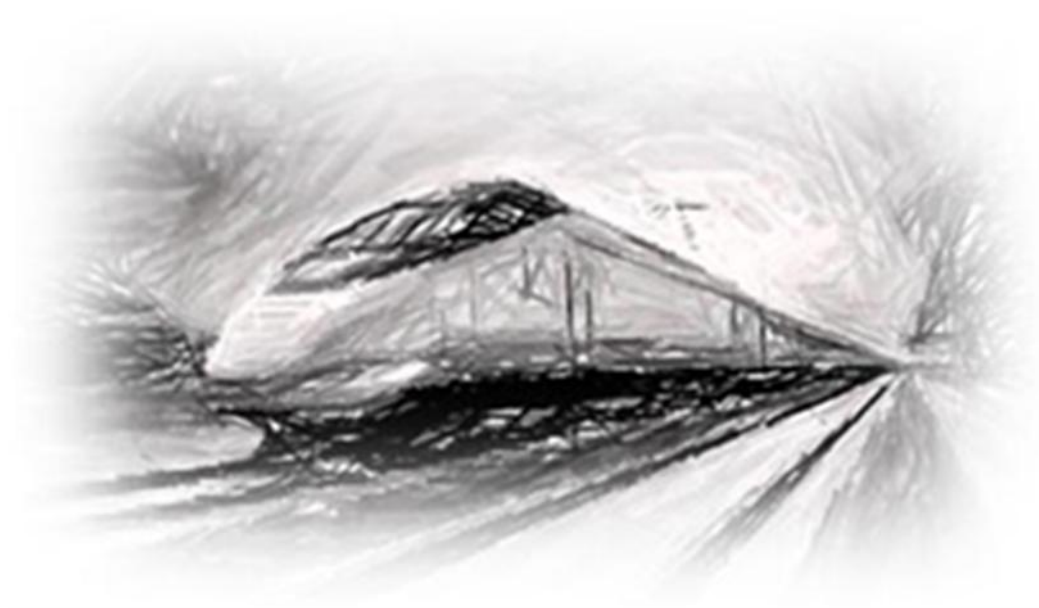


**LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE  
PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA**  
**TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ**  
**SUBTROÇO A1 – KM 0+000 AO KM 15+500**



**PROJETO DE EXECUÇÃO**  
**V01 – INFRA-ESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA FÉRREA**  
**TOMO 01.03.00.00 – ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DA**  
**PLATAFORMA**

Memória Descritiva e Justificativa

**LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPANHÁ) E LISBOA**

**TROÇO PORTO (CAMPANHÁ) A OIÁ  
SUBTROÇO A1 - KM 0+000 AO KM 15+500**

**PROJETO EXECUÇÃO  
V01 – INFRA-ESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA FÉRREA  
TOMO 01.03.00.00 – Estruturas de Proteção e Estabilização da Plataforma**

| ÍNDICE DE PEÇAS ESCRITAS      |            |                                    |
|-------------------------------|------------|------------------------------------|
| CÓDIGO DOCUMENTO              | DATA       | DESIGNAÇÃO                         |
| PF102A1.PR.01.03.00.00.IND.00 | 14-08-2025 | ÍNDICE                             |
| PF102A1.PR.01.03.00.00.MDJ.00 | 14-08-2025 | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA |

| ÍNDICE DE PEÇAS DESENHADAS    |            |                                                                |          |
|-------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------|----------|
| CÓDIGO DOCUMENTO              | DATA       | DESIGNAÇÃO                                                     | Nº ORDEM |
| PF102A1.PR.01.03.00.00.101.00 | 14-08-2025 | PLANTA E PERFIL TRANSVERSAL - ATERRO<br>KM 3+300               | TPL 101  |
| PF102A1.PR.01.03.00.00.102.00 | 14-08-2025 | PLANTA E PERFIL TRANSVERSAL - ESCAVAÇÃO<br>KM 4+225            | TPL 102  |
| PF102A1.PR.01.03.00.00.103.00 | 14-08-2025 | PLANTA E PERFIL TRANSVERSAL - ESCAVAÇÃO<br>KM 8+100 A KM 8+325 | TPL 103  |
| PF102A1.PR.01.03.00.00.104.00 | 14-08-2025 | PLANTA E PERFIL TRANSVERSAL - ESCAVAÇÃO<br>KM 10+750           | TPL 104  |
| PF102A1.PR.01.03.00.00.105.00 | 14-08-2025 | PLANTA E PERFIL TRANSVERSAL - ATERRO<br>KM 13+475              | TPL 105  |

# Controlo de Assinaturas

| Realizado                                                       | Revisto           | Aprovado Coordenador Projeto |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------|
| Joana Branco<br>Lurdes Pimenta<br>Matheus Schaefer<br>Rui Abreu | Lurdes Pimenta    | Virgílio Rebelo              |
| 14-08-2025                                                      | 14-08-2025        | 14-08-2025                   |
| Data e Assinatura                                               | Data e Assinatura | Data e Assinatura            |

Não necessita de assinatura se aprovado eletronicamente

| Informação Adicional                  | Informação do Documento                           |                    |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|
| O Gestor de Projeto<br>Filomena Serra | Código Documento<br>PF102A1.PR.01.03.00.00.MDJ.00 |                    |
| O Responsável Unidade<br>-            | Revisão<br>00                                     | Data<br>14-08-2025 |
| O Responsável Departamento<br>-       | Código Projetista                                 |                    |
| O Diretor<br>-                        | Nome do Ficheiro<br>PF102A1.PR.01.03.00.00.MDJ.00 |                    |

Registo de Alterações

| Rev | Data       | Autor                                                           | Secção Afetada | Alterações |
|-----|------------|-----------------------------------------------------------------|----------------|------------|
| 00  | 14-08-2025 | Joana Branco<br>Lurdes Pimenta<br>Matheus Schaefer<br>Rui Abreu | Edição inicial | -----      |
|     |            |                                                                 |                |            |
|     |            |                                                                 |                |            |
|     |            |                                                                 |                |            |
|     |            |                                                                 |                |            |
|     |            |                                                                 |                |            |
|     |            |                                                                 |                |            |
|     |            |                                                                 |                |            |
|     |            |                                                                 |                |            |

**LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA****TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ****SUBTROÇO A1 – KM 0+000 AO KM 15+500****PROJETO DE EXECUÇÃO****V01 – INFRA-ESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA FÉRREA****TOMO 01.03.00.00 – ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DA PLATAFORMA****MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA****ÍNDICE**

|            |                                                                 |           |
|------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                         | <b>1</b>  |
| <b>2</b>   | <b>ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO .....</b>                            | <b>2</b>  |
| <b>3</b>   | <b>PARÂMETROS GEOTÉCNICOS .....</b>                             | <b>6</b>  |
| <b>4</b>   | <b>ATERROS.....</b>                                             | <b>8</b>  |
| <b>4.1</b> | <b>Considerações Iniciais .....</b>                             | <b>8</b>  |
| <b>4.2</b> | <b>Solução de reforço entre o Pk 3+265 e o Pk 3+395 .....</b>   | <b>8</b>  |
| 4.2.1      | Descrição do trecho em análise.....                             | 8         |
| 4.2.2      | Solução de reforço proposta.....                                | 9         |
| 4.2.3      | Faseamento construtivo.....                                     | 10        |
| <b>4.3</b> | <b>Solução de reforço entre o Pk 7+970 e o Pk 8+518 .....</b>   | <b>10</b> |
| 4.3.1      | Descrição do trecho em análise.....                             | 10        |
| 4.3.2      | Solução de reforço proposta.....                                | 10        |
| 4.3.3      | Faseamento construtivo.....                                     | 11        |
| <b>4.4</b> | <b>Solução de reforço entre o Pk 13+420 e o Pk 13+518 .....</b> | <b>12</b> |
| 4.4.1      | Descrição do trecho em análise.....                             | 12        |
| 4.4.2      | Solução de reforço proposta.....                                | 12        |
| 4.4.3      | Faseamento construtivo.....                                     | 13        |
| <b>5</b>   | <b>ESCAVAÇÕES .....</b>                                         | <b>14</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Considerações iniciais .....</b>                             | <b>14</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Solução de reforço entre o Pk 4+219 e o Pk 4+600 .....</b>   | <b>14</b> |
| 5.2.1      | Descrição do trecho em análise.....                             | 14        |
| 5.2.2      | Solução de reforço proposta.....                                | 15        |
| 5.2.3      | Faseamento construtivo.....                                     | 16        |
| <b>5.3</b> | <b>Solução de reforço entre o Pk 10+490 e o Pk 11+295 .....</b> | <b>16</b> |

|            |                                                    |           |
|------------|----------------------------------------------------|-----------|
| 5.3.1      | Descrição do trecho em análise .....               | 16        |
| 5.3.2      | Solução de reforço proposta .....                  | 17        |
| 5.3.3      | Faseamento construtivo .....                       | 17        |
| <b>6</b>   | <b>VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE .....</b>           | <b>18</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Metodologia de cálculo e ações .....</b>        | <b>18</b> |
| <b>6.2</b> | <b>Aterro – Pk 3+211 a Pk 3+585 .....</b>          | <b>20</b> |
| 6.2.1      | Descrição do modelo de cálculo .....               | 20        |
| 6.2.2      | Parâmetros geotécnicos adotados .....              | 21        |
| 6.2.3      | Resultados obtidos .....                           | 21        |
| <b>6.3</b> | <b>Aterro – Pk 7+970 a Pk 8+518 .....</b>          | <b>26</b> |
| 6.3.1      | Descrição do modelo de cálculo .....               | 26        |
| 6.3.2      | Parâmetros geotécnicos adotados .....              | 27        |
| 6.3.3      | Resultados obtidos .....                           | 28        |
| <b>6.4</b> | <b>Aterro – Pk 13+420 a Pk 13+518 .....</b>        | <b>32</b> |
| 6.4.1      | Descrição do modelo de cálculo .....               | 32        |
| 6.4.2      | Parâmetros geotécnicos adotados .....              | 33        |
| 6.4.3      | Resultados obtidos .....                           | 33        |
| <b>6.5</b> | <b>Escavação – Pk 4+210 a Pk 4+600 .....</b>       | <b>38</b> |
| 6.5.1      | Descrição do modelo de cálculo .....               | 38        |
| 6.5.2      | Parâmetros geotécnicos adotados .....              | 39        |
| 6.5.3      | Resultados obtidos .....                           | 39        |
| <b>6.6</b> | <b>Escavação – Pk 10+490 a Pk 11+295 .....</b>     | <b>44</b> |
| 6.6.1      | Descrição do modelo de cálculo .....               | 44        |
| 6.6.2      | Parâmetros geotécnicos adotados .....              | 44        |
| 6.6.3      | Resultados obtidos .....                           | 45        |
| <b>7</b>   | <b>VERIFICAÇÃO DOS ASSENTAMENTOS .....</b>         | <b>50</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Metodologia de cálculo .....</b>                | <b>50</b> |
| 7.1.1      | Considerações gerais .....                         | 50        |
| 7.1.2      | Modelo de Carga.....                               | 51        |
| 7.1.3      | Cálculo dos assentamentos imediatos ( $s_i$ )..... | 51        |
| 7.1.4      | Cálculo dos assentamentos diferidos no tempo ..... | 52        |
| <b>7.2</b> | <b>Aterro entre o Pk 3+265 e Pk 3+395 .....</b>    | <b>54</b> |
| 7.2.1      | Descrição do modelo de cálculo .....               | 54        |
| 7.2.2      | Resultados obtidos .....                           | 54        |
| <b>7.3</b> | <b>Aterro entre o Pk 7+970 e o Pk 8+518 .....</b>  | <b>57</b> |

