ENGIDRO engineering solutions

ecODEAL GESTÃO INTEGRAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS

DIQUE PERIFÉRICO EM ENROCAMENTO

RELATÓRIO DE CONSULTORIA TÉCNICA À OBRA

REVISÃO 1

AGOSTO 2020

CIRVER DA ECODEAL, S.A.

DIQUE PERIFÉRICO EM ENROCAMENTO

RELATÓRIO DE CONSULTORIA TÉCNICA À OBRA

ÍNDICE

1. ADVERTÊNCIA....3
2. INTRODUÇÃO....3
3. INFORMAÇÃO DE BASE E VISITA À OBRA....4
4. SÍNTESE DA REUNIÃO DE OBRA DE 31 DE JULHO....7
5. TRABALHOS DE PROSPECÇÃO EFETUADOS, ZONAMENTO GEOTÉCNICO E PARAMETRIZAÇÃO ATRIBUÍDA ÀS FORMAÇÕES IN SITU E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DO DIQUE....10
6. ESTUDOS DE ESTABILIDADE COMPLEMENTARES EFECTUADOS....14
7. MONITORIZAÇÃO....19
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES....21

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – MISTURA DE MATERIAIS APLICADA EM OBRA.... 8

TABELA 2 – COMPARAÇÃO ENTRE OS FUSOS OBTIDOS EM OBRA E OS ESPECIFICADOS NO PROJECTO.... 8

TABELA 3 – COMPARAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS ATRIBUÍDOS PELOS VÁRIOS INTERVENIENTES.... 11

TABELA 4 – PARÂMETROS GEOTÉCNICOS ADOPTADOS.... 13

TABELA 5 – FATORES DE SEGURANÇA OBTIDO PARA OS CENÁRIOS ESTUDADOS.... 19

TABELA 6 – FREQUÊNCIAS DE LEITURA.... 20

TABELA 7 – DESCRIÇÃO DAS ACTIVIDADES.... 20

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – VISTA DE MONTANTE PARA JUSANTE DO DIQUE DE RETENÇÃO EM ENROCAMENTO.... 5

FIGURA 2 – ASPECTO DO MATERIAL CONSTITUINTE DA FORMAÇÃO UG1, NA FUNDAÇÃO DAS CÉLULAS DE RESÍDUOS.... 5

FIGURA 3 – ASPECTO DO ENROCAMENTO GROSSEIRO A COLOCAR EM OBRA.... 6

FIGURA 4 – CALIBRE E ASPECTO DA PEDRA CALCÁRIA CONSTITUINTE DO ENROCAMENTO GROSSEIRO.... 6

FIGURA 5 – VISTA DA LIGAÇÃO DO ATERRO EXISTENTE (À ESQUERDA) COM O ENROCAMENTO EM CONSTRUÇÃO.... 7

FIGURA 6 – REALIZAÇÃO EXPEDITA DE UM ENSAIO MACRO NO CAMPO.... 9

FIGURA 7 – TRABALHOS DE PROSPECÇÃO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO DIQUE EM ENROCAMENTO.... 10

FIGURA 8 – VALORES DO ÂNGULO DE ATRITO INTERNO (ϕ') DE ARGILAS, EM FUNÇÃO DO IP (TERZAGHI, PECK & MESRI, 1996).... 12

FIGURA 9 – VALORES DO ÂNGULO DE ATRITO INTERNO (ϕ') E DA COESÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS [SANCHEZ-ALCITURRI ET AL (1993), SING AND MURPHY (1990)]..... 13

FIGURA 10 – SITUAÇÃO INICIAL (1), DE REFERÊNCIA, S/ CARREGAMENTO, ANÁLISE ESTÁTICA S/ NÍVEL DE ÁGUA. 15

FIGURA 11 – SITUAÇÃO (2), S/ CARREGAMENTO, ANÁLISE ESTÁTICA C/ NÍVEL DE ÁGUA. 15

FIGURA 12 – SITUAÇÃO (3), S/ CARREGAMENTO, ANÁLISE PSEUDO-ESTÁTICA S/ NÍVEL DE ÁGUA. 16

FIGURA 13 – SITUAÇÃO (4), S/ CARREGAMENTO, ANÁLISE PSEUDO-ESTÁTICA C/ NÍVEL DE ÁGUA. 16

FIGURA 14 – SITUAÇÃO (5), C/ CARREGAMENTO, ANÁLISE ESTÁTICA S/ NÍVEL DE ÁGUA. 17

FIGURA 15 – SITUAÇÃO (6), C/ CARREGAMENTO, ANÁLISE ESTÁTICA C/ NÍVEL DE ÁGUA. 17

FIGURA 16 – SITUAÇÃO (7), C/ CARREGAMENTO, ANÁLISE PSEUDO-ESTÁTICA S/ NÍVEL DE ÁGUA. 18

FIGURA 17 – SITUAÇÃO (8), C/ CARREGAMENTO, ANÁLISE PSEUDO-ESTÁTICA C/ NÍVEL DE ÁGUA. 18

FIGURA 18 – SITUAÇÃO (9), C/ BANQUETA AOS 7M, ANÁLISE ESTÁTICA, S/ NÍVEL DE ÁGUA. 22

FIGURA 19 – SITUAÇÃO (10), C/ BANQUETA AOS 7M, ANÁLISE ESTÁTICA, C/ NÍVEL DE ÁGUA. 22

FIGURA 20 – SITUAÇÃO (11), C/ BANQUETA AOS 7M, ANÁLISE PSEUDO-ESTÁTICA, S/ NÍVEL DE ÁGUA, C/ SISMO. 23

FIGURA 21 – SITUAÇÃO (12), C/ BANQUETA AOS 7M, ANÁLISE PSEUDO-ESTÁTICA, C/ NÍVEL DE ÁGUA, C/ SISMO. 23

FIGURA 22 – FOTO DA LIGAÇÃO ATERRO EXISTENTE E ENROCAMENTO. 24

FIGURA 23 – SITUAÇÃO (13), C/ BANQUETA AOS 8.5M, ANÁLISE ESTÁTICA, S/ NÍVEL DE ÁGUA, S/ SISMO. 25

FIGURA 24 – SITUAÇÃO (14), C/ BANQUETA AOS 8.5M, ANÁLISE PSEUDO-ESTÁTICA, S/ NÍVEL DE ÁGUA, C/ SISMO. 25

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 01 – GRUPO FRAZÃO: DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO Nº 8, ENROCAMENTO (90/250), MAIO 2018

ANEXO 02 – GRUPO FRAZÃO: FICHA TÉCNICA BRITA (31,5/80), JUNHO 2020

ANEXO 03 – GRUPO FRAZÃO: FICHA TÉCNICA TOUT-VENANT 2ª, JUNHO 2020

ANEXO 04 – CONSTRUÇÕES PRAGOSA: PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE MATERIAIS, ENROCAMENTO, VER. 03-20/10/2015, REF. 010/1955, 24/06/2020

ANEXO 05 – VERIFICAÇÃO DO CÁLCULO DA AMARRAÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

ANEXO 06 – ENSAIO MACRO SOBRE O ATERRO DE ENROCAMENTO DO DIQUE DE RETENÇÃO

ANEXO 07 – PLANO DE MONITORIZAÇÃO, DESENHO

CIRVER DA ECODEAL, S.A.

DIQUE PERIFÉRICO EM ENROCAMENTO

RELATÓRIO DE CONSULTORIA TÉCNICA À OBRA

1. ADVERTÊNCIA

As considerações e recomendações apresentadas baseiam-se nos dados fornecidos pelo cliente e seus representantes, designadamente os projectos relativos à obra em apreço, dados de controlo de obra e restantes informações técnicas postas à disposição da ENGIDRO. A verificação das condições geológicas e geotécnicas referenciadas neste estudo são, desse ponto de vista da inteira responsabilidade dos seus autores, não sendo incumbência da ENGIDRO a verificação objectiva da prevalência dessas condições, o que só poderia ser feito mediante a realização de novas investigações que estão claramente fora do âmbito do parecer agora apresentado.

2. INTRODUÇÃO

O relatório agora apresentado refere-se à obra de ampliação do aterro de resíduos perigosos do CIRVER da Ecodeal, que está em curso.

É objectivo do presente relatório aferir as condições técnicas de execução dos trabalhos em curso, de construção do dique de retenção em enrocamento e a sua conformidade com as instruções do Projecto de Execução que lhe deu origem, e com as recomendações posteriores constantes do relatório técnico da Lurgintza, designadamente no que respeita à natureza e qualidade dos materiais empregues na construção do enrocamento e respectivos métodos construtivos.

Acessoriamente procedeu-se a uma reanálise das condições de estabilidade dos taludes do dique de retenção em enrocamento, adoptando para o efeito as propriedades que se admitem ser representativas do comportamento geomecânico dos terrenos de fundação e dos materiais de enrocamento utilizados na construção do dique, definidos com base nos dados constantes das peças escritas e desenhadas, disponibilizadas pela Ecodeal.

Na sequência de reunião com Ecodeal foi ainda solicitada uma verificação das condições de fixação do sistema de impermeabilização (em anexo) e a definição de um plano de monitorização da obra, que agora se inclui. Acrescem ainda, também em anexo, os resultados do ensaio macro, realizado no dia 21 de Setembro de 2020, no aterro de enrocamento do dique.

3. INFORMAÇÃO DE BASE E VISITA À OBRA

A fim de traçar o enquadramento geral e particular da obra de ampliação do aterro de resíduos, consultou-se a seguinte documentação disponibilizada pela Ecodeal:

Peças escritas:

- ENGICICLO: Elaboração do Projecto da Célula 3 do Aterro de RIP, Centro Integrado de Recuperação, Valorização e Eliminação de Resíduos Perigosos (CIRVER), *Anexo IV - Verificação da Estabilidade de Taludes*, Dezembro de 2018;
- ENGICICLO: Aterro de Resíduos Industriais Perigosos da Ecodeal, Chamusca, Dique periférico em enrocamento, *Adenda 2 à Memória Descritiva e Justificativa - Verificação da Estabilidade de Taludes*, Julho de 2019;
- ENGIDRO & GEOÁREA: *Vasos 2 e 3 - Estudo Geotécnico*, Novembro 2014;
- DATAGEO – Tecnologias de Geologia e Ambiente: CIVATRI - Centro de Valorização e Tratamento de Resíduos Industriais - *Estudo Geológico, Geotécnico e Hidrogeológico, Relatório Final*, Outubro 2003;
- LURGINTZA, Ingenieria Geológica, s.l.: IA19016-INF1, *Revisión y comentarios en relación con la solución de estabilidad adoptada en el "Projeto da célula 3 do aterro de RIP" de Ecodeal*, en Chamusca (Portugal), Agosto 2019;
- Grupo Frazão: *Declaração de desempenho nº 8, Enrocamento (90/250)*, Maio 2018;
- Grupo Frazão: *Ficha técnica Brita (31.5/80)*, Junho 2020;
- Grupo Frazão: *Ficha técnica Tout-venant 2ª*, Junho 2020;
- Construções Pragosa: *Proposta de Aplicação de Materiais, Enrocamento*, Ver. 03-20/10/2015, Ref. 010/1955, 24/06/2020.

Desenhos:

- ENGICICLO: Projecto da Célula 3 do Aterro de RIP, Projecto de Execução, Escala 1:1000, *Des. nº 4 – Modelação do Terreno / Célula 3*, Junho 2019;
- ENGICICLO: Projecto da Célula 3 do Aterro de RIP, Projecto de Execução, Escala 1:1000, *Des. nº 7 – Planta de Circuitos*, Junho 2019;
- ENGICICLO: Projecto da Célula 3 do Aterro de RIP, Projecto de Execução, Escala 1:50, *Des. nº 11 – Sistema de Impermeabilização*, Junho 2019;
- ECODEAL – Gestão Integral de Resíduos Perigosos: *Célula 3, Construção, Talude em enrocamento, Levantamento Base*, Topografia, Escala 1:500, 06/07/2020.

Após leitura atenta e análise dos elementos disponibilizados, realizou-se uma visita à obra, que está em curso, no dia 31 de Julho, durante a qual foi possível observar a parte do aterro já construída, assistindo-se ao espalhamento dos materiais de construção, percorrendo, na companhia dos representantes da Fiscalização e do Dono de Obra, o local onde decorrem os trabalhos. Seguiu-se uma reunião, em que se discutiram os objectivos do trabalho a desenvolver; as condições de execução da obra de enrocamento e eventuais melhoramentos a aportar aos trabalhos em curso, bem como algumas preocupações do cliente relativas aos trabalhos, sobretudo no que respeita à forma adequada de controlo de qualidade dos trabalhos e monitorização do seu comportamento na fase de serviço.

Nas fotos seguintes mostram-se alguns aspectos que se consideram relevantes relativos à obra em curso, focando os assuntos tratados, designadamente: as características dos materiais de construção do enrocamento e sua colocação em obra; a fundação do dique; a drenagem e a ligação entre a obra construída e o enrocamento em curso.

Figura 1 – Vista de montante para jusante do dique de retenção em enrocamento.

Figura 2 – Aspecto do material constituinte da formação UG1, na fundação das células de resíduos.

Figura 3 – Aspecto do enrocamento grosseiro a colocar em obra.

Figura 4 – Calibre e aspecto da pedra calcária constituinte do enrocamento grosseiro.

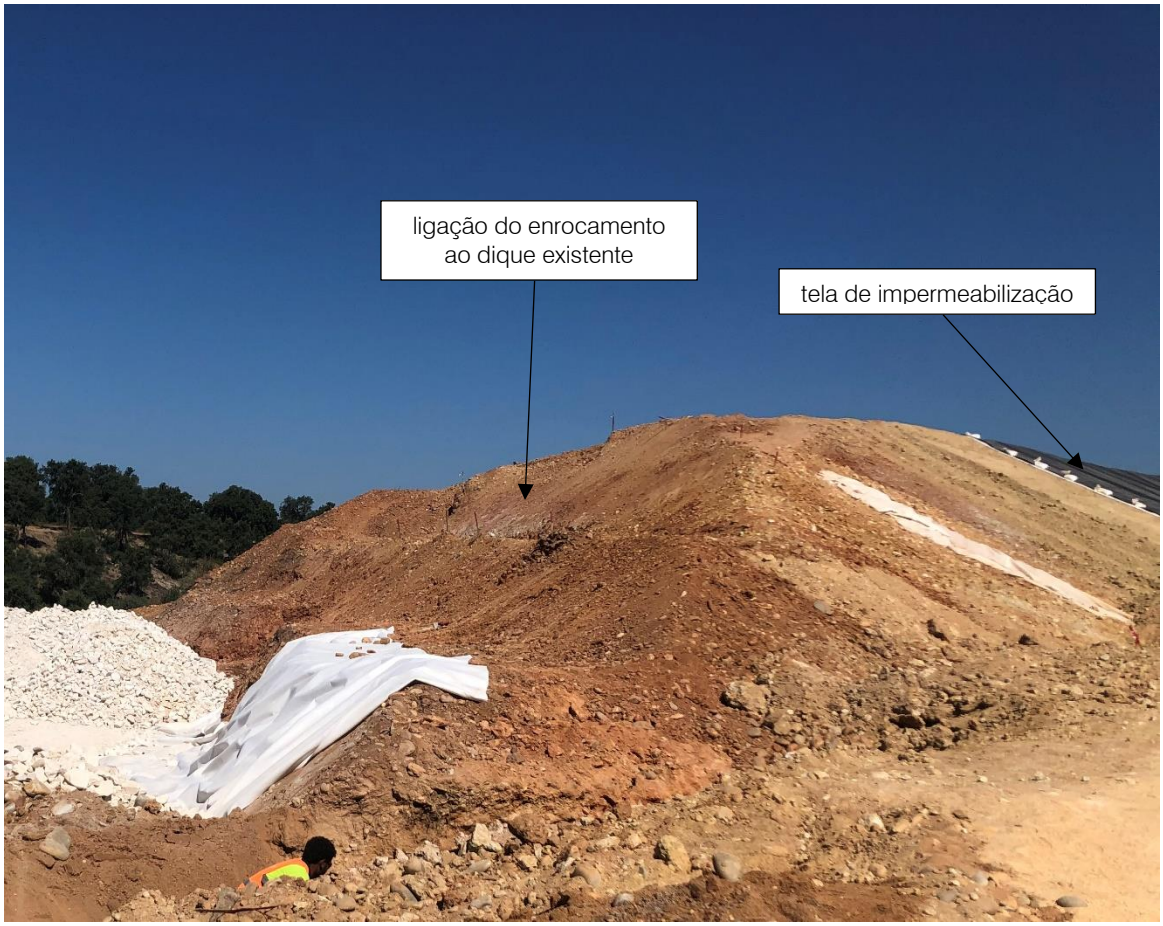


Figura 5 – Vista da ligação do aterro existente (à esquerda) com o enrocamento em construção.

