ Casagrande (1937)

Nos quadros nº 3.1A a 3.1D apresentam-se os parâmetros de cálculo e os resultados obtidos para a localização final do dreno, em uma das secções e para as várias anisotropias consideradas, com resumo no quadro seguinte:

<i>Kh / Kv</i>		1,0	3,0	6,0	9,0
Caudal dreno esquerdo	l/h	65,36	99,01	102,50	99,84
Caudal dreno direito	l/h	56,93	86,60	89,95	87,88
Caudal total do filtro	l/h	122,29	185,61	192,45	187,71
Caudal total anual	m ³ /ano	1071,3	1625,9	1685,9	1644,4
Caudal máximo por secção	l/h.m	1,28	1,93	1,99	1,99
Afastamento (L) da linha de saturação ao talude	m	3,49	3,16	2,29	0,23
L/altura da secção ao eixo	%	89,2	80,8	26,3	1,3
Carga máxima calculada no medidor de caudal	cm	0,44	0,47	0,48	0,48

distâncias entre a linha de percolação e o talude jusante e caudais percolados

Verifica-se que o valor do caudal anual mesmo no cenário em situação $K_h/K_v = 9$ é muito reduzido (1644,4 m³/ano) não comprometendo a viabilidade ou a segurança da obra, já que corresponde a apenas cerca de 0,177 % da capacidade da albufeira, sendo muito menor em situação de utilização normal dado a abaixamento do seu nível ao longo do ano.

O valor máximo descarregado avaliado em cerca de 187,71 l/h corresponderá aproximadamente a cerca de 0,48 cm de altura no descarregador triangular da caixa de restituição¹⁷, em situação de pleno enchimento.

Dos quadros já referidos constam igualmente os parâmetros de cálculo e os resultados obtidos, verificando-se que a distância horizontal mínima entre a linha de percolação e o talude, para um coeficiente de anisotropia de 9, é de 0,23 m, representando cerca de 1,3 % da altura de água h_t nessa secção.

Atendendo aos mesmos e aos reduzidos valores obtidos para os caudais, considera-se assim que não será provável a ocorrência de ressurgências no talude jusante em resultado de eventual deficiência na compactação dos solos e que, caso ocorram, serão de magnitude diminuta.

O sistema de drenagem será constituído por dois grupos de drenos.

Dreno principal

O dreno principal encontra-se dimensionado com base na exigência de utilização de drenos de parede dupla e classe de pressão adequada ao suporte de consideráveis cargas de aterro, tendo-se adoptado tubo corrugado HPDE de parede dupla e classe SN4, parcialmente perfurado, com o menor diâmetro exterior disponível, 100 mm, a instalar, conforme descrito no Capítulo 2 e representado nos desenhos nº 2.4 a 2.6,

¹⁷ fórmula de Gourley e Climp : $q = 1,32 \text{ tg} (\alpha/2) \cdot h^{2,47}$

em vala a escavar no terreno natural, após limpeza, sendo revestido por areia e gravilha com espessuras mínimas iguais ao seu diâmetro. Estes tubos são normalmente fornecidos em varas de 6 metros.

A secção composta por gravilha destina-se a evitar entrada de areia para o interior do dreno, cujo diâmetro de perfuração não deverá ultrapassar 1 mm, podendo adoptar-se a forma rectangular caso se opte pela sua colocação por meio de caixões deslizantes.

A secção composta por areia destina-se a evitar o arrastamento das partículas mais finas do solo eliminando riscos de erosão interna no aterro e entrada de material para o dreno.

A largura superficial mínima do filtro foi definida à segurança para cada secção de forma a que a superfície de captação tenha uma largura superior a metade da distância focal da parábola correspondente à linha de percolação¹⁸ em situação de isotropia dos solos, conforme representado nos desenhos nº 2.4 e 2.5 e no quadro apresentado em 2.1.

Atendendo às características da barragem, foi projectado de forma a alcançar em cada margem a cota 237,00.

O sistema encontra-se idealizado com separação dos caudais recolhidos por cada uma das margens da barragem descarregando em caixa de recepção dispondo de um descarregador triangular com abertura a 60° permitindo uma leitura do caudal total descarregado.

Dreno secundário

Apesar do reduzido valor do caudal em causa, comprova-se que para anisotropias desta ordem de grandeza existe a possibilidade de que a linha de saturação se afaste para jusante da localização do dreno principal, fazendo reduzir a extensão da zona seca para cerca de 50% do valor inicialmente previsto em condições de isotropia.

Pode assim justificar-se, ao admitir estes valores para a anisotropia, a adopção de medidas que permitam a captação de caudal mais a jusante sobretudo na faixa central da barragem, pelo que foi projectada a instalação de dois drenos adicionais em cada margem a jusante do dreno principal, interessando a área identificada como possivelmente húmida nesta situação.

Pretendendo-se manter a funcionalidade da separação dos caudais captados em cada margem, este segundo conjunto de filtros de drenagem é separado do principal e interligado entre si, correspondendo-lhe uma saída única na caixa de restituição, cuja observação permitirá aferir a situação específica da eventual ocorrência de anisotropia no aterro, melhorando a possibilidade de diagnóstico futuro de eventuais ocorrências.

Encontrando-se o dreno principal dimensionado para captar e conduzir para o exterior do aterro a totalidade dos caudais esperados, e sendo menores as cargas de aterro, adopta-se para estes drenos tubo corrugado HPDE de parede simples e classe SN2, totalmente perfurado, e diâmetro exterior de 80 mm, de

¹⁸ Casagrande (1937)

instalação mais facilitada por ser fornecido em rolos, a instalar igualmente em vala de dimensões adaptadas ao seu diâmetro.

Este segundo sistema de drenagem será restrito à zona central da barragem alcançando as proximidades da cota 224,00 uma vez que não se encontra fundamento para a sua extensão às zonas dos encontros nas quais o afastamento da linha de percolação ao talude é muito maior, sobretudo se relacionado com a carga hidráulica efectiva.

O sistema secundário de drenagem destina-se assim a controlar os efeitos de eventual anisotropia dos solos na faixa da barragem em que tal cenário poderá ter consequências com mais significado.

De referir que, para além dos factores de segurança já indicados, existe ainda outro associado ao pressuposto inicial de que o solo é impermeável. Na realidade à solução construtiva da vala corta-águas não correspondem trabalhos de impermeabilização da fundação da barragem mais a jusante do seu eixo, por se tornarem desnecessários, assentando assim designadamente a zona do talude jusante em solo tendencialmente seco, mas não necessariamente impermeável.

Pode assim prever-se que toda a área de implantação jusante funcione, geral ou localizadamente, como um dreno natural, alimentado apenas superiormente por caudais percolados pelo aterro, não geradores de subpressões no aterro, que como se viu são muito reduzidos, porém com o efeito inevitável e positivo do rebaixamento da linha de saturação.

Verificação da capacidade do sistema de drenagem

Para a verificação da capacidade de captação dos drenos será utilizado o valor do caudal avaliado na secção mais desfavorável, e para a verificação da sua capacidade de transporte o valor acumulado da margem mais produtiva.

Capacidade de vazão do filtro

A capacidade de vazão do filtro foi verificada à segurança considerando a largura média da secção de maior caudal através da lei de Darcy e para a menor permeabilidade presente (areia), a que se atribuiu um valor de $k=0,01$ cm/s e uma carga hidráulica igual à espessura da camada ($h=L$), tendo-se obtido:

$$q = k \cdot A = 0,01 \times 100 \times 88,75 = 88,75 \text{ cm}^3/\text{s.m} = 319,50 \text{ l/h.m}$$

valor este bastante superior ao caudal máximo calculado para a secção e anisotropia mais desfavoráveis cujo valor foi de 1,9930 l/h.m, correspondendo-lhe assim um factor de segurança com um valor de cerca de 160.

Capacidade de vazão do dreno

O maior caudal acumulado ocorre no dreno da margem esquerda da barragem, tendo sido calculado um valor máximo acumulado da ordem dos 102,50 l/h na sua extremidade jusante.

Este troço de dreno tem uma inclinação de 0,007 m/m, valor que se equiparado à perda de carga admissível, permite avaliar a capacidade de vazão do dreno em cerca de 20,14 m³/h, sendo assim cerca de 196 vezes superior ao máximo calculado.

Dada a reduzida altura e carga hidráulica sobre o corpo secundário da barragem, bem como a boa qualidade dos solos a utilizar no aterro, não se considerou necessário prever a drenagem interna do mesmo.

3.5) CONDUITA DE FUNDO

O diâmetro adoptado para a conduta de fundo foi estabelecido não apenas para permitir o esvaziamento da albufeira em tempo razoável em caso de necessidade, como também para eventual condução de caudais para rega, tendo-se considerado uma velocidade máxima de 2,5 m.s⁻¹ para o caudal de exploração.

Considerando uma área máxima a regar de 333 ha e um caudal instantâneo de 0,69 l/s.ha, verifica-se que o critério da velocidade máxima é satisfeito com uma conduta em PVC de 6 kg/cm² cujo diâmetro interno seja superior a 343,27 mm.

O tempo total de esvaziamento é função do desenho de pormenor da conduta, suas válvulas e acessórios, e das correspondentes perdas localizadas. No quadro seguinte apresentam-se os tempos de esvaziamento em dias para vários diâmetros da válvula de seccionamento final, considerando sempre uma válvula de guilhotina a montante de diâmetro equivalente ao da conduta. Para uma conduta de PVC de 400 mm 6 kg/cm² obtêm-se os seguintes resultados:

Diâmetro da válvula jusante (mm)	300	250	200
Tempo de esvaziamento (dias)	9,84	10,32	11,90

Face a estes resultados adopta-se uma conduta de PVC de 400 mm 6 kg/cm², com diâmetro interno de 376,7 mm, e uma válvula a jusante de 250 mm, resultando uma velocidade máxima do escoamento na conduta durante a exploração (832,5 m³/h) para cerca de 2,08 m/s.

De forma a verificar que toda a capacidade útil da albufeira possa ser aproveitada para efeitos de rega com esta conduta de fundo, calculou-se o caudal correspondente ao gradiente hidráulico mínimo (3,01 m) tendo-se obtido o valor de 1573,4 m³/h, valor que portanto satisfaz os critérios estabelecidos.

Conforme os cálculos apresentados no quadro 3.2, o tempo de esvaziamento total da albufeira com as suas válvulas totalmente abertas será portanto de cerca de 10,3 dias, o que corresponde a uma velocidade de rebaixamento variável 356,7 e 72,9 cm/dia, com uma média de cerca de 150,1 cm/dia, o que corresponde a um esvaziamento muito brusco¹⁹.

¹⁹ nos termos do antigo RPBT, definindo como bruscos esvaziamentos mais rápidos que 15 cm/dia

As implicações desta opção em termos da segurança da barragem foram verificadas designadamente através do cálculo da curva de vazão da descarga de fundo e da verificação da estabilidade dos taludes, que se apresentam de seguida, sendo apresentadas recomendações operacionais para a mesma.

O processo de cálculo utilizado para o cálculo da curva de vazão da descarga de fundo considera que o caudal escoado pela mesma é função da energia potencial disponível (altura de água sobre a secção de saída) e das diversas perdas de carga contínuas e localizadas ao longo da conduta, sendo:

a) Perdas Contínuas:

Tratando-se de uma tubagem em PVC a perda continua será dada pela expressão, com p_c = perda continua (m/m); Q = caudal escoado (m³/s) e ϕ o diâmetro interno da conduta em metros.:

$$p_c = (Q / 54 \times \phi^{2.69})^{(1 / 0.56)}$$

b) Perdas localizadas:

As diversas perdas localizadas traduzem-se pela expressão geral:

$$\Delta H = K * U^2 / (2 * g)$$

com valores de K em função do tipo de situação existente e das velocidades do escoamento a montante e a jusante do mesmo.

Interessando, para maior facilidade de cálculo, referir todas estas perdas à velocidade na conduta, teremos ²⁰:

	k'	L	× ref (d ₁)	d ₂	d ₂ ⁴ /d ₁ ⁴	k	dH _{máx}
		mm		mm			m
b1 - Entrada	0,50		400	376,7	0,96	0,79	2,15
b2 - redução cónica	0,01	500	400	376,7	0,96	0,79	0,04
b3 - Curva de Entrada	0,20		376,7	376,7	1,00	1,00	1,09
b4 - Cone jusante	0,01		250	376,7	4,84	5,15	0,28
b5 - Válvula jusante	0,05		250	376,7	4,84	5,15	1,41
b6 - Curva de saída	0,05		250	376,7	4,84	5,15	1,41
							1,17

No quadro nº 3.2, em anexo, indicam-se os caudais a que, para determinada energia disponível, correspondem perdas totais de valor idêntico ao da carga existente e, considerando os volumes médios armazenados correspondentes a cada altura de água na albufeira, os tempos necessários para o seu esvaziamento.

Verificam-se assim, considerando a abertura total da válvula de controle, as seguintes condições de descarga:

- tempo necessário para o esvaziamento total da albufeira 247,8 horas
- abaixamento médio diário 150,1 cm

²⁰ Nota - " ϕ_{ref} " sendo o diâmetro a que corresponde o coeficiente " k' "; " s_1/s_2 " a relação entre as secções da conduta (376,7 mm) e de referência; e " k " o coeficiente final correspondente à velocidade uniformizada na conduta.

Conforme referido o capítulo 2.3, o dimensionamento da caixa de restituição a jusante destina-se a promover de forma simples uma razoável dissipação de energia mesmo no cenário não recomendado de abertura total da válvula com a albufeira em NPA, sem criar impedimentos a uma eventual necessidade de remoção das peças ali instaladas, para efeitos de vistoria à conduta, manutenção ou reparação.

As dimensões da caixa de descarga e da vala de restituição foram estabelecidas com o objectivo de que, mesmo para caudal máximo (4 151,7 m³/h), a válvula de seccionamento não sofresse de afogamento, tendo-se calculado uma altura do escoamento²¹ sobre a soleira na face jusante da caixa de cerca de 0,59 m para a largura estabelecida (0,80 m), e verificadas as condições de escoamento na vala de restituição definindo a sua extensão e inclinação de forma a respeitar este nível do escoamento²², definindo-se um comprimento da ordem dos 30 metros até à ligação da linha de água a jusante sensivelmente a uma cota igual ou inferior a 220,84, com uma inclinação mínima de 0,35 % ao longo do seu percurso.

O seu troço inicial com uma extensão de 2 m será revestido a enrocamento idêntico ao proposto para o talude montante da barragem.

A conduta de arejamento prevista destina-se a permitir a saída de ar acumulado na conduta sobretudo no seu primeiro enchimento e, em períodos de funcionamento, a permitir a entrada de ar que compense fenómenos de cavitação provocados por singularidades na conduta, das quais se destacam as associadas à abertura parcial da válvula de guilhotina instalada a montante.

Considerando a utilização da conduta de fundo para efeitos de rega e a sua manutenção em carga permanente durante este período com a válvula de montante totalmente aberta, possibilitando a automatização do funcionamento do grupo electrobomba, não existirão ao longo da conduta estrangulamentos de magnitude suficiente para produzir cavitação considerável, acrescendo que as velocidades do escoamento serão bastante reduzidas dado o sobredimensionamento do diâmetro da conduta neste contexto.

A conduta de arejamento desempenhará assim funções essencialmente por ocasião de manobras de abertura / fecho da válvula montante previstas quase exclusivamente em caso de ensaio do equipamento, de curta duração, ou apenas se por motivos de segurança se justificar esvaziar total ou parcialmente a albufeira, devendo manter-se presente a noção que a abertura total da conduta de fundo pode ter implicações indesejáveis na estabilidade do talude montante por configurar um esvaziamento brusco da albufeira como referido.

A tubagem de arejamento proposta, com um diâmetro interno da ordem dos 28 mm, tem capacidade de descarga de um caudal de ar da ordem dos 110,8 m³/h para uma velocidade de 50 m/s, valor correspondente a cerca de 3 % do caudal de água máximo na conduta de fundo, pelo que se considera suficiente para as solicitações existentes.

O processo de ligação entre estas condutas obedeceu a critério que recomenda a recolha dos caudais de ar no local de cota mais elevada possível do interior da conduta, localização onde se prevê que venham a ocorrer as maiores subpressões. O tubo de arejamento ligará a orifício aberto na curva de concordância sendo a vedação e a solidarização estrutural do conjunto garantidas pela aplicação de acessório passamuros e pelo recobrimento a betão destas peças.

²¹ descarregador rectangular, fórmula de Rehbock, Manual de Hidráulica Geral, A. Lencastre

²² fórmula de Manning-Strickler, com $K_s = 50 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$

3.6) DESCARREGADOR DE CHEIAS - MUROS

O descarregador de cheias projectado é do tipo frontal com soleira tipo Creager com uma largura de 4,50 m descarregando por um canal rectangular em betão para vala de restituição trapezoidal a escavar no terreno natural, para ligação a vala já existente, conforme se representa nos desenhos nº 2.10 a 2.17 e se justifica no Anexo I.

Atendendo ao reduzido valor dos caudais de cheia, à muito baixa probabilidade de enchimento da albufeira com caudais pluviais, e à natureza dos solos existentes, optou-se por restringir o desenvolvimento do canal de descarga em betão até cerca de 18,30 metros da soleira, distância adequada para conseguir a sua convergência longitudinal com o terreno existente à profundidade considerada necessária para o arranque de um segundo troço de canal de descarga a executar por escavação no terreno natural, com perfil trapezoidal.

Este canal mantém a dimensão de rasto do canal rectangular em betão que o antecede, e o mesmo alinhamento recto até praticamente ao seu final, zona em que curvará para concordar com a linha de água natural.

O cálculo da sua capacidade de vazão, para obtenção do valor da carga correspondente à máxima cheia apresenta-se no **Anexo I**, tendo-se obtido os valores para a carga e caudal amortecido os valores máximos de $H_0 = 0,63$ m e $Q_a = 4,571$ m³/s considerando o amortecimento de cheias para a precipitação mais desfavorável correspondente a um período de retorno de 1 000 anos, tendo-se atribuído o valor $H = 0,63$ m para a definição do NMC_{1000} .

Nestas condições a folga mínima acima do NMC terá o valor de 0,97 metros.

Foram verificadas as condições de escoamento em todo o canal de descarga, atendendo às diferentes geometria e rugosidades existentes, de forma a definir a altura dos seus muros de ala.

Para avaliação dos impulsos dos solos sobre os muros de suporte do descarregador de superfície foi aplicada a teoria de Rankine à geometria dos referidos muros utilizando valores das características dos solos considerados seguros:

$$\begin{aligned}\gamma &= 19 \text{ KN/m}^2 \\ \gamma_{\text{sat}} &= 21 \text{ KN/m}^2 \\ \gamma_{\text{água}} &= 10 \text{ KN/m}^2 \\ \phi' &= 30^\circ\end{aligned}$$

Nas condições existentes o coeficiente de impulso activo é dado por:

$$K_a = 1 - \frac{\sin \phi'}{1 + \sin \phi'} = 0,333$$

O impulso dos solos normal à superfície do paramento interior do muro, sendo H a altura do solo acima da laje em metros e $\delta = \frac{2}{3} \cdot \phi'$, é dado por:

$$I = \gamma \cdot K_a \cdot \cos \delta \cdot H^2 / 2$$

Foi considerado, à segurança o peso específico saturado dos solos excepto nos extractos localizados acima das descargas dos sistemas posteriores de drenagem, quando aplicados, caso em que se considerou o peso específico seco.

Os valores obtidos para os impulsos, os correspondentes momentos flectores (M_{sd}^*) e áreas de ferro necessárias (A) sintetizam-se no quadro seguinte, para aço A400 e betão B20, tendo-se considerado o dimensionamento de todos os muros considerando a máxima altura presente:

	Ka	I	h	M_{sd}^*	d	b	mSd	wS	A
Soleira	0,333	11,26	1,85	10,41	0,17	1	0,360	0,126	2,143
unidades		KN/m	m	KN.m/m	m	m	Mpa	%	cm ² /m

sendo,

I - Impulso dos solos secos ou saturados, quando não drenados

h - altura do terreno acima da laje

M_{sd}^* - Momento Flector, majorado de $1.50 = I \cdot h / 2$

d, b - espessura útil e largura do muro

$mSd = M_{sd}^* / (b \cdot d^2)$

A - área mínima da armadura principal

As armaduras adoptadas encontram-se representadas no mesmo desenho nº 2.14.

O quadro seguinte sintetiza os resultados obtidos no relativo à estabilidade dos muros dimensionados ao derrubamento, tendo sido obtidos coeficientes de segurança K sempre superiores a 1,50.

	b	a	c	f	h	Md	Me	K
Soleira	0,20	0,20	1,20	-	1,85	9,19	16,93	1,84

sendo a, b, c, f e h, em metros, as suas medidas e parâmetros, explicitados no desenho referido, e Md e Me respectivamente os Momentos derrubantes e estabilizantes correspondentes.

3.7) ESTABILIDADE DOS TALUDES

A Barragem do Vale Serrano terá uma altura máxima de 18,85 metros e uma capacidade de 931 283 m³, não lhe correspondendo riscos potenciais significativos a jusante.

Para maior segurança e também por serem pouco fiáveis os resultados esperados de eventuais ensaios de solos destinados a fornecer os parâmetros da resistência dos solos, como o peso específico aparente seco máximo, a resistência ao corte (tensões efectivas) e o ângulo de atrito, optou-se pela obtenção destes valores de bibliografia²³ para a classe mais desfavorável em que os ensaios laboratoriais os permitiram enquadrar (solos de classe **SM**), com um coeficiente de segurança adicional, tendo a verificação sido realizada para o mais desfavorável dos solos identificados.

Os parâmetros de base a utilizar serão assim:

$$c' = 2,030 \text{ t/m}^2$$

$$\theta = 33,82^\circ$$

$$\rho = 1,824 \text{ t/m}^3$$

Para maior segurança, majorou-se em 10% o valor do peso específico e minorou-se igualmente em 10% o valor da coesão, resultando:

$$c' = 1,827 \text{ t/m}^2$$

$$\rho = 2,006 \text{ t/m}^3$$

A verificação da estabilidade do novo paredão foi realizada com estes parâmetros e admitindo que a mesma está fundada sobre base rígida e impermeável, por recurso aos ábacos de N.Morgenstern e A.W.Bishop, considerando os perfis mais desfavoráveis a montante e a jusante, definidos por:

Cota do coroamento	241,90
Cota do N.P.A	240,30
Cota da base do talude montante	223,57
Cota da base do talude jusante	221,03
Altura do talude montante	18,33 m
Altura do talude jusante	20,87 m
Nível de Submersão	L = 1,00

²³ DESIGN OF SMALL DAMS, United States Department of the Interior Bureau of Reclamation, Washington DC.

3.7.1) Estabilidade do Talude Montante para Esvaziamento Brusco da Albufeira

$$\frac{c'}{\gamma \cdot H} = \frac{1,827}{2,006 * 18,33} = 0,050$$

Obtendo-se, para $\beta_m=3,00$: 1

$$F = 1,649 > 1,30$$

3.7.2) Estabilidade do Talude Jusante em Pleno Armazenamento

$$\frac{c'}{\gamma \cdot H} = \frac{1,827}{2,006 * 20,87} = 0,044$$

Considerando $D = 1,00$ obtém-se:

$$\text{para } \beta_j = 2,50 : 1 \Rightarrow m = 2,416; n = 2,163$$

Considerado que o coeficiente de segurança é dado por $F = m - \gamma_u * n$, com $\gamma_u = 0,20$, obtém-se:

$$F = 1,984 > 1,50$$

3.7.3) Verificação da estabilidade para diferentes classes de solos

No quadro seguinte resumem-se os resultados obtidos para o grupo de solos mais semelhantes, verificando-se o cumprimento das normas regulamentares para praticamente todos eles, uma vez que o factor de segurança é quase sempre superior a 1,30 e 1,50 respectivamente nos taludes montante e jusante. De notar que a verificação do talude montante em NPA resulta automática, por ter menor altura e inclinação mais suave que o de jusante.

Classe de Solo	Factor de Segurança	
	Montante	Jusante
SM	1,649	1,984
SM-SC	1,451	1,798
SC	1,265	1,592
ML	1,266	1,608
ML-CL	1,572	1,953
CL	1,259	1,537
MH	1,336	1,728

São assim respeitados os coeficientes de segurança a montante e a jusante nos perfis mais desfavoráveis e para a quase generalidade dos tipos de solos habituais, apesar da utilização de parâmetros porventura demasiado seguros.

3.8) EQUIPAMENTOS DE MONITORIZAÇÃO

Sendo a altura máxima da barragem superior a 15 metros deverão ser instalados piezómetros para controle das tensões neutras.

Uma vez que as alturas superiores a 15 metros só ocorrem na zona central da barragem, abrangendo apenas cerca de 1/3 da largura total do seu coroamento, considerou-se a instalação de três piezómetros hidráulicos num único furo de sondagem a realizar na secção de maior altura da barragem, conforme representado no desenho nº 2.2.

Os piezómetros, a instalar por empresa da especialidade, serão colocados em câmaras de leitura aos níveis da linha de saturação prevista e 2 metros acima e abaixo do nível de fundação, permitindo a monitorização dos caudais percolados pelo aterro e pela fundação da barragem.

Como referido, o controle dos caudais de infiltração poderá ser efectuado pelo descarregador de medida triangular a instalar na caixa de saída do filtro de pé.

PROPOSTAS DE CLASSE, PLANO DE OBSERVAÇÃO E REGRAS DE EXPLORAÇÃO DA BARRAGEM

Estas propostas são apresentadas nos anexos III a V.

O técnico

nº 67-A da ex. DGRAH

Eng. Falcão Estrada

Inscrito na Ordem dos Engenheiros com o nº 17 818

Inscrito na ex DGRAH sob o nº 67-A

contribuinte nº1220396239

declara que o projeto de Execução da Barragem do Vale Serrano, foi elaborado em conformidade com as normas e legislação vigentes à data da sua execução.