|            |                                                     |           |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------|
| 7.3.1      | Descrição do modelo de cálculo .....                | 57        |
| 7.3.2      | Resultados obtidos .....                            | 58        |
| <b>7.4</b> | <b>Aterro entre o Pk 13+420 e o Pk 13+518 .....</b> | <b>60</b> |
| 7.4.1      | Descrição do modelo de cálculo .....                | 60        |
| 7.4.2      | Resultados obtidos .....                            | 60        |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Localização do traçado em estudo sobre um extrato das carta geológicas Folhas 16-C (Vagos) e 16-A (Aveiro) da Carta Geológica de Portugal. .... | 4  |
| Figura 2 – Extracto da planta geológica do Des. PF102A1.01.07.00.00.107 .....                                                                              | 9  |
| Figura 3 - Seção transversal tipo ao Pk 3+300. ....                                                                                                        | 9  |
| Figura 4 – Extracto da planta geológica do Des. PF102A1.01.07.00.00.117 .....                                                                              | 10 |
| Figura 5 – Seção transversal tipo ao Pk 8+100. ....                                                                                                        | 11 |
| Figura 6 – Seção transversal tipo ao Pk 8+325. ....                                                                                                        | 11 |
| Figura 7 – Extracto da planta geológica do Des. PF102A1.01.07.00.00.127 .....                                                                              | 12 |
| Figura 8 – Seção transversal tipo ao Pk 13+475. ....                                                                                                       | 13 |
| Figura 9 – Extracto da planta geológica do Des. PF102A1.01.07.00.00.109 .....                                                                              | 15 |
| Figura 10 – Seção transversal tipo ao Pk 4+250. ....                                                                                                       | 16 |
| Figura 11 – Extracto da planta geológica do Des. PF102A1.01.07.00.00.122 .....                                                                             | 16 |
| Figura 12 – Seção transversal tipo ao Pk 10+750. ....                                                                                                      | 17 |
| Figura 13 – Perfil transversal de cálculo ao Pk 3+300. ....                                                                                                | 21 |
| Figura 14 – PK 3+300. Talude direito. Combinação 1 .....                                                                                                   | 22 |
| Figura 15 – PK 3+300. Talude direito. Combinação 2 .....                                                                                                   | 23 |
| Figura 16 – PK 3+300. Talude direito. Combinação Sísmica kv- .....                                                                                         | 23 |
| Figura 17– PK 3+300. Talude direito. Combinação Sísmica kv+ .....                                                                                          | 24 |
| Figura 18 – PK 3+300. Talude esquerdo. Combinação 1 .....                                                                                                  | 24 |
| Figura 19 – PK 3+300. Talude esquerdo. Combinação 2 .....                                                                                                  | 25 |
| Figura 20 – PK 3+300. Talude esquerdo. Combinação Sísmica kv- .....                                                                                        | 25 |
| Figura 21 – PK 3+300. Talude esquerdo. Combinação Sísmica kv+ .....                                                                                        | 26 |
| Figura 22 - Perfil transversal de cálculo ao Pk 8+100. ....                                                                                                | 27 |
| Figura 23 – PK 8+100. Talude direito. Combinação 1 .....                                                                                                   | 28 |
| Figura 24 – PK 8+100. Talude direito. Combinação 2 .....                                                                                                   | 29 |
| Figura 25 – PK 8+100. Talude direito. Combinação Sísmica kv- .....                                                                                         | 29 |
| Figura 26 – PK 8+100. Talude direito. Combinação Sísmica kv+ .....                                                                                         | 30 |
| Figura 27 – PK 8+100. Talude esquerdo. Combinação 1 .....                                                                                                  | 30 |
| Figura 28 – P K 8+100. Talude esquerdo. Combinação 2 .....                                                                                                 | 31 |
| Figura 29 – PK 8+100. Talude esquerdo. Combinação Sísmica kv- .....                                                                                        | 31 |
| Figura 30 – PK 8+100. Talude esquerdo. Combinação Sísmica kv+ .....                                                                                        | 32 |
| Figura 31 - Perfil transversal de cálculo ao Pk 13+475. ....                                                                                               | 33 |
| Figura 32 . — PK 13+475. Talude direito. Combinação 1 .....                                                                                                | 34 |
| Figura 33 – PK 13+475. Talude direito. Combinação 2 .....                                                                                                  | 35 |
| Figura 34 – PK 13+475. Talude direito. Combinação Sísmica kv- .....                                                                                        | 35 |
| Figura 35 – PK 13+475. Talude direito. Combinação Sísmica kv+ .....                                                                                        | 36 |
| Figura 36 – PK 13+475. Talude esquerdo. Combinação 1 .....                                                                                                 | 36 |

|                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 37 – PK 13+475. Talude esquerdo. Combinação 2 .....                                                                                                                               | 37 |
| Figura 38 – PK 13+475. Talude esquerdo. Combinação Sísmica kv- .....                                                                                                                     | 37 |
| Figura 39 – PK 13+475. Talude esquerdo. Combinação Sísmica kv+ .....                                                                                                                     | 38 |
| Figura 40 – Perfil transversal de cálculo ao Pk 4+225 .....                                                                                                                              | 39 |
| Figura 41 – PK 13+950 – Talude direito – Combinação 1 .....                                                                                                                              | 40 |
| Figura 42 – PK 13+950 – Talude direito – Combinação 2 .....                                                                                                                              | 40 |
| Figura 43 – PK 13+950 – Talude direito – Combinação Sísmica kv- .....                                                                                                                    | 41 |
| Figura 44 – PK 13+950 – Talude direito – Combinação Sísmica kv+ .....                                                                                                                    | 41 |
| Figura 45 – PK 13+950 – Talude esquerdo – Combinação 1 .....                                                                                                                             | 42 |
| Figura 46 – PK 13+950 – Talude esquerdo – Combinação 2 .....                                                                                                                             | 42 |
| Figura 47 – PK 13+950 – Talude esquerdo – Combinação Sísmica kv- .....                                                                                                                   | 43 |
| Figura 48 – PK 13+950 – Talude esquerdo – Combinação Sísmica kv+ .....                                                                                                                   | 43 |
| Figura 49 – Perfil transversal de cálculo ao Pk 10+750 .....                                                                                                                             | 44 |
| Figura 50 – PK 10+750. Talude direito. Combinação 1 .....                                                                                                                                | 45 |
| Figura 51 – PK 10+750. Talude direito. Combinação 2 .....                                                                                                                                | 46 |
| Figura 52 – PK 10+750. Talude direito. Combinação Sísmica kv- .....                                                                                                                      | 46 |
| Figura 53 – PK 10+750. Talude direito. Combinação Sísmica kv+ .....                                                                                                                      | 47 |
| Figura 54 – PK 10+750. Talude esquerdo. Combinação 1 .....                                                                                                                               | 47 |
| Figura 55 – PK 10+750. Talude direito. Combinação 2 .....                                                                                                                                | 48 |
| Figura 56 – PK 10+750. Talude direito. Combinação Sísmica kv- .....                                                                                                                      | 48 |
| Figura 57 – PK 10+750. Talude direito. Combinação Sísmica kv+ .....                                                                                                                      | 49 |
| Figura 58 – Sobrecarga ferroviária. Alternativas de carregamento 1 e 2. ....                                                                                                             | 52 |
| Figura 59 – Evolução dos assentamentos em profundidade, a eixo do aterro com SC=30 kN/m <sup>2</sup> e a eixo da via com SC=70 kN/m <sup>2</sup> , devido à sobrecarga ferroviária ..... | 55 |
| Figura 60 – Estimativa dos assentamentos de fluência do aterro. ....                                                                                                                     | 56 |
| Figura 61 – Evolução dos assentamentos em profundidade, a eixo do aterro com SC=30 kN/m <sup>2</sup> e a eixo da via com SC=70 kN/m <sup>2</sup> , devido à sobrecarga ferroviária ..... | 58 |
| Figura 62 – Estimativa dos assentamentos de fluência do aterro. ....                                                                                                                     | 59 |
| Figura 63 – Evolução dos assentamentos em profundidade, a eixo do aterro com SC=30 kN/m <sup>2</sup> e a eixo da via com SC=70 kN/m <sup>2</sup> , devido à sobrecarga ferroviária ..... | 61 |
| Figura 64 – Estimativa dos assentamentos de fluência do aterro. ....                                                                                                                     | 62 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 - Coluna litoestratigráfica .....                                                                              | 3  |
| Quadro 2 – Parâmetros geotécnicos estimados para os terrenos de fundação .....                                          | 6  |
| Quadro 3 – Parâmetros geotécnicos estimados para os materiais de aterro .....                                           | 7  |
| Quadro 4 – Listagem das soluções de reforço e identificação das seções de cálculo .....                                 | 8  |
| Quadro 5 – Listagem das soluções de reforço em taludes de escavação e identificação das seções de cálculo .....         | 14 |
| Quadro 6 – Coeficientes Sísmicos de Cálculo .....                                                                       | 19 |
| Quadro 7 – Coeficientes parciais para as ações ( $\gamma_F$ ) ou para os efeitos das ações ( $\gamma_E$ ) (STR/GEO).... | 19 |
| Quadro 8 - Coeficientes parciais para os parâmetros do solo (gF) (STR/GEO).....                                         | 20 |
| Quadro 9 – Parâmetros geotécnicos de cálculo (STR/GEO). Pk 3+300 .....                                                  | 21 |
| Quadro 10 – Resultados dos cálculos de estabilidade (STR/GEO). Pk 3+300 .....                                           | 22 |
| Quadro 11 – Parâmetros geotécnicos de cálculo (STR/GEO). Pk 8+100 .....                                                 | 27 |
| Quadro 12 – Resultados dos cálculos de estabilidade (STR/GEO). Pk 8+100 .....                                           | 28 |