4. SÍNTESE DA REUNIÃO DE OBRA DE 31 DE JULHO

A reunião teve lugar depois da visita à obra ao final da manhã da última sexta-feira do mês de Julho, dia 31, tendo participado a Engª Marta Costa e o Eng. Ivan Botamino da Ecodeal/FCC, Eng. Paulo Carregosa da Fiscalização (AFA Plan) e José Amaral pela ENGIDRO.

Durante a reunião foi possível abordar os diversos aspectos que interessam a boa execução da obra, aferindo-se a qualidade do material de enrocamento utilizado na construção do dique, a sua conformidade com as recomendações da Lugirntza e as especificações construtivas respectivas.

Discutiram-se ainda alguns pormenores construtivos, sobretudo no que respeita as terminações dos aterros e ligações com as restantes componentes da obra.

Fizeram-se algumas observações acerca dos trabalhos de compactação em curso, uma vez que se constatou durante a visita que o enrocamento é colocado a seco não se fazendo a rega durante a compactação. Chamou-se a atenção para o facto de que, apesar de a superfície do aterro ter um aspecto compacto, caso não seja abundantemente regado durante a colocação e compactação, sofrerá necessariamente um assentamento a primeira vez que tiver contacto com a água. A experiência do comportamento deste tipo de estruturas demonstra que os assentamentos de aterros compactados secos, ao entrarem em contacto com a água se deve ao amolecimento das pontas dos blocos em geral, sobretudo

dos mais angulosos, contribuindo para um rearranjo do enrocamento com um incremento sensível da densidade e diminuição da permeabilidade, tendo como consequência o assentamento do topo do aterro. Nesse sentido, a maioria das especificações para a execução de aterros de enrocamento prevê uma rega abundante durante a colocação, promovendo o assentamento imediato das camadas, que tem além disso a vantagem de diminuir a libertação de poeiras e contribuir para lavar os finos que possam acumular-se nos espaços intersticiais.

O critério mais divulgado e aplicado habitualmente na construção de enrocamentos e pedraplenos[1], aconselha que a quantidade de água de compactação seja da ordem de 25% do peso do material colocado, não devendo ser inferior a 200 l/m^3, quantidade característica para materiais com peso específico não superior a 25 kN/m^3, como é o caso. Para o efeito comunicou-se informalmente à obra a especificação do caderno de encargos da Brisa, que pode servir como guia.

Quanto à granulometria e características físicas e geomecânicas dos materiais utilizados – um calcário branco compacto – a obra adquire três fracções de materiais ao mesmo fornecedor "*Grupo Frazão*", um produtor de pedra industrial e ornamental da região, fazendo a seguinte mistura no carregamento em pedreira, a fim de respeitar o fuso granulométrico preconizado pela Lurgintza:

Tabela 1 – Mistura de materiais aplicada em obra

Material por carga	
Baldes por cada carro	Material
3,5	enrocamento
1,5	brita
2	tout-venant

A granulometria obtida após mistura é a que figura na Tabela 2, em que se confrontam os dados de controlo de obra com os requisitos do projecto da Lurgintza:

Tabela 2 – Comparação entre os fusos obtidos em obra e os especificados no projecto

Granulometria		
Peneiro	Percentagem que passa (projecto Lurgintza)	Percentagem que passa com mistura proposta
#125	50-100%	73%
#55	25-50%	39%
#14	12,5-25%	19%

[1] Apresentado habitualmente pelos cadernos de encargos dos donos de obra institucionais (IP, APA, etc.).

Como se constata os valores obtidos no controlo respeitam os critérios de projecto, sendo as características físicas e mecânicas do material pétreo, as que constam das respectivas fichas em anexo, perfeitamente adequadas ao fim a que se destinam.

Discutiu-se ainda o tipo e frequência de ensaios passíveis de caracterizar as condições de compactação do aterro de enrocamento, considerando as dificuldades de condução deste tipo de controlos no laboratório, em virtude do tamanho das partículas, demasiado grandes para os moldes de compactação disponíveis e a inadequação de ensaios com o gamadensímetro.

Considerando que nesta fase, com a obra a decorrer, não faz sentido desenvolver ensaios preliminares como os que habitualmente se realizam nas barragens, em que se recorre à realização de aterros experimentais nos quais se avaliam depois as condições de compactação, se afinam as especificações e se calculam as densidades relativas obtidas em função do número de passagens de cilindro, podem no entanto realizar-se com vantagem alguns ensaios macro para enrocamentos para determinação da densidade in situ, podendo para o efeito realizar-se alguns ensaios macro ou mini-macro de acordo com a norma ASTM - Standard Method D4914, "Density of Soil and Rock in Place by Sand Replacement Method in a Test Pit," de cuja realização expedita se dá conta na comunicação em anexo (p. 3 – Field Density Tests) e se exemplifica em imagens na Figura 6.

Figura 6 – Realização expedita de um ensaio macro no campo

O ensaio consiste basicamente na abertura de uma cavidade (em geral com 1m^3 de volume) tendo o cuidado de armazenar e pesar todo o material retirado. A cavidade é depois revestida com uma película fina impermeável e preenchida com a areia calibrada ou, em alternativa, um líquido de densidade conhecida (água por exemplo). Finda a pesagem e conhecendo-se o volume da cavidade e a densidade respectiva quando preenchido com água, compara-se com o peso do material retirado e determina-se a densidade in situ. Trata-se evidentemente de um método expedito que não permite uma determinação muito rigorosa, mas que é suficiente para os fins em vista.

5. TRABALHOS DE PROSPECÇÃO EFETUADOS, ZONAMENTO GEOTÉCNICO E PARAMETRIZAÇÃO ATRIBUÍDA ÀS FORMAÇÕES IN SITU E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DO DIQUE

Nos elementos consultados constam os resumos dos trabalhos de prospecção e ensaios in situ e de laboratório efetuados para a determinação das características geológicas, hidrogeológicas e geotécnicas das formações geológicas em que assentam as obras.

No que interessa particularmente aos terrenos onde será fundado o dique de retenção em enrocamento, dispõe-se dos dados relativos aos seguintes trabalhos, executados pelas empresas Datageo (P9 e S4) e Geoárea (P6, P8, P12 e P13).

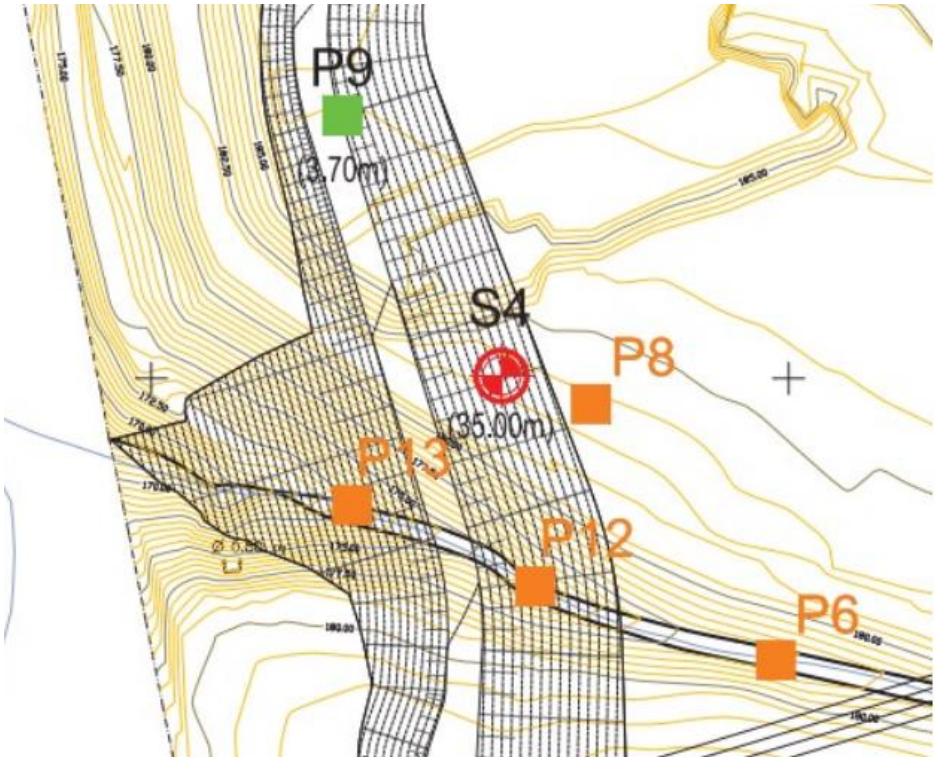


Figura 7 – Trabalhos de prospecção na área de influência do dique em enrocamento.

Com base nesses dados e nos restantes elementos disponíveis sobre a área, foram determinadas pelos projectistas a geometria das formações geológicas e hidrogeológicas e as suas propriedades geotécnicas e geomecânicas, função das quais o projecto estabeleceu as soluções técnicas a adoptar, determinando as espessuras de decapagem e níveis de fundação dos aterros; inclinação dos taludes de escavação e de aterro e respectivos materiais de construção.

Para a construção do aterro de fecho de uma linha de água, que é também a zona mais alta do dique perimetral de retenção de resíduos, a opção foi a construção de um enrocamento, assente em geotêxtil de separação na fundação (leito da ribeira e encontros com o dique existente em aterro).

Zonamento geotécnico

O zonamento geotécnico estabelecido pela Geoárea considerava duas unidades geotécnicas – os conglomerados areno-siltosos do Miocénico, designados pela Engiciclo como UG1 – com espessuras da ordem de 5 a 8m, e as argilas silto-arenosas subjacentes, designadas por UG2 no relatório da Datageo anterior. Existia ainda para a Datageo uma unidade subjacente (UG3) cuja profundidade não interessa já o cálculo e por isso não foi considerada.

Por razões que se desconhecem os cálculos de estabilidade realizados pela Engiciclo e replicados pela Lurgintza consideram uma camada única de conglomerados, o que não sendo conforme a realidade geológica não afeta significativamente o cálculo, dado que os círculos de rotura significativos não são profundos e portanto, não interessam a camada inferior. Nos cálculos agora apresentados repõe-se a condição geológica prevalecente no local, isto é, com as duas camadas supracitadas. Por outro lado, as camadas finas de revestimento (de cobertura conforme designação na memória descritiva da Engiciclo) foram desprezadas no cálculo, já que o seu contributo é irrelevante.

Parametrização geotécnica

No que concerne à parametrização geotécnica nenhum dos envolvidos apresenta um cálculo objectivo dos parâmetros a empregar no cálculo de estabilidade, baseado no zonamento efetuado e nos valores obtidos nos trabalhos de prospecção e ensaios de campo e de laboratório. Existe não obstante, alguma coerência e proximidade dos valores apresentados pela Geoárea, Engiciclo e Lurgintza, conforme transparece da tabela seguinte:

Tabela 3 – Comparação entre os parâmetros atribuídos pelos vários intervenientes.

PARÂMETROS	GEOÁREA			ENGICICLO			LURGINTZA		
	γ (kN/m^3)	ϕ^o	c' (kN/m^2)	γ (kN/m^3)	ϕ^o	c' (kN/m^2)	γ (kN/m^3)	ϕ^o	c' (kN/m^2)
UG1	20	30	10	19	30	15	-	-	-
UG2	20	25	30	-	-	-	-	-	-
Enrocamento	-	-	-	19	42		19	45	5
Resíduos	16	20	7	14	20	8	-	-	-

A Lurgitnza apenas discordou dos parâmetros atribuídos ao enrocamento, que entende serem conservadores, concordando com os restantes parâmetros adoptados no cálculo de estabilidade.

Pela nossa parte entendemos que os valores atribuídos por todos os envolvidos estão dentro da gama de parâmetros aceitáveis para os materiais em causa, conduzindo a valores igualmente aceitáveis do cálculo de estabilidade. Por uma questão de coerência, preferimos, contudo, apresentar os cálculos adoptando os nossos próprios parâmetros, que a seguir se apresentam e cuja origem é devidamente explicada.

Assim e no que respeita às zonas geotécnicas consideradas (UG1 e UG2) definiram-se os parâmetros geotécnicos que constam da Tabela 4, recorrendo às seguintes correlações da bibliografia da especialidade:

(1) $\emptyset' = 20 \,.\sqrt{15.4 \,.\, N_{60}}$

(2) $\emptyset' = \sqrt{18 \,.\, N_{60} + 15}$

(3) $\emptyset' = 27.1 + 0.3 \,.\; N_{60} \; - 0.00054 \,.\, (N_{60})^2$ (Peck, Hanson & Thornburn, 1974);

(4) $C_u = (4 \; a \; 6) \,.\; N_{60}$ (Terzaghi, Peck & Mesri, 1996);

(5) $c' = 0.1 \,.\, C_u$

(6) $E = (0.5 \; a \; 1.0) \,.\, N_{60}$

Para uma análise em tensões efetivas dos solos finos argilosos, o ângulo de atrito interno (ϕ') foi determinado através da figura seguinte, fazendo uso do índice de plasticidade (IP) característico das argilas:

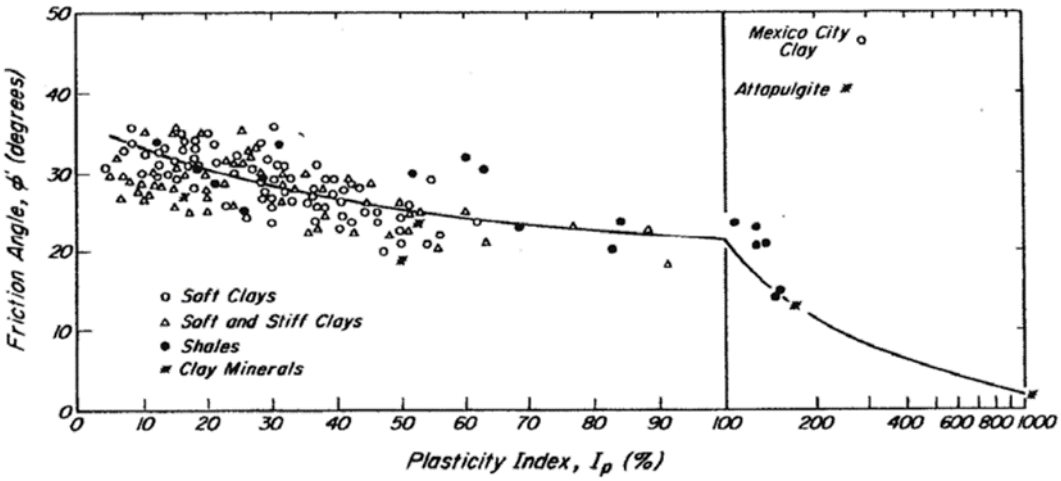


Figura 8 – Valores do ângulo de atrito interno (ϕ') de argilas, em função do IP (Terzaghi, Peck & Mesri, 1996).