Dezembro 2018

BARRAGEM DO VALE SERRANO
QUADRO 3.1A

Kv / Kh = 1

Cotas da Seção

	Cotas da Seção			af. foco (m)	af. dreno (m)	h _i (m)	d (m)	S (m)	k (cm/s)	ke (cm/s)	q (l/h.m)	esp. (m)	q (l/h)	q total (l/h)	L (m)	L/h _i	
	eixo	jusante	montante														dreno (F)
Margem Esquerda	223,51	221,91	0,75	221,69	19,14	18,40	18,61	56,37	2,99	1,19E-05	1,19E-05	1,2805	5,38	6,883	51,272	8,85	0,48
	223,05	221,13	2,40	221,77	21,25	20,51	18,53	56,15	2,98	1,19E-05	1,19E-05	1,2749	8,53	10,875	44,389	8,86	0,48
	224,00	224,25	-0,90	223,70	17,00	16,34	16,60	50,87	2,64	1,19E-05	1,19E-05	1,1299	9,99	11,293	33,514	8,80	0,53
	225,00	225,04	-0,90	223,88	16,00	15,34	16,42	49,72	2,64	1,19E-05	1,19E-05	1,1304	2,93	3,308	22,221	9,34	0,57
	226,00	225,57	0,00	224,70	15,90	15,28	15,60	47,78	2,48	1,19E-05	1,19E-05	1,0624	2,96	3,143	18,913	9,06	0,58
	227,00	226,34	0,00	226,33	14,90	14,37	13,97	45,39	2,10	1,19E-05	1,19E-05	0,8996	2,93	2,639	15,770	7,33	0,52
	228,00	227,49	-1,00	227,41	12,90	12,43	12,89	43,54	1,87	1,19E-05	1,19E-05	0,7995	2,91	2,324	13,130	6,32	0,49
	229,00	228,29	-0,65	228,28	12,25	11,82	12,02	41,40	1,71	1,19E-05	1,19E-05	0,7317	2,93	2,141	10,807	6,07	0,51
	230,00	229,16	-0,50	229,24	11,40	11,02	11,06	39,21	1,53	1,19E-05	1,19E-05	0,6547	2,95	1,930	8,665	5,65	0,51
	231,00	230,48	-1,20	230,44	9,70	9,37	9,86	36,53	1,31	1,19E-05	1,19E-05	0,5592	2,93	1,638	6,735	5,06	0,51
	232,00	231,59	-1,35	231,57	8,55	8,27	8,73	33,88	1,11	1,19E-05	1,19E-05	0,4739	2,93	1,391	5,098	4,61	0,53
	233,00	232,71	-1,25	232,65	7,65	7,42	7,65	31,00	0,93	1,19E-05	1,19E-05	0,3978	3,00	1,192	3,707	4,44	0,58
	234,00	233,78	-0,85	233,70	7,05	6,86	6,60	27,99	0,77	1,19E-05	1,19E-05	0,3286	2,89	0,950	2,515	4,47	0,68
	235,00	234,75	-0,65	234,68	6,25	6,10	5,62	25,50	0,61	1,19E-05	1,19E-05	0,2623	2,92	0,765	1,565	4,22	0,75
	236,00	235,81	0,00	235,72	5,90	5,78	4,58	22,24	0,47	1,19E-05	1,19E-05	0,1993	2,96	0,589	0,799	4,42	0,97
237,00	236,80	1,60	236,74	6,50	6,41	3,56	18,24	0,34	1,19E-05	1,19E-05	0,1472	1,43	0,210	0,210	5,41	1,52	

Margem Direita	223,51	221,91	0,75	221,69	19,14	18,40	18,61	56,37	2,99	1,19E-05	1,19E-05	1,2805	5,84	7,480	74,016	8,85	0,48
	223,05	221,13	2,40	221,77	21,25	20,51	18,53	56,15	2,98	1,19E-05	1,19E-05	1,2749	11,22	14,300	66,536	8,86	0,48
	224,00	222,73	0,30	222,60	18,20	17,50	17,70	54,45	2,80	1,19E-05	1,19E-05	1,2004	8,96	10,754	52,237	8,36	0,47
	225,00	223,29	1,10	222,72	18,00	17,29	17,58	53,15	2,83	1,19E-05	1,19E-05	1,2121	6,20	7,521	41,483	9,16	0,52
	226,00	224,12	1,10	224,31	17,00	16,38	15,99	50,64	2,46	1,19E-05	1,19E-05	1,0550	5,98	6,305	33,962	7,60	0,48
	227,00	225,44	0,50	225,55	15,40	14,84	14,75	47,83	2,22	1,19E-05	1,19E-05	0,9515	5,84	5,561	27,657	7,10	0,48
	228,00	226,82	0,00	226,96	13,90	13,41	13,34	44,61	1,95	1,19E-05	1,19E-05	0,8351	5,05	4,217	22,096	6,48	0,49
	229,00	227,87	0,00	228,01	12,90	12,46	12,29	42,05	1,76	1,19E-05	1,19E-05	0,7533	4,18	3,148	17,879	6,17	0,50
	230,00	228,95	0,00	229,11	11,90	11,51	11,19	39,35	1,56	1,19E-05	1,19E-05	0,6674	4,15	2,772	14,731	5,84	0,52
	231,00	229,98	0,00	230,12	10,90	10,56	10,18	36,87	1,38	1,19E-05	1,19E-05	0,5900	4,15	2,448	11,959	5,54	0,54
	232,00	230,98	0,00	231,17	9,90	9,60	9,13	34,41	1,19	1,19E-05	1,19E-05	0,5091	4,17	2,124	9,511	5,13	0,56
	233,00	232,08	0,00	232,24	8,90	8,65	8,06	31,70	1,01	1,19E-05	1,19E-05	0,4317	3,92	1,694	7,387	4,85	0,60
	234,00	233,07	0,00	233,22	7,90	7,69	7,08	29,36	0,84	1,19E-05	1,19E-05	0,3600	3,50	1,260	5,693	4,46	0,63
	235,00	234,19	0,00	234,30	6,90	6,73	6,00	26,59	0,67	1,19E-05	1,19E-05	0,2862	3,29	0,943	4,433	4,20	0,70
	236,00	235,27	0,00	235,35	5,90	5,77	4,95	23,94	0,51	1,19E-05	1,19E-05	0,2167	3,24	0,703	3,490	3,86	0,78
237,00	236,34	0,00	236,39	4,90	4,81	3,91	21,33	0,36	1,19E-05	1,19E-05	0,1521	1,62	0,246	0,246	3,49	0,89	

* $q = K \cdot S$ ou $q = K_v \cdot a \cdot \text{sen}^2 \beta$ para $K_v/K_h = 1$ ou $K_v/K_h \neq 1$

** valores "a" e "β" referidos à escala reduzida

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO 3.1B

Kv / Kh = 3

Cotas da Seção

	Cotas da Seção			af. foco (m)	af. dreno (m)	h _i (m)	d (m)	S (m)	k (cm/s)	ke (cm/s)	q (l/h.m)	esp. (m)	q (l/h)	q total (l/h)	L (m)	L/h _i	
	eixo	jusante	montante														dreno (F)
Margem Esquerda	223,51	221,91	0,75	221,69	19,14	18,40	18,61	32,55	4,94	1,19E-05	1,03E-05	1,9330	5,38	10,390	77,743	6,51	0,35
	223,05	221,13	2,40	221,77	21,25	20,51	18,53	32,42	4,92	1,19E-05	1,03E-05	1,9243	8,53	16,415	67,354	6,53	0,35
	224,00	224,25	-0,90	223,70	17,00	16,34	16,60	29,37	4,37	1,19E-05	1,03E-05	1,7033	9,99	17,023	50,939	6,74	0,41
	225,00	225,04	-0,90	223,88	16,00	15,34	16,42	28,70	4,36	1,19E-05	1,03E-05	1,6975	2,93	4,968	33,916	7,27	0,44
	226,00	225,57	0,00	224,70	15,90	15,28	15,60	27,58	4,11	1,19E-05	1,03E-05	1,5967	2,96	4,724	28,948	7,12	0,46
	227,00	226,34	0,00	226,33	14,90	14,37	13,97	26,20	3,49	1,19E-05	1,03E-05	1,3669	2,93	4,010	24,224	5,60	0,40
	228,00	227,49	-1,00	227,41	12,90	12,43	12,89	25,14	3,11	1,19E-05	1,03E-05	1,2222	2,91	3,552	20,213	4,78	0,37
	229,00	228,29	-0,65	228,28	12,25	11,82	12,02	23,90	2,85	1,19E-05	1,03E-05	1,1202	2,93	3,278	16,662	4,66	0,39
	230,00	229,16	-0,50	229,24	11,40	11,02	11,06	22,64	2,56	1,19E-05	1,03E-05	1,0051	2,95	2,963	13,383	4,37	0,40
	231,00	230,48	-1,20	230,44	9,70	9,37	9,86	21,09	2,19	1,19E-05	1,03E-05	0,8623	2,93	2,525	10,421	3,95	0,40
	232,00	231,59	-1,35	231,57	8,55	8,27	8,73	19,56	1,86	1,19E-05	1,03E-05	0,7336	2,93	2,153	7,895	3,64	0,42
	233,00	232,71	-1,25	232,65	7,65	7,42	7,65	17,90	1,57	1,19E-05	1,03E-05	0,6168	3,00	1,849	5,743	3,63	0,47
	234,00	233,78	-0,85	233,70	7,05	6,86	6,60	16,16	1,30	1,19E-05	1,03E-05	0,5095	2,89	1,473	3,894	3,80	0,58
	235,00	234,75	-0,65	234,68	6,25	6,10	5,62	14,72	1,04	1,19E-05	1,03E-05	0,4078	2,92	1,189	2,420	3,66	0,65
	236,00	235,81	0,00	235,72	5,90	5,78	4,58	12,84	0,79	1,19E-05	1,03E-05	0,3088	2,96	0,913	1,231	4,00	0,87
237,00	236,80	1,60	236,74	6,50	6,41	3,56	10,53	0,59	1,19E-05	1,03E-05	0,2227	1,43	0,318	0,318	5,10	1,43	

Margem Direita	223,51	221,91	0,75	221,69	19,14	18,40	18,61	32,55	4,94	1,19E-05	1,03E-05	1,9330	5,84	11,291	110,714	6,51	0,35
	223,05	221,13	2,40	221,77	21,25	20,51	18,53	32,42	4,92	1,19E-05	1,03E-05	1,9243	11,22	21,584	99,423	6,53	0,35
	224,00	222,73	0,30	222,60	18,20	17,50	17,70	31,44	4,64	1,19E-05	1,03E-05	1,8160	8,96	16,269	77,839	6,17	0,35
	225,00	223,29	1,10	222,72	18,00	17,29	17,58	30,69	4,68	1,19E-05	1,03E-05	1,8248	6,20	11,322	61,570	6,94	0,39
	226,00	224,12	1,10	224,31	17,00	16,38	15,99	29,24	4,09	1,19E-05	1,03E-05	1,6017	5,98	9,573	50,248	5,63	0,35
	227,00	225,44	0,50	225,55	15,40	14,84	14,75	27,61	3,69	1,19E-05	1,03E-05	1,4484	5,84	8,466	40,675	5,27	0,36
	228,00	226,82	0,00	226,96	13,90	13,41	13,34	25,76	3,25	1,19E-05	1,03E-05	1,2755	5,05	6,440	32,209	4,86	0,36
	229,00	227,87	0,00	228,01	12,90	12,46	12,29	24,28	2,94	1,19E-05	1,03E-05	1,1526	4,18	4,817	25,769	4,71	0,38
	230,00	228,95	0,00	229,11	11,90	11,51	11,19	22,72	2,61	1,19E-05	1,03E-05	1,0233	4,15	4,250	20,952	4,54	0,41
	231,00	229,98	0,00	230,12	10,90	10,56	10,18	21,29	2,31	1,19E-05	1,03E-05	0,9065	4,15	3,761	16,702	4,39	0,43
	232,00	230,98	0,00	231,17	9,90	9,60	9,13	19,87	2,00	1,19E-05	1,03E-05	0,7848	4,17	3,275	12,941	4,10	0,45
	233,00	232,08	0,00	232,24	8,90	8,65	8,06	18,30	1,70	1,19E-05	1,03E-05	0,6671	3,92	2,618	9,666	3,97	0,49
	234,00	233,07	0,00	233,22	7,90	7,69	7,08	16,95	1,42	1,19E-05	1,03E-05	0,5582	3,50	1,953	7,049	3,72	0,53
	235,00	234,19	0,00	234,30	6,90	6,73	6,00	15,35	1,13	1,19E-05	1,03E-05	0,4450	3,29				

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO Nº 3.2 - CURVA DE VAZAO NA CONDUTA DE FUNDO

Cota	Área	Cota Média	Volume (m3)	Carga (m)	Caudal (m3/h)	Tempo (horas)	Perda Cont.	Perda Local.	cm/dia
240,30	139 201								
240,00	134 049	240,150	40 987	18,36	4 151,7	9,9	11,979	6,382	72,93
239,00	115 657	239,500	124 853	17,71	4 072,0	30,7	11,572	6,139	78,27
238,00	102 415	238,500	109 036	16,71	3 946,7	27,6	10,944	5,767	86,87
237,00	90 822	237,500	96 619	15,71	3 817,9	25,3	10,314	5,397	94,84
236,00	79 922	236,500	85 372	14,71	3 685,2	23,2	9,683	5,028	103,60
235,00	70 185	235,500	75 053	13,71	3 548,1	21,2	9,049	4,661	113,46
234,00	60 324	234,500	65 254	12,71	3 406,4	19,2	8,414	4,296	125,29
233,00	51 783	233,500	56 054	11,71	3 259,5	17,2	7,777	3,934	139,56
232,00	43 528	232,500	47 655	10,71	3 106,5	15,3	7,137	3,573	156,45
231,00	35 331	231,500	39 429	9,71	2 946,8	13,4	6,495	3,215	179,37
230,00	28 774	230,500	32 052	8,71	2 779,3	11,5	5,851	2,860	208,11
229,00	21 813	229,500	25 293	7,71	2 602,5	9,7	5,203	2,508	246,95
228,00	17 118	228,500	19 466	6,71	2 414,8	8,1	4,552	2,159	297,73
227,00	12 671	227,500	14 894	5,71	2 213,5	6,7	3,897	1,814	356,68
226,00	8 340	226,500	10 505	4,71	1 995,2	5,3	3,237	1,474	455,82
225,00	4 351	225,500	6 345	3,71	1 754,0	3,6	2,572	1,139	663,41
224,00	0	224,500	0	2,71	2 398,7	0,0	4,498	2,130	
Tempo para Esvaziamento Total						247,78	horas		

Caudal mínimo:

224,80	3,01	1 573,46	2,09	0,92
---------------	-------------	-----------------	-------------	-------------

503/18

Cota do NPA	240,30
Cota de Entrada da Caixa de Montante	224,80
Cota de Saída da Conduta de Fundo (terreno)	221,79

Comprimento da Conduta (PVC) (m) 104,65

k = 1,168

Diâmetro Exterior Conduta (mm)	400
Secção Válvula de Controle (mm)	250
Diâmetro da Válvula de Guilhotina (mm)	400

Abaixamento diário médio (cm) 150,1

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO 3.3
CÁLCULO DOS VOLUMES DE ATERRO DA BARRAGEM

1 - CORPO PRINCIPAL ACIMA DO SOLO

Cota ao eixo	Cota Montante	Cota Jusante	Área (m ²)	Distância entre Seções (m)	Volume (m ³)	Cota Montante	Cota Jusante	Área (m ²)	Distância entre Seções (m)	Volume (m ³)	
	Margem Esquerda					Margem Direita					
223,05	225,61	221,13	1 040,42			225,61	221,13	1 040,42			
224,00	228,83	224,25	819,90	17,06	15 831,32	223,71	222,73	1 000,95	22,43	22 895,36	
225,00	229,44	225,04	768,35	2,93	2 325,31	223,87	223,29	951,50	6,23	6 085,70	
226,00	230,05	225,57	693,70	2,92	2 137,21	224,26	224,12	843,93	6,17	5 539,79	
227,00	230,61	226,34	605,46	2,99	1 942,59	225,38	225,44	732,27	5,78	4 550,65	
228,00	231,15	227,49	533,32	2,87	1 635,80	226,61	226,82	625,45	5,91	4 008,41	
229,00	231,68	228,29	469,09	2,94	1 471,34	227,63	227,87	544,59	4,19	2 447,64	
230,00	232,29	229,16	406,35	2,92	1 275,25	228,76	228,95	470,45	4,17	2 115,04	
231,00	233,06	230,48	341,33	2,98	1 112,38	229,93	229,98	396,96	4,14	1 791,56	
232,00	233,89	231,59	283,40	2,88	897,69	231,09	230,98	329,82	4,16	1 510,17	
233,00	234,75	232,71	230,64	2,99	767,30	232,23	232,08	268,87	4,18	1 250,12	
234,00	235,61	233,78	183,68	3,00	620,99	233,26	233,07	217,05	3,66	888,67	
235,00	236,40	234,75	144,37	2,78	454,77	234,27	234,19	169,36	3,33	642,33	
236,00	237,27	235,81	107,92	3,05	383,89	235,39	235,27	127,55	3,25	481,39	
237,00	238,08	236,80	77,82	2,86	264,28	236,46	236,34	91,89	3,24	353,40	
238,00	238,94	237,87	51,74	3,07	197,23	237,44	237,25	63,61	2,74	211,56	
239,00	239,62	238,69	32,87	2,34	97,97	238,27	238,01	42,32	2,31	121,67	
240,00	240,59	239,89	15,62	3,41	80,92	239,60	239,58	19,96	3,97	120,82	
241,00	241,37	240,92	5,13	2,93	29,01	240,63	241,08	6,53	3,04	38,41	
					31 525,24					55 052,69	
Volume Total do aterro acima do terreno natural (m³)											86 577,93

2 - VALA CORTA ÁGUAS

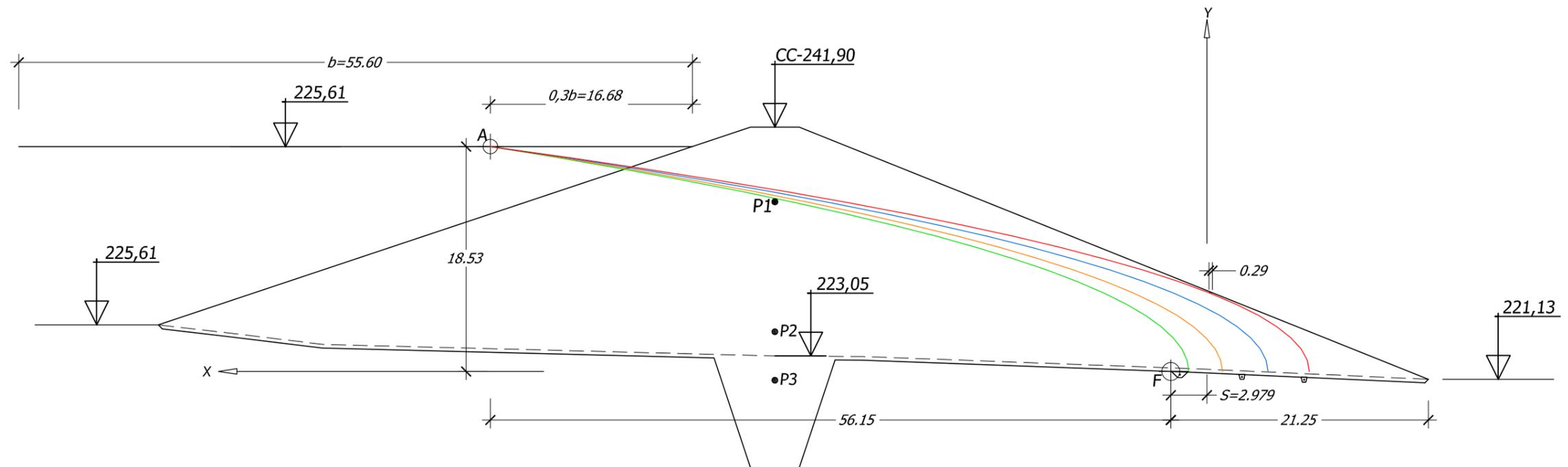
Profundidade média ponderada	5,38
Largura da base	4,00
Comprimento do coroamento	165,56
Volume Total para escavação da vala de inserção (m³)	5 717,66

3 - SANEAMENTO

Área de implantação do corpo da barragem	11 417,45
profundidade média de limpeza	0,249
Volume Total de limpeza (m³)	2 846,59

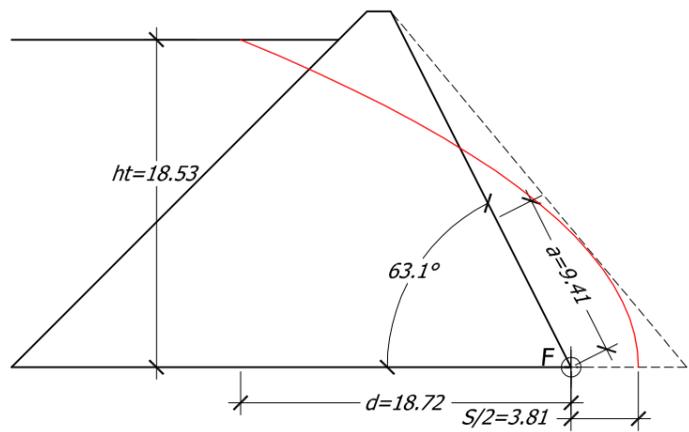
4 - TOTAIS

	86 577,93
Aterro acima do solo	86 577,93
Aterro em reposição de escavações	8 564,25
Total de Aterro	95 142,18
Escavação vala corta águas	5 717,66
Escavação em limpezas	2 846,59
Total em Escavações	8 564,25



$$S = \sqrt{h_t^2 + d^2} - d$$

$$x = (y^2 - S^2) / 2 * S$$

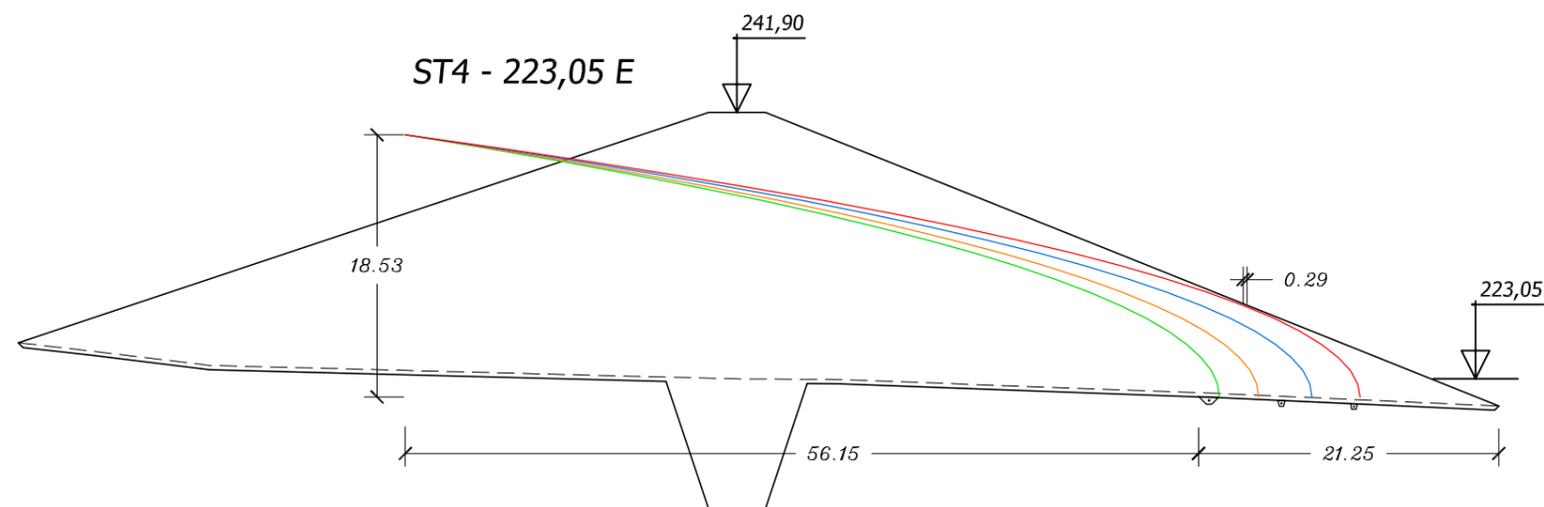
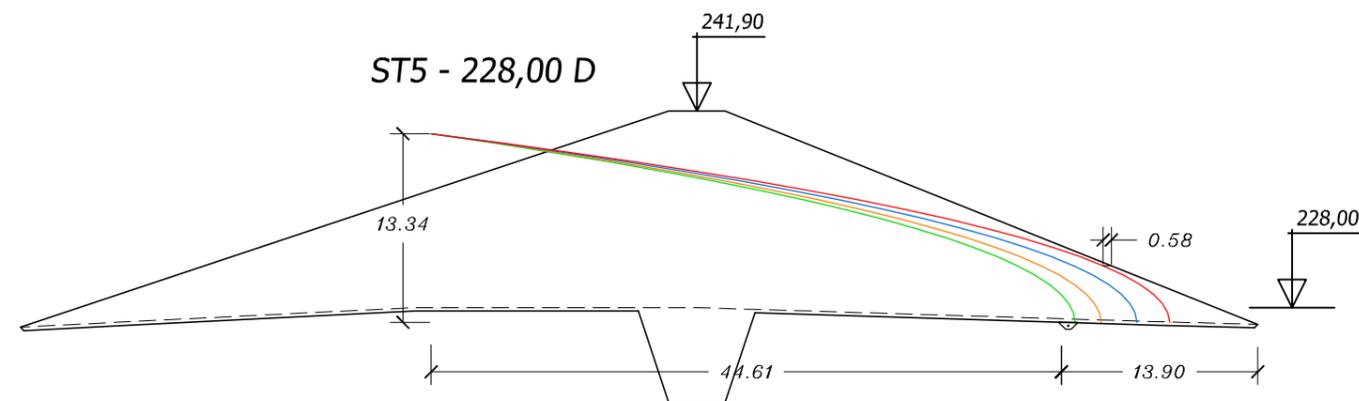
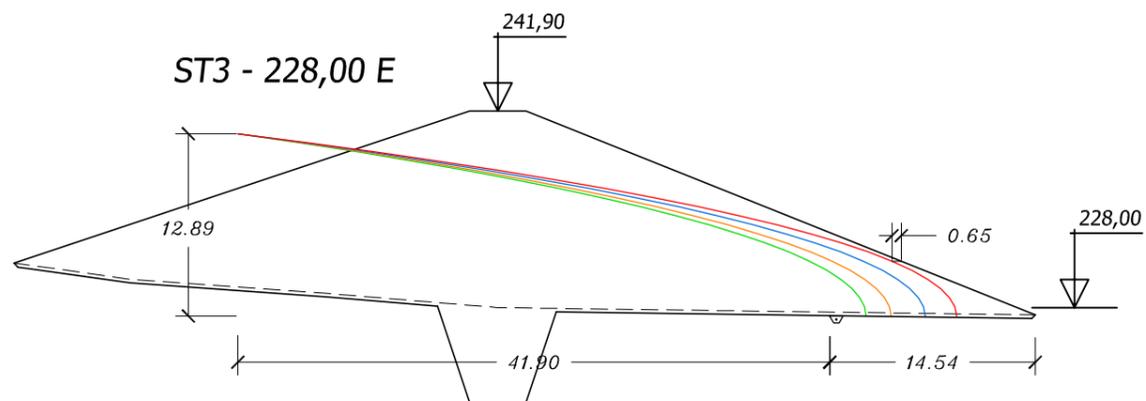
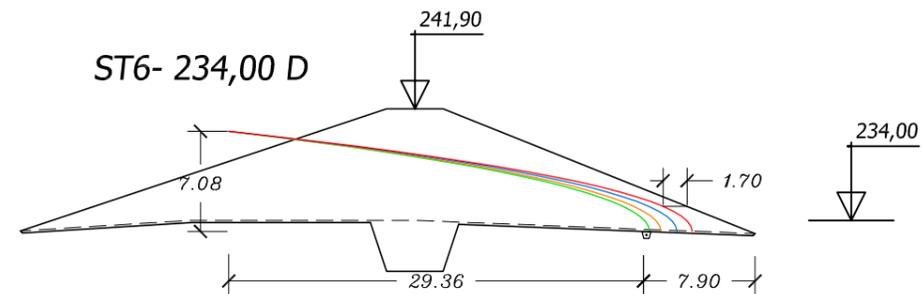
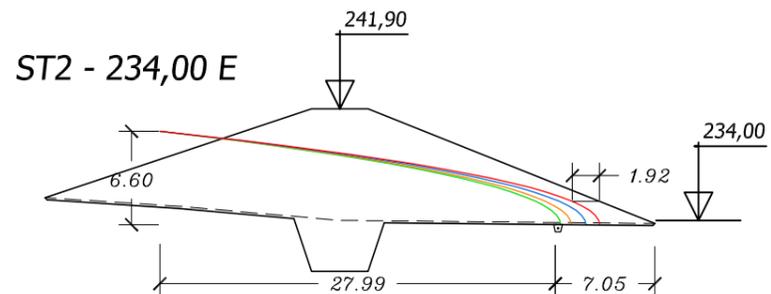
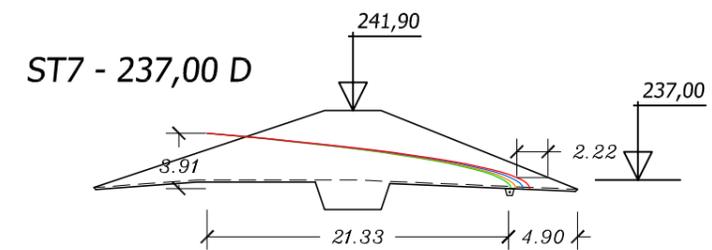
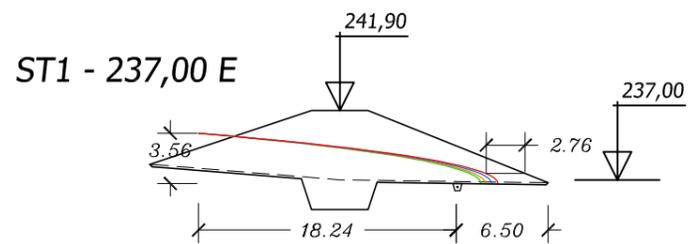


- Factor de ANISOTROPIA = 1
- Factor de ANISOTROPIA = 3
- Factor de ANISOTROPIA = 6
- Factor de ANISOTROPIA = 9

Factor de conversão

$$F_c = \sqrt{K_v / K_h} = \sqrt{1 / 9} = 0,333$$

cliente: HVCZ VENTURES LDA	data: Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO	escala: 1/400	
TRAÇADO DA LINHA DE PERCOLAÇÃO	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 503/18	3.1



- Factor de ANISOTROPIA = 1
- Factor de ANISOTROPIA = 3
- Factor de ANISOTROPIA = 6
- Factor de ANISOTROPIA = 9

cliente:	HVCZ VENTURES, LDA.	data:	Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO LINHAS DE PERCOLAÇÃO		escala:	1/500	
		alterações:		desenho n°:
o técnico responsável:		referência:	503/18	3.2

BARRAGEM DO VALE SERRANO

ANEXO I

CÁLCULO DO DESCARREGADOR DE SUPERFÍCIE

a) Cálculo do Caudal de Cheias

Para esta barragem de aterro com uma altura de 18,85 metros e uma capacidade máxima de 931 082 m³, e admitindo à segurança que a barragem possa ter um risco potencial significativo ou elevado, nos termos do Anexo I do Anexo à Portaria 846/93 (Normas de Projecto de Barragens), adopta-se para a sua avaliação um período de retorno de 1 000 anos, considerando o efeito do amortecimento de cheias na albufeira.