---

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 13 – Parâmetros geotécnicos de cálculo (STR/GEO). Pk 13+475 .....             | 33 |
| Quadro 14 – Resultados dos cálculos de estabilidade (STR/GEO). Pk 13+475 .....       | 34 |
| Quadro 15 – Parâmetros geotécnicos de cálculo (STR/GEO).....                         | 39 |
| Quadro 16 – Resultados dos cálculos de estabilidade (STR/GEO) .....                  | 39 |
| Quadro 17 – Parâmetros geotécnicos de cálculo (STR/GEO). Pk 10+750 .....             | 45 |
| Quadro 18 – Resultados dos cálculos de estabilidade (STR/GEO) .....                  | 45 |
| Quadro 19 – Parâmetros geotécnicos para o cálculo dos assentamentos. Pk 3+300 .....  | 54 |
| Quadro 20 – Parâmetros geotécnicos para o cálculo dos assentamentos. Pk 8+100 .....  | 57 |
| Quadro 21 – Parâmetros geotécnicos para o cálculo dos assentamentos. Pk 13+475 ..... | 60 |

## 1 INTRODUÇÃO

A presente Memória Descritiva e Justificativa – V03-Infra-Estrutura e Plataforma de Via Férrea. Tomo 01.03.00.00-Estruturas de Proteção e Estabilização da Plataforma – faz parte do Projeto de Execução da Linha Ferroviária de Alta Velocidade entre Porto (Campanhã) e Oiã e corresponde ao subtroço A1 que se desenvolve entre o km 0+000 e o km 15+500. São objeto de definição e justificação neste documento os aterros de grande altura, os aterros que marginam linhas de água e são protegidos por muros de gravidade ou pés de enrocamento e os taludes de escavação de grande altura e com soluções de contenção e proteção.

O presente documento foi organizado em 7 capítulos, que se identificam subsequentemente:

- Capítulo 1 – Introdução;
- Capítulo 2 – Enquadramento Geológico;
- Capítulo 3 – Parâmetros Geotécnicos;
- Capítulo 4 – Aterros;
- Capítulo 5 – Escavações;
- Capítulo 6 – Verificação da Estabilidade;
- Capítulo 7 – Verificação dos Assentamentos.

## 2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

O traçado em análise atravessa, em termos gerais, duas das várias unidades morfoestruturais que constituem a Península Ibérica: a Orla Ocidental Portuguesa (também conhecida por Orla Mesocenozóica Ocidental) e a Zona de Ossa Morena (ZOM).

A Orla Mesocenozóica apresenta-se constituída essencialmente por materiais de idade cretácica de origem sedimentar, cuja diversidade litológica está directamente relacionada com a variabilidade das condições que ao longo do tempo presidiram à génese dos depósitos agora interessados, correlacionando-se com o transporte e deposição de partículas sólidas, cuja acumulação, associada a processos diagenéticos, acaba por originar rochas sedimentares detríticas, tais como, argilitos, arenitos ou conglomerados. Em termos gerais, esta unidade apresenta como característica distintiva a presença de depósitos estratificados, onde os diversos termos litológicos acima referidos, ou outros de características intermédias, se sucedem e intercalam, merecendo especial destaque, pela maior frequência com que foram encontradas, as formações de fácies detrítica.

A Este de Aveiro, em ambas as margens do rio Vouga, mas de forma muito mais expressiva na Talude direito, ocorrem formações triásicas que exibem conglomerados - por vezes, de grandes elementos de granito porfíroide, de quartzo e de quartzito - englobando ainda arenitos e calcarenitos com matriz argilosa, possuindo tons vermelhos característicos. Para o cimo, torna-se mais fina, exibindo argilitos vermelhos com laivos esbranquiçados mais arenosos.

A partir da povoação de Angeja (aproximadamente ao km 15), dá-se a transição para a ZOM, representada por uma faixa Pré-câmbrica de direcção NNW-SSE, designada por Faixa Blastomilonítica de Oliveira de Azeméis. As litologias presentes são essencialmente micaxistos e, menos frequentemente, filádios, migmatitos, gnaisses, anfibolitos, etc.

Ao longo do traçado ocorrem ainda diversos terrenos de cobertura de idade plio-pleistocénica, dos quais interessa destacar os depósitos de praias antigas e de terraços fluviais que ocorrem com alguma frequência sob a forma de retalhos dispersos no topo das elevações. São caracteristicamente formados por areias cascalhentas que, ocasionalmente, podem conter intercalações de natureza argilosa.

Dentro das formações de idade quaternária salientam-se ainda os depósitos aluvionares, especialmente os que estão associados ao rio Vouga - a principal linha de água a atravessar - quer pela sua expressão cartográfica, quer porque o material aluvionar atinge aqui várias dezenas de metros. As restantes linhas de água, de dimensão muito variável, apresentam depósitos constituídos essencialmente por materiais de granulometrias variáveis, tais como, areia média e silte, revelando mais raramente fácies argilosa. Em algumas situações os depósitos apresentam passagens lodosas que atingem especial expressão na aluvião do rio Vouga.

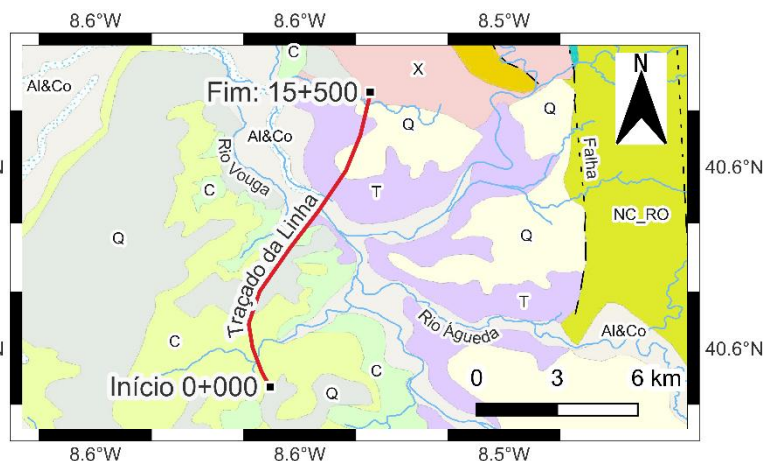
Por último, e ainda no capítulo das formações de cobertura, resta referir a presença de solos residuais resultantes da alteração do maciço rochoso subjacente, a ocorrência pontual de depósitos coluvionares, localizados em zonas de encosta ou no sopé destas, e ainda os aterros associados às actividades humanas.

No **Quadro 1** apresenta-se a coluna litoestratigráfica dos terrenos atravessados (Figura 1).

**Quadro 1 - Coluna litoestratigráfica**

| Idade             | Formação         | Designação                                                             | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Recente           | At               | Aterros                                                                | Constituem depósitos de origem antrópica associados essencialmente às actividades de construção (vias rodoviárias, enchimento de depressões, criação de plataformas, vazadouros, etc.). São formados por materiais provenientes do desmonte dos maciços próximos. Quando pertencentes a vias existentes são aterros controlados. Os vazadouros por vezes contêm lixos.                                                                                                                                                                                              |
|                   | Al               | Aluviões                                                               | As formações aluvionares são geralmente constituídas por depósitos cuja granulometria varia entre areia média e silte, revelando mais raramente fácies argilosa. Em algumas situações os depósitos apresentam passagens lodosas que atingem especial expressão na aluvião do rio Vouga.<br>Associados ao Vouga e respectivos afluentes, originaram-se grandes acumulações de sedimentos em forma de delta que se desenvolvem ao longo de toda a zona costeira entre Ovar e Aveiro.                                                                                  |
| Plio-Plistocénico | Q                | Depósitos de praias antigas e de terraços fluviais                     | Depósitos formados essencialmente por leitos de areias e cascalheiras roladas, por vezes com espessura significativa. O rolamento dos elementos é quase sempre acentuado, mesmo nos de pequeno tamanho. As areias podem ser finas ou grosseiras. São habitualmente claras, com tons que variam entre o amarelado, o acastanhado ou o alaranjado. Contêm também níveis com componente argilosa importante.<br>Sobre estes depósitos repousa, muitas vezes, uma cobertura areno-pelítica fina, amarelada, que ocasionalmente pode atingir vários metros de espessura. |
| Cretácico         | C <sup>4</sup>   | Grés de Verba (zona de Vagos) e Arenitos do Mamodeiro (zona de Aveiro) | O Grés de Verba é grosseiro a muito grosseiro, esbranquiçado a acinzentado, mais ou menos bem calibrado, arcósico na base e quartzo-argiloso para o topo, onde pode assumir tons acastanhados com laivos esbranquiçados e esverdeados. Ocorrem nos 4-5 km iniciais dos traçados.<br>Os Arenitos do Mamodeiro, de grão médio a fino, são claros, avermelhados e acinzentados, contendo intercalações de argilas e de alguns leitos conglomeráticos. É uma das formações predominantes até à travessia do rio Vouga.                                                  |
|                   | C <sup>3-4</sup> | Grés de Oiã                                                            | Na base apresenta grés finos, argilosos e argilas laminadas micáceas com vestígios de matéria orgânica. No meio pode exibir grés grosseiro mal calibrado, quartzo-argiloso, com lenticulas raras de cascalheira argilosa. Apresenta cor amarelada-acinzentada com manchas vivas de cor vermelha ou "borra de vinho". No topo apresentam-se melhor calibrados.                                                                                                                                                                                                       |
| Cretácico         | C <sup>3</sup>   | Grés do Furadouro                                                      | Grés grosseiro, quartzoso, friável, com cor amarelada e acastanhada. Na base é mais fino e micáceo, podendo estar representado por passagens de argila siltosa com seixos subangulosos. A passagem ao Grés de Oiã é gradual.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                   | C <sup>2</sup>   | Calcários de Mamarrosa                                                 | Formação constituída por litologias diversas que, na zona onde é intersectada pelos traçados, exibe um grés fino, silto-argiloso, amarelado-esbranquiçado ou de tons rosados. Inclui níveis arenosos, cinzento escuro, eventualmente com concreções calcárias. Afloram na zona inicial do traçado, prolongando-se, em retalhos que afloram nas encostas das linhas de água até à travessia do rio Vouga.                                                                                                                                                            |
|                   | C <sup>1-2</sup> | Grés de Palhaça                                                        | Grés grosseiros a muito grosseiros, ocasionalmente finos a muito finos, imaturos, com frequentes lenticulas de cascalheiras angulosas, mal calibradas e localmente com leitos argilo-siltosos cinzentos com laivos avermelhados. Afloram sob a forma de retalhos dispersos, nos 4 km iniciais dos traçados.                                                                                                                                                                                                                                                         |

| Idade                                     | Formação | Designação                                                       | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Triásico                                  | T        | Arenitos de Eirol                                                | Na parte inferior desta formação predominam conglomerados, por vezes de grandes elementos de granito porfíroide, de quartzo e de quartzito. Engloba também arenitos e calcarenitos com matriz argilosa, possuindo tons vermelhos característicos, quase sempre com lenticulas de calhaus mal rolados e, pontualmente, com nódulos de calcário esbranquiçado ou passagens de calcários carsificados. Para o cimo, torna-se mais fina, exhibe argilitos vermelhos com laivos esbranquiçados mais arenosos e a estratificação é mais regular. As camadas inclinam 10 a 15° para SW.<br>São intersectados pelos traçados numa faixa com cerca de 7 km de extensão, na vizinhança da travessia do rio Vouga. |
| Ante-Ordovícico (Faixa Blasto-milonítica) | X        | Xistos cloríticos, sericíticos e moscovíticos (Unidade de Arada) | Correspondem, em geral, a sucessão monótona de filádios negros e esverdeados constituídos por xistos argilo-quartzo-sericíticos, quartzo-sericito-cloríticos, clorito-sericito-moscovíticos, entre outros. Geralmente físeis, apresentam-se mais ou menos ondulados e contêm intercalações quartzosas lenticulares que acompanham as dobras. Têm orientação geral NNW-SSE. Frequentemente mostram características de passagem a micaxistos.                                                                                                                                                                                                                                                             |