Note-se que para estas duas unidades geotécnicas se optou sempre pelos valores na gama inferior do seu campo de variação, uma vez que a quantidade de informação disponível é relativamente escassa (1 sondagem e alguns poços de prospecção realizados directamente no local de implantação da obra). Esta informação considera-se contudo suficiente para conhecer as condições geotécnicas locais.

A caracterização do comportamento mecânico do enrocamento, uma vez que não se justifica a realização de ensaios triaxiais de grande dimensão atendendo ao tipo de obra e suas dimensões, pode ser feita recorrendo à informação bibliográfica disponível, que é vasta. É sabido que a resistência de um aterro de enrocamento depende em grande medida da dimensão do material pétreo utilizado, do grau de compactação e consequente densidade relativa e ainda da resistência à compressão do material pétreo. É habitual caracterizar estes materiais, em tensões efectivas, na gama dos $42 < \phi^o < 50^o$ para o ângulo de atrito interno, com valores de coesão efectiva a variarem entre 0 kPa < c' < 100 kPa.

Para um aterro com pedra de calibre pequeno para o qual se deseja alguma permeabilidade, que permita o escoamento das águas cujo nível venha eventualmente a subir devido a episódios de pluviosidade intensa, parece adequado adoptar valores na gama mais baixa, de $\phi^{o\prime} = 42^o$ e uma coesão efetiva nula (c'=0).

Quanto aos resíduos, uma vez que não se dispõe de ensaios realizados no material a depositar, a experiência internacional na matéria tem conduzido a valores-tipo, que constam da Figura 9.

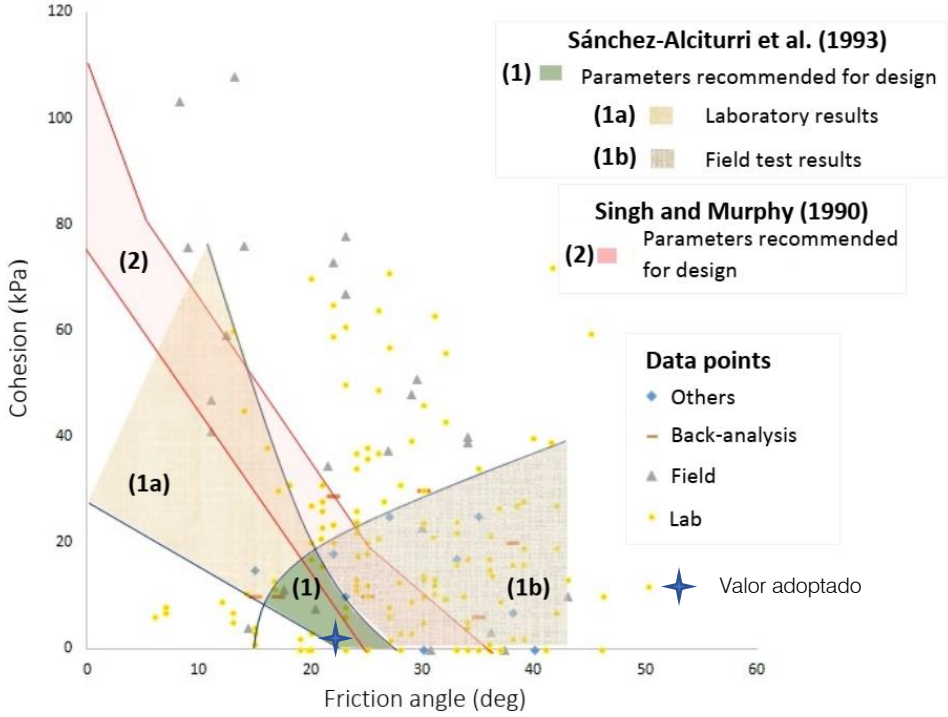


Figura 9 – Valores do ângulo de atrito interno (ϕ') e da coesão de resíduos sólidos urbanos [Sanchez-Alciturri et al (1993), Sing and Murphy (1990)].

Adoptaram-se valores também na gama baixa da franja de variação, de $\phi^o = 23^o$ e c' = 5 kPa.

Em síntese são os seguintes os valores adoptados, que foram depois utilizados nos cálculos de estabilidade apresentados (Tabela 4):

Tabela 4 – Parâmetros geotécnicos adoptados.

CAMADAS	PARÂMETROS		
	γ (kN/m³)	ϕ°	c' (kN/m²)
UG1	20	33	0*
UG2	19	25	10
Enrocamento	19	42	0*
Resíduos	16	23	5

* - para efeitos de cálculo utilizou-se o valor de c'=1, para evitar eventuais não convergências em alguns dos modelos estudados, tendo-se de antemão verificado que esse valor não influencia em nada no resultado final.

6. ESTUDOS DE ESTABILIDADE COMPLEMENTARES EFECTUADOS

Apresenta-se neste capítulo o conjunto de cálculos de estabilidade desenvolvidos no quadro dos estudos geotécnicos, que fundamentam as opções técnicas preconizadas.

Os cálculos de estabilidade correspondem às secções geotecnicamente mais desfavoráveis dos taludes da célula em estudo, considerando uma secção geológica tipo, representativa da estratigrafia dos terrenos de fundação, em duas situações características: taludes de escavação e aterro, com a célula vazia; taludes finais da célula, em condições de armazenamento máximo, com altura de 14m de resíduos.

Os valores dos parâmetros geotécnicos adotados, correspondem aos que foram apresentados no parágrafo anterior, derivados da caracterização geotécnica empreendida.

Para o efeito, os cálculos foram executados em equilíbrio-limite, pelo método das fatias, com programa de cálculo automático SLIDE ® (2017), pelas formulações de Bishop Simplificado, Janbu e Morgenstern & Price para rutura circular, perfeitamente adaptadas ao tipo de terrenos em presença, sem significativas orientações preferenciais de rotura.

Com base nos pressupostos descritos e admitindo que o maciço se apresenta em condições homogéneas, contínuas e isotrópicas, simulou-se a estabilidade das condições geométricas definidas pelo projeto.

Os cálculos de estabilidade foram desenvolvidos para o perfil montante-jusante[2] mais desfavorável, correspondendo ao fundo do vale, ao PK 0+225, para os seguintes casos, que tipificam as situações esperadas como mais desfavoráveis:

1. Situação inicial, de referência s/ carregamento, análise estática s/ nível de água;
2. Situação inicial, de referência s/ carregamento, análise estática c/ nível de água a subir no enrocamento;
3. Situação descrita em 1, análise pseudo-estática, considerando a acção sísmica regulamentar;
4. Situação descrita em 2, análise pseudo-estática, considerando a acção sísmica regulamentar;
5. Situação final, máximo carregamento, análise estática, s/ nível de água;
6. Situação final, máximo carregamento, análise estática, c/ nível de água a subir no enrocamento;
7. Situação descrita em 5, análise pseudo-estática, considerando a acção sísmica regulamentar;
8. Situação descrita em 6, análise pseudo-estática, considerando a acção sísmica regulamentar;

Nas figuras seguintes apresentam-se os cálculos efetuados, mostrando o fator de segurança mínimo e os círculos de rotura significativos, devidamente comentados.

Note-se que as camadas finas de cobertura foram desprezadas no cálculo, já que complicam desnecessariamente a análise apesar de serem irrelevantes para o comportamento do conjunto.

[2] Os perfis analisados correspondem já ao levantamento de obra, cedido pela Fiscalização.

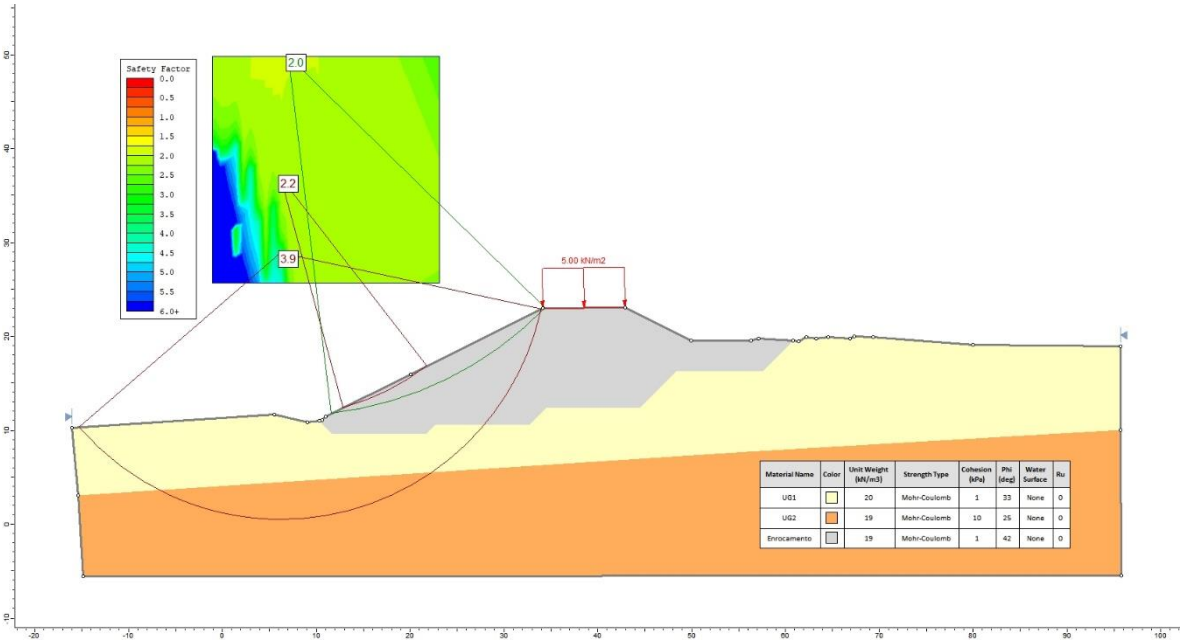


Figura 10 – Situação inicial (1), de referência, s/ carregamento, análise estática s/ nível de água.

Na situação inicial (1), sem carregamento, o enrocamento é estável para grandes e pequeno círculos, com fator de segurança mínimo FS> 2. Para grandes círculos envolvendo as unidades UG1 e UG2 o FS é muito maior (> 3.9).

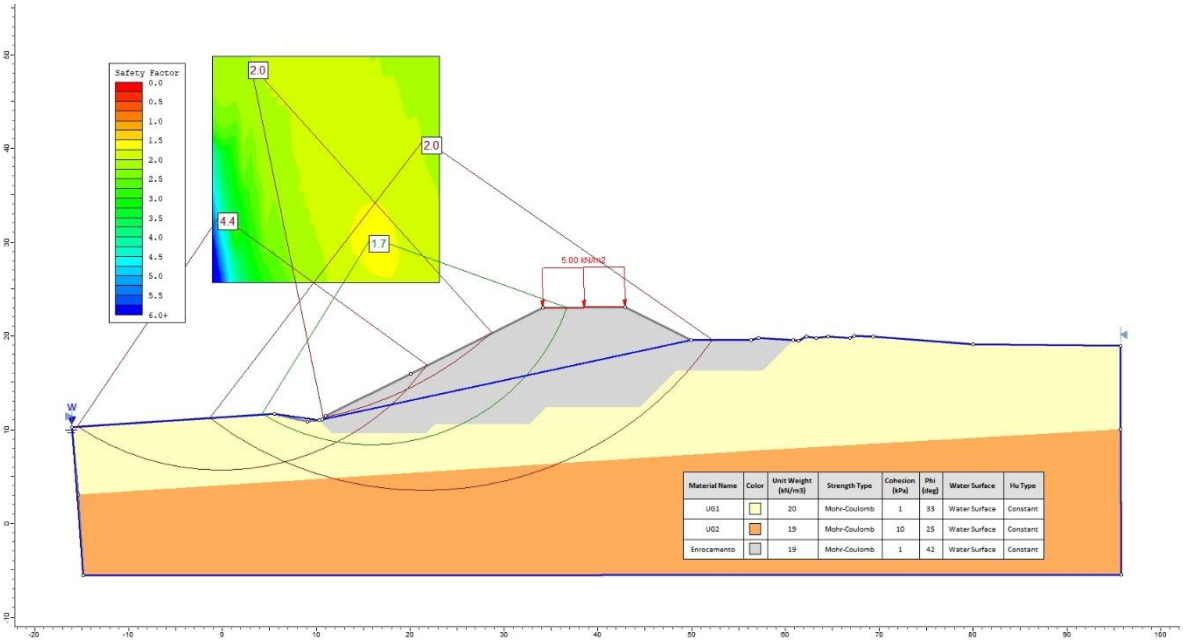


Figura 11 – Situação (2), s/ carregamento, análise estática c/ nível de água.

No caso de subida significativa do nível de água no enrocamento (2), devida ao mau funcionamento do dreno de fundo, os valores para o fator de segurança mantém-se confortáveis, com FS > 1.7 para grandes e pequenos círculos.

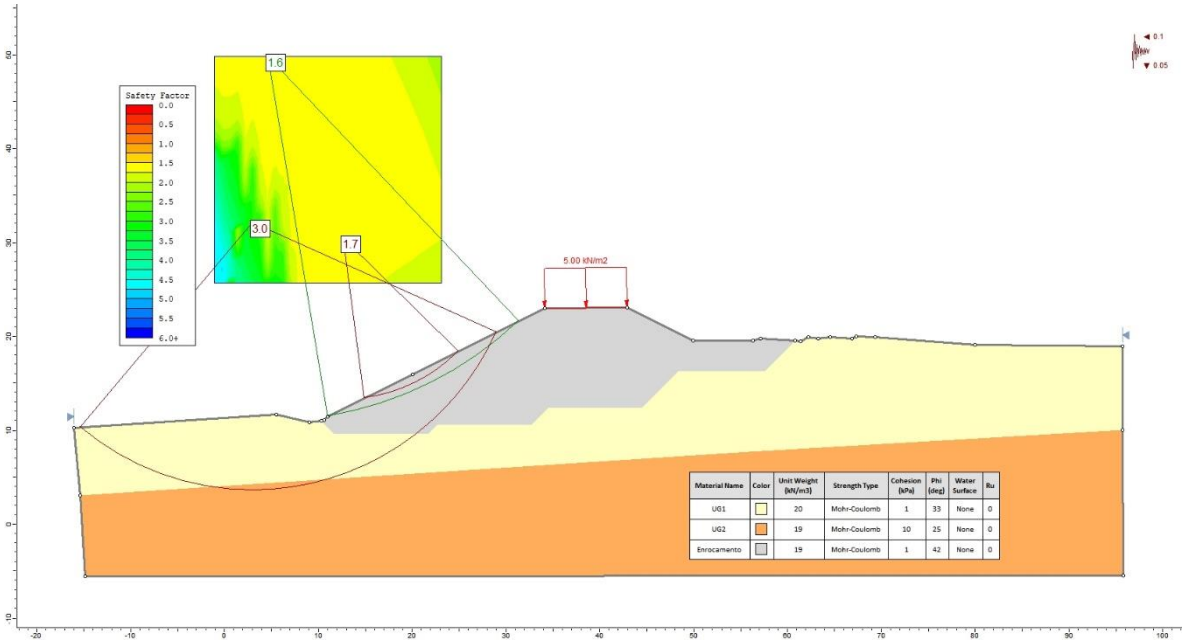


Figura 12 – Situação (3), s/ carregamento, análise pseudo-estática s/ nível de água.