Assim, o caudal máximo de cheias será função da precipitação obtida a partir da linha de possibilidade udométrica (de Galhas ¹), com a duração do tempo de concentração T_c característico da bacia hidrográfica em questão.

$$h = 65,920 T_c^{0,320} \quad (T_c \text{ em horas e } h \text{ em mm})$$

A adopção do caudal de projecto resultará em princípio da escolha do mais desfavorável dos valores obtidos pela fórmula de Giandotti e pelo Método de Hidrograma Unitário proposto pelo Soil Conservation Service, após a verificação do amortecimento de cheias para durações da chuvada múltiplas do tempo de concentração que caracteriza a bacia hidrográfica.

A escolha destes dois processos resultou da prévia verificação dos caudais de ponta fornecidos por 4 processos (fórmula Racional e três fórmulas cinemáticas), sendo o tempo de concentração T_c calculado pela fórmula de Giandotti ou do LNEC², conforme o caso, e de avaliação estatística a partir dos registos de caudais instantâneos disponíveis na região.

a.1) Métodos Estatísticos

Esta avaliação baseou-se na aplicação de um modelo baseado da distribuição de Pearson tipo III para um período de retorno de 1 000 anos, considerado o mais adaptado em Portugal para séries de caudais máximos anuais.

Para as estações hidrográficas mais próximas, os valores obtidos são apresentados no quadro seguinte, em que se apresenta também a área da bacia hidrográfica correspondente ao local, a sua distância ao empreendimento e a dimensão da amostra considerada, devendo, porém, notar-se que os valores obtidos resultam de extrapolações superiores ao recomendado, face à pequena dimensão das amostras.

¹ - "Análise de Fenómenos Extremos Precipitações Intensas em Portugal Continental", Cláudia Brandão, Rui Rodrigues, Joaquim Pinto da Costa, DSRH 2001

² - "Métodos de Análise e determinação de caudais de cheia", Francisco Nunes Correia, 1983

No quadro A1 apresenta-se o referido cálculo, bem como a respectiva verificação do seu ajustamento pelo teste do X^2 , para a estação de Idanha a Nova, que, face à dimensão da amostra e da bacia hidrográfica, se considera mais representativo.

Código	Estação	Área da Bacia Km ²	Distância (Km)	Nº de Registos	Caudal (m ³ /s)
14N01	Idanha a Nova	359	29,5	14	3,43
27J01	Segura	887	50,8	11	2,53
17L/01H	Ponte Panasco	93,25	82,5	8	4,61

a.2) Fórmulas Cinemáticas

A avaliação do caudal máximo de cheias será realizada mediante a utilização das duas fórmulas cinemáticas mais correntes, Giandotti e Hidrograma Unitário do Soil Conservation Service, apresentando-se ainda os resultados obtidos pelas fórmulas Racional e de Mockus.

Para o efeito requer-se o cálculo prévio do tempo de concentração da bacia hidrográfica, pelas expressões correspondentes a cada uma destas fórmulas:

Tempo de Concentração

Tempo de Concentração - Fórmula de Giandotti

$$T_c = (4 \cdot A^{1/2} + 1,50 \cdot L) / (0,8 \cdot h_m^{1/2}) = 1,857 \text{ horas,}$$

sendo A = área da bacia hidrográfica = 1,727 km²

h_m = altura média da bacia³ = 38,96 m

Tempo de Concentração - Fórmula do LNEC (recomendada para Hidrograma Unitário)

$$T_c = t_1 / 0,6 = \frac{2,587 L^{0,8} (0,03937 \cdot S + 1)^{0,7}}{0,6 \cdot 1900 i^{0,5}} = 1,126 \text{ horas}$$

sendo L = 2 677 m (comprimento do curso de água principal),

i = declive médio da bacia (considerou-se o índice de Declive, $i = 3,528 \%$)

$S = 25.400 / N - 254 = 28,222$ com $N = 90,0$ (número de escoamento)

As velocidades médias de escoamento correspondentes a estes tempos de concentração são, respectivamente, 0,661 m/s e 0,400 m/s.

³ - Figura A1

Precipitação

A precipitação correspondente ao caudal de cheias máximo é obtida a partir da linha de possibilidade udométrica de Galhas⁴, com a duração do tempo de concentração T_c característico da bacia hidrográfica em questão

$$h = 65,920 T_c^{0,320} \quad (T_c \text{ em horas e } h \text{ em mm, } T = 1\,000 \text{ anos})$$

Caudal máximo de Cheias

Caudal de Cheias pela Fórmula de Giandotti

$$Q_p = \lambda A h / t_c = \underline{16,818 \text{ m}^3/\text{seg}}, \text{ com } \lambda=0,225 \text{ } (\gamma=6,50)$$

Caudal de Cheias pela Fórmula do Soil Conservation Service

$$Q_p = 0,277 k A h_u / t_p = \underline{13,050 \text{ m}^3/\text{seg}},$$

sendo $h_u = (h-h_0)^2 / (h+4 h_0)$; $h_0 = 5080/N - 50,8$; $t_p = 0,5 t_r + 0,6 t_c$

e $t_r = t - h_0 / (h(t)/t)$, tendo-se utilizado $k=0,75$; $N=90,000$; e obtido:
 $t=1,224 \text{ h}$; $h=70,321 \text{ mm}$; $h_u=45,029 \text{ mm}$; $t_r= 1,126 \text{ h}$ e $t_p=1,238 \text{ h}$

b) Hidrogramas de Caudais Afluentes

b.1) Fórmula de Giandotti

$$Q_{\text{máx}} = \underline{16,818 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

O respectivo Hidrograma de Cheias foi desenhado com base nos seguintes parâmetros, válidos para bacias hidrográficas com área inferior a 500 km^2 ⁵:

$$\gamma = 6,50$$

$$\lambda = 4,00$$

tendo-se obtido:

$$Q_{\text{méd}} = Q_{\text{máx}} / \gamma = 2,587 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$T_a = T_c * (1 - Q_{\text{méd}} / Q_{\text{máx}}) = 1,571 \text{ horas}$$

$$T_b = (Q_{\text{méd}} / Q_{\text{máx}}) * (\theta - T_c) + T_c = 2,714 \text{ horas}$$

$$\theta = \lambda * T_c = 7,428 \text{ horas}$$

⁴ - “Análise de Fenómenos Extremos Precipitações Intensas em Portugal Continental”, Cláudia Brandão, Rui Rodrigues, Joaquim Pinto da Costa, DSRH 2001

⁵ - António de Carvalho Quintela, Curso Internacional de Hidrologia Operativa, Vol.II, DGRAH, 1984

b.2) Hidrograma Sintético Adimensional do SOIL CONSERVATION SERVICE

As expressões a utilizar são ⁶:

$$t_p = t_r / 2 + 0,6 \cdot t_c$$

$$q_p = 0,208 \cdot A / t_p$$

com t_p = tempo desde o início da precipitação útil até à ponta do hidrograma (horas); t_r = duração da precipitação útil (horas); t_c = tempo de concentração (horas), calculado pela Fórmula de Kirpich; q_p = caudal de ponta unitário (m^3/s) e A = área da bacia hidrográfica (km^2).

O procedimento para a obtenção de t_r e os parâmetros considerados são os já referidos ⁷, tendo sido obtidos os seguintes valores:

$$h_0 = 5080 / N - 50,8 = 5,644 \text{ mm}$$

$$t = 2,171 \text{ horas}$$

$$h = 84,481 \text{ mm}$$

$$h_u = (h - h_0) / (h + 4 h_0) = 58,054 \text{ mm}$$

$$t_r = t - h_0 / (h(t)/t) = 2,026 \text{ horas}$$

$$t_p = 1,688 \text{ horas}$$

O caudal de ponta correspondente à precipitação útil de 1 mm ocorrida durante o tempo t_r é portanto:

$$q_p = 0,161 \text{ m}^3/\text{seg}$$

O caudal máximo de cheias será dado por:

$$Q_{\text{máx}} = q_p \cdot h_u = \underline{9,358} \text{ m}^3/\text{seg}$$

⁶ - "Métodos de Análise e Determinação de Caudais de Cheia", Francisco Nunes Correia, LNEC 1983

⁷ - "Lições de Hidrologia", A.Lencastre e F.M.Franco, UNL 1992

O hidrograma final é obtido a partir das ordenadas propostas pelo SCS, e possibilita a obtenção dos valores dos caudais afluentes em função do tempo, e calcular o amortecimento de cheias induzido pela albufeira.

t/t_p	q/q_p	t/t_p	q/q_p
0	0	1,4	0,75
0,1	0,015	1,5	0,66
0,2	0,075	1,6	0,56
0,3	0,16	1,8	0,42
0,4	0,28	2,0	0,32
0,5	0,43	2,2	0,24
0,6	0,6	2,4	0,18
0,7	0,77	2,6	0,13
0,8	0,89	2,8	0,098
0,9	0,97	3,0	0,075
1,0	1,0	3,5	0,036
1,1	0,98	4,0	0,018
1,2	0,92	4,5	0,009
1,3	0,84	5,0	0,004

A aplicação das fórmulas Racional e de Mockus fornecem os seguintes resultados:

Caudal de Cheias pela Fórmula Racional

$$Q_p = c i A = 17,510 \text{ m}^3/\text{seg},$$

sendo $c=0,60$ e $i= 1,690E-05 \text{ m/s}$

Caudal de Cheias pela Fórmula de Mockus

$$Q_p = 0,277 k A h_u / (t_c^{0,5} + 0,6 t_c) = 12,235 \text{ m}^3/\text{seg},$$

sendo $(t_r)_{crit} = 2,122 \text{ h}$; $t=2,271 \text{ h}$; $h=85,711 \text{ mm}$; $h_u=59,199 \text{ mm}$

c) Amortecimento de Cheias e caudais descarregados

Tendo sido já obtido o valor do caudal máximo afluente, interessa verificar o amortecimento de cheias produzido pela albufeira, traduzindo a sua capacidade de reter os escoamentos de ponta e de os ir descarregando gradualmente. Este efeito amortecedor varia, para cada barragem, com a secção do descarregador de cheias e com a área de regolfo da albufeira.

O descarregador projectado é um descarregador frontal de secção rectangular com uma largura $b = 4,50$ metros dispondo de uma soleira tipo Creager, a que se atribui um coeficiente de vazão fixo de $\mu = 0,46$, descarregando um caudal dado pela expressão

$$Q_{desc} = \mu * b * (2 * g)^{1/2} * H^{3/2} \quad (\text{sendo } H \text{ a carga sobre a soleira em metros})$$

O valor do caudal mais desfavorável não corresponde normalmente, sobretudo com a fórmula de Giandotti, à chuvada com uma duração igual ao tempo de concentração, mas sim a chuvadas menos intensas, mas com maiores durações. Deverão assim ser considerados hidrogramas afluentes correspondendo a valores múltiplos de T_c até obter o valor máximo do caudal descarregado e a correspondente altura de água sobre a soleira, considerando que o NPA se situa na cota 240,30, portanto definindo uma área inundada de 139 201 m².

Nos desenhos A2 e A3 e nos quadros A1 e A2 em anexo apresentam-se os valores obtidos para os balanços realizados com base nos dois processos referidos, para durações da chuvada correspondentes à do tempo de concentração e do seu múltiplo mais desfavorável, para um período de retorno $T=1\ 000$ anos.

Os valores obtidos foram:

	Giandotti		Hidrograma Unitário SCS	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Múltiplo de T_c	1	3,9	1	1,8
Duração da Chuvada (h) ⁸	1,857	7,242	2,026	2,026
Caudal Máximo Afluente (m ³ /s)	16,818	6,666	9,358	9,358
Caudal Amortecido (m ³ /s)	1,739	4,571	2,823	2,823
Tempo de Ocorrência (h)	4,271	7,614	4,457	4,457
Altura de água máxima H_o (m)	0,330	0,629	0,456	0,456

Face os resultados obtidos propõe-se à segurança a adopção de um valor para a carga de $H=0,63$ m.

d) Canal de chegada

O canal de chegada até à soleira será uma vala de secção trapezoidal escavada no terreno natural com um comprimento médio de 27,55 metros com o rasto à cota 240,05, taludes inclinados (H/V) a 1/1,5. A sua largura é variável, estreitando para jusante, com um valor médio de 6,50 metros. A sua altura média será de 3,95 metros, conforme se representa nos desenhos 2.10 a 2.17.

⁸ duração da precipitação útil (tr)

e) Canal de descarga e restituição

Para promover a descarga do caudal de cheias na linha de água a jusante em condições semelhantes às que ocorreriam sem a construção da barragem, foi projectado um canal de descarga em betão armado ligando a vala trapezoidal a escavar no terreno natural da encosta.

O canal de descarga é composto por duas secções, a primeira em betão armado e a segunda em escavação no terreno natural, com geometria, inclinação e rugosidade diferentes para melhor adaptação ao terreno existente garantindo-se que o escoamento ocorrerá em regime rápido.

A altura e inclinação críticas do escoamento no canal inicial de secção retangular, em betão, calculadas pelas expressões seguintes com $K_s = 75 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$, permitem confirmar que o regime é rápido, uma vez que se adopta para o mesmo uma inclinação mínima de 3,86 %, superior à inclinação crítica.

$$Q_{\text{proj}} = g^{1/2} * S_c * h_c^{3/2} = 4,571 \text{ m}^3/\text{seg}$$
$$h_c = (Q^2 / g * b^2)^{1/3} = 0,810 \text{ m}$$
$$I_c = g * h_c / K_s^2 * (S_c / R_c)^{4/3} = 0,413 \%$$

Sendo o regime rápido, as características do escoamento do caudal de projecto neste canal podem ser avaliadas pelo método das diferenças finitas de montante para jusante ($E1 = E2 + dx.Sf - dx.So$) após o cálculo da altura e energia iniciais, pelas expressões:

$$H_A = H_o + z - i * L$$

$$i = \frac{U_m^2}{K_s^2 * R_m^{4/3}} = 0,004$$

$$b = 4,50 \text{ m}; L = 1,370 \text{ m}; K_s = 75 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$$

$$H_A = 0,629 + 0,596 - 0,005 = 1,219 \text{ m}$$

$$H_A = h_A + \frac{Q^2}{2 * g * S^2} \Rightarrow h_A = 0,231 \text{ m}$$

O método utilizado⁹ consiste na aplicação directa do Teorema de Bernoulli com as perdas de energia ao longo de vários troços do canal criteriosamente escolhidos.

Apresentam-se no **quadro A4** os resultados obtidos, principalmente a altura do escoamento nas secções escolhidas função da largura atribuída para o canal e da sua inclinação, permitindo definir a altura a adoptar para as paredes do canal. O regime de escoamento é rápido em toda a sua extensão, com o número de Froude sempre superior à unidade.

Nos desenhos nº 2.10 a 2.17 representam-se os elementos referentes a esta secção.

O técnico
Eng. Falcão Estrada
Novembro 2018
Inscrito na Ordem dos Engenheiros com o nº 17 818

⁹ - Manual de Hidráulica Geral, A. Lencastre, AEIST, 1969

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO A1

Adaptação da distribuição de Pearson tipo III
aos caudais máximos instantâneos da
Estação Hidrométrica de Idanha a Nova
(Área da Bacia Hidrográfica = 359 Km²)

14N01

nº	Caudais (m ³ /seg)	F (x)	Teste do X ²		
			O	E	X ²
1	16,46	0,0890			
2	45,75	0,1451			
3	50,81	0,1561			
4	62,24	0,1822	4	2,8	0,51429
5	84,35	0,2372			
6	115,92	0,3234	2	2,8	0,22857
7	154,34	0,4340			
8	154,34	0,4340	2	2,8	0,22857
9	217,14	0,6080			
10	252,10	0,6926	2	2,8	0,22857
11	311,07	0,8072			
12	348,59	0,8616			
13	412,11	0,9252			
14	456,62	0,9531	4	2,8	0,51429

a)	713,60	0,998			1,71429
b)	3,43	0,998			<

max 0,95 3,841

Média	191,560
Desvio Padrão.....	144,275
coef.de assimetria	0,597

m=	5,00
div=	0,2
E=	2,8
v=	1

- a) Valor extrapolado para T=500 anos
- b) Valor extrapolado para T=500 anos e corrigido para 1,727 Km²

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO A2 - AMORTECIMENTO DE CHEIAS

- HIDROGRAMA DE GIANDOTTI -

Tempo de Ocorrência (horas)	Caudal Afluente (m³/seg)	Altura de água (m)	Volume Armazenado (m³)	Caudal Descarregado (m³/seg)
0,186	0,119	0,000	39,8	0,000
0,371	0,238	0,001	159,1	0,000
0,557	0,357	0,003	357,7	0,001
0,743	0,477	0,005	635,1	0,003
0,928	0,596	0,007	990,7	0,006
1,114	0,715	0,010	1 423,7	0,009
1,300	0,834	0,014	1 933,2	0,015
1,486	0,953	0,018	2 518,0	0,022
1,671	2,948	0,027	3 800,8	0,041
1,857	6,552	0,050	6 928,7	0,101
2,043	6,552	0,080	11 205,4	0,208
2,228	6,552	0,110	15 404,3	0,334
2,414	6,552	0,139	19 514,0	0,475
2,600	6,552	0,167	23 525,8	0,627
2,785	6,552	0,195	27 433,2	0,787
2,971	6,552	0,221	31 231,3	0,954
3,157	6,552	0,247	34 916,5	1,125
3,343	6,552	0,272	38 486,6	1,298
3,528	6,552	0,296	41 940,0	1,474
3,714	6,552	0,319	45 276,1	1,649
3,900	6,552	0,341	48 495,0	1,824
4,085	6,552	0,362	51 597,2	1,998
4,271	6,552	0,383	54 583,9	2,170
4,457	6,552	0,402	57 456,7	2,339
4,642	6,552	0,421	60 217,3	2,505
4,828	6,552	0,439	62 868,1	2,668
5,014	6,552	0,456	65 411,3	2,827
5,200	6,552	0,473	67 849,7	2,982
5,385	6,552	0,489	70 185,9	3,133
5,571	6,552	0,504	72 422,9	3,279
5,757	6,552	0,518	74 563,6	3,421
5,942	6,552	0,532	76 611,0	3,558
6,128	6,552	0,545	78 568,2	3,691
6,314	6,552	0,558	80 438,2	3,819
6,499	6,552	0,570	82 224,2	3,942
6,685	6,552	0,581	83 929,2	4,061
6,871	6,552	0,592	85 556,2	4,175
7,057	6,552	0,602	87 108,2	4,285
7,242	6,552	0,612	88 588,1	4,391
7,428	6,552	0,622	89 998,8	4,492
7,614	5,351	0,628	90 951,2	4,561
7,799	4,150	0,629	91 074,5	4,570
7,985	2,948	0,624	90 408,0	4,522
8,171	1,747	0,615	88 988,8	4,420
8,356	0,993	0,602	86 997,6	4,277
8,542	0,953	0,587	84 839,5	4,125
8,728	0,913	0,573	82 754,6	3,979
8,914	0,874	0,560	80 738,6	3,839
9,099	0,834	0,547	78 787,5	3,705
9,285	0,794	0,534	76 897,4	3,577
9,471	0,754	0,522	75 064,8	3,454
9,656	0,715	0,510	73 286,4	3,336
9,842	0,675	0,498	71 558,9	3,222
10,028	0,635	0,487	69 879,5	3,113
10,213	0,596	0,476	68 245,3	3,007
10,399	0,556	0,465	66 653,9	2,906
10,585	0,516	0,454	65 102,6	2,808
10,771	0,477	0,444	63 589,2	2,713
10,956	0,437	0,434	62 111,5	2,621
11,142	0,397	0,424	60 667,4	2,533
11,328	0,357	0,415	59 255,1	2,447
11,513	0,318	0,405	57 872,6	2,364
11,699	0,278	0,396	56 518,2	2,284
11,885	0,238	0,387	55 190,2	2,205
12,070	0,199	0,378	53 887,2	2,130
12,256	0,159	0,369	52 607,7	2,056
12,442	0,119	0,360	51 350,1	1,984
12,627	0,079	0,352	50 113,3	1,915
12,813	0,040	0,344	48 895,9	1,847
12,999	0,000	0,335	47 696,8	1,781
13,185	0,000	0,327	46 527,7	1,717
13,370	0,000	0,320	45 400,4	1,656
13,556	0,000	0,312	44 312,7	1,598
13,742	0,000	0,305	43 262,9	1,543
13,927	0,000	0,298	42 249,3	1,490
14,113	0,000	0,291	41 270,3	1,439
14,299	0,000	0,284	40 324,4	1,391
14,484	0,000	0,278	39 410,0	1,345
14,670	0,000	0,272	38 525,9	1,300
14,856	0,000	0,266	37 670,7	1,258
15,042	0,000	0,260	36 843,3	1,217
15,227	0,000	0,255	36 042,4	1,179
15,413	0,000	0,249	35 266,9	1,141
15,599	0,000	0,244	34 515,8	1,106
15,784	0,000	0,239	33 788,1	1,071
15,970	0,000	0,234	33 082,8	1,039
16,156	0,000	0,229	32 399,1	1,007
16,341	0,000	0,225	31 736,1	0,977
			0,629	

BARRAGEM DO VALE SERRANO

QUADRO A3 - AMORTECIMENTO DE CHEIAS

- HIDROGRAMA UNITARIO -

Tempo de Ocorrência (horas)	Caudal Afluyente (m ³ /seg)	Altura de água (m)	Volume Armazenado (m ³)	Caudal Descarregado (m ³ /seg)
0,111	0,070	0,000	14,1	0,000
0,223	0,140	0,000	56,3	0,000
0,334	0,421	0,001	168,8	0,000
0,446	0,702	0,003	393,7	0,001
0,557	1,100	0,005	754,1	0,004
0,669	1,497	0,009	1 272,6	0,008
0,780	2,059	0,014	1 981,2	0,016
0,891	2,620	0,021	2 911,1	0,028
1,003	3,322	0,029	4 088,3	0,046
1,114	4,024	0,040	5 538,1	0,072
1,226	4,820	0,052	7 275,6	0,109
1,337	5,615	0,067	9 315,1	0,158
1,449	6,410	0,083	11 651,4	0,220
1,560	7,206	0,102	14 278,6	0,298
1,672	7,767	0,122	17 143,7	0,392
1,783	8,329	0,144	20 193,6	0,500
1,894	8,703	0,166	23 385,2	0,621
2,006	9,078	0,189	26 675,6	0,755
2,117	9,218	0,213	30 013,6	0,899
2,229	9,358	0,236	33 348,5	1,051
2,340	9,265	0,259	36 631,1	1,207
2,452	9,171	0,281	39 813,1	1,365
2,563	8,890	0,302	42 857,0	1,521
2,674	8,610	0,322	45 726,4	1,674
2,786	8,235	0,340	48 404,6	1,819
2,897	7,861	0,357	50 875,7	1,957
3,009	7,440	0,373	53 133,7	2,086
3,120	7,019	0,387	55 173,3	2,204
3,232	6,598	0,399	56 998,6	2,312
3,343	6,177	0,410	58 614,0	2,408
3,454	5,709	0,420	60 014,8	2,493
3,566	5,241	0,428	61 196,5	2,565
3,789	4,586	0,440	63 034,9	2,678
4,012	3,931	0,449	64 271,5	2,755
4,235	3,463	0,454	65 008,0	2,802
4,457	2,995	0,456	65 342,2	2,823
4,680	2,620	0,456	65 330,4	2,822
4,903	2,246	0,454	65 026,2	2,803
5,126	1,965	0,450	64 480,6	2,769
5,349	1,685	0,445	63 742,1	2,722
5,572	1,451	0,439	62 838,0	2,666
5,795	1,217	0,432	61 794,6	2,602
6,018	1,067	0,424	60 651,3	2,532
6,240	0,917	0,416	59 445,2	2,459
6,463	0,809	0,407	58 195,4	2,383
6,686	0,702	0,399	56 920,0	2,307
		0,456		

Dados de Base	
Q=	4,570 m ³ /s
H =	0,629 m
Ho =	0,629 m
H _{NMC} =	0,63 m
p+E	0,250 m
u	0,460
b	4,500 m