### Legenda:

Al&Co Aluviões e Coluviões

NC\_RO Formação de Rosmaninhal

X Unidade de Arada

Q Depósitos de praia antigas e terraços fluviais

T Arenitos de Eirol

C Grés de Verba e Arenitos do Mamodeiro (C4); Grés de Oiã (C3-4); Grés do Furadouro (C3); Calcários de Mamarrosa (C2); Grés de Palhaça (C1-2).

Linhas de Água

Traçado da Linha da Alta Velocidade

Falha

● Local da Linha da Alta Velocidade

● Capital

**Figura 1 - Localização do traçado em estudo sobre um extrato das cartas geológicas Folhas 16-C (Vagos) e 16-A (Aveiro) da Carta Geológica de Portugal.**

Em termos geomorfológicos, é possível distinguir dois domínios morfoestruturais dentro da zona de estudo, a saber: a Bacia Mesoceno-zóica e o Maciço Hespérico.

A Bacia Mesoceno-zóica, situada ao longo da linha de costa e estendendo-se alguns quilómetros para o interior, caracteriza-se pela presença de zonas planálticas que são ocasionalmente interrompidas por depressões associadas a bacias aluvionares. Estas zonas de morfologia aplanada, caracterizadas por ondulações topográficas suaves e bem desenvolvidas, ocupam extensões apreciáveis situadas a baixa altitude (geralmente, a cotas inferiores a 65), e apresentam, nos níveis mais superficiais, depósitos de cobertura, que ao sofrerem a erosão promovida pelas linhas de água, deixam expostos terrenos do substrato cretácico.

Em geral, o encaixe e o declive dos vales são relativamente pouco acentuados, proporcionando um lento escoamento das águas. Relativamente à importância e extensão dos vales aluvionares, destacam-se os do rio Vouga e seus afluentes, aos quais estão associadas importantes zonas alagáveis. Merece ainda referência o facto de o Vouga apresentar, uma margem sul baixa e aplanada, muito contrastante com a margem norte, escarpada, o que se fica a dever à presença de litologias distintas.

Na parte final do subtroço, a partir do Pk 14+825, ocorre a transição para o Maciço Hespérico. Neste domínio, embora não se ultrapasse a cota 110, a morfologia caracteriza-se pela presença de relevos mais acidentados, aos quais se associam vales pouco acentuados ou ligeiramente encaixados em zonas de maior relevo. Excetua-se rio Antuã que corre em vale profundamente encaixado nos xistos ante-ordovícicos.

O enquadramento geológico-geotécnico detalhado do sub lote A1 objeto da presente Memória Descritiva e Justificativa (assim como a caracterização geotécnica dos materiais de construção e terrenos de fundação) pode ser consultado no Volume 01, Tomo 1.7 – Geologia e Geotecnia.

### 3 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

Os parâmetros geotécnicos dos terrenos de fundação foram justificados no Tomo 1.7, tendo sido estimados com base numa análise ponderada dos resultados dos ensaios SPT e DPSH, recorrendo-se a várias correlações empíricas referenciadas pela bibliografia específica e à experiência comparada em terrenos de natureza semelhante.

No Quadro 2 apresenta-se uma síntese dos parâmetros geotécnicos estimados para os terrenos de fundação.

**Quadro 2 – Parâmetros geotécnicos estimados para os terrenos de fundação**

| Unidade geológica                             | Descrição                                                                        | N <sub>SPT</sub> | Q <sub>d</sub> (DPSH) (Mpa) | N <sub>20</sub> (DPSH) | Parâmetros geotécnicos estimados    |             |          |              |                             |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------|----------|--------------|-----------------------------|
|                                               |                                                                                  |                  |                             |                        | $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\phi'$ (°) | c' (kPa) | Cu (kPa)     | E <sub>estático</sub> (MPa) |
| Depósitos aluvio-coluvionares (Al+Co)         | Argila anegada a argila siltosa com areão                                        | (4) e (36)       | -                           | -                      | 16-18                               | 26-30       | -        | (8 a 12) (-) | 6-8                         |
|                                               | Areia de grão fino a médio, siltosa, com intercalações argilo-lodosos            | -                | <5                          | <5                     | 16-18                               | 26-28       | -        | -            | 4-8                         |
|                                               | Areia de grão fino a médio, siltosa, com intercalações argilo-lodosos            | -                | <10                         | <11                    | 16-18                               | 30-32       | -        | -            | 10-12                       |
|                                               | Areia de grão fino a médio, siltosa, com intercalações argilo-lodosos            | -                | 20-50                       | 20-60                  | 18                                  | 32-34       | -        | -            | 20-22                       |
| Depósitos de terraço (Q)                      | Terra vegetal argilosa com raízes, areia fina a média siltosa com areão disperso | 1-6              | -                           | -                      | 16-18                               | 30-32       | -        | -            | 2-6                         |
|                                               | Areia siltosa, por vezes argilosa, com seixos                                    | 13-17            | -                           | -                      | 18                                  | 30-32       | -        | -            | 10-14                       |
|                                               | Areia rgilosa a argila arenosa com seixos rolados                                | 31               | -                           | -                      | 18-20                               | 28-30       | -        | -            | 20-25                       |
|                                               | Areia siltosa, por vezes argilosa, com seixos                                    | 25-60            | -                           | -                      | 20                                  | 32-34       | -        | -            | 20-40                       |
| Formações sedimentares de idade cretácica (C) | Silte arenoso                                                                    | 3-10             | -                           | -                      | 16-18                               | 26-28       | -        | -            | 4-8                         |
|                                               | Areia siltosa                                                                    | 18               | -                           | -                      | 18                                  | 30-32       | -        | -            | 12-15                       |
|                                               | Silte argiloso                                                                   | 21-44-60         | -                           | -                      | 20                                  | 32-34       | -        | -            | 20-40                       |
|                                               | Areia fina a média siltosa com areão disperso                                    | 47-60            | -                           | -                      | 20                                  | 32-34       | -        | -            | 20-40                       |
|                                               | Areia de granulometria variável argilo-siltosa                                   | >60              | -                           | -                      | 21                                  | 34-36       | -        | -            | 40-50                       |
|                                               | Areia fina a média silto-argilosa muito compacta (grés friável)                  | >60              | -                           | -                      | 22                                  | 36-38       | 10-20    | -            | 50-70                       |
| Formações sedimentares de idade triasica (T)  | Areia grosseira com seixos e calhaus rolados                                     |                  | 10-60                       | 20-60                  | 20                                  | 32-34       | -        | -            | 15-30                       |
|                                               | Areia fina a média siltosa com areão disperso                                    | 47-60            | -                           | -                      | 20                                  | 32-34       | -        | -            | 40-50                       |
|                                               | Areia de granulometria variável                                                  | >60              | >50                         | >100                   | 21                                  | 34-36       | -        | -            | 40-50                       |

| Unidade geológica | Descrição                                                         | N <sub>SPT</sub> | Qd (DPSH) (Mpa) | N <sub>20</sub> (DPSH) | Parâmetros geotécnicos estimados  |             |          |          |                             |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------------|-------------|----------|----------|-----------------------------|
|                   |                                                                   |                  |                 |                        | $\gamma$ sat (kN/m <sup>3</sup> ) | $\phi'$ (°) | c' (kPa) | Cu (kPa) | E <sub>estático</sub> (MPa) |
|                   | argilo-siltosa, com seixo disperso                                |                  |                 |                        |                                   |             |          |          |                             |
|                   | Areia de grão fino com matriz argilosa (arenito)                  | >60              | -               | -                      | 21                                | 34-36       | 10-20    | -        | 40-50                       |
|                   | Areia siltosa, a silte arenoso, por vezes argiloso (grés friável) | >60              | -               | -                      | 22                                | 36-38       | 10-20    | -        | 50-70                       |

No Quadro 3 apresenta-se uma síntese dos parâmetros geotécnicos dos materiais de aterro, definidos em função das suas características de identificação e requisitos de compactação e foram justificados no Tomo 1.1.

**Quadro 3 – Parâmetros geotécnicos estimados para os materiais de aterro**

| Material de aterro                                | Parâmetros geotécnicos estimados  |             |                        |           |           |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------|------------------------|-----------|-----------|
|                                                   | $\gamma$ sat (kN/m <sup>3</sup> ) | $\phi'$ (°) | C $\alpha$ normalizado | Ev2 (MPa) | Ev1 (MPa) |
| QS1                                               | 20                                | 30          | 0,0028                 | 25        | 12,5      |
| QS2                                               | 20                                | 34          | 0,0015                 | 40        | 20        |
| QS3                                               | 21                                | 38          | 0,0007                 | 60        | 30        |
| QS3 seleccionado (G1 com D <sub>máx</sub> =75 mm) | 21                                | 38 a 40     | 0,0006                 | 80        | 40        |
| Sub-balastro                                      | 22                                | 42          | -                      | 125       | 62,5      |

## 4 ATERROS

### 4.1 Considerações Iniciais

Apresenta-se nesta seção a descrição e justificação das soluções de reforço dos aterros entre o Pk 0+000 e o Pk 15+500. Nos Capítulos 6 e 7 apresenta-se, respetivamente, as verificações de estabilidade e a estimativa dos assentamentos das seções mais críticas que se identificam no **Quadro 4**.