Nas condições enunciadas em (3), com acção sísmica regulamentar (h=0.1 e v= 0.05), os fatores de segurança continuam muito elevados (FS mínimo > 1.6).

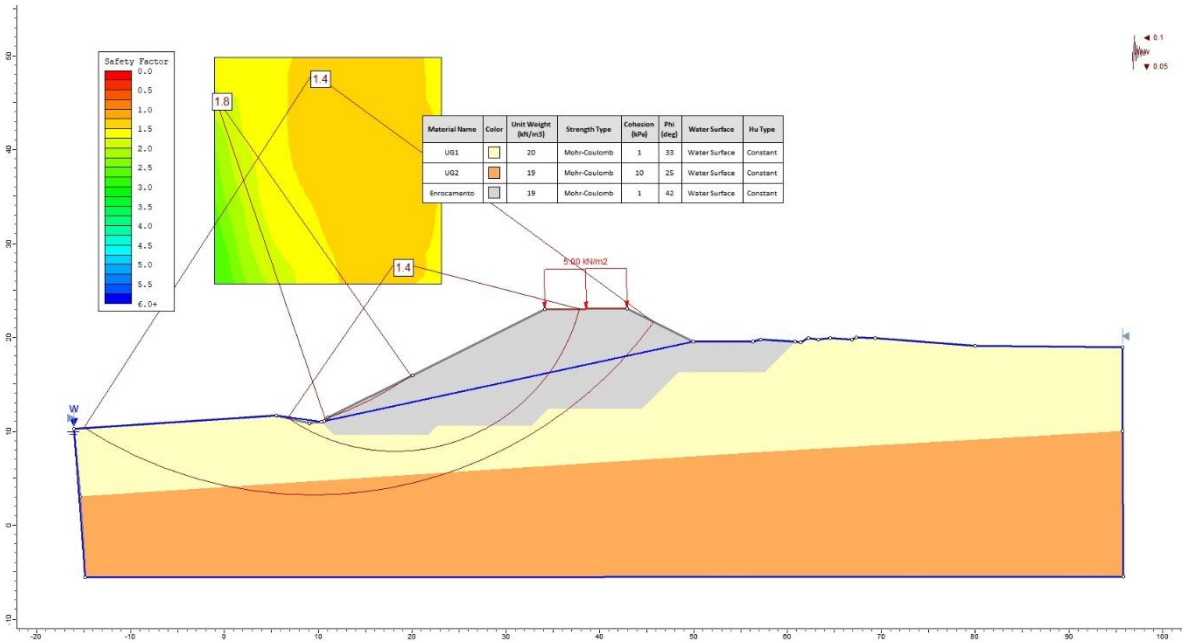


Figura 13 – Situação (4), s/ carregamento, análise pseudo-estática c/ nível de água.

Nas condições enunciadas em (4), com acção sísmica regulamentar (h=0.1 e v= 0.05) e nível de água elevado, os fatores de segurança continuam muito elevados (FS mínimo > 1.4) Note-se que esta situação é muito improvável, uma vez que considera a subida do nível freático cumulativamente com um sismo.

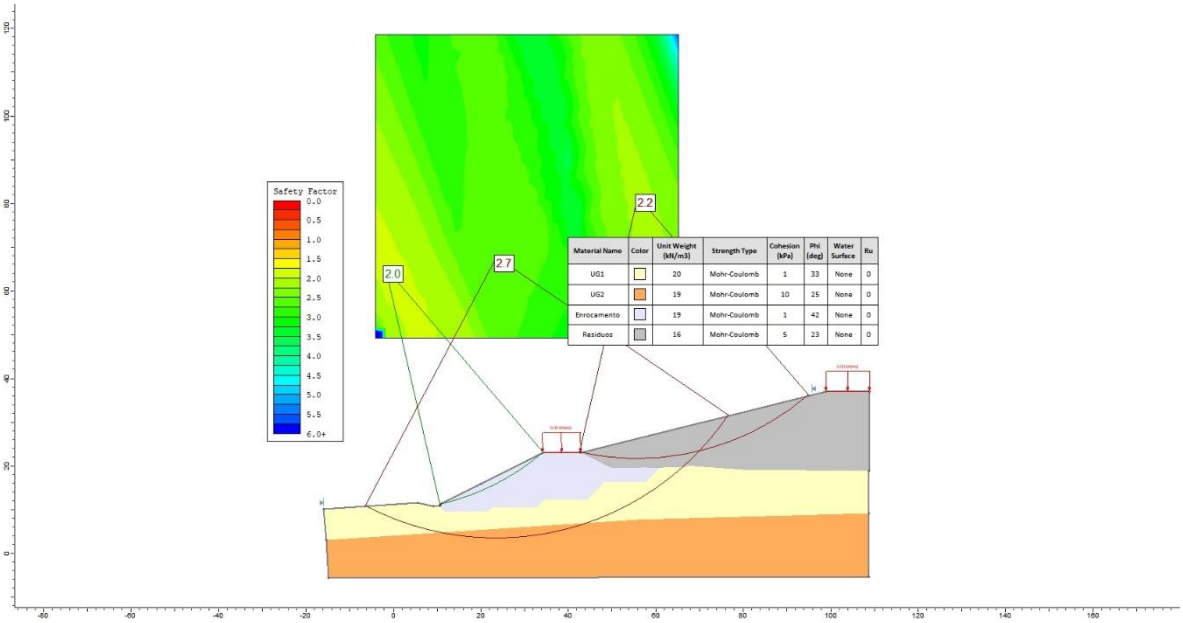


Figura 14 – Situação (5), c/ carregamento, análise estática s/ nível de água.

Na situação (5), com carregamento e sem nível de água, o enrocamento é estável para grandes e pequenos círculos, com fator de segurança mínimo FS> 2. Para grandes círculos envolvendo as unidades UG1 e UG2 o FS é superior a 2.7.

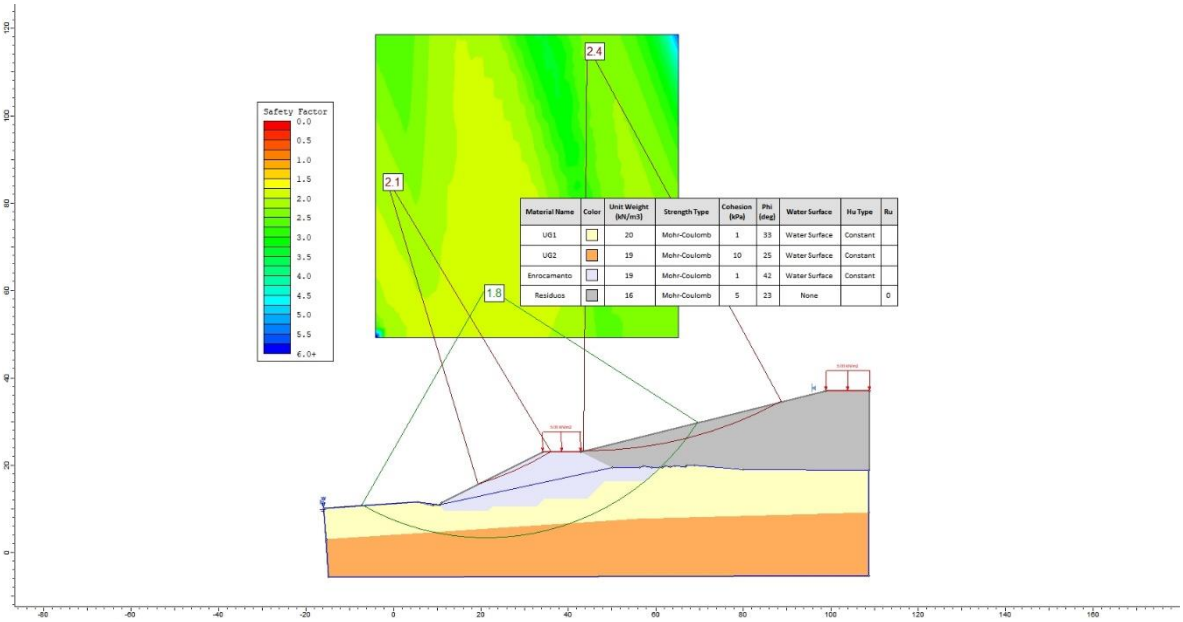


Figura 15 – Situação (6), c/ carregamento, análise estática c/ nível de água.

Na situação (6), com carregamento e com nível de água elevado, o enrocamento é estável para grandes e pequenos círculos, com fator de segurança mínimo FS> 1.8. Para grandes círculos envolvendo as unidades UG1 e UG2 o FS é superior a 1.8.

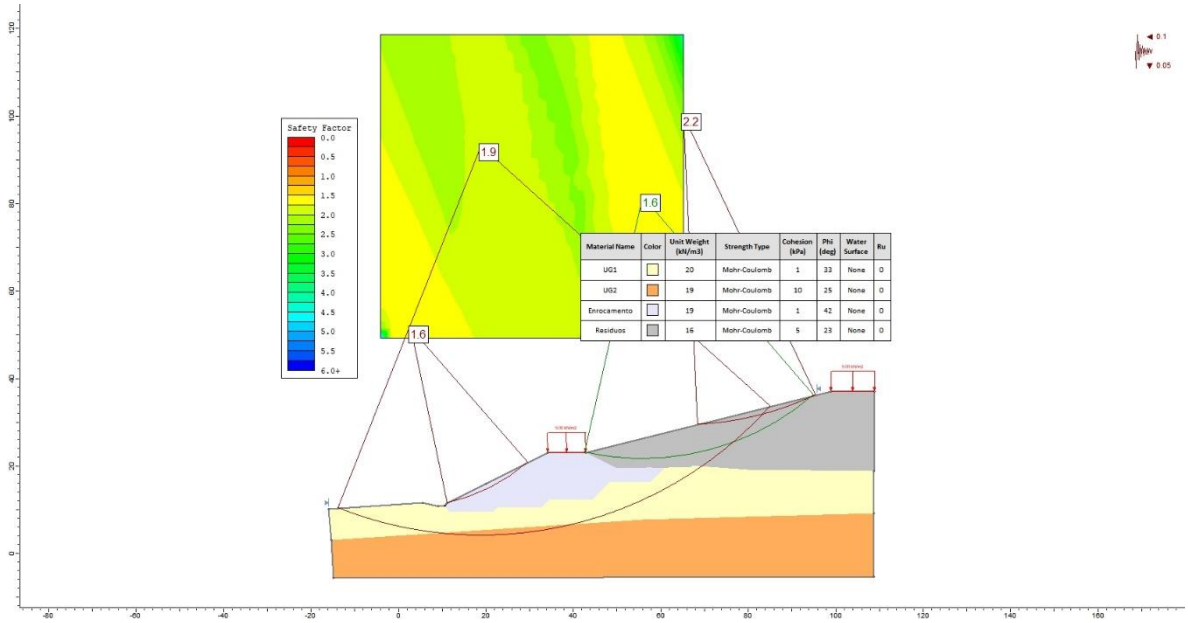


Figura 16 – Situação (7), c/ carregamento, análise pseudo-estática s/ nível de água.

Nas condições enunciadas em (7), com carregamento, sem nível de água e com acção sísmica regulamentar (h=0.1 e v= 0.05), os fatores de segurança continuam muito elevados (FS mínimo > 1.6).

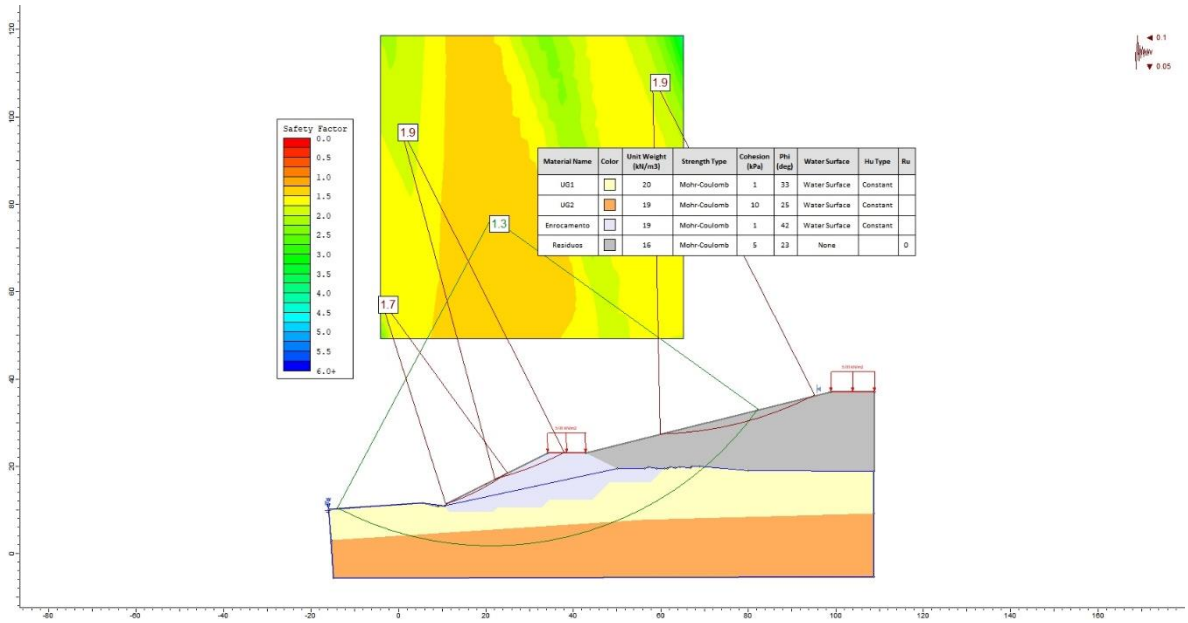


Figura 17 – Situação (8), c/ carregamento, análise pseudo-estática c/ nível de água.

Nas condições enunciadas em (8), com carregamento, com acção sísmica regulamentar (h=0.1 e v= 0.05) e nível de água elevado, os fatores de segurança continuam confortáveis (FS mínimo > 1.3) para uma situação muito improvável, com sismo e subida do nível freático em simultâneo.

Para os cenários estudados o enrocamento comporta-se adequadamente (Tabela 5).

Tabela 5 – Fatores de segurança obtido para os cenários estudados.

SITUAÇÕES ESTUDADAS	FATORES DE SEGURANÇA			
	Pequenos círculos	Grandes círculos	Mínimo	Resíduos
Análise estática				
(1) s/ carregamento/ s/ NF	> 2.0	> 3.9	2.0	-
(2) s/ carregamento/ c/ NF	> 1.7	> 2.0	1.7	-
(3) c/ carregamento/ s/ NF	> 2.0	> 2.7	2.0	2.2
(4) c/ carregamento/ c/ NF	> 2.1	> 1.8	2.0	2.4
Análise pseudo-estática				
(5) s/ carregamento/ s/ NF	> 1.6	> 3.0	1.6	-
(6) s/ carregamento/ c/ NF	> 1.8	> 1.4	1.4	-
(7) c/ carregamento/ s/ NF	> 1.6	> 1.9	1.6	1.6
(8) c/ carregamento/ c/ NF	> 1.7	> 1.3	1.3	1.9

Os fatores de segurança são bastante confortáveis, sempre superiores a FS=1.5 em condições estáticas, mesmo quando a água sobe no enrocamento e aí permanece. Como seria de esperar o carregamento da célula com resíduos não tem efeito significativo sobre o comportamento do enrocamento.

Quanto ao sismo, as análises conduzidas com a acção regulamentar, demonstram que o comportamento é bastante satisfatório, mesmo em condições extremas e improváveis, como a manutenção de níveis de água altos durante um episódio sísmico, em que o fator de segurança se mantém acima de FS = 1.3.