BARRAGEM DO VALE SERRANO

Quadro nº A4 - Cálculo do escoamento no canal existente

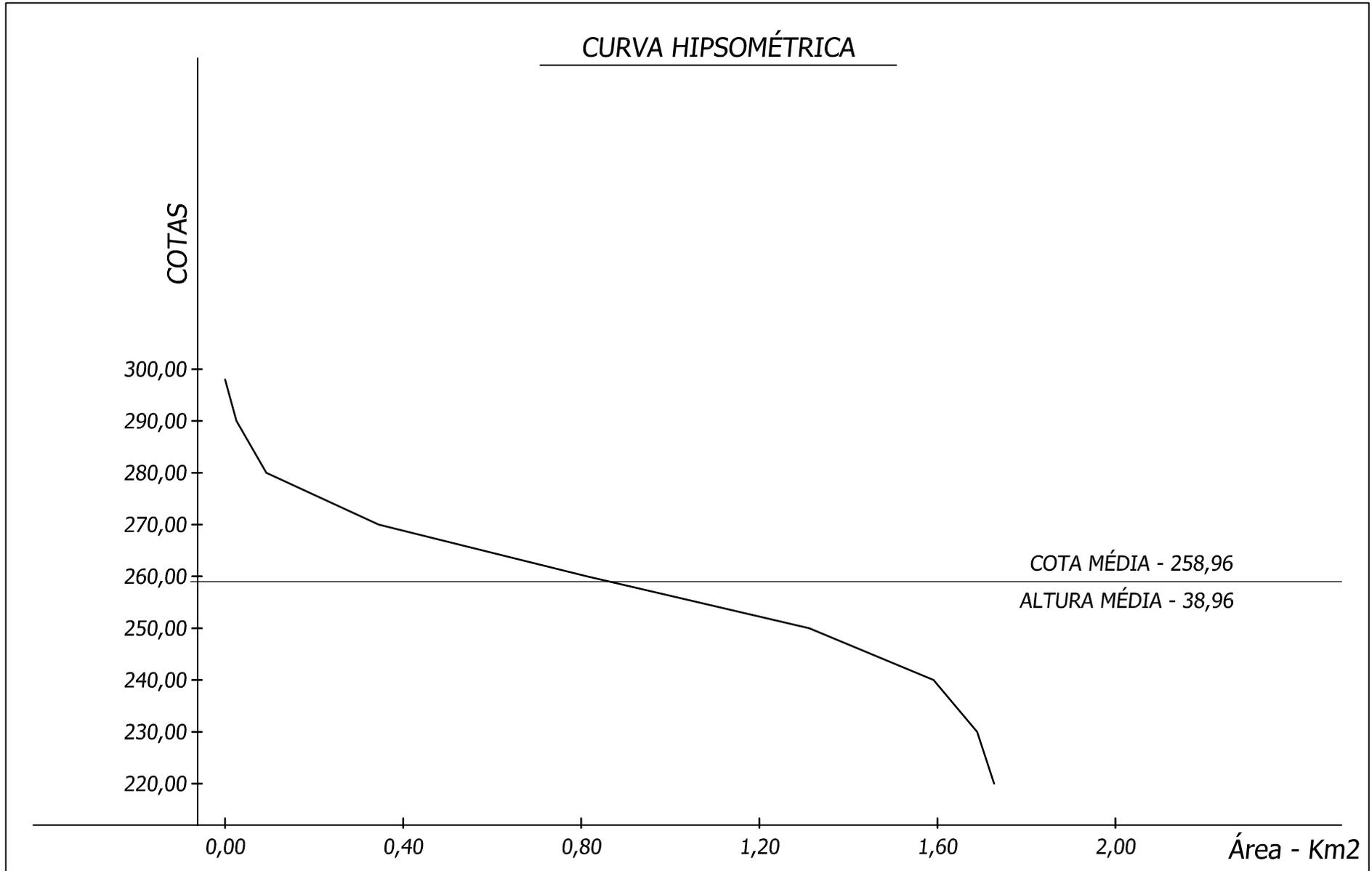
Dados							Resultados							Resultados intermédios e Parâmetros							
L ₀ (m)	Δs (m)	b (m)	Alturas e cotas			Δz (m)	incl (%)	h (m)	v (m/s)	F	v ² /2g	E ₁ (m)	cota		K _s (m ^{1/3} /s)	S (m ²)	p (m)	R (m)	i _m (m/m)	i _m ·Δs (m)	E ₂ (m)
			fundo	muro (m)	muro								água (m)	folga (m)							
	0,00	4,50	240,30				0,629	0,00		0,000	0,629										
1,37	1,37	4,50	239,70	0,75	240,45	0,60	0,231	4,40	2,93	0,988	1,219	239,93	0,52	75,0	1,038	4,961	0,209	0,004	0,006	1,219	
2,37	1,00	4,50	239,67	0,75	240,42	0,04	0,229	4,43	2,95	1,000	1,230	239,89	0,52	75,0	1,032	4,958	0,208	0,028	0,028	1,229	
4,25	1,88	3,25	239,59	0,75	240,34	0,07	0,332	4,23	2,35	0,914	1,246	239,93	0,42	75,0	1,079	3,914	0,276	0,030	0,056	1,246	
6,12	1,88	2,00	239,52	0,75	240,27	0,07	0,644	3,55	1,41	0,642	1,286	240,16	0,11	75,0	1,288	3,288	0,392	0,017	0,032	1,286	
8,56	2,44	2,00	239,43	0,75	240,18	0,09	0,587	3,89	1,62	0,771	1,359	240,01	0,16	75,0	1,175	3,175	0,370	0,009	0,022	1,358	
10,99	2,44	2,00	239,33	0,75	240,08	0,09	0,552	4,14	1,78	0,874	1,426	239,88	0,20	75,0	1,104	3,104	0,356	0,011	0,027	1,426	
13,43	2,44	2,00	239,24	0,75	239,99	0,09	0,526	4,35	1,91	0,963	1,488	239,76	0,22	75,0	1,052	3,052	0,345	0,013	0,032	1,488	
15,86	2,44	2,00	239,14	0,75	239,89	0,09	0,505	4,52	2,03	1,042	1,547	239,65	0,24	75,0	1,011	3,011	0,336	0,015	0,036	1,547	
18,30	2,44	2,00	239,05	0,75	239,80	0,09	0,489	4,67	2,13	1,113	1,602	239,54	0,26	75,0	0,978	2,978	0,328	0,016	0,040	1,602	
30,00	11,70	2,00	236,39	0,60	236,99	2,66	0,285	7,31	4,37	2,724	3,010	236,68	0,31	40,0	0,625	3,029	0,206	0,104	1,251	3,009	
41,70	11,70	2,00	233,73	0,60	234,33	2,66	0,303	6,84	3,97	2,385	2,689	234,04	0,30	40,0	0,668	3,094	0,216	0,248	2,979	2,689	
53,40	11,70	2,00	231,08	0,60	231,68	2,66	0,305	6,80	3,93	2,357	2,662	231,38	0,29	40,0	0,672	3,100	0,217	0,224	2,685	2,662	
65,10	11,70	2,00	228,42	0,60	229,02	2,66	0,305	6,80	3,93	2,355	2,660	228,72	0,29	40,0	0,672	3,100	0,217	0,222	2,660	2,660	
76,80	11,70	2,00	225,76	0,60	226,36	2,66	0,305	6,80	3,93	2,355	2,660	226,06	0,29	40,0	0,672	3,100	0,217	0,222	2,659	2,660	
88,50	11,70	2,00	223,10	0,60	223,70	2,66	0,305	6,80	3,93	2,355	2,660	223,41	0,29	40,0	0,672	3,100	0,217	0,222	2,658	2,660	
90,05	1,55	2,00	221,55	1,34	222,89	1,55	0,260	8,08	5,06	3,330	3,590	221,81	1,07	40,0	0,565	2,938	0,192	0,282	0,619	3,590	
91,60	1,55	2,00	220,00	2,07	222,07	1,55	0,239	8,84	5,77	3,985	4,224	220,24	1,83	40,0	0,517	2,863	0,181	0,418	0,917	4,223	

final do ressalto: 1,84 0,77 0,18

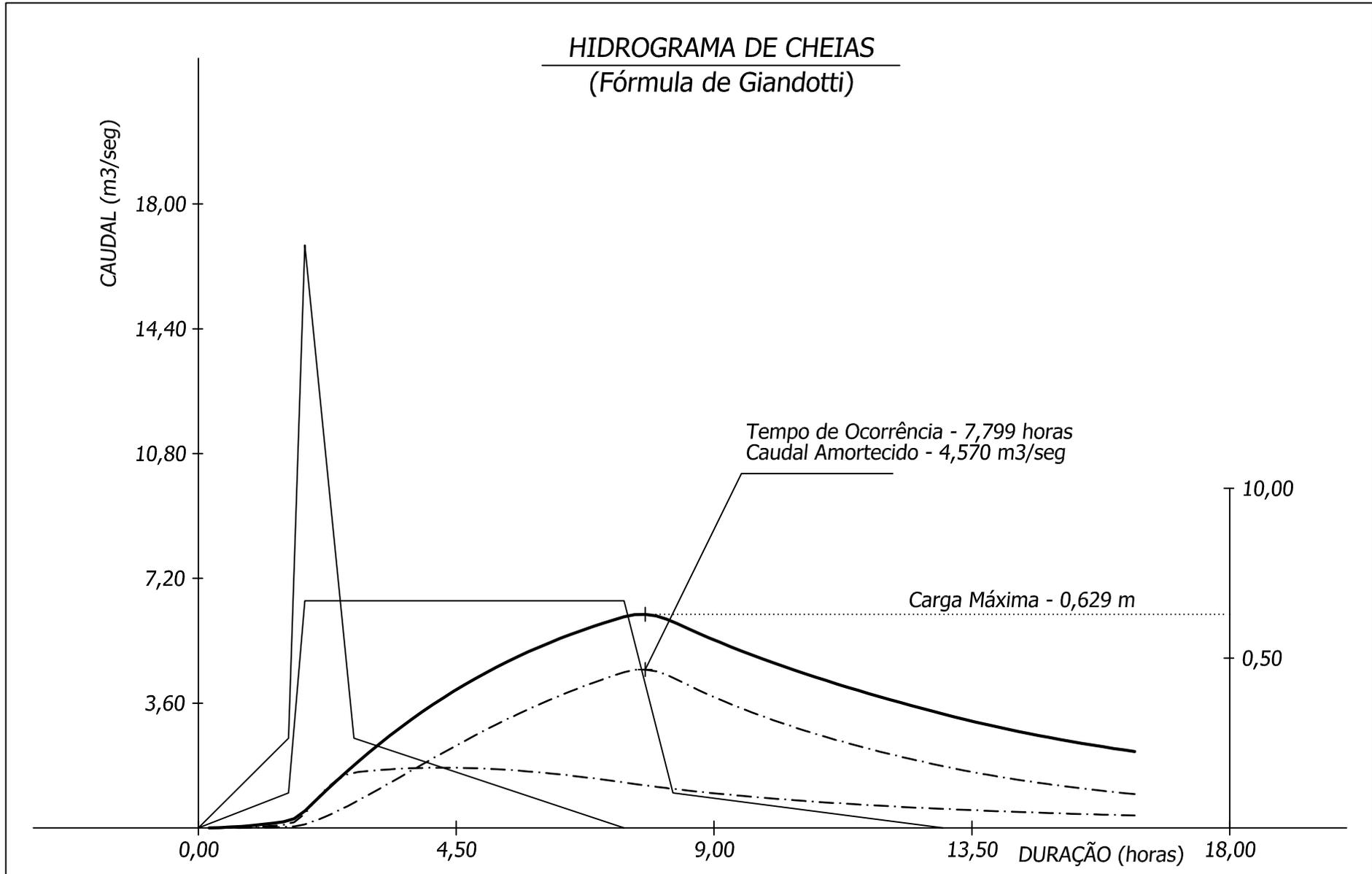
L₀ - distância à origem
 Δs - distância entre secções
 b - largura do canal
 Δz - diferença entre as cotas do fundo
 incl. - inclinação do canal
 h - altura da água

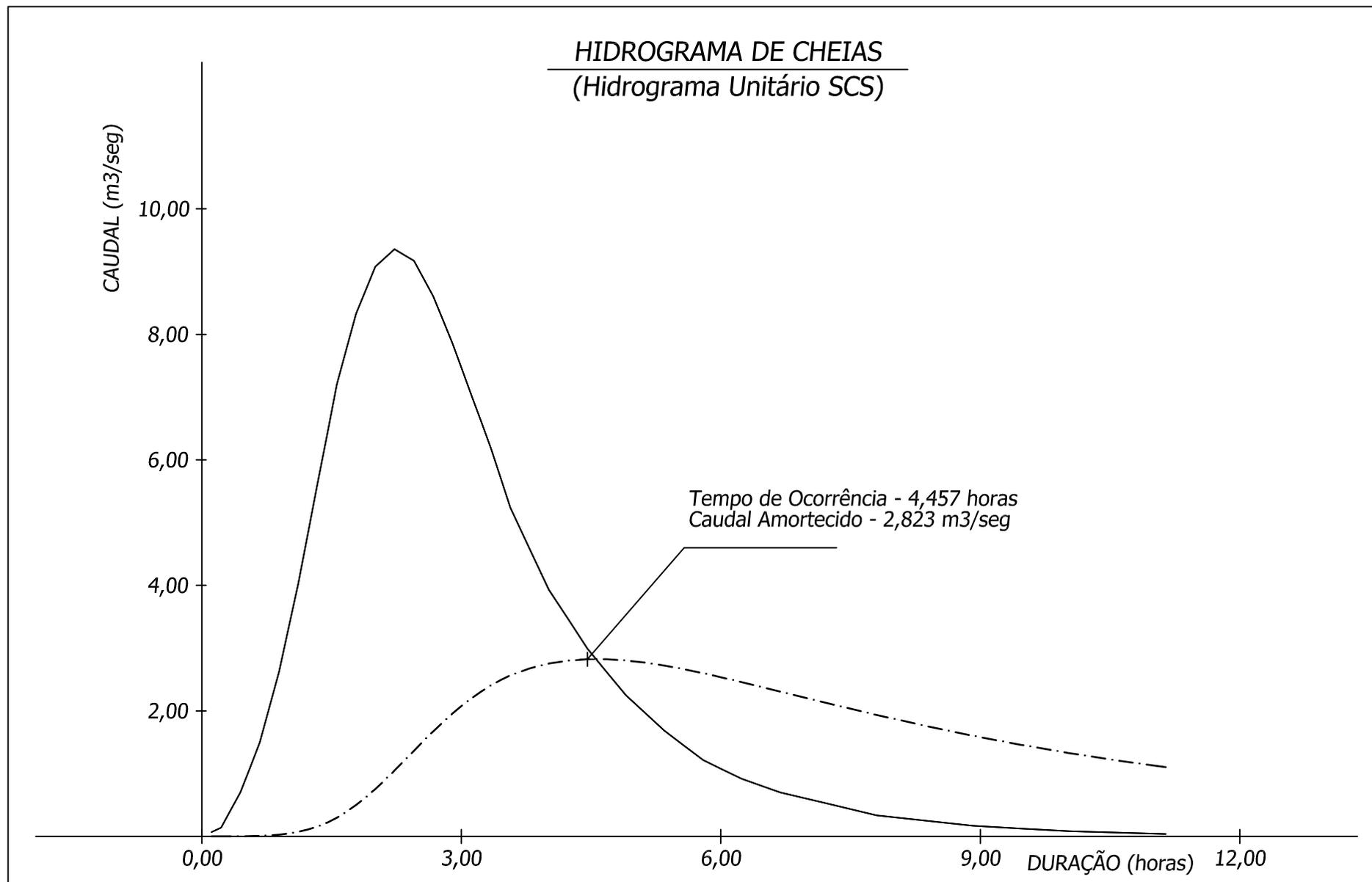
v - velocidade do escoamento
 F - número de Froude
 E - Energia na secção
 K_s - rugosidade
 S - área da secção
 p - perímetro molhado

CURVA HIPSOMÉTRICA



HIDROGRAMA DE CHEIAS
(Fórmula de Giandotti)





ANEXO II
BARRAGEM DO VALE SERRANO

RECONHECIMENTO GEOLÓGICO E ENSAIOS LABORATORIAIS

INDICE

◆ TEXTO	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. TRABALHOS REALIZADOS	2
3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	4
3.1 – ESTRATIGRAFIA	
3.2 – GEOLOGIA	
4. ENQUADRAMENTO REGIONAL	8
4.1 – GEOMORFOLOGIA E TECTÓNICA	
4.2 – CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	
4.3 – SISMICIDADE	
5. CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO	11
6. REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS	13
7. ANÁLISE DOS FACTORES DE APRECIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE RISCO	17

◆ PROSPECÇÃO

Poços de reconhecimento, P1 a P9 e P11

◆ ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Amostras remexidas, nº 63951 a 63952

◆ PEÇAS DESENHADAS

Fig. 1 - Planta de localização à escala 1:25.000;

Fig. 2 - Cartografia geológica de superfície à escala 1:3.000;

Fig. 3 e 4 - Perfil geológico interpretativo ao eixo da barragem.

1. INTRODUÇÃO

Tendo por objectivo proceder à construção duma barragem na Herdade de Vale Serrano, situada nas proximidades de Ladoeiro (Idanha-a-Nova), foi solicitada pelo **GES – Gabinete de Engenharia do Sor**, a realização do reconhecimento das condições geológicas de superfície da zona de implantação da referida barragem.

Como apoio à elaboração do estudo em curso dispôs-se de planta topográfica de localização extraída da Carta Militar nº282, à escala 1:25.000, e ao levantamento topográfico da área envolvente às barragens, na escala 1:3.000.

Na presente memória faz-se referência aos trabalhos efectuados e descrevem-se os resultados obtidos. A análise do conjunto de elementos estabelecidos permitiu definir os diversos aspectos associados ao projecto de execução da futura barragem no que concerne às características geológico-geotécnicas, nomeadamente, o enquadramento regional, as condições de fundação e a reutilização de materiais.

2. TRABALHOS REALIZADOS

Os trabalhos de cartografia geológica consistiram na realização do reconhecimento superficial de pormenor da área de implantação da futura barragem e respectiva albufeira.

O referido reconhecimento geológico de superfície foi complementado com a realização de 10 poços de reconhecimento, P1 a P9 e P11, realizados com recurso a meios mecânicos, do tipo giratória. Os poços de reconhecimento foram dispostos segundo o eixo da futura barragem, com excepção do poço P11, que foi executado em zona a montante, na margem N, com o intuito de identificar eventuais materiais com aptidão para empréstimo. A planta de localização fornecida em anexo ao presente relatório referencia a distribuição dos poços de reconhecimento no terreno.

O comportamento rochoso generalizado do maciço a relativa reduzida profundidade condicionou a capacidade de escavação do equipamento utilizado.

Os poços efectuados permitiram a observação em contínuo do perfil do terreno, bem como, a colheita de amostras remexidas e a avaliação de eventuais ocorrências de água até à profundidade investigada.

Foram recolhidas amostras nos poços P7 e P11, sobre as quais se efectuaram ensaios de caracterização laboratorial.

Os registos referentes aos poços realizados, onde se indicam a sequência lito-estratigráfica e a descrição macroscópica dos terrenos ocorrentes, e os diagramas individuais dos ensaios de laboratório, são incluídos em anexo ao texto.

3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

3.1 ESTRATIGRAFIA

A definição das unidades geológicas interessadas na zona de implantação futura barragem foi estabelecida com base no reconhecimento de superfície e na análise de elementos bibliográficos disponíveis, com destaque para a Carta Geológica de Portugal, à escala 1:500.000, Folha Norte.

Com base nos elementos recolhidos, foi possível estabelecer-se a seguinte sequência estratigráfica da extensão em análise:

RECENTE

- Terra vegetal (Tv)
- Depósitos coluvionares (Co)

MIOCÉNICO

- “Areias arcósicas de Silveirinha de Figos” (Ms)

CÂMBRICO

Complexo xisto-grauváquico

- “Formação de Malpica: Turbiditos e Conglomerados” (C_{BM})

3.2 GEOLOGIA

A zona de implantação da futura barragem localiza-se em terrenos de idade câmbria, atribuídos à Formação de Malpica (C_{BM}) que se insere no Complexo xisto-grauváquico do Super Grupo do Douro-Beiras. É representada essencialmente por turbiditos e conglomerados. Estes materiais são recobertos generalizadamente por terrenos recentes, de terra vegetal (TV) e depósitos coluvionares (Co).

Genericamente em toda a área reconhecida, os terrenos apresentam horizonte superficial, pelicular, de terra vegetal (Tv) com composição essencialmente silto-argilosa, com contaminação orgânica. Este horizonte evidencia espessura algo regular, com valores médios da ordem dos 0.10-0.70 metros.

Na zona do vale, coincidente com a linha de água a represar, foi definida a presença de depósitos coluvionares (Co).

Mediante o desenvolvimento da interface entre a deposição aluvio-coluvionar e o substrato rochoso, é lícito admitir que o leito original da linha de água foi deslocado no sentido S, para a posição que ocupa presentemente. É contudo, difícil proceder à distinção entre os materiais efectivamente coluvionares e eventuais materiais de aterro.

Os materiais coluvionares caracterizam-se por composição litológica predominantemente argilo-arenosa, com seixos abundantes no seu seio.

A sua expressão é relativamente reduzida em termos de espessura atingindo valores máximos da ordem dos 2,00 metros. Em termos de extensão lateral atinge, ao eixo da futura barragem, cerca de 20 metros.

O substrato definido pela realização dos poços de reconhecimento revelou a ocorrência de maciço caracterizado pela presença de rochas do tipo turbiditos, de idade câmbria (C_{BM}).

A parte mais superficial do maciço é, por norma, constituída por um nível decomposto a muito alterado ($W_{5.4}$) resultante da meteorização intensa da rocha matriz. A espessura do

referido nível, ao longo do perfil, facultou valores compreendidos entre cerca de 0.5 e 1.5 metros.

A sua composição é essencialmente areno-argilosa, com fragmentos de rocha matriz muito abundantes.

Em profundidade verificou-se uma gradual melhoria no que concerne aos estados de alteração e fracturação do maciço, caracterizando-se pela existência de rocha medianamente alterada (W_3) e pouco fracturada.

Os afloramentos rochosos presentes na área da futura barragem permitiram proceder à verificação da orientação da principal família de fracturação, que se passa a descrever:

F1 – N80°W a E-W, 80°S a S.V.

F2 – N20°E, 70°N a S.V.

As fracturas apresentam-se genericamente fechadas.

Na margem Sul, nas zonas mais elevadas, já não interessadas pelo corpo da barragem, verificou-se a presença de maciço constituído por conglomerados também pertencentes à Formação de Malpica.

Cerca de 300 a 500 m a montante da futura barragem, na margem Norte da linha de água a represar, também nas zonas mais elevadas foram interessados terrenos de idade miocénica, compostos por areias arcósicas (Ms), com espessura considerável, superior a 3 metros que poderão ter relevância como eventual mancha de empréstimo.

Aquando da execução dos poços de reconhecimento, e até às profundidades atingidas, não foi reconhecida presença de água (Agosto' 2018).

4. ENQUADRAMENTO REGIONAL

4.1 GEOMORFOLOGIA E TECTÓNICA

No que concerne à geomorfologia apesar de, em termos regionais, se tratar duma zona com predominância de relevos proeminentes, a área de implantação da futura barragem corresponde a uma zona menos acidentada.

A formação interessada é constituída essencialmente por rochas sedimentares sujeitas a efeitos orogénicos que conferem aos terrenos presentes relevo algo irregular.

Nesta área evidencia-se modelado topográfico ligeiramente irregular, com relevos pouco proeminentes, encaixando vale relativamente aberto. A região de inserção da barragem apresenta cotas que variam genericamente entre os 220 e os 250 metros.

Em termos hidrológicos, a drenagem superficial apresenta aspecto dendrítico predominante. A linha de água a interessar, exhibe desenvolvimento próximo de E-W.

A referida linha de água apresenta carácter sazonal, encontrando-se seca nos períodos de estiagem.

4.2 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

As tipologias litológicas presentes na zona de implantação da futura barragem permitem o estabelecimento de aquíferos de permeabilidade por fissuração em relação com a rocha turbidítica medianamente a muito alterada, e aquíferos de permeabilidade por porosidade a nível dos solos residuais resultantes da meteorização intensa do maciço rochoso propriamente dito.

A aptidão hidrogeológica da formação recente, coluvionar, é elevada, mas a sua pequena expressão reduz a sua relevância no contexto geral.

Em relação com a formação rochosa, turbidítica, a produtividade hidrogeológica é genericamente baixa, com excepção para as zonas onde o maciço se apresente mais alterado e/ou decomposto.

4.3 SISMICIDADE

A zona da futura barragem desenvolve-se na zona C definida pelo Regulamento de Segurança e Acções (RSA) para onde se atribui um valor de coeficiente de sismicidade $\alpha=0,5$.

As unidades geológicas interessadas distribuem-se quanto à natureza do terreno pelos tipos I, II e III, do referido Regulamento.

No tipo I inserem-se os horizontes com comportamento rochoso franco, referenciados com índices de alteração compreendidos entre W_1 e W_3 .

No tipo II incluem-se os terrenos referenciados no estudo geotécnico com índices de alteração W_4 e W_{5-4} .

Os solos brandos e aluvionares incluem-se no tipo III.

Segundo a Carta de Casualidade Sísmica de Portugal (Oliveira, 1973), para um período de retorno de 1000 anos, serão expectáveis os seguintes parâmetros sísmicos:

Aceleração máxima	100 cm/s ²
Velocidade	11 cm/s
Deslocamento	5 cm

5. CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO

A realização de campanha de prospecção ao longo do eixo da futura barragem, envolvendo a execução de 9 poços de reconhecimento permitiu estabelecer uma aproximação ao dispositivo geológico local

A prospecção revelou a ocorrência de substrato rochoso, constituído por turbiditos, com recobrimento terroso constituído por solos residuais provenientes da alteração intensa do maciço subjacente. Na zona central do vale o substrato encontra-se recoberto por depósitos coluvionares para as quais se estima relativa reduzida expressão em termos de espessura, inferior a 1,5 metros.

As condições geotécnicas locais recomendam a decapagem integral do horizonte de terra vegetal.

Para otimizar as condições de implantação do corpo da barragem, deverá ser atravessado o nível de solos residuais, mobilizando-se desta forma o maciço rochoso nos seus níveis medianamente a pouco alterados.

Da análise dos dados decorrentes dos poços de reconhecimento resulta que, por tendência, deverão ser mobilizadas profundidades ao eixo para fundação da barragem compreendidas

entre cerca de 2.0 e 3.0 metros, abrangendo cotas que reúnam as condições de estanquicidade adequadas para a implantação da futura vala “corta-águas”.

Com o intuito de reduzir eventuais fugas hidráulicas e, em simultâneo, incrementar os percursos de percolação, recomenda-se a implementação de uma vala “corta águas”, cuja profundidade deverá ser estabelecida em função dos contornos da interface solo/rocha.

Apesar de pouco provável na eventualidade de, aquando da abertura da vala de inserção, se observarem singularidades do dispositivo geológico local que possam questionar a estanquicidade e/ou a resistência da fundação, admite-se a possibilidade de recurso a medidas de consolidação e/ou impermeabilização do terreno.

6. REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS

A relativa pequena possança dos solos com aptidão para reutilização no local da futura barragem obrigou a estender a área da mancha de empréstimo. Por este motivo procedeu-se a uma avaliação na zona periférica da futura barragem.

Desta forma, procedeu-se à colheita e análise de duas amostras de solos remexidos colhidas em poços realizados respectivamente na zona de implantação da futura barragem (P7) e numa área situada a cerca de 300 a 500 metros montante do eixo da barragem, nas zonas elevadas da margem Norte (P11).

Os solos amostrados e ensaiados foram considerados como os representativos dos materiais que se encontram disponíveis na zona potencial de empréstimo para a execução da obra.

As análises laboratoriais permitiram estabelecer a caracterização dos materiais e avaliar os respectivos parâmetros de reutilização.