**Quadro 4 – Listagem das soluções de reforço e identificação das seções de cálculo**

| Tipo de Perfil | Pk inicial | Pk final | Intervenção proposta                                                       | Pk's de cálculo |
|----------------|------------|----------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Aterro         | +385       | +500     | Pé de enrocamento no aterro LE                                             |                 |
| Aterro         | 3+265      | 3+395    | Enrocamento de proteção e pé de enrocamento no aterro LD                   | 3+300           |
| Misto          | 6+910      | 6+965    | Enrocamento de proteção                                                    |                 |
| Aterro         | 6+965      | 7+355    | Enrocamento de proteção                                                    |                 |
| Aterro         | 7+540      | 7+723    | Enrocamento de proteção                                                    |                 |
| Misto          | 7+790      | 7+865    | Enrocamento de proteção                                                    |                 |
| Misto          | 7+970      | 8+518    | Muro de betão ciclópico no pé do aterro LE                                 | 8+100           |
|                |            |          |                                                                            | 8+325           |
| Aterro         | 12+890     | 13+060   | Eventual melhoramento dos terrenos de fundação                             |                 |
| Aterro         | 13+420     | 13+518   | Enrocamento de proteção e pé de enrocamento LE                             | 13+475          |
| Misto          | 13+720     | 13+855   | Eventual melhoramento dos terrenos de fundação. Enrocamento de proteção LE |                 |

### 4.2 Solução de reforço entre o Pk 3+265 e o Pk 3+395

#### 4.2.1 Descrição do trecho em análise

O trecho em análise insere-se num trecho de maior desenvolvimento, entre o Pk 3+211 e o Pk 3+585, em que o perfil tipo de zonamento do aterro é o perfil tipo IV (A2) com alturas máximas acima do terreno natural entre 10 e 12 m, inclusive, conforme classificação justificada no Tomo 1.1.

O trecho localiza-se entre o Bloco Norte da Ponte do Rio Largo e a PI 3.1 e interessa terrenos cretácicos (C4) marginando depósitos aluvionares do lado direito (**Figura 2**).



Figura 2 – Extracto da planta geológica do Des. PF102A1.01.07.00.00.107

No trecho em análise, o saneamento é de 3 m e o contacto com a fundação é materializado por uma camada drenante de 0,5 m de espessura envolvida em geotêxtil com funções de separação.

#### 4.2.2 Solução de reforço proposta

O corpo do aterro é composto por materiais do tipo QS1, a parte superior do aterro por materiais do tipo QS3 e os espaldares e a base do aterro por materiais do tipo QS3 seleccionados (do tipo G1 com  $D_{máx}=75$  mm).

Do lado direito, um pé de enrocamento compactado constituído por materiais QS3 G1 com  $D_{máx}=75$  m, protege os aterros gerais de uma linha de água confinante, sendo o talude exterior protegido por enrocamento arrumado.

O perfil de cálculo representa-se na **Figura 3**.

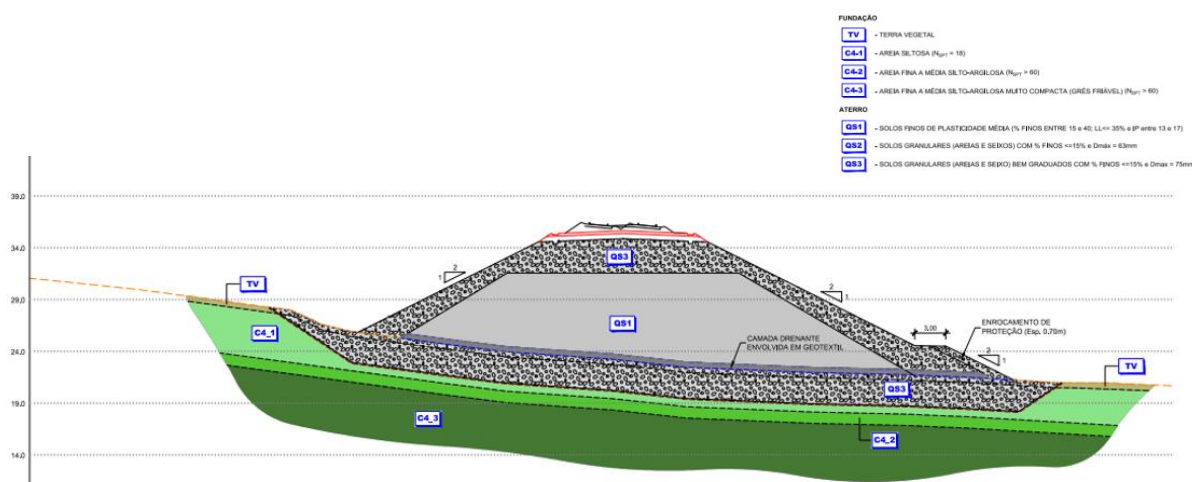


Figura 3 - Seção transversal tipo ao Pk 3+300.

### 4.2.3 Faseamento construtivo

Antes do início da execução dos aterros proceder-se-á às escavações de saneamento e ao esgotamento e ensecagem, se necessários, dos planos de fundação dos aterros.

Os aterros deverão ser iniciados pelas cotas mais baixas da fundação.

O enrocamento de proteção do pé de enrocamento compactado deverá ser executado assim que os aterros cheguem à cota de coroamento do pé de enrocamento.

## 4.3 Solução de reforço entre o Pk 7+970 e o Pk 8+518

### 4.3.1 Descrição do trecho em análise

O trecho em análise é um trecho misto de aterro/escavação que se desenvolve entre o Pk 7+970 e o Pk 8+518, com 548 m de comprimento, em que o perfil tipo de zonamento do aterro é o perfil tipo I com alturas máximas acima do terreno natural inferiores a 3 m, a eixo e acima do terreno natural, conforme classificação justificada no Tomo 1.1.

O trecho localiza-se antes da Ponte sobre o Rio Vouga e interessa terrenos cretácicos (C2) sobrepostos a terrenos Triásicos e, ainda, depósitos aluvionares sob os aterros do lado esquerdo que ocorrem numa extensão significativa, de quase 200 m (**Figura 4**).

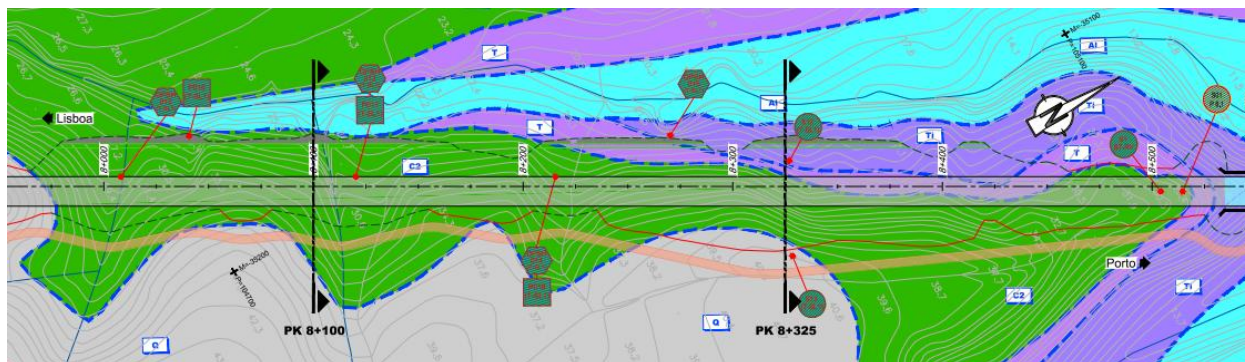


Figura 4 – Extracto da planta geológica do Des. PF102A1.01.07.00.00.117

No trecho em análise, o saneamento é de 3 m e o contacto com a fundação é materializado por uma camada drenante de 0,5 m de espessura envolvida em geotêxtil com funções de separação.

### 4.3.2 Solução de reforço proposta

O corpo do aterro (núcleo) é composto por materiais do tipo QS1. A parte superior do aterro, espaldares e base são constituídos por materiais do tipo QS2.

Apesar da reduzida altura do aterro a eixo, o desnível entre o coroamento da plataforma e o pé dos aterros é significativo, atingindo quase 10 m, devido ao pé se desenvolver em encosta e confinar com

uma linha de água importante e respetivos depósitos aluvionares. Para proteção do aterro preconiza-se a construção de um muro de pé, tipo gravidade, de betão ou de betão ciclópico. A sua geometria é trapezoidal, com 2 m de largura de coroamento e paramento exterior inclinado a 1/1.

No caso do betão ciclópico, este será composto por betão fresco com blocos de enrocamento com dimensão entre 200 e 300 mm, são, angulosos e limpos. Os blocos representarão cerca de 30 a 40% do peso total do material colocado in situ. O betão poderá ser da classe C16/20 (EN 206). A composição nominal deve seguir a proporção de 1:3:6 (cimento: agregado fino: agregado grosso) em volume, sendo o tamanho máximo do agregado 25 mm. A relação água/cimento deve ser ajustada de forma a garantir a trabalhabilidade adequada e o completo revestimento dos blocos de enrocamento. O betão deve apresentar uma consistência plástica, permitindo um bom escoamento entre blocos, sem segregação.

Na Figura 5 e Figura 6 apresentam-se, respectivamente, as seções transversais aos Pk 8+100 e Pk 8+325.

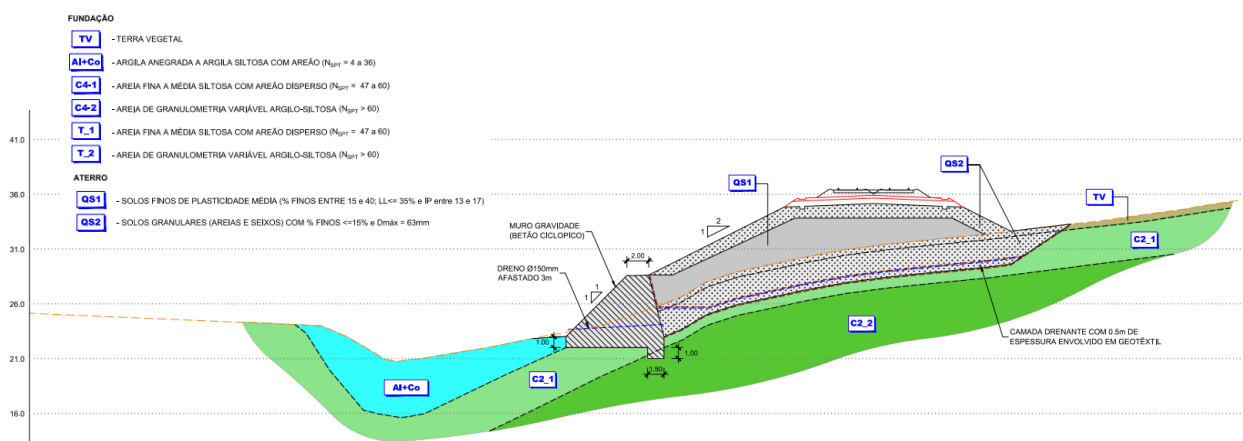


Figura 5 – Seção transversal tipo ao Pk 8+100.