7. MONITORIZAÇÃO

Na fase de exploração será conveniente o acompanhamento do comportamento do dique de retenção, através de um sistema simples de monitorização que inclui das seguintes atividades:

1. Observação visual;
2. Monitorização topográfica, mediante a leitura de marcas topográficas a instalar;
3. Medição e registo de caudais debitados pelo sistema de drenagem.

Trata-se de um sistema simples e de fácil implementação que repousa essencialmente na observação visual como principal acompanhamento da obra. Para o efeito preconiza-se que durante os primeiros 2 anos de exploração da célula se faça uma campanha semestral de observação visual, a realizar pelos próprios serviços internos da ECODEAL que deverá incluir uma reportagem fotográfica dos pontos observados, escolhidos como os mais sensíveis, a saber:

- Os contactos entre os aterros de solo e de enrocamento;
- Os exutórios dos vários drenos, internos e externos que compõem o sistema de drenagem;
- O estado de conservação das zonas expostas da tela de impermeabilização;
- A regularidade do coroamento dos diques de solo e de enrocamento;
- Outros pontos detectados pela equipa de operação que esta julgue relevantes.

Acresce que as fotos deverão ser tomadas de pontos fixos e sempre com a mesma perspectiva, de molde a permitir uma fácil e objectiva comparação de imagens no tempo. Sem prejuízo de outros pontos de vista que a equipa de exploração considere necessários, apresentam-se no desenho em anexo, os pontos de vista considerados significativos.

Uma vez colocadas as marcas topográficas, nos locais assinalados no desenho de monitorização em anexo, dever-se-á fazer uma leitura inicial (leitura zero), procedendo-se depois a leituras semestrais, durante o primeiro ano. Se não se registarem fenómenos anómalos as leituras passarão a uma leitura anual e ao fim do segundo ano, uma leitura bienal.

Deverá ser mantido um registo das leituras dos caudais debitados nos vários pontos de drenagem, cuja frequência de leitura deve ser adaptada às variações detetadas no caudal. Preconiza-se como frequência inicial uma leitura semestral que poderá ser alargada caso não registo variação dos caudais medidos, para uma frequência anual e depois bienal.

A frequência dos relatórios inicialmente semestrais será adaptada em conformidade com a frequência das leituras e os eventos que se registem na exploração normal da célula.

Tabela 6 – Frequências de leitura

DESIGNAÇÃO	FREQUÊNCIA EM CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO NORMAL	FREQUÊNCIA EM CASO DE OCORRÊNCIA ANORMAL
Pontos de medição de caudal (C)	1 leitura semestral	De uma leitura mensal a uma ou mais leituras semanais
Marcas de nivelamento (M)	1 leitura semestral	De uma leitura bimensal a uma leitura semanal
Pontos de vista (PV)	1 leitura semestral	De uma leitura mensal a uma leitura diária

Tabela 7 – Descrição das actividades

DESIGNAÇÃO	ACTIVIDADE A DESENVOLVER
Pontos de medição de caudal (C)	Nos dois pontos de leitura de caudal previstos far-se-ão as medições dos pontos de medida, sempre do mesmo modo e tendo o cuidado de repetir as leituras pelo menos uma vez, duas no caso de haver discrepância de valores.
Marcas de nivelamento (M)	As seis marcas de nivelamento a instalar devem ser lidas sempre pela mesma ordem, e em seguida na ordem inversa. Caso haja discrepância significativa de valores as leituras serão repetidas pelo menos uma vez, ou mais se necessário.
Pontos de vista (PV)	Em cada um dos 6 pontos de vista far-se-á uma fotografia com máquina fotográfica de boa resolução (> 15 megapixel), sempre à mesma altura e com a mesma orientação de modo a possibilitar a comparação de imagens. As imagens devem ser colhidas de preferência sempre à mesma hora do dia e com condições meteorológicas semelhantes (céu limpo sem chuva).

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No presente parecer fez-se uma análise dos documentos fornecidos, explicitados no ponto 2. Fez-se também uma visita à obra durante a qual se puderam apreciar os trabalhos de colocação do enrocamento e verificar visualmente a sua qualidade aferindo os dados fornecidos pela obra, provenientes do fornecedor.

Durante a reunião que se seguiu à visita, chamou-se desde logo a atenção para a necessidade de compactar o enrocamento com rega abundante, para promover na fase construtiva a grande parte do assentamento devido ao efeito de molhagem do material pétreo.

Os cálculos de estabilidade do projecto Engiciclo, replicados pela Lurgintza, não consideram a camada argilosa subjacente aos conglomerados arenosos, conforme a prospecção efetuada e o relatório da Geoárea. Apesar de não ser relevante para o comportamento global do conjunto enrocamento/fundação entendeu-se adequado apresentar novos cálculos em que a dita camada figura na secção-tipo geológica.

Quanto à atribuição dos parâmetros geotécnicos relevantes para o cálculo de estabilidade (peso específico natural, ângulo de atrito e coesão) constatou-se haver uma certa coerência nos valores apresentados pela Geoárea e Engiciclo, sendo os parâmetros propostos por esta última os de projecto. A Lurgintza preconiza a adopção de um ângulo de atrito interno e coesão superiores aos propostos. Nesta matéria considera-se que os valores preconizados pelos intervenientes estão dentro da gama de variação aceitável para os materiais em presença. Não foi possível encontrar contudo uma justificação objectiva da atribuição de tais parâmetros.

Propõe-se por isso, nos cálculos efetuados, uma gama de parâmetros ancorada nos valores de resistência dinâmica dos terrenos de fundação (N_{SPT}) e das características físicas desses materiais (granulometria, plasticidade e teor de humidade). Foi com base nesses valores que se realizaram novos cálculos de estabilidade cujos valores finais para os diversos casos considerados mais críticos, constam da Tabela 5. Esses valores são bastante confortáveis e demonstram que, do ponto de vista geomecânico, a célula de resíduos se comporta adequadamente, seja na condição de vazia, com a fundação seca ou com uma subida do nível de água à superfície; seja na condição de carregada com uma altura de 14m de resíduos, em ambas as situações, com ou sem nível de água. Os cálculos efetuados considerando a acção sísmica regulamentar foram igualmente satisfatórios e demonstram que o sistema é estável nessas condições limite.

Note-se que apesar do talude do aterro de resíduos de projecto, que atinge uma altura máxima 14m, ser estável do ponto de vista geotécnico, apresenta no entanto uma superfície exposta à chuva que pode ser excessiva e determinar velocidades de escoamento na base do talude difíceis de controlar. Nesse sentido e considerando que a inclinação dos taludes é pequena, de 1/4, (V/H) poderá inserir-se uma banqueta aos 7m de altura, incrementando a inclinação dos dois taludes assim formados, de forma a atingir o mesmo ponto final e garantir um volume de resíduos idêntico. Apresentam-se seguidamente os cálculos de estabilidade, com os mesmos parâmetros geotécnicos e para os mesmos casos-tipo adoptados para os cálculos anteriormente efetuados.

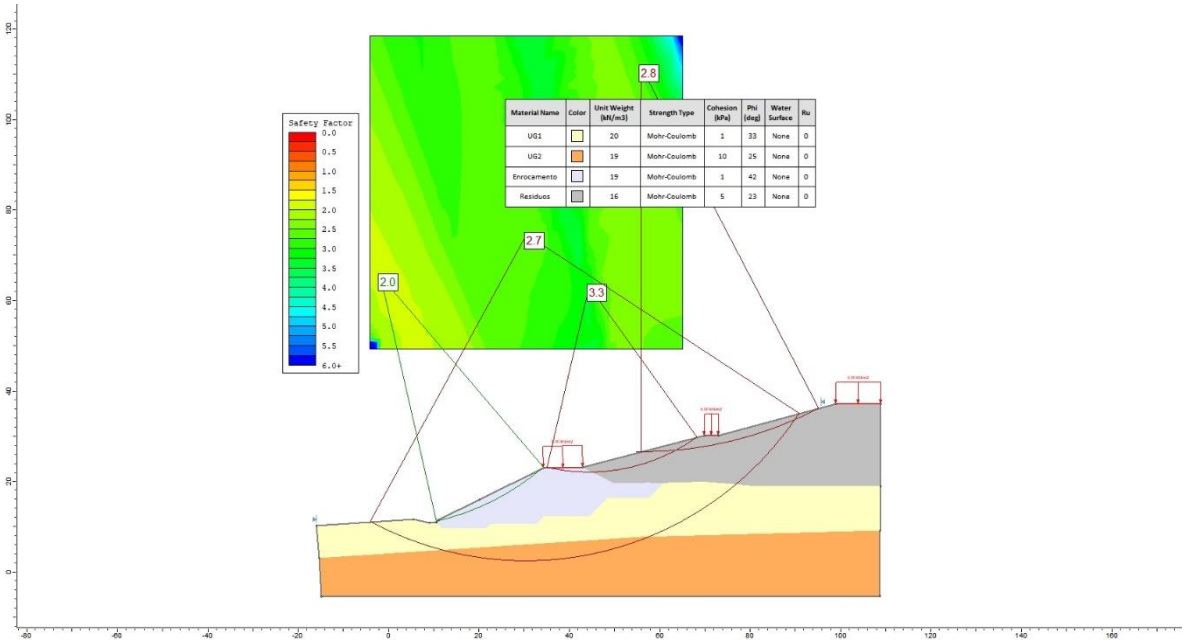


Figura 18 – Situação (9), c/ banqueta aos 7m, análise estática, s/ nível de água.

Para este caso, com banqueta aos 7m de altura de resíduos, e considerando a mesma acção de 5kN correspondente ao tráfego de veículos de manutenção, os valores obtidos para o fator de segurança são ainda bastante elevados apesar do ligeiro incremento da pendente do aterro, que acaba compensada pela introdução da banqueta: FS > 2.8 para os resíduos.

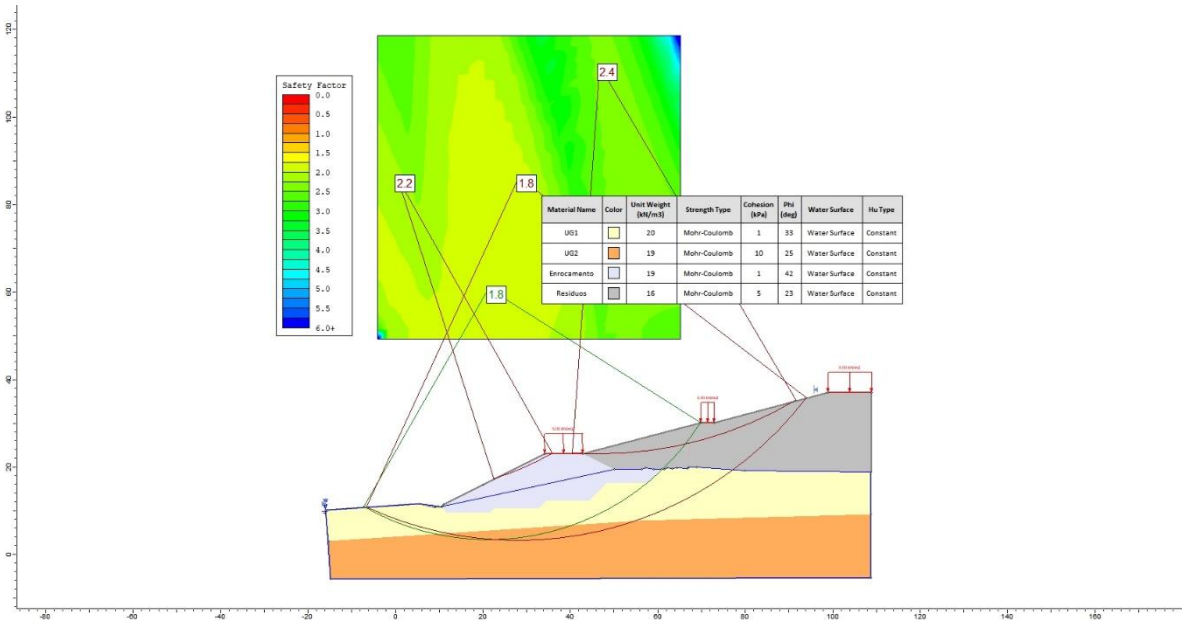


Figura 19 – Situação (10), c/ banqueta aos 7m, análise estática, c/ nível de água.

Se o nível de água subir na fundação e no corpo do enrocamento, a situação não se altera significativamente, havendo uma ligeira descida do fator de segurança nos resíduos, para FS > 2.4.

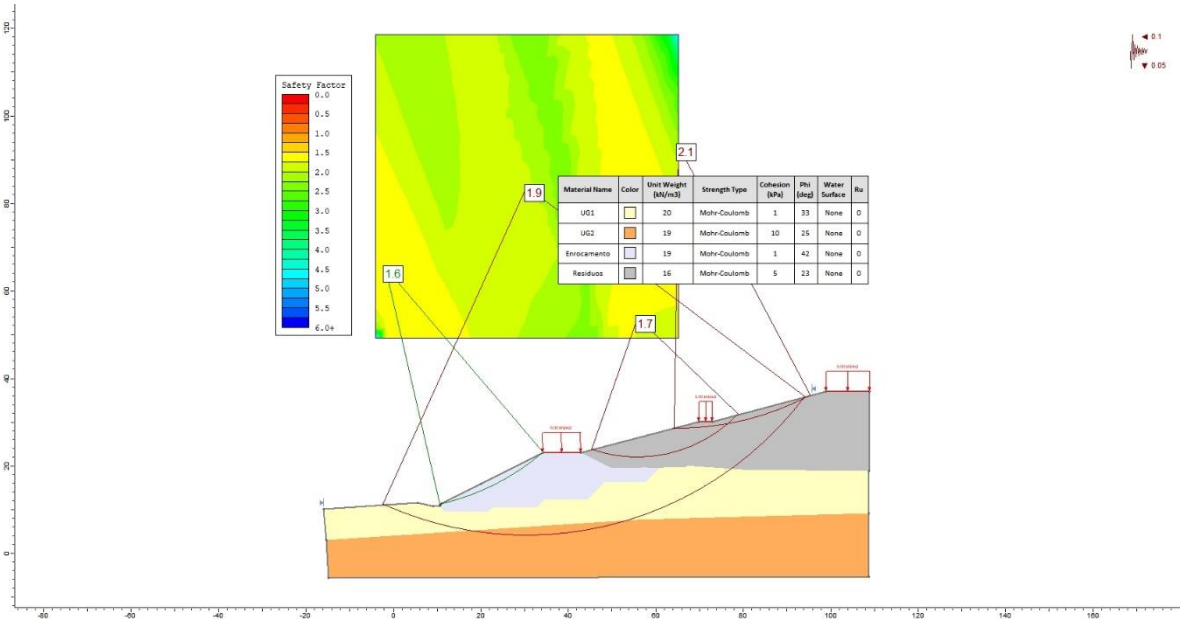


Figura 20 – Situação (11), c/ banqueta aos 7m, análise pseudo-estática, s/ nível de água, c/ sismo.

Replicando as condições em (9), agora sujeitando o conjunto à acção sísmica regulamentar (h = 0.1, v=0.05) o comportamento é ainda muito bom, com um valor para o fator de segurança de FS = 1.7.