O programa de ensaios laboratoriais estabelecido envolveu a realização dos seguintes ensaios e/ou determinações:

- Análise granulométrica, por peneiração (LNEC E196 e E239)
- Teor em água natural (NP 84)
- Limites de consistência de Atterberg, LL e LP (NP 143)
- Ensaio de compactação Proctor Normal (LNEC E197)

Os ensaios laboratoriais realizados sobre as amostras seleccionadas revelaram a presença de solos essencialmente arenosos, com componente silto-argilosa e com seixo disperso.

No que concerne à Classificação Rodoviária AASHTO os solos ensaiados incluem-se nas classes A-2-4 e A-2-7, e no grupo SM da Classificação Unificada.

Os solos incluídos no grupo SM pressupõem boas características no que se refere à impermeabilidade, à compressibilidade e à resistência a tensões de corte após compactação, e razoáveis no que se refere à trabalhabilidade.

Mediante os dados decorrentes da prospecção efectuada pressupõe-se espessura média de solos reutilizáveis, na zona da eventual mancha de empréstimo (local do Poço P11), de cerca de 3.0 metros.

Os ensaios de compactação laboratorial, Proctor normal, realizados em relação com as amostras facultaram valores de baridade seca máxima ($\gamma_{d_{m\acute{a}x}}$) compreendidos entre 18.8 e 19.0 kN.m⁻³, para teores em humidade óptimo (W_{opt}) de respectivamente 11,8 e 11.9 %.

O teor em humidade natural dos solos a aplicar poderá apresentar relativamente aos teores óptimos definidos em laboratório, desvios não superiores a 2%. O valor de compactação relativa deverá corresponder a valores iguais ou superiores a 95% (Proctor normal).

Em virtude da sua importância vital, o procedimento de compactação deverá ser cuidado e controlado, efectuado sobre camadas sucessivas de espessura não superior a 0.40 metros, recorrendo a cilindro potente com capacidade de vibração, preferencialmente dever-se-á dispor de cilindro tipo “pés-de-carneiro.

É desaconselhável nos aterros a utilização de elementos que ultrapassem, na sua dimensão maior, 1/3 da espessura das camadas a compactar.

Recomenda-se que a inclinação máxima a praticar em relação com os taludes dos paramentos da barragem seja igual ou inferior a $V/H = 1/2$, devendo o paramento de montante dispor de cobertura de protecção com recurso à implementação de “rip-rap”.

Os resultados dos ensaios de laboratório realizados sobre as amostras seleccionadas encontram-se descritos no Relatório das Amostras apresentado na página seguinte. Os boletins individuais de ensaio são fornecidos em anexo à presente memória.

7. ANÁLISE DOS FACTORES DE APRECIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE RISCO

O presente capítulo visa a análise dos factores de apreciação das condições de risco decorrentes das características locais associadas a condicionamentos geológico-geotécnicos, designadamente, a sismicidade e a probabilidade de escorregamento de taludes da albufeira (Factor E), e as fundações (Factor F), segundo o Regulamento de Segurança de Barragens (RSB).

Estes factores, em conjugação com factores de outra índole, permitem estabelecer o índice global EFR, tendo por objectivo a elaboração do plano de observação da barragem.

O quadro 1 detalha o índice parcial a considerar para cada um dos factores indicados:

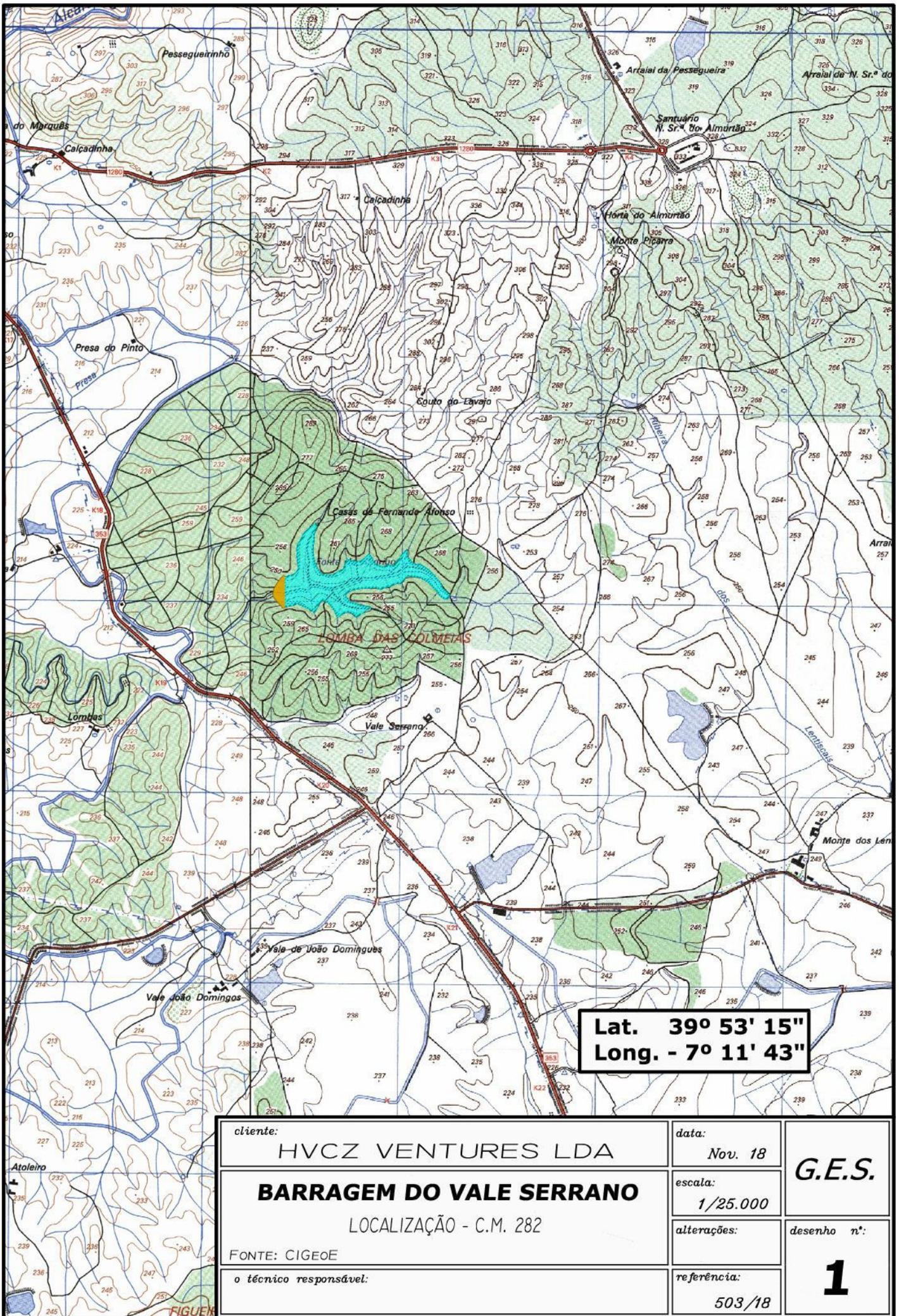
Quadro 1 – Factores de apreciação das condições de risco

Factores de apreciação das condições de risco	Condições locais	Índice parcial a considerar (α)
Sismicidade (período de retorno de 1000 anos)	Baixa ($0.1g < a < 0.2g$)	3
Escorregamento de taludes (probabilidade)	Baixa	2
Fundações	Boas	2

Ponte Sor, Novembro de 2018

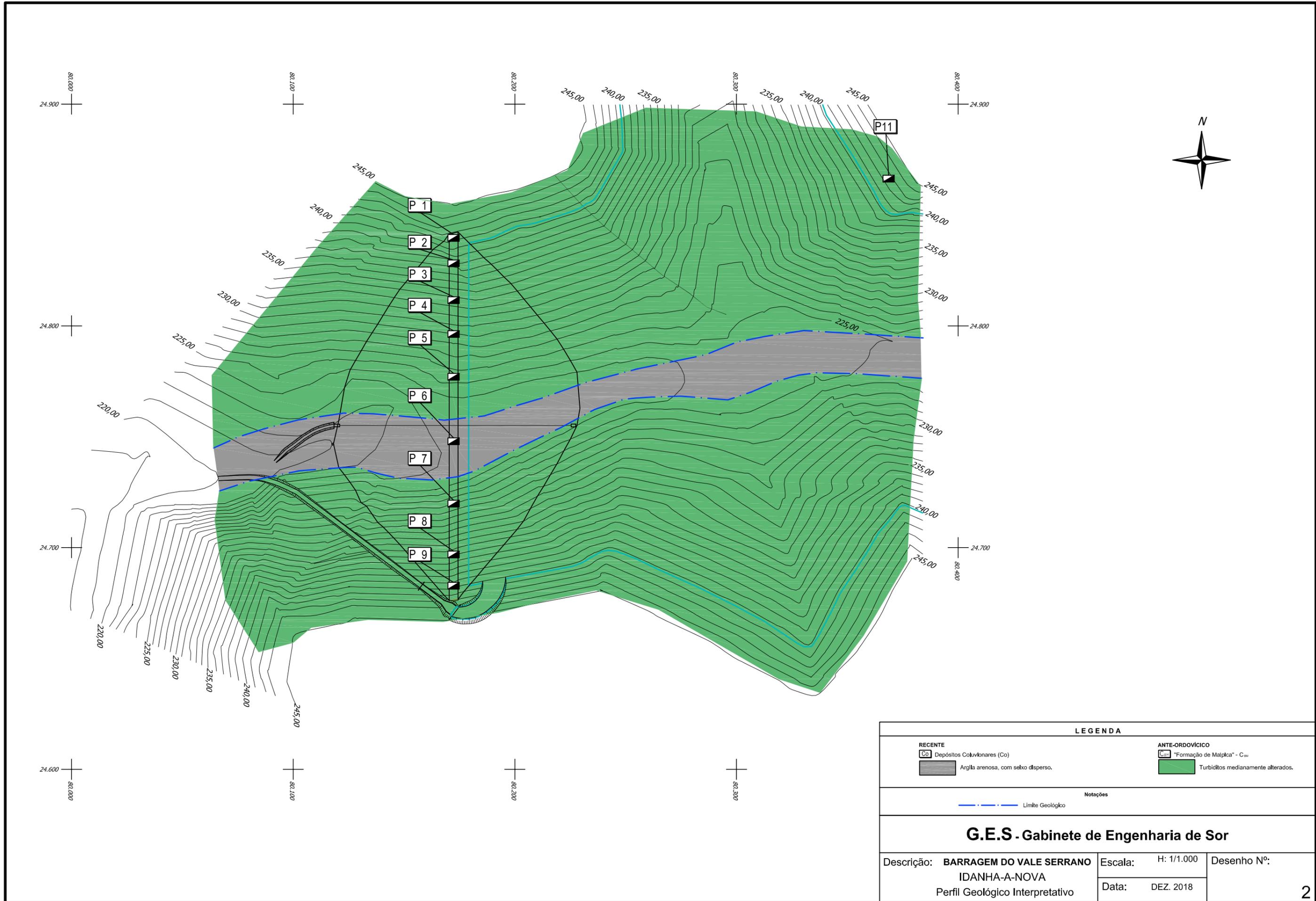
A handwritten signature in black ink, consisting of the name 'Hélio' followed by a stylized 'Nunes' and a long horizontal stroke extending to the right.

Hélio Nunes
(Eng. Geólogo)

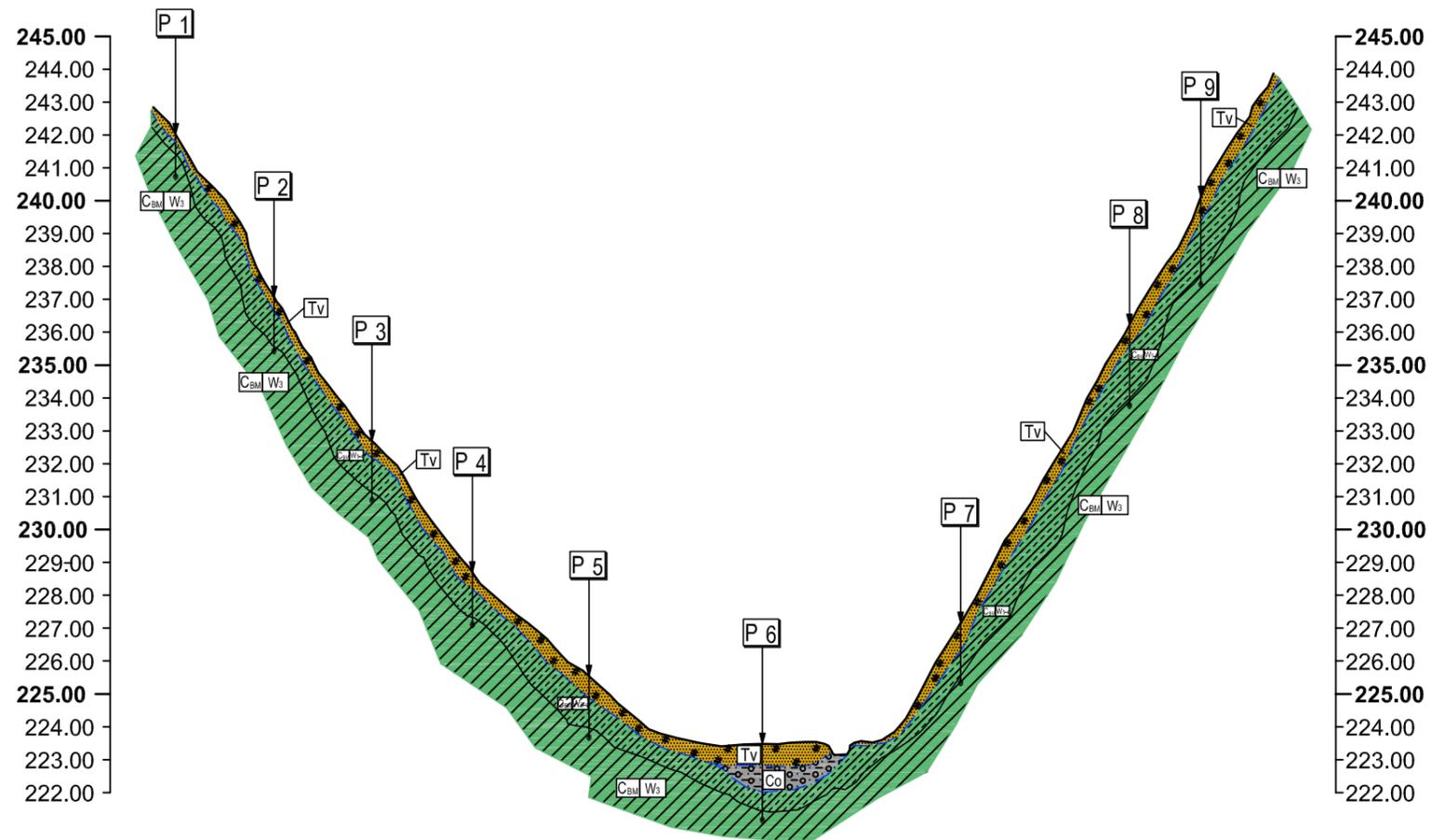


Lat. 39° 53' 15"
Long. - 7° 11' 43"

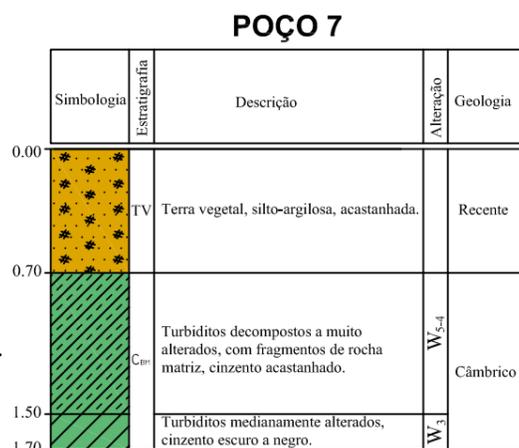
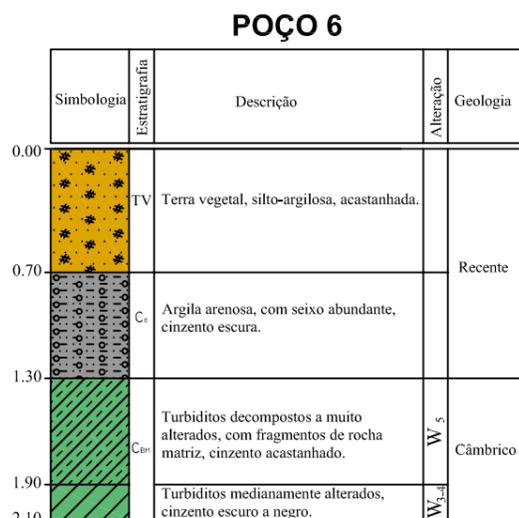
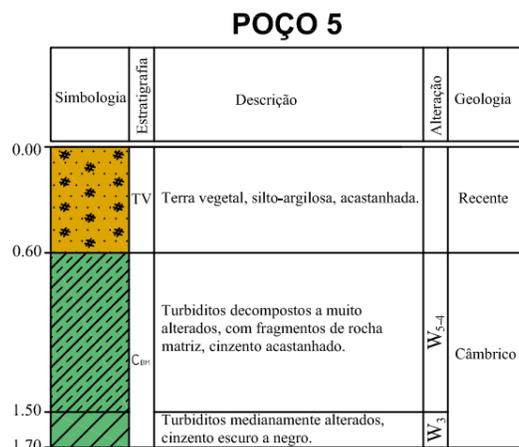
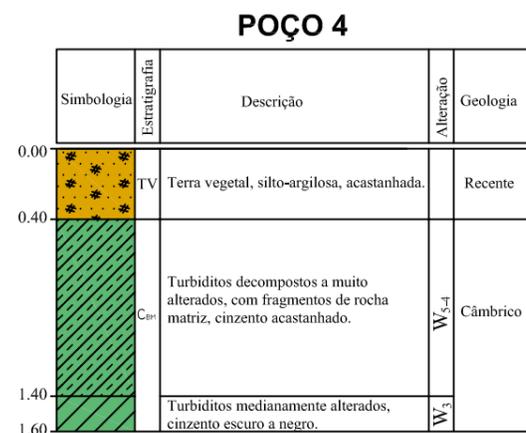
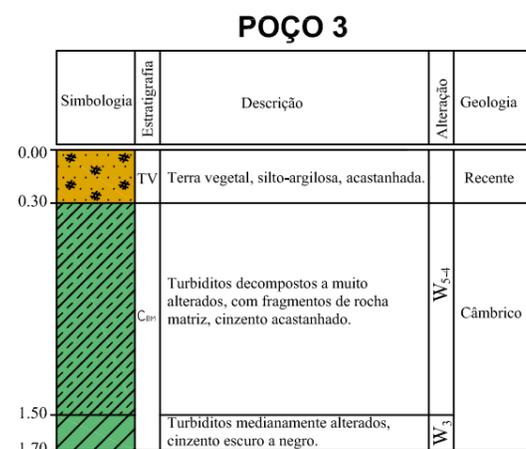
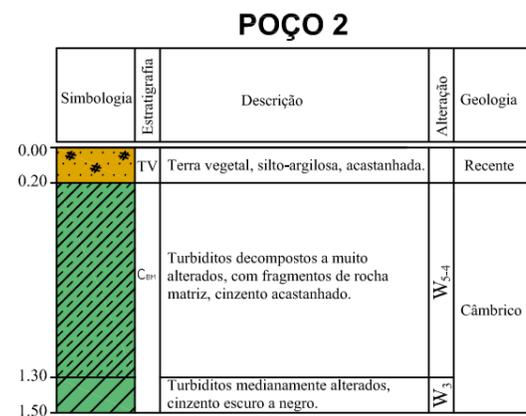
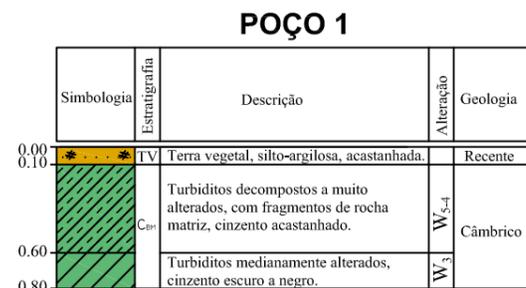
cliente: HVCZ VENTURES LDA	data: Nov. 18	G.E.S.
BARRAGEM DO VALE SERRANO LOCALIZAÇÃO - C.M. 282	escala: 1/25.000	
FONTE: CIGEOE	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 503/18	1



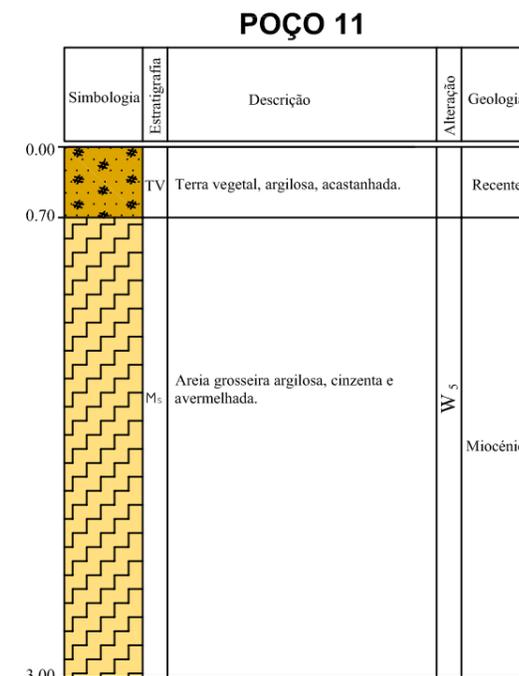
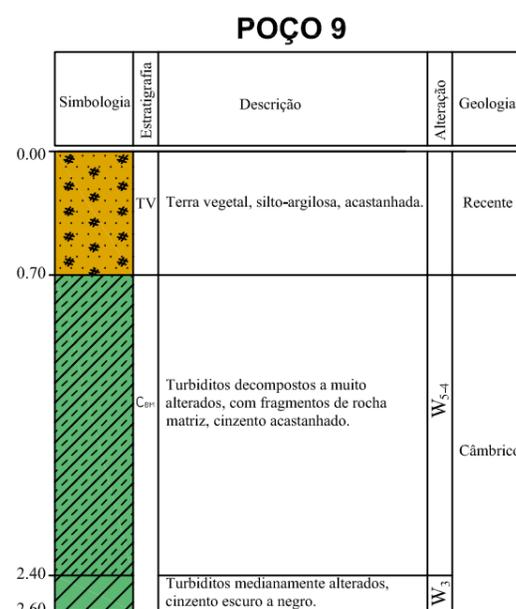
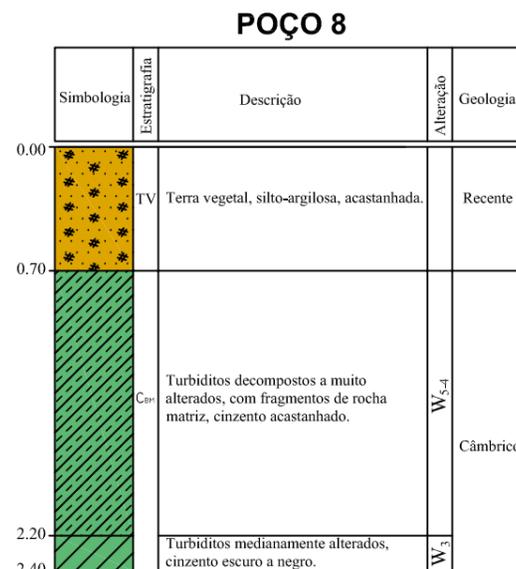
LEGENDA		
RECENTE	ANTE-ORDOVICICO	
Depósitos Coluvionares (Co)	"Formação de Malpica" - C _{ms}	
Argila arenosa, com seixo disperso.	Turbiditos medianamente alterados.	
Notações		
Limite Geológico		
G.E.S - Gabinete de Engenharia de Sor		
Descrição: BARRAGEM DO VALE SERRANO IDANHA-A-NOVA Perfil Geológico Interpretativo	Escala: H: 1/1.000 Data: DEZ. 2018	Desenho N°:



LEGENDA				
RECENTE		ANTE-ORDOVÍCIO		
[TV]	Terra Vegetal (TV)	[Csm]	"Formação de Malpica" - Csm	
[#]	Silte Argiloso com contaminação orgânica.	[W4-5]	Turbiditos decompostos a muito alterados (W4-5).	
[Co]	Depósitos Coluvionares (Co)	[W3]	Turbiditos medianamente alterados (W3).	
[O]	Argila arenosa, com seixo disperso.			
Notações				
- - - - - Limite Geológico		————— Limite Litológico		— — — — — Nivel Freático
ESTADOS DE ALTERAÇÃO (S.I.M.R.)				
[W1]-Rocha sã	[W2]-Rocha pouco alterada	[W3]-Rocha medianamente alterada	[W4]-Rocha muito alterada	[W5]-Rocha decomposta
G.E.S - Gabinete de Engenharia de Sor				
Descrição: BARRAGEM DO VALE SERRANO		Escala: H: 1/1.000 V: 1/200	Desenho N°:	
IDANHA-A-NOVA				
Perfil Geológico Interpretativo		Data: DEZ. 2018		



A.G.



LEGENDA			
RECENTE Terra Vegetal (TV) Silte Argiloso com contaminação orgânica. Depósitos Aluvionares (Co) Argila arenosa, com seixo disperso.	ANTE-ORDOVICICO "Formação de Malpica" - C ₅₋₄ Turbiditos decompostos a muito alterados (W4-5). Turbiditos medianamente alterados (W3).		
ESTADOS DE ALTERAÇÃO (S.I.M.R.)			
[W1]-Rocha sã	[W2]-Rocha pouco alterada	[W3]-Rocha medianamente alterada	[W4]-Rocha muito alterada
HVCZ VENTURES Lda.			
Descrição: BARRAGEM DO VALE SERRANO - IDANHA-A-NOVA - Poços de Reconhecimento		Escala: 1/40 Data: Dez. 2018	Poços: P 1 / P 11

Resultados

Procedimento da amostragem : Responsabilidade do Cliente

Tipo de Amostra : REMEXIDA

Descrição : Areia média a grosseira, siltosa, levemente argilosa, com seixo fino a médio, castanho claro.