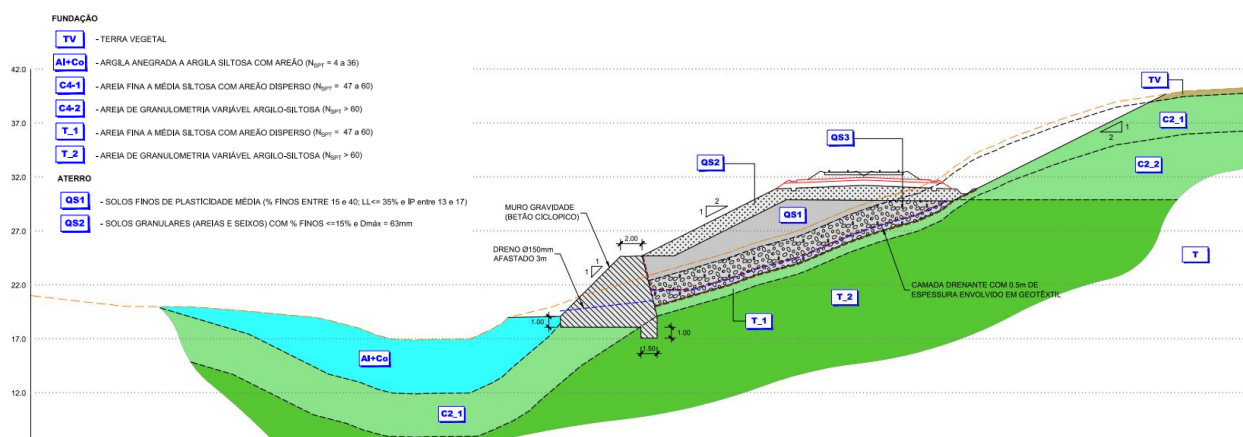


Figura 6 – Seção transversal tipo ao Pk 8+325.

### 4.3.3 Faseamento construtivo

Antes do início da execução dos aterros proceder-se-á às escavações de saneamento e ao esgotamento e ensecagem, se necessários, dos planos de fundação do muro e dos aterros.

Proceder-se-á inicialmente à execução do muro e, em seguida, dos aterros. Os aterros serão executados das cotas mais baixas para as mais altas.

#### 4.4 Solução de reforço entre o Pk 13+420 e o Pk 13+518

##### 4.4.1 Descrição do trecho em análise

O trecho em análise é um trecho em aterro com 98 m de desenvolvimento, entre o Pk 13+420 e o Pk 13+518, em que o perfil tipo de zonamento do aterro é o perfil tipo IV (A2) com alturas máximas acima do terreno natural, a eixo, entre 10 e 11,2 m, conforme classificação justificada no Tomo 1.1.

O trecho localiza-se numa zona baixa, sobre uma linha de água, e interessa terrenos cretácicos (C2) sobrepostos a terrenos Triásicos e, possivelmente, depósitos aluvionares (Figura 7).

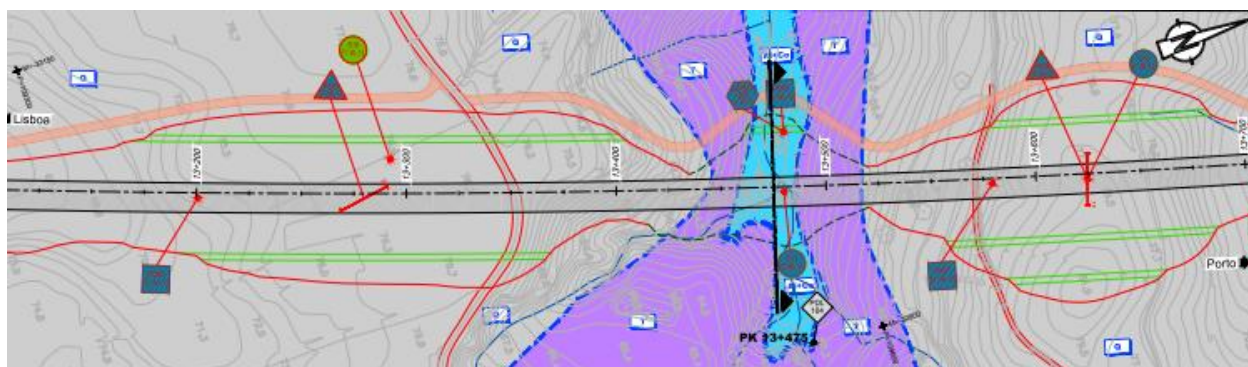


Figura 7 – Extracto da planta geológica do Des. PF102A1.01.07.00.00.127

No trecho em análise, o saneamento é de 3 m e o contacto com a fundação é materializado por uma camada drenante de 0,5 m de espessura envolvida em geotêxtil com funções de separação.

##### 4.4.2 Solução de reforço proposta

O corpo do aterro é composto por materiais do tipo QS1, a parte superior do aterro por materiais do tipo QS3 e os espaldares e a base do aterro por materiais do tipo QS3 seleccionados (do tipo G1 com  $D_{máx}=75$  mm).

Do lado esquerdo, um pé de enrocamento compactado constituído por materiais QS3 do tipo G1 com  $D_{máx}=75$  m, protege os aterros gerais de uma linha de água confinante, sendo o talude exterior protegido por enrocamento arrumado.

Na **Figura 8** representa-se a seção transversal ao Pk 13+475.

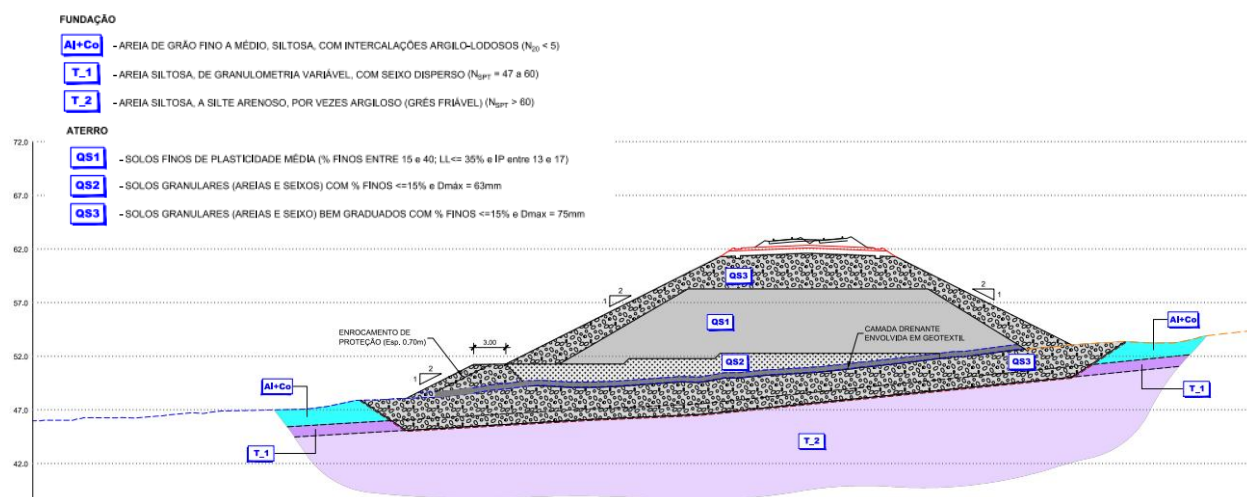


Figura 8 – Seção transversal tipo ao Pk 13+475.

#### 4.4.3 Faseamento construtivo

Antes do início da execução dos aterros proceder-se-á às escavações de saneamento e ao esgotamento e ensecagem, se necessários, dos planos de fundação dos aterros.

Os aterros deverão ser iniciados pelas cotas mais baixas da fundação.

## 5 ESCAVAÇÕES

### 5.1 Considerações iniciais

Apresenta-se nesta seção a descrição e justificação das soluções de reforço dos taludes de escavação entre o Pk 0+000 e o Pk 15+500. A exceção são os trechos de escavação com muros ou estruturas de suporte decorrentes de interferências no topo das escavações, que são objeto de tratamento no Tomo 1.9.

No Capítulo 7 apresentam-se as verificações de estabilidade das seções transversais tipo representativas dos trechos reforçados.

**Quadro 5 – Listagem das soluções de reforço em taludes de escavação e identificação das seções de cálculo**

| Tipo de Perfil | Pk inicial | Pk final | Intervenção proposta                                                                            | Pk's de cálculo |
|----------------|------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Escavação      | 3+610      | 3+650    | Muro M3_1. Cortina de estacas secantes ancorada LE                                              | -               |
| Escavação      | 4+219      | 4+600    | Máscaras drenantes pontuais. Revestimento superficial especial da face dos taludes              | 4+225           |
| Escavação      | 6+100      | 6+525    | Muro M6.1. Cortina de estacas secantes. Betão projetado com pregagens LD                        | -               |
| Escavação      | 10+300     | 10+400   | Muro M10.1 no Restabelecimento 10.1-A (Pk 0+095 a Pk 0+135). Muro de betão armado pré-fabricado | -               |
| Escavação      | 10+490     | 11+295   | Máscaras drenantes pontuais                                                                     | 10+750          |

### 5.2 Solução de reforço entre o Pk 4+219 e o Pk 4+600

#### 5.2.1 Descrição do trecho em análise

O trecho em análise insere-se num trecho de maior desenvolvimento, entre o Pk 4+219 e o Pk 6+910, em escavação, que tem o seu início no final do túnel do Mamodeiro.

O trecho em análise, cuja altura máxima é de cerca de 16 m, tem taludes com inclinação de 1:2 (V:H) e não tem banquetta intermédia (interposta acima de um desnível de 8 m) de modo a reduzir as interferências do lado direito, evitando-se a expropriação de uma residência.

O trecho localiza-se a norte do túnel do Mamodeiro e interessa terrenos Quaternários (Q) de espessura significativa e fracas a moderadas características mecânicas, sobrepostos a terrenos Cretácicos (C) (**Figura 9**).