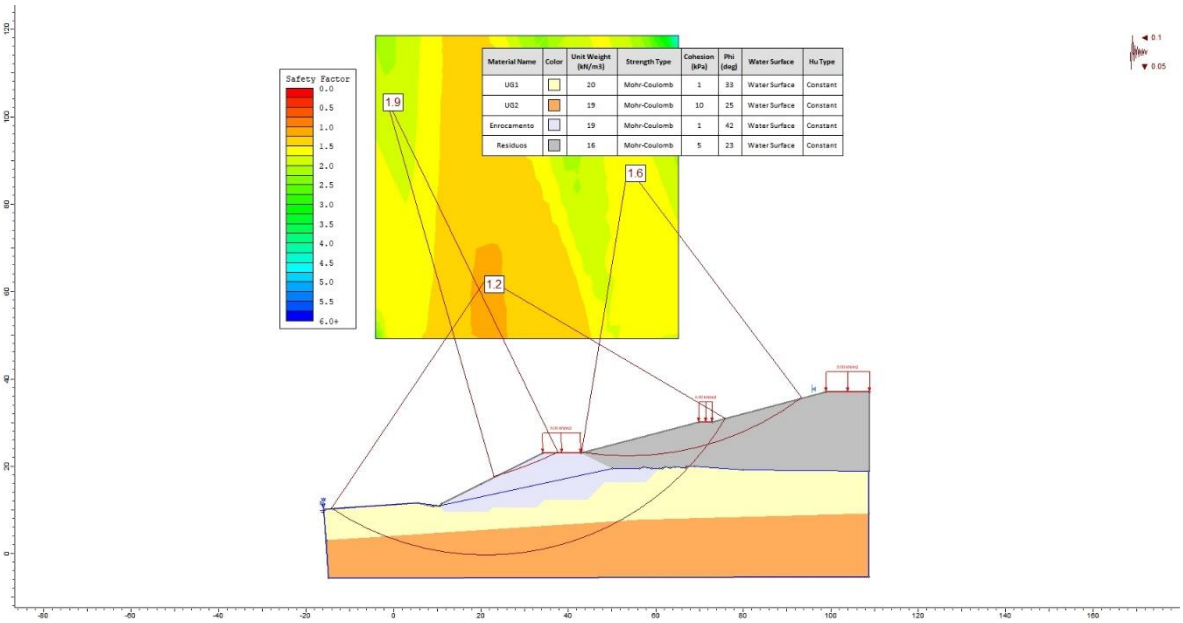


Figura 21 – Situação (12), c/ banqueta aos 7m, análise pseudo-estática, c/ nível de água, c/ sismo.

Admitindo para concluir a mesma situação improvável estudada para a solução de base, sem banqueta, com coincidência do episódio sísmico, com a subida anormal do nível de água no corpo do enrocamento, mantendo-se a pressão da água na base do sistema de drenagem da tela, o valor de fator de segurança mantém-se aceitável, com FS > 1.2.

Daqui concluímos que poderá haver vantagem em adoptar uma banqueta aos 7m de altura de aterro, de modo a facilitar a manutenção e garantir que não há risco de erosão por efeito de escoamento da água da chuva.

Um outro aspecto relevante da análise efetuada, prende-se com a boa execução da ligação entre o dique de aterro existente, em solo, com o dique de enrocamento, materiais que não têm um comportamento reológico semelhante e que por isso se comportam diferentemente. A solução de projecto, que consiste na separação com manta geotêxtil parece adequada (

Figura 22), mas haverá que velar para que não haja segregação de material no contacto, seja ele grosseiro ou fino, e a compactação nessa zona de ligação é adequadamente executada.

Refira-se que na fase de exploração esta zona deverá ser devidamente monitorizada no sentido de identificar eventuais sinais de passagens de água na interface e/ou abertura de fendas na envolvente. Acresce que ao nível do contacto poderá observar-se algum assentamento após algum tempo, o que é normal e resultará do rearranjo das partículas, fenómeno que, a acontecer, deverá ser acompanhado, sem que tal signifique necessariamente algum mau comportamento da ligação. Caso se verifique algum pequeno abatimento/assentamento do coroamento deve proceder-se ao respectivo enchimento e regularização, incrementando-se a monitorização da zona.

Figura 22 – Foto da ligação aterro existente e enrocamento.

Finalmente e como solicitado na reunião de 31 de Julho, apresenta-se o cálculo de estabilidade para um incremento de 3m da altura do talude de resíduos, passando a um total de 17m, cota (200). A análise foi efetuada admitindo-se uma banqueta com largura mínima de 3m (semelhante ao último caso estudado), a meia altura do aterro de resíduos, e a inclinação de cada pano dos taludes assim criados exibem a pendente média de 1:3.7.

Conforme se deduz da Figura 23, o fator de segurança obtido é ainda confortável sem nível de água na fundação e enrocamento e em condições estáticas, atingindo o fator de segurança valor de FS >2.0.

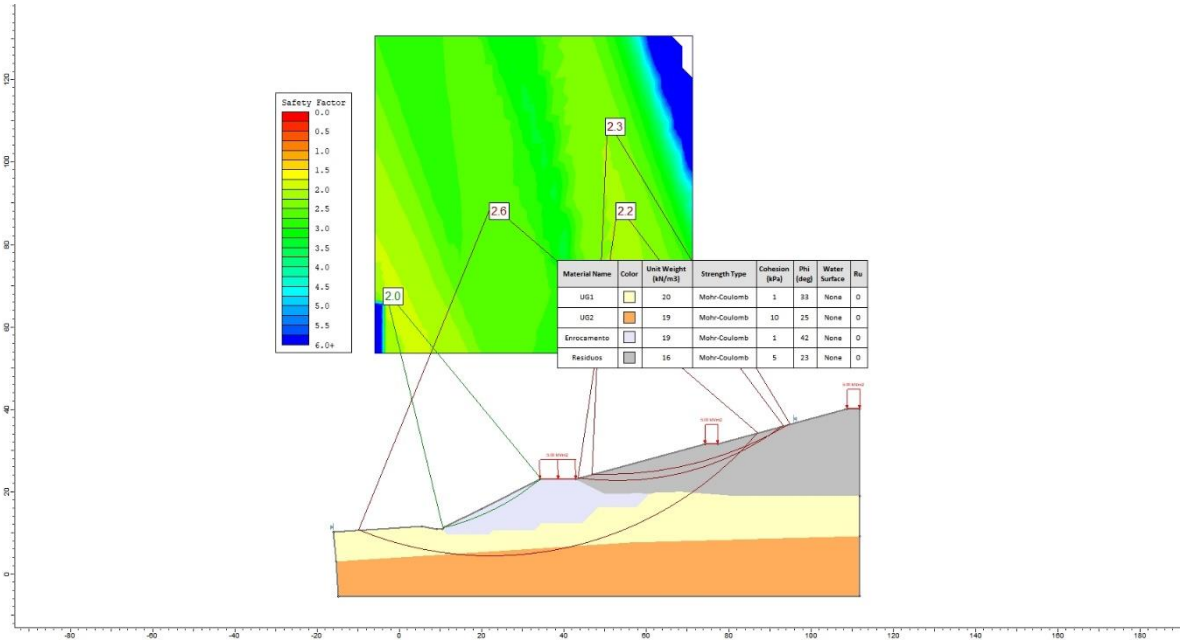


Figura 23 – Situação (13), c/ banqueta aos 8.5m, análise estática, s/ nível de água, s/ sismo.

Nas mesmas condições, para o caso de ocorrência de um sismo com a acção regulamentar (h 0= 0.1, v = 0.05) o valor do fator de segurança mínimo desce para FS > 1.6, um valor muito confortável.

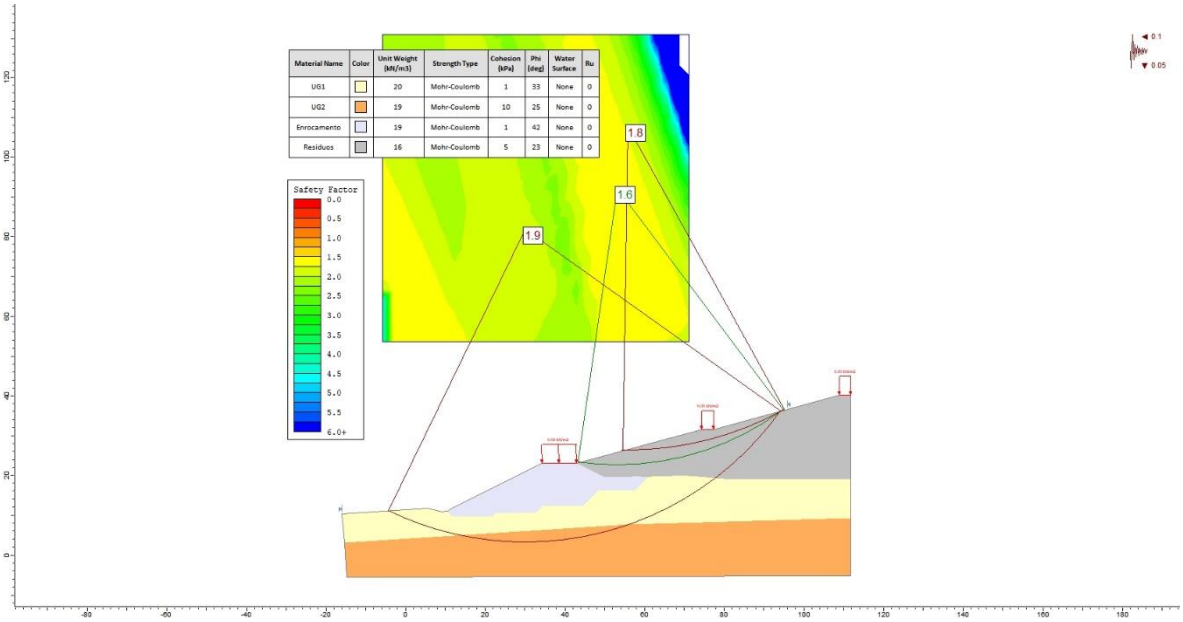


Figura 24 – Situação (14), c/ banqueta aos 8.5m, análise pseudo-estática, s/ nível de água, c/ sismo.

É muito importante notar que o incremento de altura de 3m de resíduos foi analisado exclusivamente de um ponto de vista geotécnico. Caso a ECODEAL pretenda avançar com essa opção, deve atender a outros aspectos fundamentais, como a modelação da própria célula e o impacto de tal incremento nas restantes

componentes da célula, como a drenagem interna e externa e restantes soluções técnicas adoptadas, que não foram pensadas para o dito incremento.

Lisboa, 31 de Agosto de 2020

José António do Amaral

ENGIDRO engineering solutions

ecODEAL GESTÃO INTEGRAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS

ANEXO

01

GRUPO FRAZÃO: DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO Nº 8, ENROCAMENTO (90/250), MAIO 2018

GRUPOFRAZÃO

DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO Nº 08

ENROCAMENTO (90/250)

CE

08

Os agregados minerais podem libertar poeiras, que podem causar irritação dos olhos e vias respiratórias. Aconselha-se a utilização de óculos e máscara de proteção no seu manuseamento.

1. **Código de identificação único do produto-tipo:**
   73000005 - Enrocamento (90/250)

2. **Tipo, lote ou número da série, ou quaisquer outros elementos que permitam a identificação do produto de construção, nos termos do nº 4 do artigo 11º:**
   Rochas e ou espécies mineralógicas presentes: Calcário com calcite.
   Forma: Subprismática.
   Angularidade das partículas: Subangulosa.
   Condições de superfície: Rugosa.
   Nome do material resultante da descrição petrográfica: Rocha sedimentar química - calcário

3. **Utilização ou utilizações previstas do produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:**
   EN 13383-1 - Obras hidraúlicas de protecção ou de regulação

4. **Nome, designação comercial ou marca comercial registada e endereço de contacto do fabricante, nos termos do nº 5 do artigo 11º:**
   Grupo Frazão, S.A.
   Zona Industrial Norte - Apartado 4
   2026-901 Alcanede

5. **Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho do produto de construção tal como previsto**
   Sistema 2+

6. **No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção abrangido por uma norma**
   A EIC – Empresa Internacional de Certificação, Lda, organismo de certificação notificado com o nº 1515, realizou a inspecção inicial da unidade fabril e do controlo da produção em fábrica, executa o acompanhamento, apreciação e aprovação contínuos do controlo da produção em fábrica, no âmbito do sistema 2+, e emitiu o certificado de conformidade n.º 1515 CPR-0341, em 23 de Julho de 2014, o qual tem validade até 15 de Maio de 2020.

7. **Desempenho declarado**

Características Essenciais	Normas Harmonizadas EN 13383-1
Dimensão nominal (d/D)	90/250
Granulometria	$CP_{90/250}$
Forma das partículas	LT_{NR}
Proporção de blocos esmagados e	RO_{NR}
Densidade das partículas	2,51 Mg/m^3
Absorção de água (W_{as})	W_{as}= 2,1 %
Resistência à rotura	CS_{NR}
Resistência ao desgaste por atrito	$M_{DE}NR$
Libertação de substâncias perigos	NPD
Durabilidade face à alteração	NA
Durabilidade face ao gelo-degelo	Categoria *NR*
Durabilidade face à cristalização d	NR
Durabilidade face à meteorização	NA

Granulometria (% passados em massa)

Série base+2	Valores típicos	Tolerâncias	
		Limites Inferiores	Limites Superiores
Peneiro (mm)	(%)	(%)	(%)
360	100	98	100
250	100	90	100
180	100		
125	46	0	50
90	4	0	15
63	1		
45	0	0	5
31.5	0		
22.4	0		
16	0		

Notas:
NA - Não Aplicável
NPD - Desempenho Não Determinado

8. **O desempenho do produto identificado nos pontos 1 e 2 é conforme com o desempenho declarado no ponto 7.**
   A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 4.

Alcanede, 28 de Maio de 2018

(António Frazão / Administração)

ENGIDRO engineering solutions

ecODEAL GESTÃO INTEGRAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS

ANEXO

02

GRUPO FRAZÃO: FICHA TÉCNICA BRITA (31,5/80), JUNHO 2020

GRUPOFRAZÃO

FICHA TÉCNICA

BRITA (31,5/80)

Os agregados minerais podem libertar poeiras, que podem causar irritação dos olhos e vias respiratórias. Aconselha-se a utilização de óculos e máscara de proteção no seu manuseamento.

1. **Código de identificação único do produto-tipo:**
   68000005 - Brita (31,5/80)

2. **Tipo, lote ou número da série, ou quaisquer outros elementos que permitam a identificação do produto de construção, nos termos do nº 4 do artigo 11º:**
   Rochas e ou espécies mineralógicas presentes: Calcário com calcite.
   Forma: Subprismática.
   Angularidade das partículas: Subangulosa.
   Condições de superfície: Rugosa.
   Nome do material resultante da descrição petrográfica: Rocha sedimentar química - calcário

3. **Utilização ou utilizações previstas do produto de construção de acordo e baseado na especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:**
   Cal e Materiais tratados com ligantes hidráulicos e materiais não tratados para utilização em engenharia civil e construção de estradas

4. **Nome, designação comercial ou marca comercial registada e endereço de contacto do fabricante, nos termos do nº 5 do artigo 11º:**
   Grupo Frazão, S.A.
   Zona Industrial Norte - Apartado 4
   2026-901 Alcanede

5. **Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho do produto de construção tal como previsto**
   Não aplicável

6. **No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção abrangido por uma norma**
   Não aplicável

7. **Desempenho Declarado**

Características Essenciais	Valore Declarados (Baseado nas Normas Harmonizadas)
Dimensão nominal (d/D)	31,5/80
Granulometria	-
Peneiro intermédio	-
Teor de finos	NPD
Qualidade dos finos	NPD
Massa Volúmica:	
- Material impermeável [b)]	2,67 (+-0,05) Mg/m^3
- Partículas secas em estufa [b)]	2,44 (+-0,05) Mg/m3
- Partículas saturadas [b)]	2,52 (+-0,05) Mg/m3
Absorção de água (WA_{24})	3,5 (+-0,5) %
Baridade [b)]	1,297 Mg/m^3
Volume de Vazios [b)]	47,80%
Teor de cloretos	NA
Teor de húmus [b)]	Aceite
Retracção por secagem [a)]	NA
Teor sulfatos solúveis em ácido	AS_{NR}
Enxofre total [b)]	< 1%
Teor de carbonato de cálcio	NA
Índice de achatamento	FI_{NR}
Índice de forma	SI_{NR}
% sup. esmagadas ou quebradas	$C_{90/3}$
Resistência à fragmentação [a)]	LA_{NR}
Resistência ao desgaste [a)]	MDE_{NR}
Resistência ao polimento	NA
Resistência à abrasão	NA
Contaminantes orgânicos leves	NPD
Resistência ao choque térmico	NA
Afinidade aos ligantes betuminoso	NA

Notas:
[a)] Agregado de origem continental.
[b)] Valor determinado num agregado com a mesma origem.