Classificação (*) Unificada : **(SM)g** GTR : _____ Rodoviária (E 240) **A-2-4(0)**
 ASTM (D2487-00) ASTM (D3282-97) _____

Características Ponderais Teor em Água $w =$ _____ % Densidade das Partículas $G =$ _____ $\rho =$ _____ g/cm³
 (*) Teor em matéria orgânica = _____ % (*) Ph = _____ $\rho_d =$ _____ g/cm³
Limites de Consistência Preparação por via Seca Húmida LL = **31** % LP = **24** % (*) LR = _____ % (*) IP = **7**
Azul de Metileno (*) _____ (Expresso em gramas de azul metileno por 100g de solo seco)

Características Granulométricas Preparação por via Seca Húmida % < 2,00 mm = **58** % < 0,420 mm = **40** (*) Cu = $\frac{D_{60}}{D_{10}} =$ **743** (*) Cc = **0**
 % < 0,074 mm = **32** EA = _____
 % < 0,002 mm = **7**
Expansibilidade (*) _____ % Provete sujeito a uma carga de _____ g

Compacção (Proctor)	Molde	Tipo de Ensaio	γ_{dmax} (g/cm ³)	Wopt (%)
	Grande	LEVE	1.88	11.8

CBR	Condições de moldagem			
	Cr =			%
	Desvio =			%
	CBR =			%
Expansibilidade =				%

Coefficiente (*) Fragmentabilidade = _____ Degradabilidade = _____

Compressibilidade (*) Cc = _____ $\sigma_a =$ _____ kN/m² $e_0 =$ _____ Cv = _____ m²/s K = _____ m/s

Resistência (*) Compressão simples : qu = _____ kPa Ei = _____ kPa

 Corte directo : UU CU CD C = _____ kPa $\theta =$ _____ ° C' = _____ kPa $\theta' =$ _____ °
 Compressão triaxial : UU CU CD $\sigma_3 =$ _____ kN/m² C = _____ kN/m² $\theta =$ _____ °
 $\sigma_1 =$ _____ kN/m² Ei = _____ kN/m² C' = _____ kN/m² $\theta' =$ _____ °

Permeabilidade (*) K = _____ m/s

(*) - Os ensaios assinalados não estão incluídos no âmbito da acreditação

Observações :

Responsável do Laboratório

 Data de emissão : **17-10-2018**

Página : de

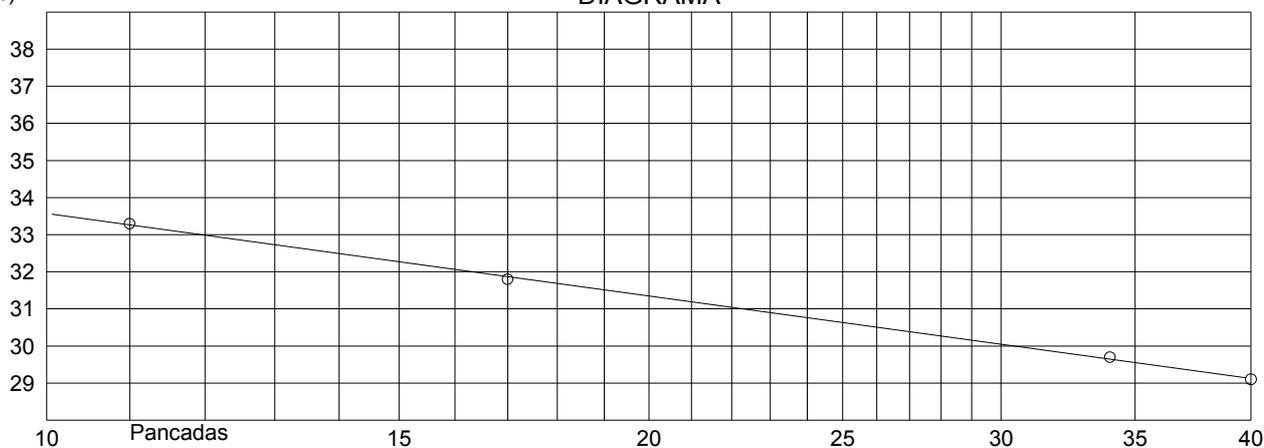
Limites de Consistência

Norma : NP-143(1969)

Cápsula	nº	Limite de Liquidez				Limite de Plasticidade			
		229	226	249	205	458	457	454	375
Massa da Amostra Húm. + Cápsula	g	15.56	14.56	15.82	15.86	18.43	18.92	18.15	16.61
Massa da Amostra Seca + Cápsula	g	13.43	12.75	13.76	13.85	16.05	16.5	15.85	14.61
Massa da Cápsula	g	7.04	7.05	6.83	6.94	6.17	6.22	6.11	6.2
Massa da Água	g	2.13	1.81	2.06	2.01	2.38	2.42	2.30	2.00
Massa da Amostra Seca	g	6.39	5.70	6.93	6.91	9.88	10.28	9.74	8.41
Teor em Água	%	33.3	31.8	29.7	29.1	24.1	23.5	23.6	23.8
Nº de Pancadas		11	17	34	40	LP (Média) = 23.8 %			

W (%)

DIAGRAMA


Limite de Retracção
 (Método não acreditado)

Cápsula	nº				Volume da Cápsula V	cm ³			
Amostra Húmida + Cápsula	g				Peso do mercurio (1)	g			
Amostra Seca + Cápsula	g				Volume do solo seco (1)/13.55 (v)				
Massa da Cápsula	g				V-v				
Massa da Água	g				A = V - v / Ps X 100				
Amostra Seca	Ps	g			Limite de retracção W-A	%			
Teor em Água	W	%			Razão de retracção Ps / v				

 LL = **31** %

 LP = **24** %

 (*) IP = **7**

(*) LR = _____ %

(*) - Parâmetro não acreditado

Observações :

 Responsável do Laboratório 

 Data de emissão : **17-10-2018**

Página : de

Análise Granulométrica

Especificação - LNEC:E196(1966) e E239(1970)

 Peso total da amostra seca : **5103.00** g

1) PENEIRAÇÃO

ELEMENTOS GROSSOS

Designação do peneiro		3 "	2 "	1 1/2 "	1 "	3/4 "	3/8 "	4	10
Malha quadrada	mm	76.1	50.8	38.1	25.4	19.0	9.51	4.76	2.00
Massa do material retido	g	0.00	0.00	0.00	218.00	228.00	660.00	533.00	529.00
Massas acumuladas	g	0.00	0.00	0.00	218.00	446.00	1106.00	1639.00	2168.00
% Acumulados		0.00	0.00	0.00	4.27	8.74	21.67	32.12	42.48
Complemento para 100%		100	100	100	96	91	78	68	58

ELEMENTOS FINOS

 Peso dos elementos finos usados na peneiração : **50.15** g

Designação do peneiro		20	40	60	140	200
Malha quadrada	mm	0.841	0.420	0.250	0.105	0.074
Massa do material retido	g	9.62	5.59	2.74	2.98	1.09
Massas acumuladas	g	9.62	15.21	17.95	20.93	22.02
% Acumulados		19.18	30.33	35.79	41.73	43.91
Complemento para 100%		80.82	69.67	64.21	58.27	56.09
% Referida à massa total		46	40	37	34	32

2) SEDIMENTAÇÃO

 Proveta nº **1**

 Densímetro nº **35** Antifloculante **100** cm³

 Peso da amostra seca Ps **50.15** g

 Densidade das Partículas G= **2.66**

 Correções : Menisco = **0.0002**
 Antifloc. = **0.0017**

$$\% \text{ de partículas} = \frac{G}{G-1} \times \frac{100}{Ps} \times (Lc-1) \times 10^3$$

Minutos (t)	Temperatura (°C)	Leitura no Densímetro	Correcção	Leit. Corrigida (Lc)	Z (cm)	$\frac{Z}{t}$	$D = \sqrt{\frac{Z}{t} \times K}$	% de Partículas	% Refer. ao Total
1	23	1.0168	-0.0009	1.0159	8.40	8.40	0.0361	50.80	29.22
2	23	1.0154	-0.0009	1.0145	8.99	4.49	0.0264	46.33	26.65
5	23	1.0141	-0.0009	1.0132	9.54	1.91	0.0172	42.18	24.26
15	23	1.0128	-0.0009	1.0119	10.08	0.67	0.0102	38.02	21.87
30	23	1.0106	-0.0009	1.0097	11.02	0.37	0.0076	30.99	17.83
60	23	1.0088	-0.0009	1.0079	11.83	0.20	0.0055	25.24	14.52
250	23	1.0054	-0.0009	1.0045	13.32	0.05	0.0029	14.38	8.27
1440	23	1.0035	-0.0009	1.0026	14.07	0.01	0.0012	8.31	4.78
2880									

Observações :

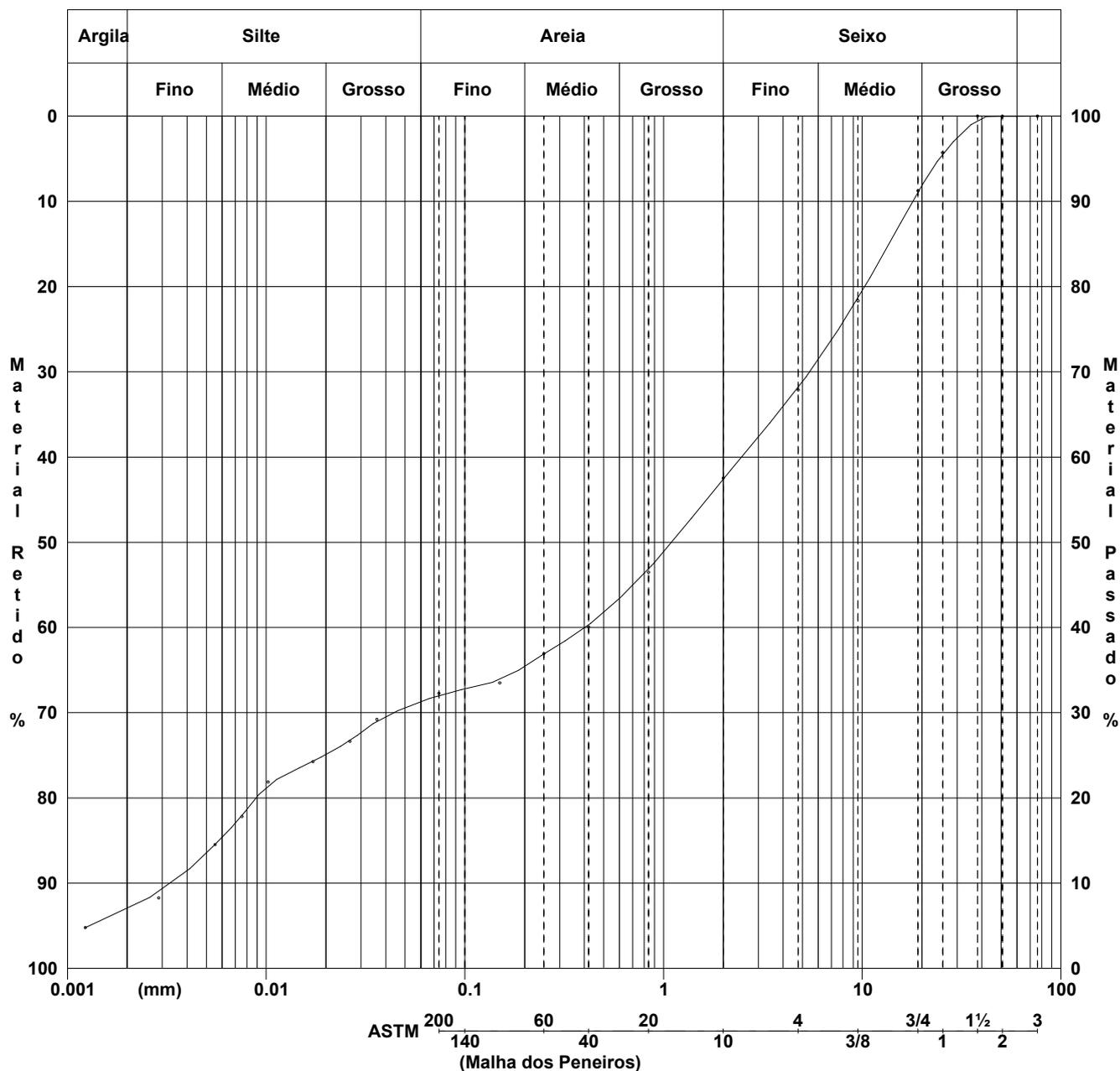
 Responsável do Laboratório 

 Data de emissão : **17-10-2018**

Página : de

Curva Granulométrica

Especificação - LNEC:E196



Observações :

Responsável do Laboratório

 Data de emissão : **17-10-2018**

Página : de

Ensaio de Compactação Proctor

 Procedimento : PL.09/1(2018) (*)
 Especificação - LNEC:E197(1966)

 Ensaio Tipo : Leve
 Pesado

 Molde : Pequeno
 Grande

Elementos de grão inferior a _____ mm

Molde	(nº)	50		62		50		62		62	
Molde + solo húmido	(g)	6534		6837		6778		7022		7018	
Solo húmido	(g)	4050		4150		4294		4335		4331	
Baridade húmida	(g.cm ⁻³)	1.963		2.022		2.081		2.113		2.111	
Cápsula	(nº)	815	678	662	677	697	718	390	712	467	653
Amostra húmida + cápsula	(g)	249.08	272.23	303.35	282.79	288.58	303.68	303.74	308.63	291.36	300.10
Amostra seca+cápsula	(g)	239.55	261.30	286.12	267.91	268.91	281.70	278.24	283.24	265.52	273.25
Massa da cápsula	(g)	78.93	77.61	80.64	78.41	79.28	79.18	76.47	79.90	79.13	80.70
Massa de água	(g)	9.53	10.93	17.23	14.88	19.67	21.98	25.50	25.39	25.84	26.85
Massa da amostra seca	(g)	160.62	183.69	205.48	189.50	189.63	202.52	201.77	203.34	186.39	192.55
Teor em água	(%)	5.9	6.0	8.4	7.9	10.4	10.9	12.6	12.5	13.9	13.9
Teor em água médio	(%)	6.0		8.2		10.7		12.6		13.9	
Baridade seca	(g.cm ⁻³)	1.852		1.869		1.880		1.876		1.853	

(*) O procedimento PL09 permite que o ensaio seja executado com 5 provetes efetuados de acordo com a especificação LNEC E197

Observações :

 Responsável do Laboratório 

 Data de emissão : **17-10-2018**

Página : de

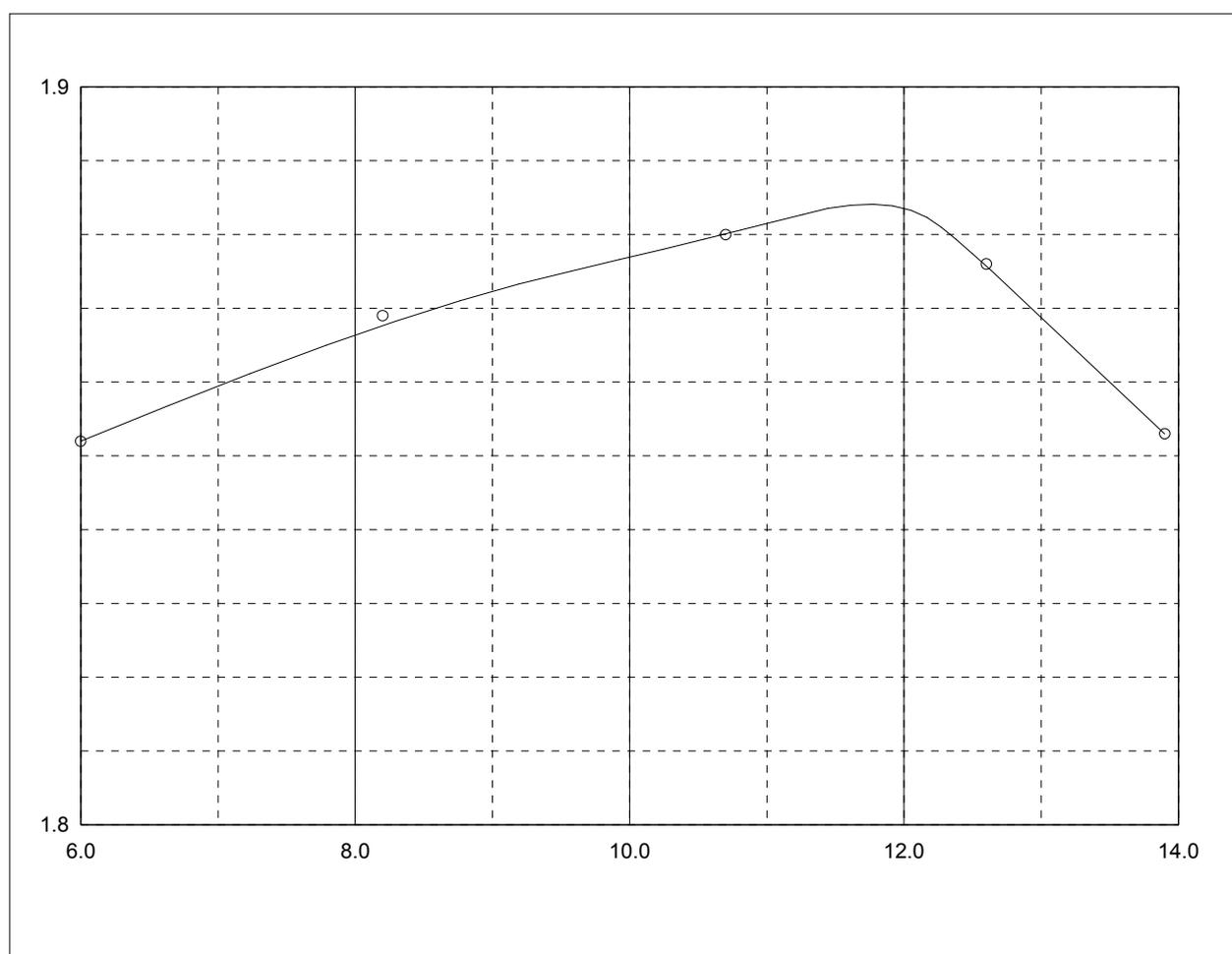
Curva de Compactação

 Procedimento : PL.09/1(2018) (*)
 Especificação - LNEC:E197(1966)

 Ensaio Tipo : Leve
 Pesado

 Molde : Pequeno
 Grande

Elementos de grão inferior a _____ mm



(*) O procedimento PL09 permite que o ensaio seja executado com 5 provetes efetuados de acordo com a especificação LNEC E197

Teor em água ótimo	Wopt = <u>11.8</u> %
Baridade seca máxima	γdmax = <u>1.88</u> g.cm ⁻³

Observações :

 Responsável do Laboratório 

 Data de emissão : **17-10-2018**

Página : de

Resultados

Procedimento da amostragem : Responsabilidade do Cliente

Tipo de Amostra : REMEXIDA

Descrição : Areia média a grosseira, silto-argilosa, com seixo fino, castanho claro.

Classificação (*) Unificada : **(SM)g** GTR : _____ Rodoviária (E 240) **A-2-7(1)**
 ASTM (D2487-00) ASTM (D3282-97)

Características Ponderais Teor em Água $w =$ _____ % Densidade das Partículas $G =$ _____ $\rho =$ _____ g/cm³
 (*) Teor em matéria orgânica = _____ % (*) Ph = _____ $\rho_d =$ _____ g/cm³
Limites de Consistência Preparação por via Seca Húmida LL = **51** % LP = **29** % (*) LR = _____ % (*) IP = **22**
Azul de Metileno (*) _____ (Expresso em gramas de azul metileno por 100g de solo seco)

Características Granulométricas Preparação por via Seca Húmida
 $\% < 2,00 \text{ mm} =$ **58** $\% < 0,420 \text{ mm} =$ **32** (*) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ ******* (*) $C_c =$ **38**
 $\% < 0,074 \text{ mm} =$ **24** EA = _____
 $\% < 0,002 \text{ mm} =$ **12**
Expansibilidade (*) _____ % Provete sujeito a uma carga de _____ g

Compacção (Proctor)	Molde	Tipo de Ensaio	γ_{dmax} (g/cm ³)	Wopt (%)
	Grande	PESADO	1.96	8.4
	Grande	LEVE	1.91	11.9

CBR	Condições de moldagem			
	Cr =			%
	Desvio =			%
	CBR =			%
Expansibilidade =				%

Coefficiente (*) Fragmentabilidade = _____ Degradabilidade = _____

Compressibilidade (*) $C_c =$ _____ $\sigma_a =$ _____ kN/m² $e_0 =$ _____ $C_v =$ _____ m²/s $K =$ _____ m/s

Resistência (*) Compressão simples : $q_u =$ _____ kPa $E_i =$ _____ kPa

 Corte directo : UU CU CD $C =$ _____ kPa $\theta =$ _____ ° $C' =$ _____ kPa $\theta' =$ _____ °
 Compressão triaxial : UU CU CD $\sigma_3 =$ _____ kN/m² $C =$ _____ kN/m² $\theta =$ _____ °
 $\sigma_1 =$ _____ kN/m² $C' =$ _____ kN/m² $\theta' =$ _____ °
 $E_i =$ _____ kN/m²
Permeabilidade (*) $K =$ _____ m/s

(*) - Os ensaios assinalados não estão incluídos no âmbito da acreditação

Observações :

Responsável do Laboratório

 Data de emissão : **17-10-2018**

Página : de

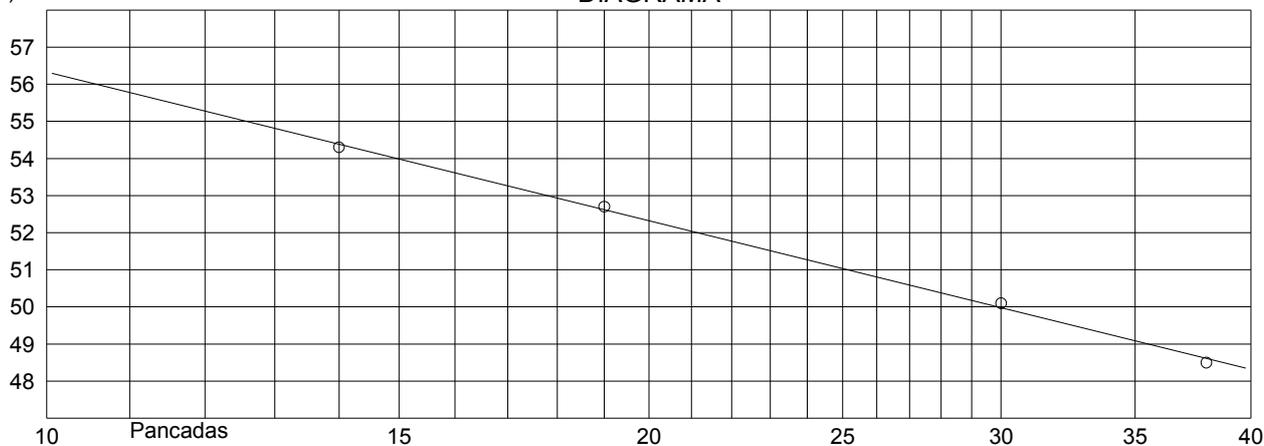
Limites de Consistência

Norma : NP-143(1969)

Cápsula	nº	Limite de Liquidez				Limite de Plasticidade			
		182	103	233	238	456	384	353	397
Massa da Amostra Húm. + Cápsula	g	16.86	15.58	15.11	15.52	14.66	17.27	17.98	15.69
Massa da Amostra Seca + Cápsula	g	13.35	12.56	12.39	12.7	12.8	15.01	15.43	13.6
Massa da Cápsula	g	6.88	6.83	6.96	6.88	6.23	7.26	6.54	6.14
Massa da Água	g	3.51	3.02	2.72	2.82	1.86	2.26	2.55	2.09
Massa da Amostra Seca	g	6.47	5.73	5.43	5.82	6.57	7.75	8.89	7.46
Teor em Água	%	54.3	52.7	50.1	48.5	28.3	29.2	28.7	28.0
Nº de Pancadas		14	19	30	38	LP (Média) = 28.6 %			

W (%)

DIAGRAMA


Limite de Retracção
 (Método não acreditado)

Cápsula	nº					Volume da Cápsula V	cm ³			
Amostra Húmida + Cápsula	g					Peso do mercurio (1)	g			
Amostra Seca + Cápsula	g					Volume do solo seco (1)/13.55 (v)				
Massa da Cápsula	g					V-v				
Massa da Água	g					A = V - v / Ps X 100				
Amostra Seca	Ps	g				Limite de retracção W-A	%			
Teor em Água	W	%				Razão de retracção Ps / v				

 LL = **51** %

 LP = **29** %

 (*) IP = **22**

(*) LR = _____ %

(*) - Parâmetro não acreditado

Observações :

 Responsável do Laboratório 

 Data de emissão : **17-10-2018**

Página : de

Análise Granulométrica

Especificação - LNEC:E196(1966) e E239(1970)

 Peso total da amostra seca : **1533.90** g

1) PENEIRAÇÃO

ELEMENTOS GROSSOS

Designação do peneiro		3 "	2 "	1 ½ "	1 "	3/4 "	3/8 "	4	10
Malha quadrada	mm	76.1	50.8	38.1	25.4	19.0	9.51	4.76	2.00
Massa do material retido	g	0.00	0.00	0.00	50.99	27.80	35.88	151.12	384.29
Massas acumuladas	g	0.00	0.00	0.00	50.99	78.79	114.67	265.79	650.08
% Acumulados		0.00	0.00	0.00	3.32	5.14	7.48	17.33	42.38
Complemento para 100%		100	100	100	97	95	93	83	58

ELEMENTOS FINOS

 Peso dos elementos finos usados na peneiração : **50.26** g

Designação do peneiro		20	40	60	140	200
Malha quadrada	mm	0.841	0.420	0.250	0.105	0.074
Massa do material retido	g	14.29	8.41	3.09	2.90	1.00
Massas acumuladas	g	14.29	22.70	25.79	28.69	29.69
% Acumulados		28.43	45.17	51.31	57.08	59.07
Complemento para 100%		71.57	54.83	48.69	42.92	40.93
% Referida à massa total		41	32	28	25	24

2) SEDIMENTAÇÃO

 Proveta nº **2**

 Densímetro nº **35** Antifloculante **100** cm³

 Peso da amostra seca Ps **50.26** g

 Densidade das Partículas G= **2.67**

 Correções : Menisco = **0.0002**
 Antifloc. = **0.0017**

$$\% \text{ de partículas} = \frac{G}{G-1} \times \frac{100}{Ps} \times (Lc-1) \times 10^3$$

Minutos (t)	Temperatura (°C)	Leitura no Densímetro	Correcção	Leit. Corrigida (Lc)	Z (cm)	$\frac{Z}{t}$	$D = \sqrt{\frac{Z}{t} \times K}$	% de Partículas	% Refer. ao Total
1	23	1.0119	-0.0009	1.0110	10.46	10.46	0.0404	34.99	20.16
2	23	1.0112	-0.0009	1.0103	10.75	5.38	0.0290	32.76	18.88
5	23	1.0108	-0.0009	1.0099	10.93	2.19	0.0185	31.49	18.15
15	23	1.0105	-0.0009	1.0096	11.06	0.74	0.0107	30.54	17.60
30	23	1.0103	-0.0009	1.0094	11.15	0.37	0.0076	29.90	17.23
60	23	1.0098	-0.0009	1.0089	11.37	0.19	0.0054	28.31	16.31
250	23	1.0084	-0.0009	1.0075	12.01	0.05	0.0027	23.86	13.75
1440	23	1.0061	-0.0009	1.0052	13.04	0.01	0.0012	16.54	9.53
2880									

Observações :