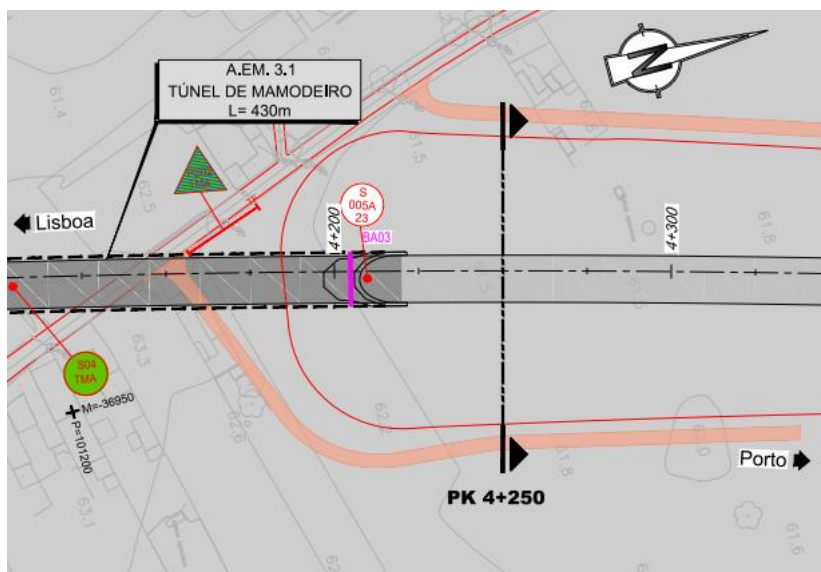


Figura 9 – Extracto da planta geológica do Des. PF102A1.01.07.00.00.109

## 5.2.2 Solução de reforço proposta

Neste trecho, para os taludes com altura superior a 10 m, definiu-se um revestimento superficial reforçado, de modo a evitar a ocorrência de erosões superficiais originadas pelo escoamento superficial ao longo do talude que tem um grande comprimento e uma matriz predominantemente arenosa. Este revestimento poderá ser realizado por:

1. Geocélulas – geossintético com estrutura tridimensional aberta, composto por células interligadas que confinam mecanicamente os materiais neles inseridos, de PEAD (normas GRI-GS15 e ASTM D8269-21), com uma espessura de 75 mm, ancoradas na base e na crista do talude e fixadas por grampos ao longo de toda a face do talude; as geocélulas assentam num geotêxtil de separação não tecido, com uma gramagem igual ou superior a 300g/m<sup>2</sup>, sendo os seus alvéolos preenchidos com solo e realizada hidrosementeira, conferindo uma integração na paisagem harmoniosa;
2. Enrocamento arrumado – blocos são com fuso granulométrico com D<sub>máx</sub> entre 400 e 500 mm, D<sub>50</sub> entre 200 e 300 mm e D<sub>0</sub> entre 20 e 60 mm, arrumados manualmente ou mecanicamente, numa camada de 700 mm de espessura.

Na Figura 10 apresenta-se a seção transversal ao Pk 4+250.

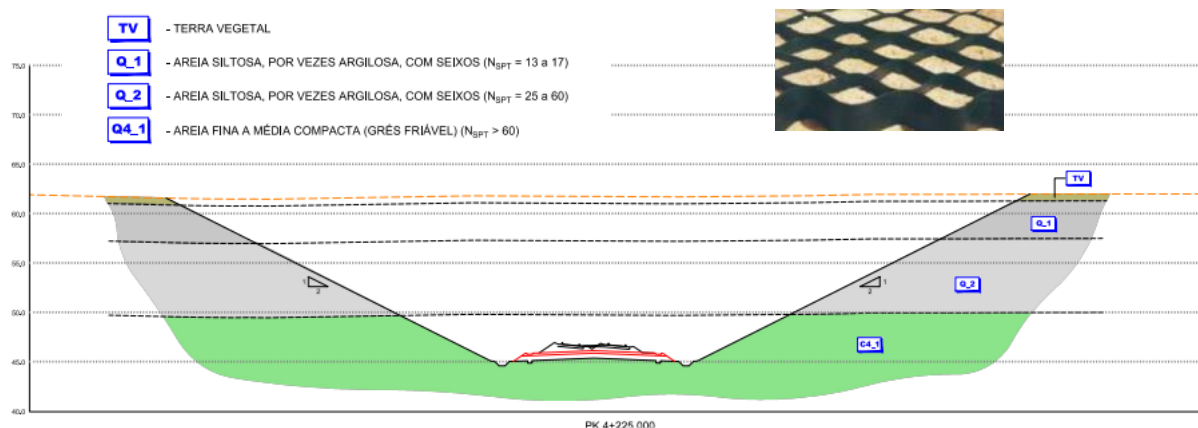


Figura 10 – Seção transversal tipo ao Pk 4+250.

### 5.2.3 Faseamento construtivo

As escavações serão realizadas em toda a largura da sua seção transversal, de cima para baixo, sendo a proteção superficial instalada após a execução da totalidade das escavações.

## 5.3 Solução de reforço entre o Pk 10+490 e o Pk 11+295

### 5.3.1 Descrição do trecho em análise

O trecho em análise, cuja altura máxima é de cerca de 22,5 m, tem taludes com inclinação variável em função dos terrenos interessadas. Nas escavações de altura baixa a moderada, que interessam os terrenos mais superficiais de menor resistência mecânica, os taludes têm inclinação de 1:2 (V:H). Nas escavações de maior altura que interessam em profundidade terrenos mais compactos, os taludes inferiores são mais íngremes, tendo inclinações de 1:1,5 (V:H).

Neste trecho, em zonas que se venham a detetar afluições preferenciais serão executadas máscaras drenantes.

O trecho em questão é uma escavação de grande altura e extensão que interessa terrenos Quaternários (Q) de espessura significativa e fracas a moderadas características mecânicas sobrepostos a terrenos Triásicos (T) (Figura 11).

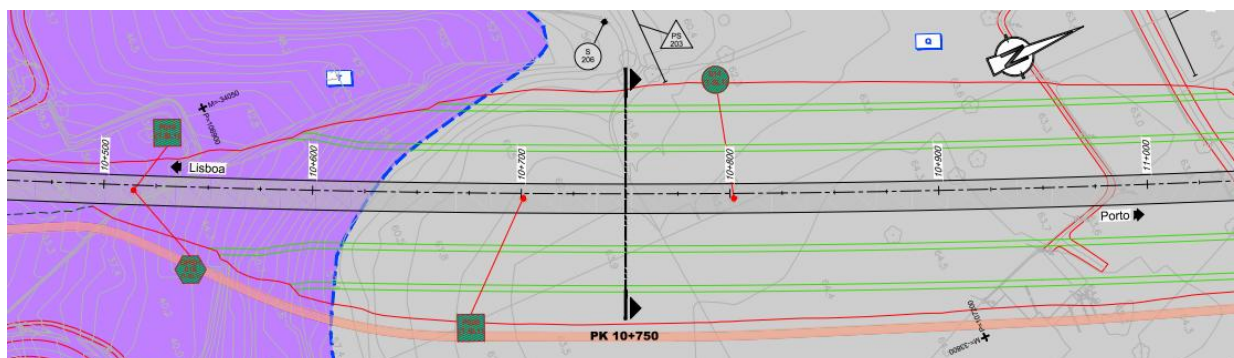


Figura 11 – Extracto da planta geológica do Des. PF102A1.01.07.00.00.122

### 5.3.2 Solução de reforço proposta

Neste trecho prevê-se a implementação em zonas localizadas de máscaras drenantes.

Na Figura 12 apresenta-se a seção transversal ao Pk 10+750.

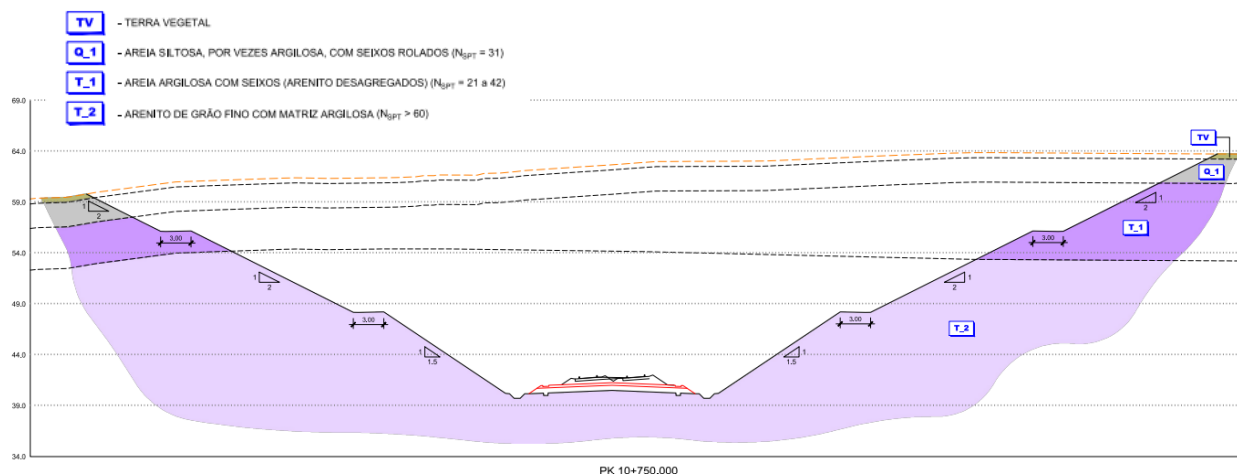


Figura 12 – Seção transversal tipo ao Pk 10+750.

### 5.3.3 Faseamento construtivo

As escavações serão realizadas em toda a largura da sua seção transversal, de cima para baixo, sendo as máscaras drenantes executadas após a execução da totalidade das escavações e nos trechos onde se identificar a sua necessidade (zonas de afluência de água).

## 6 VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE

### 6.1 Metodologia de cálculo e ações

A estabilidade global estática das escavações e do conjunto aterros-fundação foi realizada por métodos de equilíbrio limite através do software de cálculo Slide 9.038 (Rocscience). Estes métodos determinam o factor de segurança à rotura por corte ao longo de uma superfície de deslizamento, através da divisão num número variável de fatias da massa deslizante, que é função da sua geometria e dos diferentes tipos de materiais que a constituem, e admitindo algumas simplificações no que diz respeito às forças de interacção entre fatias.

As superfícies de escorregamento circulares foram calculadas pelos métodos de Bishop Simplificado e de Morgenstein e Price e as superfícies compostas pelo método de Janbu.

A análise de estabilidade global sísmica foi calculada por métodos pseudo-estáticos que simulam o efeito das ações sísmicas através da adição de forças de inércia, iguais ao produto de coeficientes sísmicos verticais e horizontais pelo peso de cada uma das fatias, aplicadas no seu centro de gravidade.