NA - Não Aplicável
NPD - Desempenho Não Determinado

Alcanede, 23 de Junho de 2020

(António Frazão / Administração)

ENGIDRO engineering solutions

ecODEAL GESTÃO INTEGRAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS

ANEXO

03

GRUPO FRAZÃO: FICHA TÉCNICA TOUT-VENANT 2ª, JUNHO 2020

GRUPOFRAZÃO

FICHA TÉCNICA

TOUT-VENANT 2ª

Os agregados minerais podem libertar poeiras, que podem causar irritação dos olhos e vias respiratórias. Aconselha-se a utilização de óculos e máscara de proteção no seu manuseamento.

1. **Código de identificação único do produto-tipo:**
   79000005 - Tout-Venant 2ª

2. **Tipo, lote ou número da série, ou quaisquer outros elementos que permitam a identificação do produto de construção, nos termos do nº 4 do artigo 11º:**
   Rochas e ou espécies mineralógicas presentes: Calcário com calcite.
   Forma: Subprismática.
   Angularidade das partículas: Subangulosa.
   Condições de superfície: Rugosa.
   Nome do material resultante da descrição petrográfica: Rocha sedimentar química - calcário

3. **Utilização ou utilizações previstas do produto de construção de acordo e baseado na especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:**
   Materiais tratados com ligantes hidráulicos e materiais não tratados para utilização em engenharia civil e construção de estradas

4. **Nome, designação comercial ou marca comercial registada e endereço de contacto do fabricante, nos termos do nº 5 do artigo 11º:**
   Grupo Frazão, S.A.
   Zona Industrial Norte - Apartado 4
   2026-901 Alcanede

5. **Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho do produto de construção tal como previsto**
   Não aplicável

6. **No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção abrangido por uma norma**
   Não aplicável

7. **Desempenho Declarado**

Características Essenciais	Valore Declarados (Baseado nas Normas Harmonizadas)
Dimensão nominal (d/D)	0/31,5
Granulometria	G_A85
Peneiro intermédio	GT_A10
Teor de finos	f_9
Qualidade dos finos	DND
Massa Volúmica:	
- Material impermeável [b)]	2,71 (+-0,05) Mg/m^3
- Partículas secas em estufa [b)]	2,43 (+-0,05) Mg/m3
- Partículas saturadas [b)]	2,53 (+-0,05) Mg/m3
Absorção de água (WA_{24})	4,3 (+-0,5) %
Baridade [b)]	1,521 Mg/m^3
Volume de Vazios [b)]	38,93%
Teor de cloretos	NA
Teor de húmus [b)]	Aceite
Retracção por secagem	NA
Teor sulfatos solúveis em ácido	AS_{NR}
Enxofre total [b)]	< 1%
Teor de carbonato de cálcio	NA
Índice de achatamento	FI_{NR}
Índice de forma	SI_{NR}
% sup. esmagadas ou quebradas	$C_{90/3}$
Resistência à fragmentação [b)]	LA_{NR}
Resistência ao desgaste [b)]	MDE_{NR}
Resistência ao polimento	NA
Resistência à abrasão	NPD
Contaminantes orgânicos leves	NPD

Granulometria (% passados em massa)

Série base+2	Valores típicos	Tolerâncias	
		Limites Inferiores	Limites Superiores
Peneiro (mm)	(%)	(%)	(%)
40	100	100	100
31,5	98	93	100
20	87		
16	75	65	85
14	68		
12,5	61		
10	48		
8	39		
6,3	31		
4	22		
2	16		
1	13		
0,5	10		
0,25	8		
0,125	6		
0,063	5,3	2,3	8,3

Notas:
[a)] Valor do ensaio de tipo inicial.
[b)] Valor determinado num agregado com a mesma origem.
NA - Não Aplicável
NPD - Desempenho Não Determinado

Alcanede, 23 de Junho de 2020

(António Frazão / Administração)

ENGIDRO engineering solutions

ecODEAL GESTÃO INTEGRAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS

ANEXO

04

CONSTRUÇÕES PRAGOSA: PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE MATERIAIS, ENROCAMENTO, VER. 03-20/10/2015, REF. 010/1955, 24/06/2020

CONSTRUÇÕES PRAGOSA	PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE MATERIAIS (PAM)
	Rev. 03 - 20/10/2015

Empreitada: "CONSTRUÇÃO DA CÉLULA N.º 3 DO ATERRO DE RESÍDUOS PERIGOSOS DO CIRVER ECODEAL"

Nº 010	Ref.ª: 010/1955	Data: 24/06/20	ecodeal GESTÃO INTEGRAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS

Enrocamento

1. Descrição do(s) material(ais)

Prevê o projeto de acordo com o preconizado no artigo 2.2.3 o fornecimento e aplicação de enrocamento. Assim, o empreiteiro vem apresentar para aprovação, os materiais que compõem o material de enrocamento conforme documentação técnica em anexo.

2. Catálogos / Informações Técnicas

- Fichas técnicas

3. Desenhos ou pormenores de execução

- N/A

4. Fornecedor

- Grupo Frazão

5. Outros

- N/A

Executado por:	Aprovação do DP:	Recebido por:	Aprovado:	
			Por:	Data:
	___/____/___	____/____/___		____/____/___

ENGIDRO engineering solutions

ecODEAL GESTÃO INTEGRAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS

ANEXO

05

VERIFICAÇÃO DO CÁLCULO DA AMARRAÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

CIRVER DA ECODEAL, S.A.

AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DA VALA DE AMARRAÇÃO

Conforme solicitado analisou-se a conformidade da geometria da vala de amarração de projecto. Este considera duas valas-tipo: tipo A, aplicável a toda a extensão do dique de terra, e tipo B aplicável apenas na secção mais alta em enrocamento. A diferença entre ambas (ver figs. seguintes) consiste na largura da berma que é maior na secção de enrocamento.

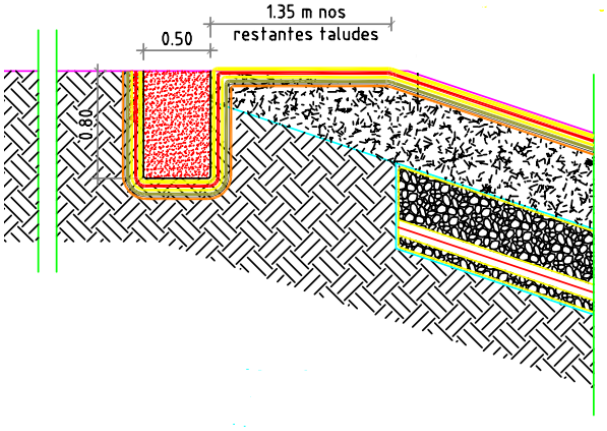


Figura 1 – Vala de amarração tipo A (secção do dique em terra).

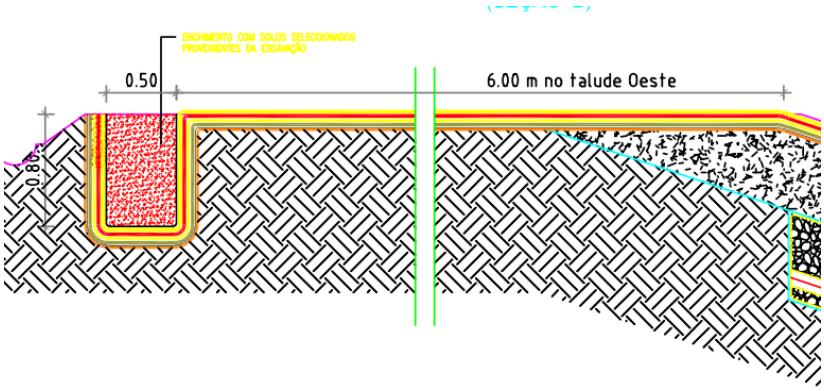
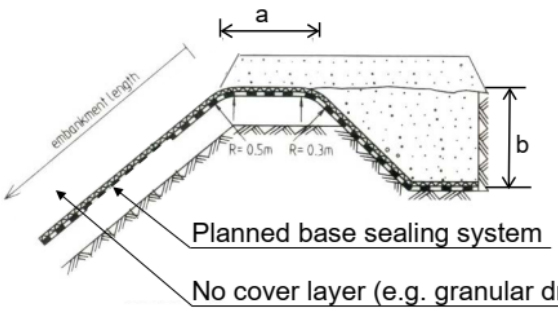


Figura 2 – Vala de amarração tipo B (secção do dique em enrocamento).

No *Anexo IV – Dimensionamento dos geossintéticos* ao projecto da Engiciclo, figura um cálculo do fabricante das telas BBG, que se apresenta na figura seguinte, que difere ligeiramente da proposta de projecto, mas cujos pressupostos não são exactamente os mesmos, já que admite um pendente de 1:2 (V:H) do talude e um formato de vala diferente. Serve no entanto de orientação geral, uma vez que o fabricante terá certamente grande experiência no comportamento dos seus materiais, aplicados em outras obras.



Slope Length	a	b
< 10 m	≥ 0.5 m	≥ 0.5 m
10 – 40 m	≥ 0.8 m	≥ 0.6 m
> 40 m	≥ 1.0 m	≥ 0.8 m

Figura 3 – Vala de ancoragem proposta pelo fabricante das telas BBG, considerando uma inclinação superior ao preconizado no projecto, de 1:2 (V:H).

Atendendo a que no projeto não figura o cálculo de dimensionamento da vala de amarração, apresenta-se seguidamente uma verificação dos estados limite últimos, para as mesmas condições.

Tomaram-se os seguintes pressupostos de base:

- Secção de cálculo: PK 0+225 (secção de maior altura);
- Altura máxima do talude (d) = 13m;
- Inclinação do talude (β) = 26.6º (1/2, V:H);
- Máxima extensão do talude (L): 29m;
- Largura mínima da berma (a análise foi feita para a condição mais desfavorável): 1.35m;
- Largura da vala (b) = 0.5m;
- Profundidade da vala (h) = 0.8m;
- Peso específico do solo de preenchimento (W_s): 18 kN/m^3;
- Peso aproximado do sistema de impermeabilização (W): 8.500 g/m^2;
- Ângulo de atrito entre o sistema de impermeabilização e o solo (ϕº): 12º.

O preenchimento da vala de amarração (e a camada de protecção no caso de vir a ser construída) se faz com um tout venant de boa qualidade com granulometria cujo $D_{máx}$ não ultrapasse 1/10 da menor dimensão da vala.

Para que o sistema seja estável é necessário equilibrar as forças representadas na Figura 4. Uma equação que representa as forças em jogo nessa figura pode ser a seguinte:

$$F_d = F_a + F_s \quad (1)$$

Sendo o somatório de F_a e F_s a força resistente exercida pelo atrito do sistema de impermeabilização na vala e na berma (F_a) e ao longo do talude (F_s), e F_d o peso do dito sistema de impermeabilização.

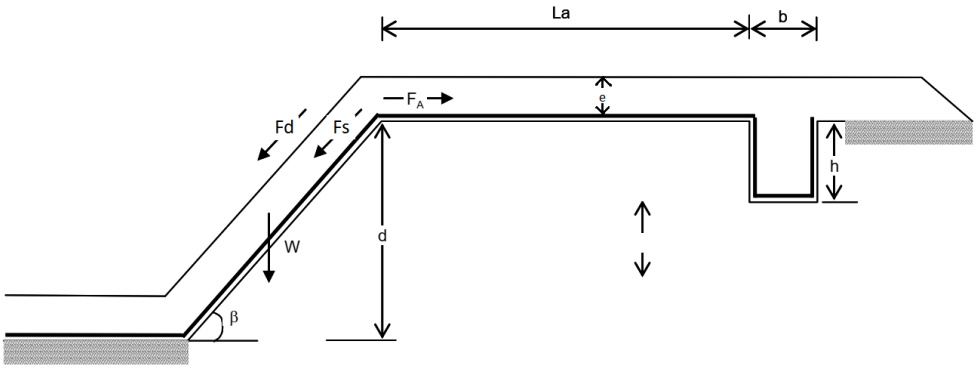


Figura 4 – Cálculo da vala de amarração das telas de impermeabilização.

Interessa conhecer o fator de segurança proporcionado pela amarração, pelo que a equação (1) deve ser afetada de um FS, passando a escrever-se:

$$F_a = FS\,.\,(F_d - F_s) \quad (2)$$

Em que:

$$F_a = W_s\,.\,h\,.\,b\,.\tan\emptyset + W\,.\,L_a\,.\tan\emptyset \quad (3)$$

Sendo ϕ o ângulo de atrito entre o solo e o sistema de impermeabilização, que se assume como ϕ = 12º.

E:

$$F_d = W\,.\sin\beta\,.\,L \quad (4)$$

Com:

$$F_s = W\,.\cos\beta\,.\tan\phi\,.\,L \quad (5)$$

Feitos os cálculos para a proposta de projecto, que não prevê a colocação de uma camada de solo de proteção do sistema de impermeabilização ao longo da berma, obtém-se um fator de segurança de FS = 1.5 (cf. anexo 1).

Caso se venha a colocar uma tal camada a equação (3) passa a escrever-se:

$$F_a = W_s\,.\,h\,.\,b\,.\tan\emptyset + W_s\,.\;e\,.\,L_a\,.\tan\emptyset \quad (6)$$

Em que (e) é a espessura da camada de solo de proteção, que se considerou igual a e = 0.30m, mantendo-se idêntico o cálculo das restantes parcelas.

Para este caos, o valor do fator de segurança sobe para FS = 2.8, dado que a camada de solo para além de proteger o sistema de impermeabilização, contribui com a força de atrito correspondente.

Face aos resultados obtidos considera-se que o sistema de amarração da vala preconizado no projecto é aceitável.

Todavia considera-se mais interessante construir uma camada de protecção em tout venant com o objectivo fundamental de proteger as telas de impermeabilização de eventuais danos. Acessoriamente a dita protecção permitirá assegurar um fator de segurança mais elevado, conforme se constata dos cálculos efetuados, que se apresentam nos anexos respetivos (Anexos 1 e 2).