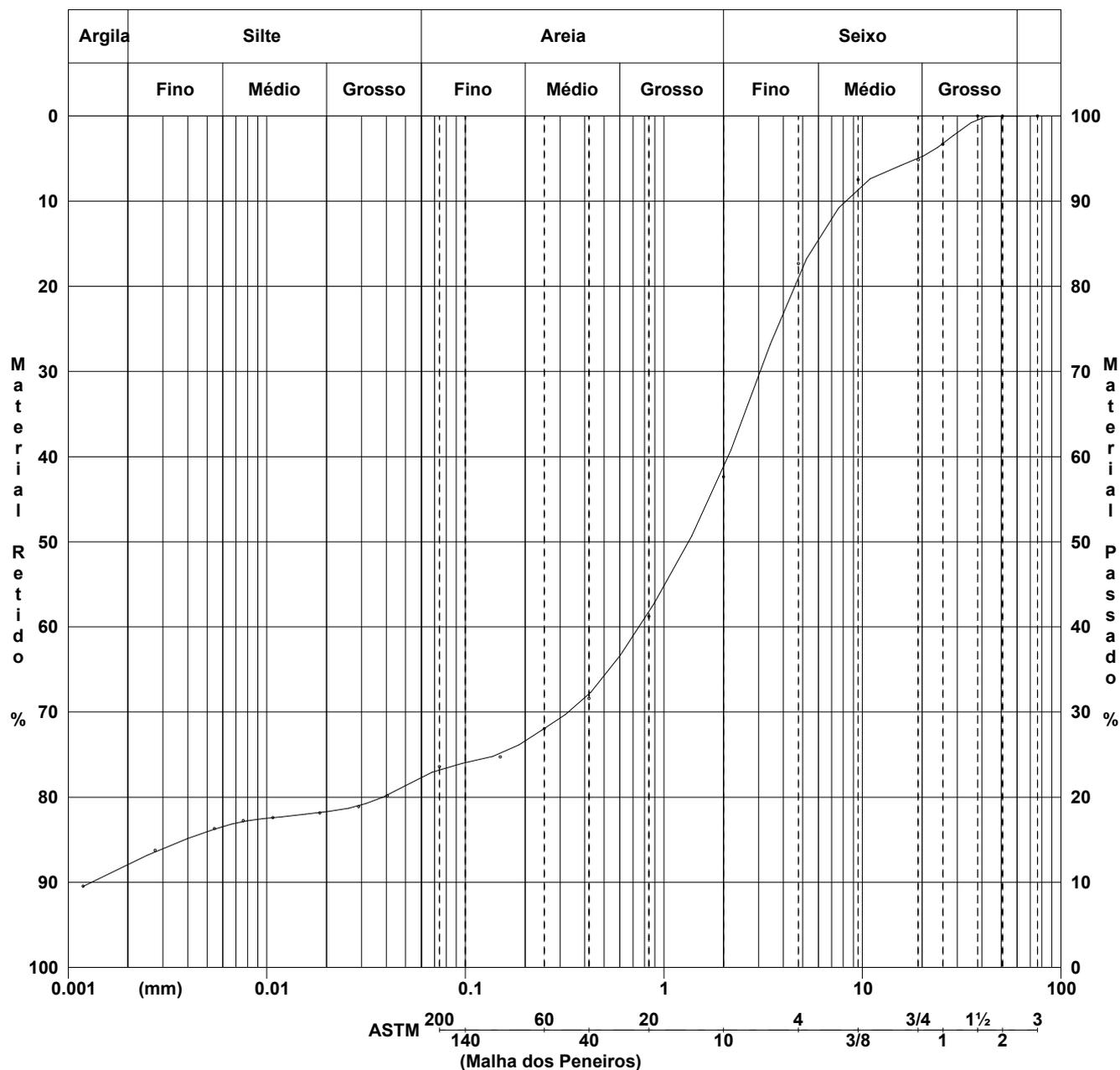
 Responsável do Laboratório 

 Data de emissão : **17-10-2018**

Página : de

Curva Granulométrica

Especificação - LNEC:E196



Observações :

Responsável do Laboratório

 Data de emissão : **17-10-2018**

Página : de

Ensaio de Compactação Proctor

 Procedimento : PL.09/1(2018) (*)
 Especificação - LNEC:E197(1966)

 Ensaio Tipo : Leve
 Pesado

 Molde : Pequeno
 Grande

Elementos de grão inferior a _____ mm

Molde	(nº)	62		50		62		50		50	
Molde + solo húmido	(g)	6602		6624		7044		6862		6805	
Solo húmido	(g)	3915		4140		4357		4378		4321	
Baridade húmida	(g.cm ⁻³)	1.908		2.007		2.123		2.122		2.095	
Cápsula	(nº)	698	671	725	795	742	823	721	743	652	735
Amostra húmida + cápsula	(g)	258.25	270.40	261.28	268.48	259.86	262.93	256.15	258.49	315.82	292.89
Amostra seca+cápsula	(g)	246.14	256.87	246.19	252.34	240.76	245.37	233.55	236.14	282.19	263.25
Massa da cápsula	(g)	81.41	79.62	77.17	89.96	74.70	90.64	77.65	76.94	79.83	80.31
Massa de água	(g)	12.11	13.53	15.09	16.14	19.10	17.56	22.60	22.35	33.63	29.64
Massa da amostra seca	(g)	164.73	177.25	169.02	162.38	166.06	154.73	155.90	159.20	202.36	182.94
Teor em água	(%)	7.4	7.6	8.9	9.9	11.5	11.3	14.5	14.0	16.6	16.2
Teor em água médio	(%)	7.5		9.4		11.4		14.3		16.4	
Baridade seca	(g.cm ⁻³)	1.775		1.834		1.906		1.857		1.800	

(*) O procedimento PL09 permite que o ensaio seja executado com 5 provetes efetuados de acordo com a especificação LNEC E197

Observações :

 Responsável do Laboratório 

 Data de emissão : **17-10-2018**

Página : de

Curva de Compactação

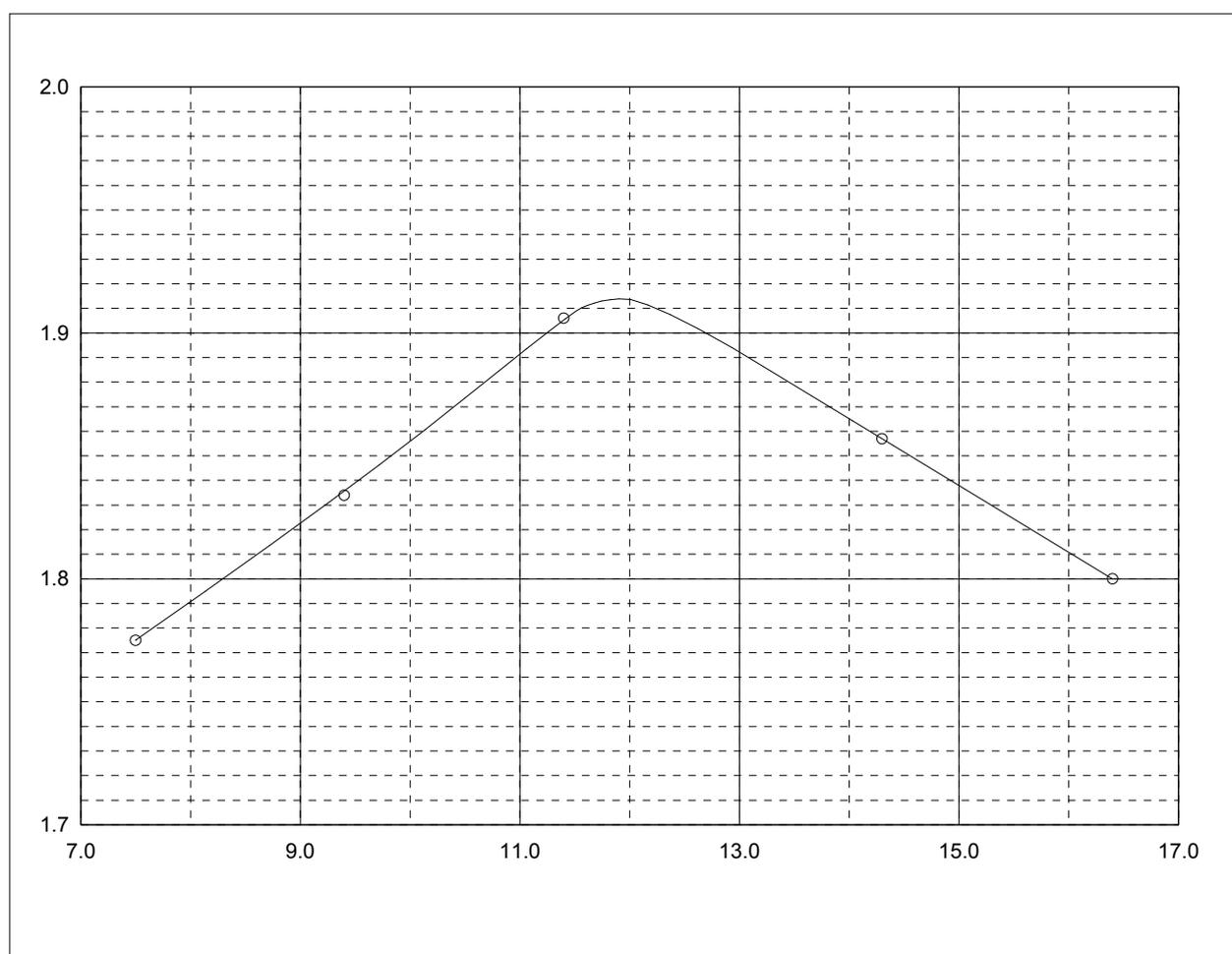
Procedimento : PL.09/1(2018) (*)
 Especificação - LNEC:E197(1966)



Ensaio Tipo : Leve
 Pesado

Molde : Pequeno
 Grande

Elementos de grão inferior a _____ mm



(*) O procedimento PL09 permite que o ensaio seja executado com 5 provetes efetuados de acordo com a especificação LNEC E197

Teor em água ótimo

Wopt = **11.9** %

Baridade seca máxima

γ_{dmax} = **1.91** g.cm⁻³

Observações :

Responsável do Laboratório 

Data de emissão : **17-10-2018**

Página : de

BARRAGEM DO VALE SERRANO

Projecto de Legalização - Verificação da Conformidade

ANEXO III

PROPOSTA DE CLASSE - Classe II

Decreto-Lei nº 21/2018

DELIMITAÇÃO DA ÁREA INUNDADA EM CASO DE ROTURA DA BARRAGEM

GES - Gabinete de Engenharia do Sôr, Lda.

Dezembro 2018

BARRAGEM DO VALE SERRANO

PROPOSTA DE CLASSE - Classe II

DELIMITAÇÃO DA ÁREA INUNDADA EM CASO DE ROTURA DA BARRAGEM

Introdução

Nos termos do art.º 58 n.º 1 do Anexo I do Decreto-Lei n.º 21/2018, a classificação da barragem dependerá da sua perigosidade e dos danos potenciais associados à área de inundação correspondente ao cenário de acidente mais desfavorável.

A barragem do Vale Serrano tem uma probabilidade de enchimento com caudais pluviais muito baixa já que o escoamento em ano médio é apenas cerca 25% da sua capacidade, e funcionará essencialmente como reservatório para caudais bombeados do exterior.

Nos termos do projecto, ao hidrograma de cheias afluente mais desfavorável corresponde um volume total de água com a mesma ordem de grandeza que a sua reserva de capacidade entre o NPA e o coroamento, não sendo assim facilmente admissível um cenário de galgamento da barragem, mesmo considerando a total obstrução do seu descarregador de cheias.

A perigosidade da barragem é definida como

$$X = H^2 \cdot \sqrt{V} = 18,85 \cdot \sqrt{0,931} = 342,90$$

Nos termos do n.º 5 do Anexo I, será proposta para a barragem a **classe II** uma vez que não existe na zona delimitada qualquer edificação fixa com carácter residencial permanente ($Y=0$), e não são previstos danos potenciais importantes sobre as infraestruturas, instalações e bens ambientais existentes, mesmo no cenário de acidente mais desfavorável e independentemente da sua reduzida probabilidade de ocorrência. Para definir as afectações que lhe são associáveis há que delimitar a área de inundação provocada pela eventual rotura da barragem, no cenário mais desfavorável, normalmente considerado o de uma rotura por galgamento do corpo da barragem.

Para definir as afectações que lhe são associáveis há que delimitar a área de inundação provocada pela eventual rotura da barragem, no cenário mais desfavorável, normalmente considerado o de uma rotura por galgamento do corpo da barragem, apesar da sua elevada improbabilidade.

Área inundada em caso de colapso da barragem

Dado o valor da perigosidade da barragem X, recorre-se a um modelo de simulação por recurso ao programa HEC-RAS 5.0.4 disponibilizado pelo “US Army Corps of Engineers”, tendo sido definido como limite a confluência com o vale do rio Ponsul, a cerca de 5,4 km da barragem.

Dado o reduzido valor do escoamento calculado e porque não tem efeitos sobre a situação na EN 354, onde se identificam as principais afectações, não foi considerado, à segurança, o efeito de absorção de caudais por dois ribeiros afluentes, o ribeiro da Presa e o ribeiro da Rabaça.

Rotura da barragem do Vale Serrano

Foi considerado que a albufeira se encontra à cota do coroamento da barragem, ocorrendo nesse momento um caudal de $5 \text{ m}^3/\text{s}$, cerca de $1/3$ do caudal máximo afluente para um período de retorno de 1000 anos, dando o galgamento da barragem origem abertura de uma brecha total caracterizada pelos seguintes parâmetros¹,

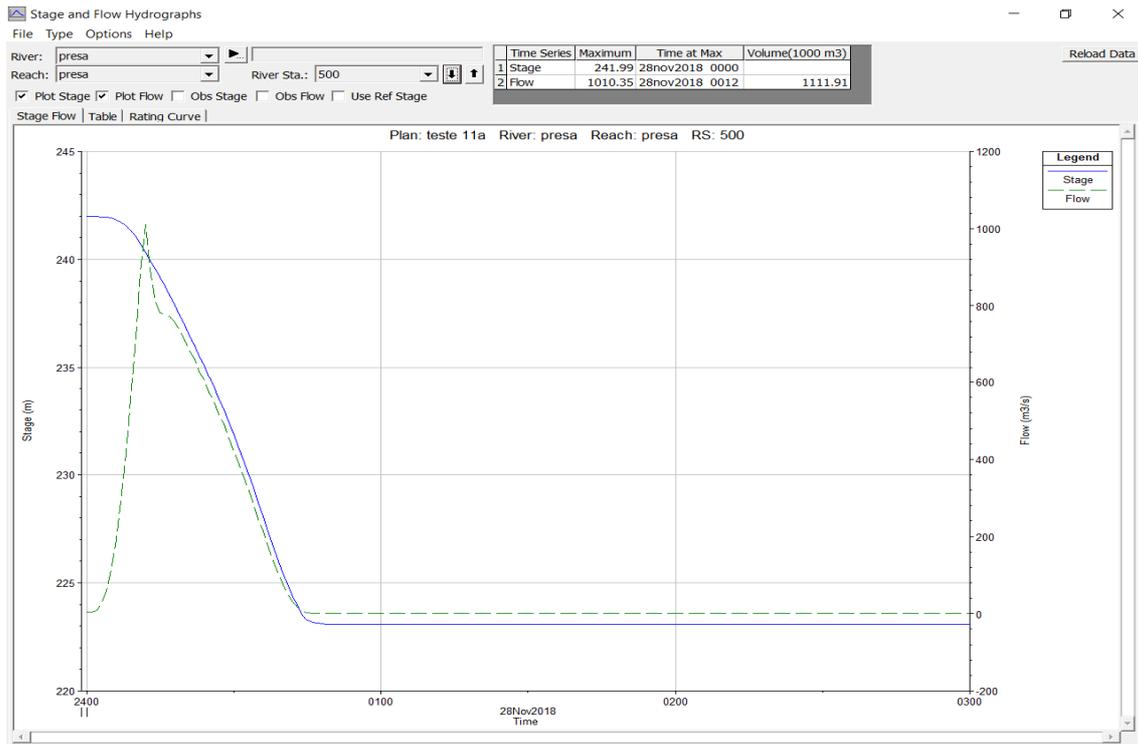
Largura da base da brecha - 11 m

Inclinação dos taludes da brecha (H/V) - 1,4/1

Tempo de rotura - 0,29 horas

O caudal máximo descarregado é da ordem dos $1010 \text{ m}^3/\text{s}$ e a altura do galgamento ronda os 0,10 m, conforme representado na figura seguinte:

¹ Froelich, 1995



Caracterização sumária da área estudada

A modulação geométrica das áreas de inundação foi realizada com recurso às cartas militares nº 281 e 282 à escala 1/25.000 com curvas de nível equidistantes de 10 metros, de acordo com o apresentado no quadro da página seguinte.

Trata-se de uma área de utilização essencialmente agrícola, havendo a destacar a existência das seguintes infraestruturas:

- A cerca de 600 metros a jusante da barragem, a linha de água é cruzada pelo canal de rega da barragem de Idanha-a-Nova;
- Cerca de 200 metros mais a jusante pela estrada nacional nº 353, ligando Idanha-a-Nova a Zebreira;
- Uma ponte na EN 354, ligando Idanha-a-Nova a Ladoeiro, junto à “Quinta dos Serviços Florestais”, a cerca de 4,9 km da barragem.

Foi considerado a influência das infraestruturas nas duas estradas sobre o escoamento, sendo caracterizados os respectivos galgamentos.

BARRAGEM DO VALE SERRANO

Secções transversais

secção n°	cota do talvegue	distância									
		distância à barragem	à secção jusante	largura inicial	cota 1	dist 1	cota 2	dist 2	cota 3	dist 3	
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
	510,0	223,25	-20	20	10	230	74	240	122	250	201
barragem VS	500,0	223,05	0	40	10	230	74	240	122	250	201
	495,0	222,50	40	132	10	230	74	240	122	250	201
	490,0	218,00	172	122	10	220	62	230	131	240	172
	485,0	216,20	294	85	10	220	83	230	172	240	0
	480,0	215,00	379	53	10	220	83	230	168	240	264
	477,0	214,50	432	124	10	220	83	230	166	240	0
	475,0	213,00	556	179	10	220	133	230	258	240	0
	470,0	211,00	735	67	10	220	364	230	454	240	0
EN 353	462,0	211,00	802	18	10	220	110	230	312	240	0
EN 353	460,0	209,20	820	232	10	210	110	220	312	230	0
	455,0	205,70	1052	216	10	210	130	220	250	230	0
	450,0	201,20	1268	305	12	210	201	220	420	230	0
	445,0	197,50	1573	376	12	200	127	210	271	220	0
	440,0	194,20	1949	359	12	200	134	210	311	220	0
	435,0	190,90	2308	455	12	200	343	210	542	220	0
	430,0	187,40	2763	531	12	190	160	200	384	210	562
	420,0	183,50	3294	744	12	190	231	200	434	210	0
	410,0	178,70	4038	696	12	180	85	190	339	200	0
	405,0	177,80	4734	185	12	180	310	190	0	200	0
ponte SF	400,0	176,90	4919	8	12	180	382	190	793	200	0
	398,0	176,90	4927	370	12	180	382	190	793	200	0
	395,0	176,40	5297	144	12	180	376	190	0	200	0
	390,0	175,90	5441	5441	12	180	413	190	656	200	0

Estrada nº 353

Sensivelmente nas coordenadas 39° 53' 06" N e 07° 12' 14" O, esta estrada assenta em aterro com cerca de 7 metros de altura com um pequeno aqueduto na sua base constituído por duas secções rectangulares com 1x1 metros de secção cerca de 15 metros de comprimento, correspondente à da base dos taludes do aterro.

A montante, e a cota cerca de 4 metros abaixo, corre o canal de rega da barragem de Idanha-a-Nova, fazendo aumentar significativamente a capacidade de vazão sob a estrada, através de passagem sobre uma ponte localizada cerca de 280 metros a SE da linha de água, já fora do aterro, e por desvio lateral a NW para pequeno vale com ligação à ribeira a jusante.

A possibilidade e o valor do eventual galgamento desta estrada são afectados positivamente pela existência desta infraestrutura, como adiante se refere.

Estrada nº 354

A ponte, localizada sensivelmente nas coordenadas 39° 53' 35" N e 07° 14' 25" O, é uma pequena ponte com uma extensão da ordem dos 12 metros, com cerca de 3,10 metros de altura entre o tabuleiro e o talvegue, com três vãos rectangulares com 3,40 metros de largura e 2,55 metros de altura cada.

A linha de água corre nesta zona em escavação de perfil trapezoidal com dimensões idênticas às referidas, e a estrada tem um plano praticamente horizontal em extensão considerável a norte e a sul da ponte, da ordem dos 400 metros no total.

Resultados Globais da Simulação

A inundação do vale no cenário considerado, sem considerar o escoamento pelo canal de rega, será expressa pelos parâmetros apresentados no quadro seguinte:

Profile Output Table - quadro 1

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Vale Serrano 5 River: presa Reach: presa Profile: Max WS													
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl	Max Chl Dpth (m)
presa	510	Max WS	5.00	223.25	241.99		241.99	0.000000	0.00	1521.56	137.70	0.00	18.74
presa	500	Max WS	5.00	223.05	241.99	223.33	241.99	0.000000	0.00	1529.97	137.70	0.00	18.94
presa	499	Inl Struct											
presa	495	Max WS	893.52	222.50	239.56		239.59	0.000037	1.01	1241.53	119.88	0.08	17.06
presa	490	Max WS	850.01	218.00	221.30	221.58	222.86	0.015362	6.86	158.22	70.95	1.21	3.30
presa	485	Max WS	786.82	216.20	220.90		221.44	0.003651	4.24	255.29	91.04	0.62	4.70
presa	480	Max WS	783.01	215.00	220.80		221.19	0.002026	3.63	301.49	89.79	0.48	5.80
presa	477	Max WS	739.45	214.50	219.57		220.23	0.004071	4.71	220.98	77.24	0.67	5.07
presa	475	Max WS	763.16	213.00	217.45		218.16	0.005420	4.98	218.08	88.11	0.75	4.45
presa	470	Max WS	762.58	211.00	217.66		217.70	0.000196	1.24	939.05	271.98	0.15	6.66
presa	462	Max WS	762.44	209.20	217.67	211.25	217.69	0.000042	0.67	1486.57	264.99	0.07	8.47
presa	461	Inl Struct											
presa	460	Max WS	748.66	209.20	211.71		212.12	0.005585	3.45	265.79	144.56	0.70	2.51
presa	455	Max WS	741.47	205.70	209.53		210.07	0.005284	4.45	242.61	116.80	0.73	3.83
presa	450	Max WS	784.24	201.20	204.48	204.86	206.00	0.016194	7.02	154.61	82.37	1.24	3.28
presa	445	Max WS	769.77	197.50	200.72		201.17	0.005165	3.92	268.57	137.33	0.70	3.22
presa	440	Max WS	730.98	194.20	197.47	197.77	198.85	0.014618	6.66	151.59	80.75	1.18	3.27
presa	435	Max WS	724.43	190.90	194.00		194.68	0.008626	4.93	211.49	124.62	0.90	3.10
presa	430	Max WS	706.84	187.40	190.21		190.63	0.006345	3.96	257.11	164.62	0.76	2.81
presa	420	Max WS	672.63	183.50	186.70		187.29	0.007092	4.57	211.10	119.87	0.82	3.20
presa	410	Max WS	622.03	178.70	182.08		182.32	0.002493	2.81	295.25	137.91	0.49	3.38
presa	405	Max WS	462.23	177.80	181.01		181.04	0.000274	0.90	668.66	310.00	0.16	3.21
presa	400	Max WS	452.63	176.90	180.73		180.96	0.002928	3.31	327.00	412.00	0.54	3.83
presa	399	Culvert											
presa	398	Max WS	427.91	176.90	179.70	180.67	187.95	0.065410	12.72	33.65	346.74	2.42	2.80
presa	395	Max WS	396.90	176.40	178.52		178.66	0.003246	2.35	252.98	226.50	0.52	2.12
presa	390	Max WS	395.06	175.90	178.07	177.50	178.20	0.003044	2.31	256.09	224.14	0.50	2.17

Verifica-se que a altura máxima do escoamento nestas secções (461 e 399)   de respectivamente 8,42 e 3,78 metros, com caudais máximos da ordem dos 726 e 416 m³/s.

Na estrada n  353, a montante, com tabuleiro   cota 216,00, é previsto um galgamento da ordem de 1,67 metros, e sobre a ponte da estrada n  354, com tabuleiro   cota 180,00, o galgamento terá cerca de 0,73 metros de altura.

A cota inferior   do tabuleiro da estrada e consequentemente do NMC da onda de cheia, encontra-se a montante um troço do canal de rega que será temporariamente submerso, sem sofrer o efeito de escoamentos com velocidade referenci vel.

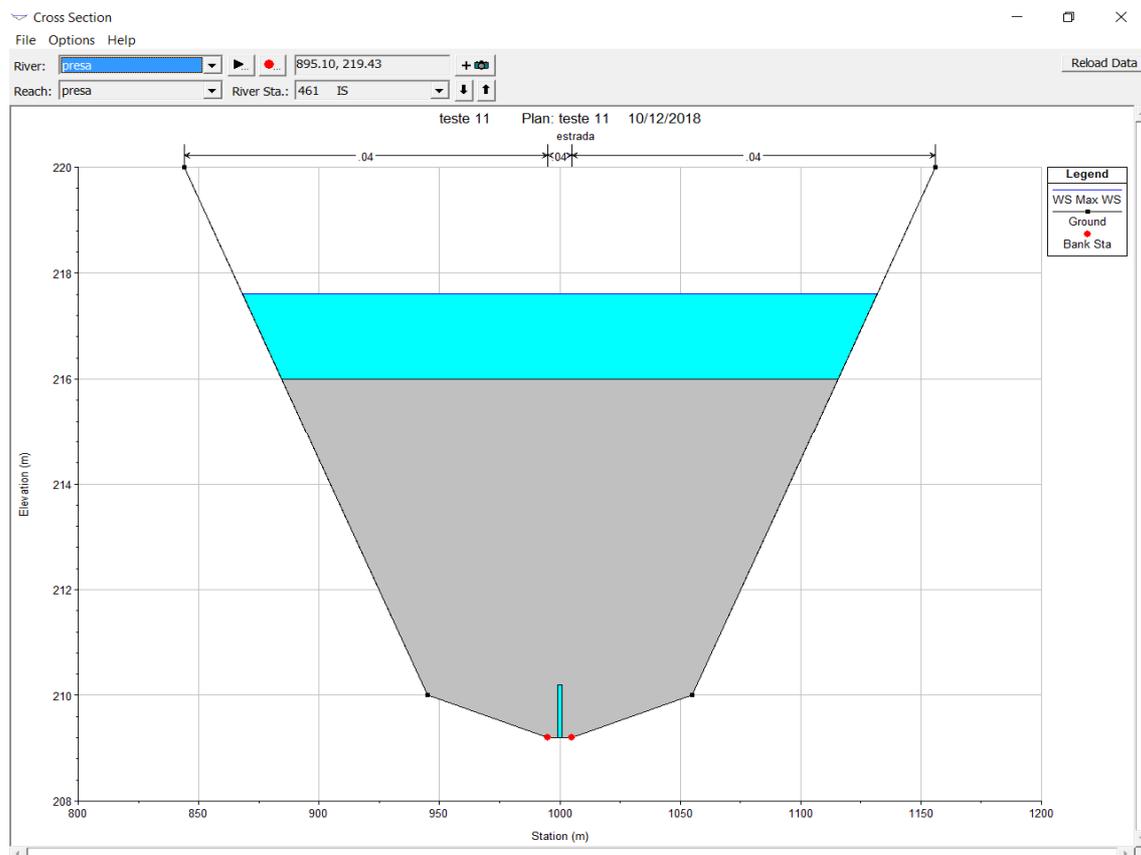
O galgamento directo sobre a estrada será confinado a uma largura da ordem dos 200 metros, ocorrendo porém escoamento ao longo do seu perfil no sentido NW, em direcção a N  S  da Graça, num troço com extensão da ordem dos 150 metros em que a estrada implantada em escavação abaixo do terreno natural, constituindo um canal de fuga para parte dos caudais de inundação, o mesmo se passando no troço que lhe é sensivelmente paralelo do canal de rega.

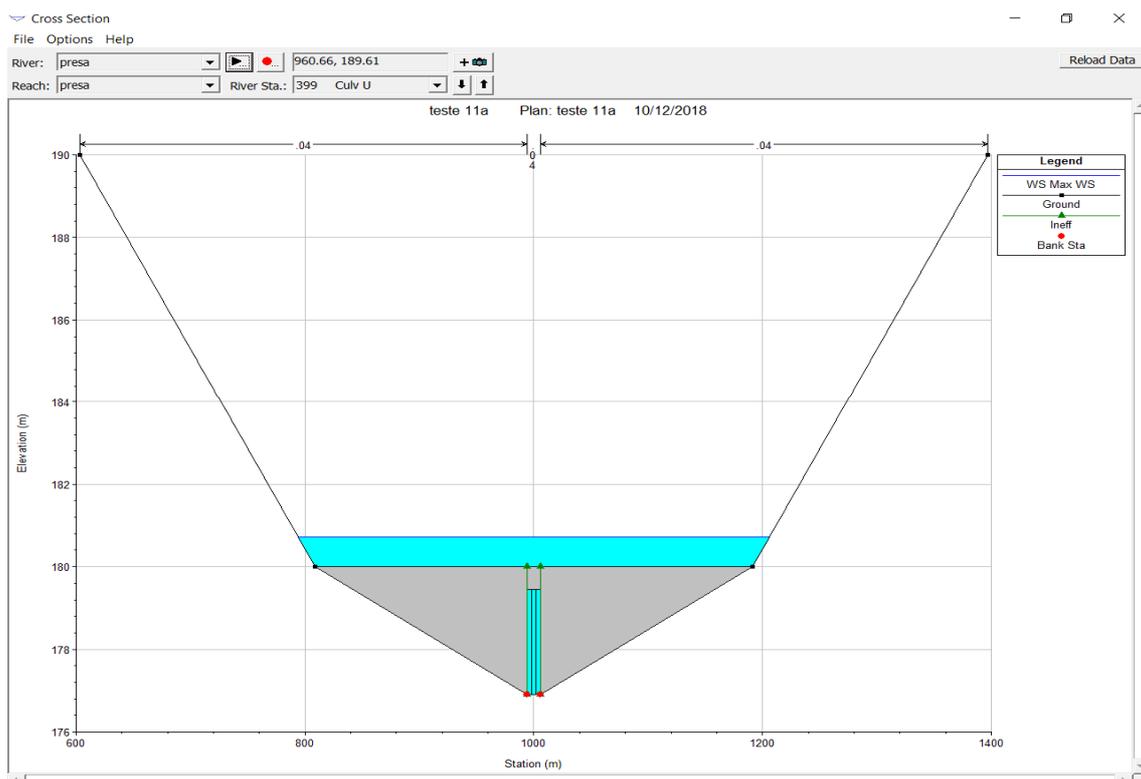
Estes caudais descarregarão durante um período de tempo reduzido para um pequeno vale lateral juntando-se à onda de cheia principal cerca de 450 metros a jusante da estrada.

Da mesma forma, algum escoamento será desviado pela passagem SE do canal de rega, também para pequeno vale lateral convergindo com a linha de água principal logo a jusante da estrada.

Foi verificada de forma sucinta a influência destas passagens de caudal sobre o NMC da cheia sobre a estrada, concluindo-se que terão o efeito de fazer reduzir em cerca de 0,20 metros o valor do galgamento, que terá, portanto, um valor da ordem dos 1,50 metros.

Nos gráficos seguintes explicitam-se estas situações:

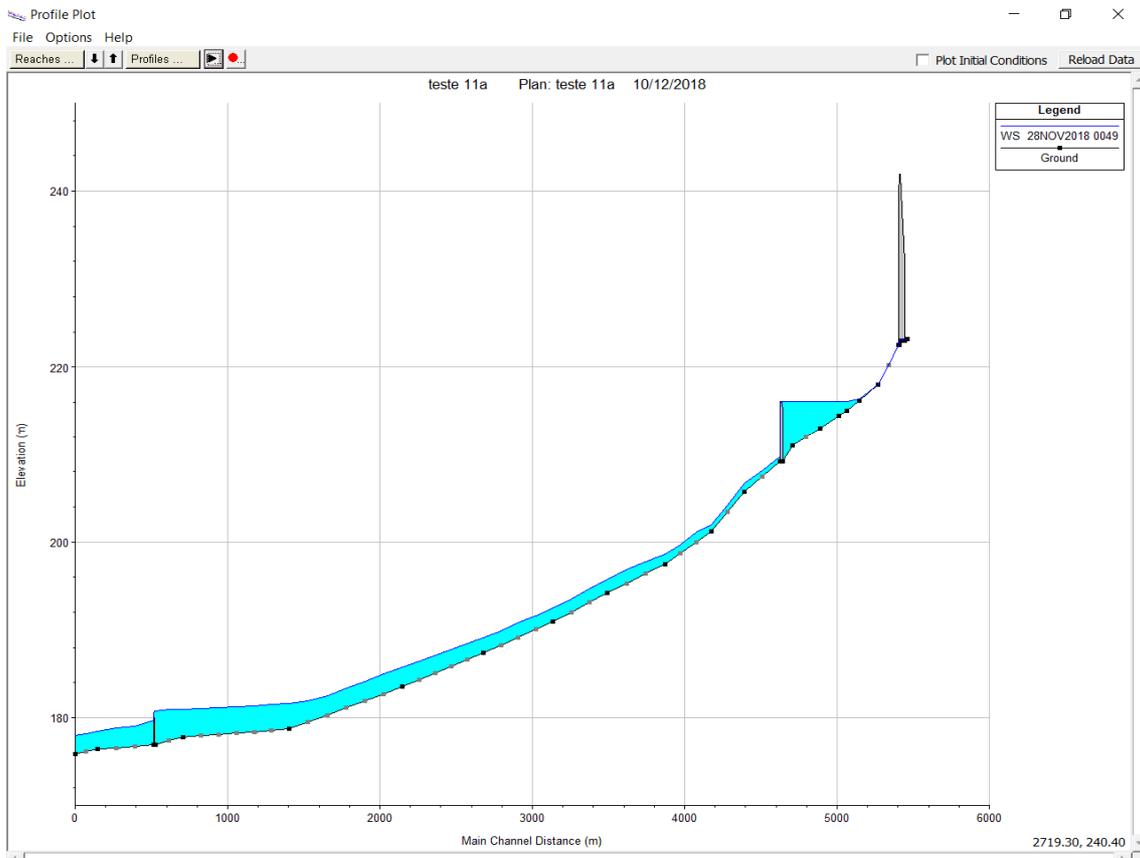
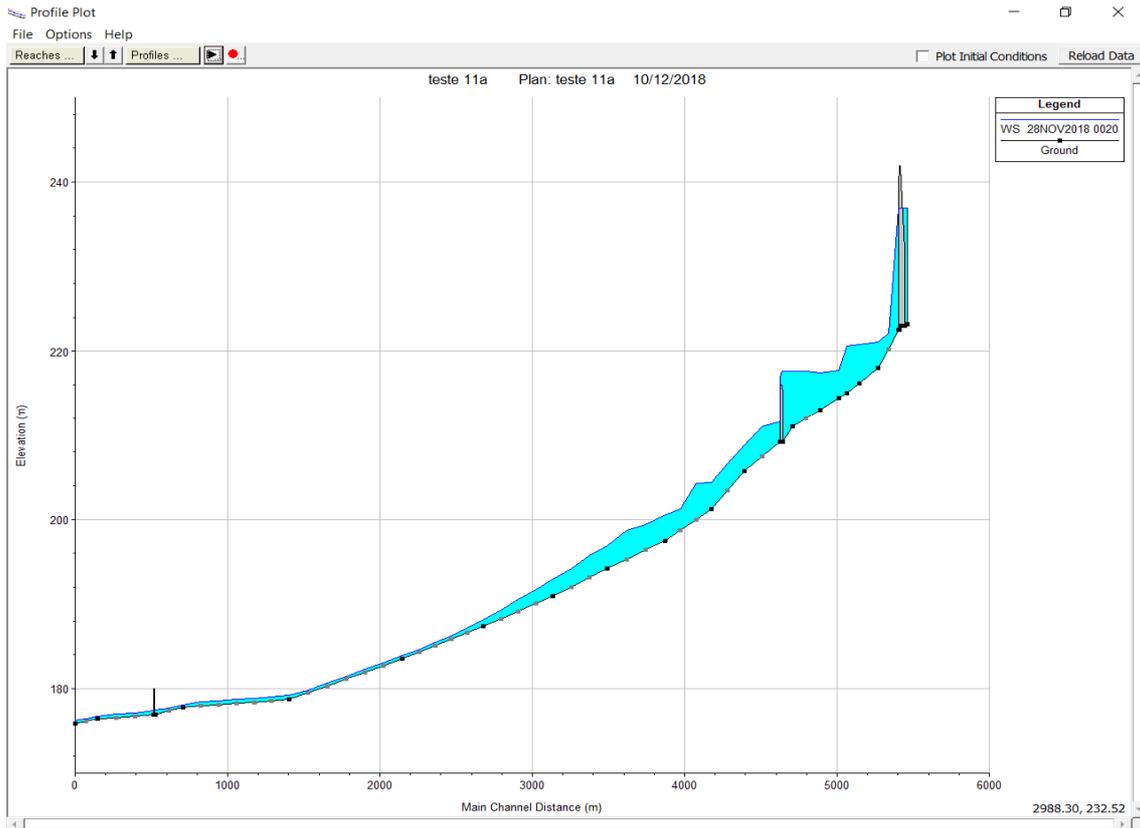




Em horas, os tempos de ocorrência do início do galgamento e do seu pico de altura máxima, relativamente ao início da rotura da barragem, e a duração total destes galgamentos são aproximadamente:

	secção	início	máximo	fim	duração
EN 353	461	0,11	0,20	0,54	0,43
EN 354	399	0,38	0,49	1,20	0,82

Os gráficos seguintes mostram, em perfil longitudinal do vale, os momentos destes galgamentos



Residências Existentes

Por análise da carta militar e de fotografia aérea, concluiu-se que não existem habitações permanentes nesta área.

Conclusões

Não há afectação de qualquer habitação residencial permanente ($Y=0$).

Considera-se que o galgamento da ponte na EN 354 com uma altura máxima de cerca de 0,70 metros e uma duração total de cerca de 48 minutos não provocará danos significativos, dada a solidez desta estrutura.

Da mesma forma, a submersão com reduzidas velocidades de escoamento do canal de rega junto à EN 353 não produzirá danos referenciáveis, o mesmo ocorrendo nos momentos de fluxo e refluxo, já que se trata de uma estrutura hidráulica desenhada precisamente com a função de transporte de água.

Ao contrário, o galgamento da EN 353 embora durando apenas cerca de 25 minutos, por ter uma altura máxima da ordem dos 1,50 metros ocorrendo basicamente sobre uma estrutura em aterro, tem elevado potencial para provocar a sua destruição parcial por descalçamento por jusante.

Proposta de Classe

Neste contexto, nos termos do nº 5 do Anexo do Decreto-Lei nº 21/2018, e independentemente da probabilidade de ocorrência da rotura considerada, considerando a possibilidade de afectação de uma estrada nacional sobre um aterro de considerável altura, propõe-se a atribuição a esta barragem da **Classe II**.

O técnico
Eng. Falcão Estrada
Dezembro 2018

ANEXO IV
BARRAGEM DO VALE SERRANO

PROPOSTA DE PLANO DE OBSERVAÇÃO

Introdução

A barragem do Vale Serrano terá uma capacidade em NPA de 931.238 m³ e uma altura máxima de 18,85 metros, enquadrando-se no Regulamento de Segurança de Barragens, Decreto Lei nº 21/2018.

Objectivos do Plano de Observação

O plano de observação proposto tem por objectivo a prevenção da ocorrência de acidentes de galgamento da barragem e de erosão interna no seu corpo, podendo levar à sua rotura e consequente afectação de valores existentes a jusante.

A rotura por galgamento com abertura de brecha total é extremamente improvável mesmo em cenário de total obstrução do seu descarregador de cheias dada a reduzida probabilidade de enchimento da albufeira com caudais pluviais, funcionando essencialmente como reservatório para armazenamento de caudais provenientes do exterior da sua bacia hidrográfica.

A rotura por erosão interna originada por percolação através do aterro é mais provável apesar de vir a barragem a dispor de sistema de filtragem interno e de ter a sua conduta de fundo executada em PVC totalmente revestido a betão armado.

Grandezas a observar

A definição das grandezas a observar é função do cálculo dos factores de apreciação das suas condições de risco nos termos do Quadro I do Anexo das Normas de Observação e Inspeção de Barragens (Portaria 847/93) é apresentado no quadro seguinte:

QUADRO I - FACTORES DE APRECIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE RISCO

i	α			
1	3	Sismicidade	Baixa (0,1g<a<0,2g)	
2	2	Escorregamento dos taludes	Baixa	
3	3	Cheias superiores à do projecto	Muito Baixa (barragens de aterro)	
4	1	Gestão da albufeira	Plurianual, anual ou sazonal	
5	1	Acções agressivas	Mínimas	E = 2
6	1	Dimensionamento estrutural	Adequado	
7	3	Fundações	Aceitáveis	
8	1	Órgãos de descarga	Fiáveis	
9	3	Manutenção	Satisfatória	F = 2
10	2	Volume da albufeira	<1.000.000 m ³	
11	2	Instalações a jusante	Áreas isoladas. Agricultura	R = 2
				ag = 8

Para estes factores, define-se neste caso, para além das observações visuais, a necessidade de controlar caudais e tensões neutras, ambas para controle das possibilidades de ocorrência de erosão no interior do aterro ou pela sua fundação, tendo a barragem sido dimensionada com os equipamentos necessários ao controle destas grandezas, piezómetros e medidor de caudal à saída do filtro de pé.

Propõe-se, portanto, que o controle da segurança desta barragem seja suportado em inspecções visuais, e controle destes parâmetros.

Periodicidade das observações

Nos termos da legislação, para qualquer destas grandezas e para as inspecções visuais, são recomendadas periodicidades mensais nas fases de primeiro enchimento ou esvaziamento rápido, para além dos seus momentos inicial e final, e, para a fase posterior ao primeiro enchimento,

- Semestrais - para barragens de altura máxima inferior a 15 metros;
- Trimestrais - para barragens até 30 metros de altura.

Estas recomendações são genéricas e idênticas para barragens de aterro e para barragens de betão, e não se encontram relacionadas com a importância da obra, o seu grau de risco, ou o seu regime de exploração, entre outras.

A barragem do Vale Serrano é uma obra de reduzido grau de risco e com um regime de exploração anual.

Destinando-se a rega e tendo uma reduzida probabilidade de enchimento com caudais pluviais directos, encontra-se vazia ou com reduzido volume de água armazenado durante grande parte do ano, facto que por si só permite concluir que observações com periodicidades semestrais ou trimestrais são inadequadas para a observação das grandezas a observar para controle da segurança da barragem.

Será, portanto, proposta periodicidade adaptada ao calendário funcional da obra e ao regime de precipitações de cada ano, necessariamente dinâmica, pretendendo-se basicamente conseguir que exista bastante água na albufeira na data das visitas, evitando observações inúteis, independentemente da altura da barragem.

No presente caso os níveis de água na albufeira dependerão igualmente do regime de bombagem do exterior.

A barragem é, entretanto, objecto de observação permanente por parte do proprietário e funcionários da exploração.

Proposta de Plano de Observação

Deverão assim, por razões de eficácia das observações, ser definidos uma periodicidade e um calendário adaptados ao efectivo nível da albufeira.

Considerando-se que a barragem apresenta reduzido potencial de risco, propõe-se a realização de **uma vistoria inicial** logo que o nível da albufeira ultrapasse uma altura da ordem dos 12 metros, seguida de **vistorias anuais**, a realizar logo que a albufeira atinja o seu NPA ou nível próximo, de forma a melhor poder avaliar eventuais percolações pelo seu corpo e, no mesmo momento, as condições de funcionamento do descarregador de cheias. Inspeções especiais poderão ser realizadas perante ocorrências excepcionais, como a ocorrência de elevados caudais de cheia ou de sinais de mau comportamento do aterro, na sequência de alerta do proprietário.

Para além dos aspectos gerais relativos à manutenção e conservação da obra, propõe-se que as inspecções a realizar incidam essencialmente na observação de eventuais ocorrências com importância para a segurança da obra, com destaque para os riscos de rotura por galgamento ou por erosão interna, e ainda no controle da funcionalidade da conduta de fundo da barragem e seu filtro de pé, que de acordo com o seu projecto de execução se assume existir.

Em todas estas vistorias deverão ser recolhidos os dados fornecidos pelo sistema de monitorização referido.

Propõe-se assim o seguinte plano de observação:

- 1 - Controle da capacidade de vazão do descarregador de cheias, designadamente pela verificação da inexistência de obstruções ao normal afluxo e descarga de caudais;
- 2 - Controle da manutenção da folga entre o NPA e a cota mais baixa do coroamento da barragem, pela verificação de eventuais abatimentos ou assentamentos no corpo da barragem, com recurso se necessário a medições por topografia ou outro meio adequado;
- 3 - Observação de sinais de eventual percolação pelo corpo da barragem, no talude jusante e sua base, e controle dos caudais descarregados pelo filtro de pé, incluindo medição e registo dos mesmos para controle e comparação futura se os seus valores forem significativos;
- 4 - Ensaio da abertura / fecho da conduta de fundo e controle do estado de acesso e funcionalidade das respectivas válvulas de comando;
- 5 - Observação do estado geral da obra, com destaque para a protecção do seu coroamento e taludes face à acção erosiva da ondulação na albufeira e dos escoamentos pluviais, bem como ao controle do crescimento excessivo do seu recobrimento vegetal.

O Técnico

Eng. Falcão Estrada

Dezembro 2018

ANEXO V
BARRAGEM DO VALE SERRANO
REGRAS DE EXPLORAÇÃO
CONTROLE DE SEGURANÇA EM BARRAGENS DE ATERRO

No presente documento é apresentado um conjunto de regras e recomendações para a observação e exploração da barragem, bem como a sua fundamentação, destinadas a controlar a sua segurança estrutural, hidráulico-operacional e ambiental.

1 - SEGURANÇA E OPERAÇÃO

Os principais riscos da obra são a eventualidade do galgamento do seu paredão por cheias anormais e a erosão interna do seu aterro, por excesso de percolação interna ou avaria da sua conduta de fundo, bem como a ocorrência de danos sobre os seus taludes decorrentes de precipitações directas de maior intensidade, qualquer deles podendo levar à rotura da estrutura.

A médio prazo o crescimento arbóreo sobre os taludes poderá produzir danos no interior do aterro pelo seu enraizamento.

a) Controle da segurança relativamente ao eventual galgamento da barragem

- verificar que a folga efectiva entre a soleira do descarregador e o ponto de cota mais baixa do coroamento não é inferior ao definido no projecto de execução ou de verificação;
- verificar permanentemente que se mantém a capacidade de vazão do descarregador, pela inexistência de obstruções de qualquer tipo na zona da soleira descarregadora e do canal de chegada.

b) Controle de segurança relativamente a uma eventual rotura por erosão interna no corpo da barragem:

- ensaio da conduta de fundo, no primeiro ano e em plena carga:
 - verificação do bom funcionamento da coluna de arejamento na fase de esvaziamento da conduta (guilhotina fechada a montante, abertura gradual da válvula de jusante);
 - verificação do bom funcionamento da coluna de arejamento na fase de enchimento da conduta (válvula fechada a jusante, abertura gradual da guilhotina a montante);
 - verificação do bom funcionamento de qualquer das válvulas (qualquer uma deve por si só vedar plenamente a conduta);
- observação do eventual aparecimento de humidade ou ressurgências no talude jusante;
- controle dos caudais descarregados pelo filtro de pé e sua comparação com os valores observados em anos anteriores em condições análogas;

c) Situações de esvaziamento rápido da albufeira

- Deverão ser evitados esvaziamentos muito bruscos da albufeira, com valor superior a 15/20 cm por dia, dado o seu potencial para instabilizar o talude montante da barragem.

d) Observações gerais

- controle do crescimento da vegetação em todo o corpo da barragem;
- controle da erosão pluvial sobre o corpo da barragem;
- observação de eventuais abatimentos ou deslizamentos no corpo da barragem.

Os riscos controláveis neste tipo de obras resumem-se à eventualidade do seu galgamento, seguido provavelmente de rotura, por uma onda de cheia superior à sua capacidade de encaixe e descarga; e ao risco de rotura, mais gradual, na sequência de um processo de erosão interna do aterro.

Para controle do risco de galgamento há que garantir que o descarregador de cheias mantenha a capacidade de vazão com que foi projectado, que se define pela sua largura e folga vertical até ao ponto mais baixo do coroamento. Para além da necessidade de garantir que não existe qualquer obstrução nas áreas da soleira descarregadora e canais de chegada e descarga, ocorrendo normalmente por crescimento de arbustos ou acumulação de detritos, haverá que garantir que não ocorrem abatimentos excessivos em qualquer local do aterro, que provoquem a redução da folga disponível. A eventualidade desta ocorrência é maior nos primeiros anos da obra sobretudo num cenário de má compactação dos solos na fase de construção. Recomenda-se assim a sua verificação logo que ocorra o pleno enchimento da albufeira, servindo o plano definido pela água para facilitar as medições ao longo do perfil transversal da barragem, e devendo garantir-se que a folga existente é sempre igual ou superior ao definido para esta barragem.

A redução da folga referida pode ainda resultar do desgaste de uma ou várias secções do aterro, por efeitos da circulação continuada de gado ou por erosão pluvial, casos facilmente identificáveis por observação directa, devendo, portanto, a medição da folga ser especialmente cuidada nestes locais.

A erosão interna do aterro tende a ocorrer apenas caso tenha existido uma má selecção ou compactação do tipo de solos utilizados na fase de construção, ou de uma rotura, total ou parcial, da conduta de fundo, caso esta se encontre em carga, portanto com a válvula de montante aberta e a de jusante fechada ou aberta, situação habitual nos períodos de rega em que esta conduta é utilizada para o efeito.

O aparecimento de ressurgências ou humidade no talude jusante, por vezes manifestando-se indirectamente através do maior desenvolvimento da vegetação ali existente, representa normalmente um forte indicio deste risco. A sua ocorrência é detectada mais facilmente nas fases de pleno enchimento da albufeira, que correspondem assim aos períodos ideais para a inspecção, exceptuando-se os casos de colapso da conduta de fundo, que ocorrem normalmente na fase de utilização, dados os esforços introduzidos por variações bruscas de pressão da água e eventualmente do ar na conduta.

Caso a infiltração através do aterro seja de reduzido valor, estes caudais são em princípio recolhidos pelo filtro de pé da barragem, reduzindo-se muito o risco de erosão interna. Este é, portanto, um órgão de segurança essencial que precisa de ser observado e conservado. A observação dos caudais descarregados pelo filtro de pé, na fase do primeiro enchimento, deverá ser tomada como uma característica da barragem, repetindo-se tendencialmente em condições análogas, de tal forma que um aumento ou redução deste valor poderá ser indicativo de problemas (dependendo do tipo de solos utilizados no aterro

a percolação terá tendência para aumentar ou reduzir um pouco nos primeiros anos, por colmatação de fendas em terrenos argilosos ou sua abertura em terrenos mais arenosos).

O filtro de pé da barragem encontra-se de preferência seccionado por forma a possibilitar a observação dos caudais drenados por cada lado da barragem, independentemente. Perante a constatação da redução do caudal normalmente escoado por qualquer um deles, em condições de pleno enchimento, deverá admitir-se a possibilidade de desenvolvimento de um processo de obstrução interna dos filtros por raízes de arbustos, em resultado de falta de cuidado com o controle da vegetação na base do talude jusante. Trata-se de uma situação de risco, a que normalmente se associa um aumento das ressurgências no talude, desencadeando um processo de maior crescimento vegetal e aumento da obstrução até ao seu entupimento total. É assim imperativa a observação anual destes parâmetros, a par com o controle da vegetação. Caso não exista um controle adequado desta situação poderá ser necessário proceder ao seu desentupimento por recurso a equipamento adequado ou à construção de um novo filtro, caso aquele procedimento não resulte.

Os riscos associados a roturas na conduta de fundo resultam normalmente da sua má execução ou de danos sofridos durante a fase de construção. A solução recomendada minimiza alguns desses riscos, quer pelo seu revestimento em betão armado, que evita roturas resultantes de assentamentos diferenciais do aterro, quer por prever a sua execução em vala aberta no aterro, dispensando cofragens e a constituição de superfícies lisas na sua face exterior, e protegendo-a da maquinaria nas fases subsequentes da construção. As condutas de fundo devem por essa razão ser testadas logo que possível, ou mediante ensaios de pressão ou, nas barragens de menor risco, por ensaio em funcionamento na fase do primeiro enchimento.

Em termos de segurança, a conduta de fundo serve apenas para permitir o abaixamento do nível ou o esvaziamento total da albufeira, essencialmente em cenários de infiltrações pelo aterro ou da existência de danos na própria conduta, podendo, entretanto, existir soluções alternativas para o efeito. O descarregador de superfície deverá por si só garantir a segurança perante a ocorrência de cheias, não devendo contribuir a conduta de fundo para esse objectivo senão em condições muito excepcionais.

Assim o mau funcionamento da mesma, desde que não implique libertação de caudais para o interior do aterro, representa mais um problema operacional do que um problema de segurança, e a sua importância pode ser bastante reduzida caso a mesma não seja utilizada para efeitos de rega. A existência de condições para a sua manutenção, sobretudo no que se refere à válvula de guilhotina, está, entretanto, condicionada pela quantidade de água existente na albufeira, cujo esvaziamento total é normalmente indesejável, quer por razões económicas quer ambientais. Por outro lado, as necessidades de manutenção para o tipo de equipamento proposto são reduzidas: a válvula não está sujeita a importantes fenómenos de corrosão por estar permanentemente submersa, e o seu sistema de accionamento, por rotação livre, não está sujeito a grandes esforços.

As soluções técnicas actuais, em termos de recolha de água para rega, permitem frequentemente ou a não utilização desta conduta ou a sua utilização em plena carga permanente, o que contribui para a sua reduzida operação, e um aumento da sua durabilidade. Neste contexto não se justifica o estabelecimento de um eventual plano de manutenção para a mesma, podendo apenas recomendar-se que, na eventualidade de serem detectados alguns problemas com o seu funcionamento, seja agendada a sua

observação/reparação para uma data o mais próximo possível, normalmente aproveitando a fase final da campanha de rega de um ano mais seco, em que a quantidade de água na albufeira seja muito reduzida.

2 - AMBIENTE

A albufeira da barragem constitui um bem ambiental sobretudo em termos de fauna, devendo ser controlada a qualidade da água armazenada e a manutenção de um quantitativo mínimo sempre que possível, que permita a sobrevivência das espécies piscícolas instaladas.

Recomenda-se que seja evitado o abeberamento do gado directamente da albufeira, eventualmente pela instalação de bebedouros afastados se necessário e se possível que o seu perímetro seja vedado por cercas.

Não deverá ser permitido enchimento da albufeira antes da remoção de todos os resíduos vegetais na área a submergir.

Deverá ser evitado o escoamento para o seu interior de todo o tipo de efluentes poluentes, designadamente os resultantes de actividade agrícola intensiva no interior da sua bacia hidrográfica.

O Técnico
Eng. Falcão Estrada
Dezembro 2018