Lisboa, 7 de Setembro de 2020

José António do Amaral

5.1

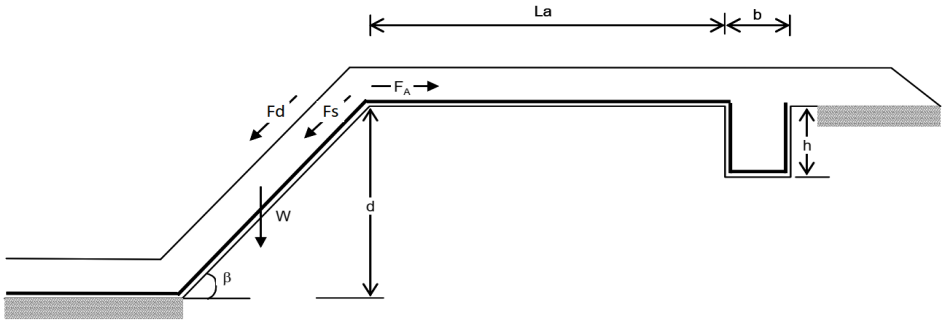
CÁLCULO DA VALA DE AMARRAÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO
(sem camada de 30cm de aterro de proteção da berma)

CÁLCULO DA VALA DE AMARRAÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

(sem camada de 30cm de aterro de proteção da berma)

PRESSUPOSTOS

1. Esquema de cálculo



2. Dados e dimensões:

Secção de cálculo: PK 0+225 (secção de maior altura);		PK 0+225	
Altura máxima do talude (d) = 13m;	d=	13	m
Inclinação do talude (β) = 26.6º (1/2, V:H);	β =	26.6	º
Máxima extensão do talude (L): 29m;	L=	29	m
Largura mínima da berma (a análise foi feita para a condição mais desfavorável): 1.35m;	La=	1.35	m
Largura da vala (b) = 0.5m;	b=	0.5	m
Profundidade da vala (h) = 0.8m;	h=	0.8	m
Peso específico do solo de preenchimento (W_s): 18 kN/m^3;	W_s=	18	kN/m^3
Peso aproximado do sistema de impermeabilização (W): 8500 g/m^2.	W=	0.085	kN/m^2
Ângulo de atrito entre o sistema de impermeabilização e o solo (ϕº)	ϕ=	12	º

3. Fórmulas de cálculo

$$F_d = F_a + F_s$$

$$F_a = FS \,.\, (F_d - F_s)$$

Sendo:

$$F_a = W_s \,.\, h \,.\, b \,.\, \tan \emptyset + W \,.\, L_a \,.\, \tan \emptyset$$

E:

$$F_d = W \,.\, \sin \beta \,.\, L$$

Com:

$$F_s = W \,.\, \cos \beta \,.\, \tan \phi \,.\, L$$

O que dá:

Fa = 18 . 0.8 . 0.5 . 0.21 + 0.085 . 1.35 . 0.21 = 1.5

Fd = 0.085 . 0.45 . 29 = 1.1

Fs = 0.085 . 0.89 . 29 = 2.2

Fa + Fs = 1.5 + 2.2 = 3.7

FS = 1.5

5.2

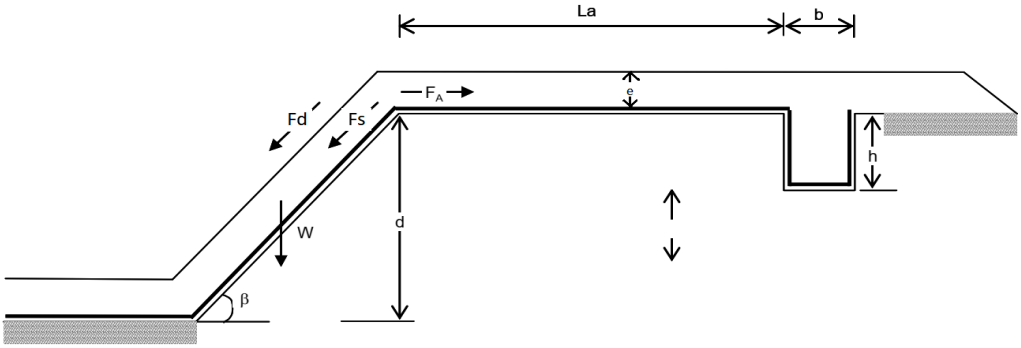
CÁLCULO DA VALA DE AMARRAÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO
(com camada de 30cm de aterro de proteção da berma)

CÁLCULO DA VALA DE AMARRAÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

(com camada de 30cm de aterro de proteção da berma)

PRESSUPOSTOS

1. Esquema de cálculo



2. Dados e dimensões:

Secção de cálculo: PK 0+225 (secção de maior altura);		PK 0+225	
Altura máxima do talude (d) = 13m;	d=	13	m
Inclinação do talude (β) = 26.6º (1/2, V:H);	β =	26.6	º
Máxima extensão do talude (L): 29m;	L=	29	m
Largura mínima da berma (a análise foi feita para a condição mais desfavorável): 1.35m;	La=	1.35	m
Largura da vala (b) = 0.5m;	b=	0.5	m
Profundidade da vala (h) = 0.8m;	h=	0.8	m
Espessura do aterro sobre a berma (e) = 0 m	e=	0	m
Peso específico do solo de preenchimento (W_s): 18 kN/m^3;	W_s=	18	kN/m^3
Peso aproximado do sistema de impermeabilização (W): 8500 g/m^2.	W=	0.085	kN/m^2
Ângulo de atrito entre o sistema de impermeabilização e o solo (ϕº)	ϕ=	12	º

3. Fórmulas de cálculo

$$F_d = F_a + F_s$$

$$F_a = FS \,.\, (F_d - F_s)$$

Sendo:

$$F_a = W_s \,.\, h \,.\, b \,.\, \tan \emptyset + W_s \,.\, e \,.\, L_a \,.\, \tan \emptyset$$

E:

$$F_d = W \,.\, \sin \beta \,.\, L$$

Com:

$$F_s = W \,.\, \cos \beta \,.\, \tan \phi \,.\, L$$

O que dá:

Fa = 18 . 0.8 . 0.5 . 0.21 + 5.40 . 1.35 . 0.21 = 3.1

Fd = 0.085 . 0.45 . 29 = 1.1

Fs = 0.085 . 0.89 . 29 = 2.2

Fa + Fs = 3.1 + 2.2 = 5.3

FS = 2.8

ENGIDRO engineering solutions

ecODEAL GESTÃO INTEGRAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS

ANEXO

06

ENSAIO MACRO SOBRE O ATERRO DE ENROCAMENTO DO DIQUE DE RETENÇÃO

CIRVER DA ECODEAL, S.A.

ENSAIO MACRO SOBRE O ATERRO DE ENROCAMENTO DO DIQUE DE RETENÇÃO

Realizou-se no dia 21 de Setembro de 2020 um ensaio para determinação aproximada do peso específico do aterro de enrocamento do dique de retenção da nova célula de resíduos do CIRVER da Ecodeal, que se encontra em construção.

Trata-se de uma obra construída com material pétreo, de calibre variável, compactado com cilindro vibrador.

O ensaio foi realizado com os meios disponíveis no local e não pretende ser uma determinação rigorosa do valor do peso específico, para o que seria necessário mobilizar outro tipo de meios, mais sofisticados, mas apenas ter uma ideia acerca da ordem de grandeza da densidade do aterro em construção.

Nesse sentido foi aberta uma vala com 1.6 x 1.6 x 0.5 metros cúbicos, com escavadora hidráulica, vala da qual se recolheu o material escavado, que foi devidamente pesado, revestindo-se em seguida a cavidade com uma tela plástica impermeável que foi depois preenchida com 900 litros de água.

Nas figuras seguintes apresentam-se algumas fotografias da realização do ensaio.

Figura 1 – Carregamento do Dumper durante a abertura da vala para ensaio.

Figura 2 – Aspecto da vala escavada para o ensaio, que como se constata não tem uma forma rigorosamente cúbica por deformação das paredes.

Figura 3 – Aspecto da vala já revestida e em fase de enchimento.

Figura 4 – Aspecto da vala preenchida com 0.9 m3 de água.

De acordo com as medições efetuadas o peso de material retirado da vala foi de 4.84 toneladas, às quais é necessário descontar a percentagem relativa à franja da vala não preenchida com água e ainda o factor de forma, que não é rigorosamente cúbica. Obteve-se o valor final de 1.98 toneladas em peso. Para este valor em peso, a densidade expectável do aterro é da ordem de 22 kN/m^3, o que corresponde a um valor habitual para este tipo de estruturas de enrocamento e é perfeitamente satisfatório para os fins em vista.

Considera-se por isso que o aterro apresenta as características desejadas, estando conforme aos requisitos dos consultores e do projecto de execução.

Lisboa, 29 de Setembro de 2020

José António do Amaral

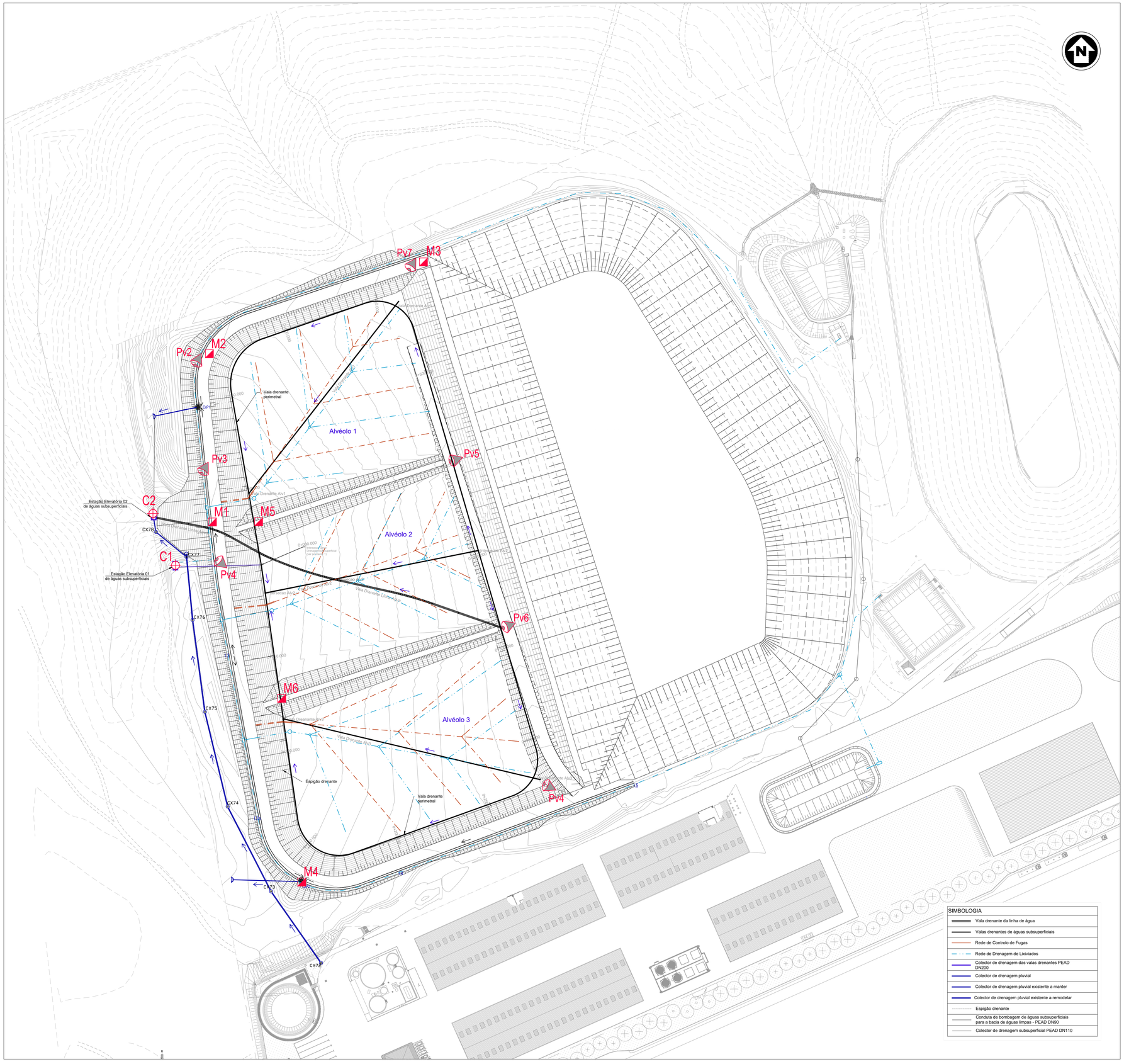
ENGIDRO engineering solutions

ecODEAL GESTÃO INTEGRAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS

ANEXO

07

PLANO DE MONITORIZAÇÃO, DESENHO



LEGENDA:

- C1 e C2 - Pontos de medição de caudal
- M1 a M6 - Marcas de nivelamento
- Pv1 a Pv6 - Pontos de vista de observação visual

FREQUÊNCIAS DE LEITURA		
DESIGNAÇÃO	**FREQUÊNCIA EM CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO NORMAL**	**FREQUÊNCIA EM CASO DE OCORRÊNCIA ANORMAL**
Pontos de medição de caudal (C)	1 leitura semestral	De uma leitura mensal a uma ou mais leituras semanais
Marcas de nivelamento (M)	1 leitura semestral	De uma leitura bimensal a uma leitura semanal
Pontos de vista (PV)	1 leitura semestral	De uma leitura mensal a uma leitura diária

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	
DESIGNAÇÃO	**ACTIVIDADE A DESENVOLVER**
Pontos de medição de caudal (C)	Nos dois pontos de leitura de caudal previstos far-se-ão as medições dos pontos de medida, sempre do mesmo modo e tendo o cuidado de repetir as leituras pelo menos uma vez, duas no caso de haver discrepância de valores.
Marcas de nivelamento (M)	As seis marcas de nivelamento a instalar devem ser lidas sempre pela mesma ordem, e em seguida na ordem inversa. Caso haja discrepância significativa de valores as leituras serão repetidas pelo menos uma vez, ou mais se necessário.
Pontos de vista (PV)	Em cada um dos 6 pontos de vista far-se-á uma fotografia com máquina fotográfica de boa resolução (> 15 megapixel), sempre à mesma altura e com a mesma orientação de modo a possibilitar a comparação de imagens. As imagens devem ser colhidas de preferência sempre á mesma hora do dia e com condições meteorológicas semelhantes (céu limpo sem chuva).

SIMBOLOGIA

- Vala drenante da linha de água
- Valas drenantes de águas subsuperficiais
- Rede de Controlo de Fugas
- Rede de Drenagem de Lixiviados
- Colector de drenagem das valas drenantes PEAD DN200
- Colector de drenagem pluvial
- Colector de drenagem pluvial existente a manter
- Colector de drenagem pluvial existente a remodelar
- Espigão drenante
- Conduta de bombagem de águas subsuperficiais para a bacia de águas limpas - PEAD DN90
- Colector de drenagem subsuperficial PEAD DN110

CLIENTE

ecodeal — GESTÃO INTEGRAL DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS

PLANO DE MONITORIZAÇÃO

FASE: RELATÓRIO

TÍTULO: PLANO DE MONITORIZAÇÃO
PLANTA

ENGIDRO engineering solutions
www.engidro.pt - engidro@engidro.pt

PROJECTOU:	PROCESSO: E1402	ESPECIALIDADE: PG	
VERIFICOU:	FICHEIRO: E1402_PlanMonit_PG01	DESENHO Nº: 01	
APROVOU:	SUBSTITUI:	ESCALA(S): 1:1000	
DESENHOU:	SUBSTITUÍDO POR:	DATA: SETEMBRO 2020	

ESTE DESENHO ESTÁ PROTEGIDO PELO CÓDIGO DOS DIREITOS DE AUTOR. A SUA UTILIZAÇÃO PARA FINS DIFERENTES DOS ESTABELECIDOS CARECE DE AUTORIZAÇÃO ESCRITA DO AUTOR.

Inicial: A1 Formato: 2000/2000 (1191) dbUsido LGA Ficheiro: E:\0-NZ ECODEAL\E1402\DGN\E1402_PlanMonit_PG01.dwg gravado LGA 28/09/2020 15:50

ENGIDRO
engineering solutions

RUA LUÍS CRISTINO DA SILVA, LOTE 248-2º 98E • 1950-172 LISBOA – PORTUGAL
TELEFONE: (+351) 218 310 320 • FAX: (+351) 218 597 070

engidro@engidro.pt • www.engidro.pt