Os coeficientes sísmicos foram determinados de acordo com o estipulado na NP EN 1998–1:2010 e NP EN 1998–5: 2010 face às recomendações nacionais e à zona sísmica do país em que a obra se insere e considerando um tempo de vida útil de 100 anos.

Tratando-se de uma obra em linha materializada em continuidade por escavações, aterros, blocos técnicos, estruturas de contenção, viadutos, pontes e túneis, justifica-se a adoção de critérios de projeto semelhantes no seu dimensionamento sísmico. Assim, considera-se para o dimensionamento das obras geotécnicas tratadas no presente volume os seguintes critérios:

- Classe de consequências – CC3;
- Classe de importância – III;
- Coeficientes de importância –  $\gamma_f = 1.69$  (sismo tipo 1) e  $\gamma_f = 1.37$  (sismo tipo 2), de acordo com os valores recomendados na NP EN 1998-2:2023, que correspondem a um período de retorno de 1044 anos e a uma probabilidade de excedência de 9,13% no tempo de vida útil de 100 anos;
- Zonas sísmicas – 1.6 e 2.4.
- Tipo de terreno – A, B, C, D ou E – estabelecido para cada seção de cálculo em função da informação geológico-geotécnica tratada no Tomo 1.7.

No Quadro 6 apresentam-se os coeficientes sísmicos horizontais e verticais de cálculo.

**Quadro 6 – Coeficientes Sísmicos de Cálculo**

| Tipo de Terreno | Coeficiente Sísmico |       |
|-----------------|---------------------|-------|
|                 | T=100 anos          |       |
|                 | kh                  | ±kv   |
| A               | 0,077               | 0,038 |
| B               | 0,099               | 0,050 |
| C               | 0,115               | 0,058 |
| D               | 0,141               | 0,070 |
| E               | 0,128               | 0,064 |

A sobrecarga ferroviária foi definida atendendo às indicações da NP EN 1991–2 para o modelo de carga LM 71. De acordo com a cláusula 6.3.6.4 da NP EN 1991–2 para os efeitos globais, o carregamento característico equivalente devido às ações do tráfego ferroviário poderá ser considerado uniformemente distribuído numa largura de 3 m a um nível de 0,70 m abaixo do plano de rolamento da via com um valor característico de 70 kN/m<sup>2</sup> ou como uma sobrecarga uniformemente distribuída ao longo de toda a plataforma com um valor de 30 kN/m<sup>2</sup>. Os valores referidos consideram um coeficiente de classificação de cargas  $\alpha = 1,33$ , de acordo com o constante no C.E. relativo aos túneis e às obras de arte.

Em Portugal, as verificações respeitantes a estados limites últimos de rotura estrutural ou de rotura do terreno (STR/GEO) em situações persistentes ou transitórias devem ser efetuadas utilizando a Abordagem de Cálculo 1, cujas combinações se apresentam de seguida.

- Combinação 1: A1 “+” M1 “+” R1 (AC1:C1)
- Combinação 2: A2 “+” M2 “+” R1 (AC1:C2)

Foi ainda considerada a combinação accidental respeitante à Ação sísmica:

- Asismo “+” Msismo “+” Rsismo (A Sismo).

Para a verificação da segurança aos estados limite são considerados os valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações, de acordo com o estipulado nas normas EN1990 e EN1991 e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes estados limites. Os coeficientes parciais são apresentados no Quadro 7 e Quadro 8.

**Quadro 7 – Coeficientes parciais para as ações ( $\gamma_F$ ) ou para os efeitos das ações ( $\gamma_E$ ) (STR/GEO)**

| Ação        |              | Símbolo    | STR/GEO |      |         |
|-------------|--------------|------------|---------|------|---------|
|             |              |            | A1      | A2   | A Sismo |
| Permanentes | Desfavorável | $\gamma_G$ | 1,35    | 1,00 | 1,00    |
|             | Favorável    |            | 1,00    | 1,00 | 1,00    |
| Variável    | Desfavorável | $\gamma_Q$ | 1,50    | 1,30 | 1,00    |
|             | Favorável    |            | 0,00    | 0,00 | 0,00    |

**Quadro 8 - Coeficientes parciais para os parâmetros do solo (gF) (STR/GEO)**

| Parâmetro do solo                            | Símbolo             | STR/GEO |      |         |
|----------------------------------------------|---------------------|---------|------|---------|
|                                              |                     | M1      | M2   | M Sismo |
| Ângulo de atrito interno em tensões efetivas | $\gamma_{\varphi'}$ | 1,00    | 1,25 | 1,10    |
| Coesão em tensões efetivas                   | $\gamma_{c'}$       | 1,00    | 1,25 | 1,10    |
| Resistência ao corte não drenada             | $\gamma_{cu}$       | 1,00    | 1,40 | 1,15    |
| Peso volúmico                                | $\gamma$            | 1,00    | 1,00 | 1,00    |

Na consideração de um estado de limite de rotura ou de deformação excessiva de um elemento estrutural ou do terreno (STR ou GEO), deve ser feita a verificação de que:

$$R_d \geq E_d$$

em que  $E_d$  e  $R_d$  se designam respetivamente o valor de cálculo do efeito das ações e da capacidade resistente em relação a uma ação.

Os valores característicos das propriedades foram escolhidos tendo por base o julgamento de engenharia, de modo a constituírem estimativas muito cautelosas do valor que governa a ocorrência dos estados limites em consideração, até porque não estão ainda disponíveis os resultados dos ensaios de caracterização laboratorial.

## 6.2 Aterro – Pk 3+211 a Pk 3+585

### 6.2.1 Descrição do modelo de cálculo

Ao longo do presente trecho, as condições de fundação são variáveis tendo-se adotado trechos de sobrecavação variável, entre 1,4 e 3,0 m e trechos de saneamento com espessuras máximas de 3 m e camada drenante de 0,5 m na base, envolvida em geotêxtil.

Neste trecho, o perfil tipo de aterro é um perfil tipo IV (A2), conforme classificação justificada no Tomo 1.1.

Para efeitos de dimensionamento, apresentam-se os cálculos relativos à seção transversal mais desfavorável, com uma altura máxima a eixo e acima do terreno natural de 12 m, cuja fundação interessa areias siltosas soltas nos primeiros metros, objeto de saneamento numa espessura de 3 m.

O corpo do aterro é composto por materiais do tipo QS1, a parte superior do aterro por materiais do tipo QS3/D1 com  $D_{\max}=75$  mm e os espaldares e a base do aterro por materiais do tipo QS3/G1 com  $D_{\max}=75$  mm. O contacto com a fundação é materializado por uma camada drenante de 0,5 m de espessura envolvida em geotêxtil com funções de separação.

O perfil de cálculo representa-se na **Figura 13**. A posição do nível freático será objeto de reavaliação após disponibilização das leituras piezométricas.

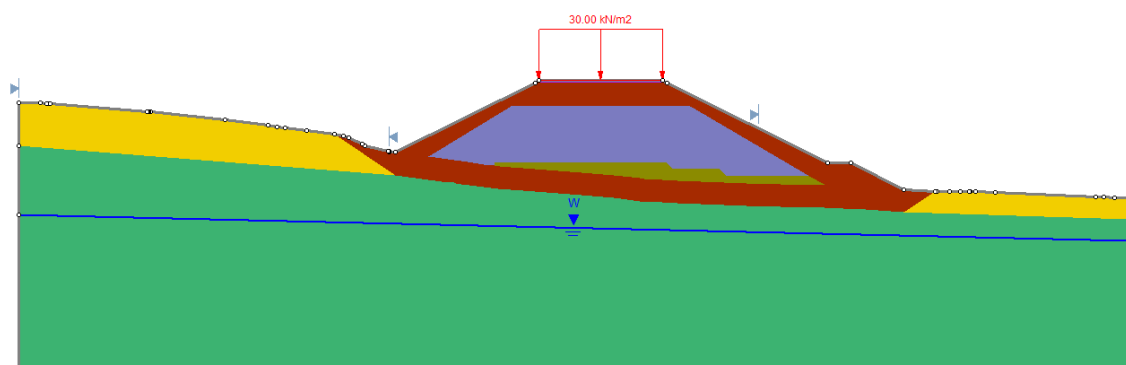


Figura 13 – Perfil transversal de cálculo ao Pk 3+300.

## 6.2.2 Parâmetros geotécnicos adotados

Os parâmetros geotécnicos adotados foram deduzidos de ensaios de campo e laboratoriais e da experiência comparada com terrenos e materiais de construção semelhantes (Quadro 9). Por conveniência numérica na utilização do software Slide, considerou-se a coesão efetiva de todos os solos como 1,0 kPa.

Nas análises pseudo-estáticas, o terreno de fundação foi definido como Tipo C da EN 1998-1. Para este tipo de terreno os coeficientes sísmicos de cálculo são:  $k_h=0,115$  e  $k_v=0,058$ .

Quadro 9 – Parâmetros geotécnicos de cálculo (STR/GEO). Pk 3+300

| Terrenos de fundação e materiais de aterro | Nº | Parâmetros de resistência       |             |            |
|--------------------------------------------|----|---------------------------------|-------------|------------|
|                                            |    | $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\phi'$ (°) | $c'$ (kPa) |
| ZG3 (C4-1)                                 | 1  | 18                              | 32          | 1          |
| ZG2 (C4-2)                                 | 2  | 21                              | 35          | 1          |
| ZG1 (C4-2)+                                | 3  | 22                              | 38          | 1          |
| QS1                                        | 4  | 20                              | 30          | 1          |
| QS2                                        | 5  | 20                              | 34          | 1          |
| QS3/G1                                     | 6  | 21                              | 38 a 40     | 1          |
| Sub-balastro                               | 7  | 22                              | 42          | 1          |

## 6.2.3 Resultados obtidos

Foram feitas verificações para os taludes esquerdo e direito do aterro. Os fatores de segurança obtidos para cada cenário apresentam-se Quadro 10.

Quadro 10 – Resultados dos cálculos de estabilidade (STR/GEO). Pk 3+300

| Perfil   | Margem   | Combinação    | Fator de Segurança |
|----------|----------|---------------|--------------------|
| PK 3+300 | Esquerda | Comb. 1       | 1,5                |
|          |          | Comb. 2       | 1,2                |
|          |          | Sísmica – kv+ | 1,1                |
|          |          | Sísmica – kv- | 1,0                |
|          | Direita  | Comb. 1       | 1,4                |
|          |          | Comb. 2       | 1,1                |
|          |          | Sísmica – kv+ | 1,0                |
|          |          | Sísmica – kv- | 1,0                |

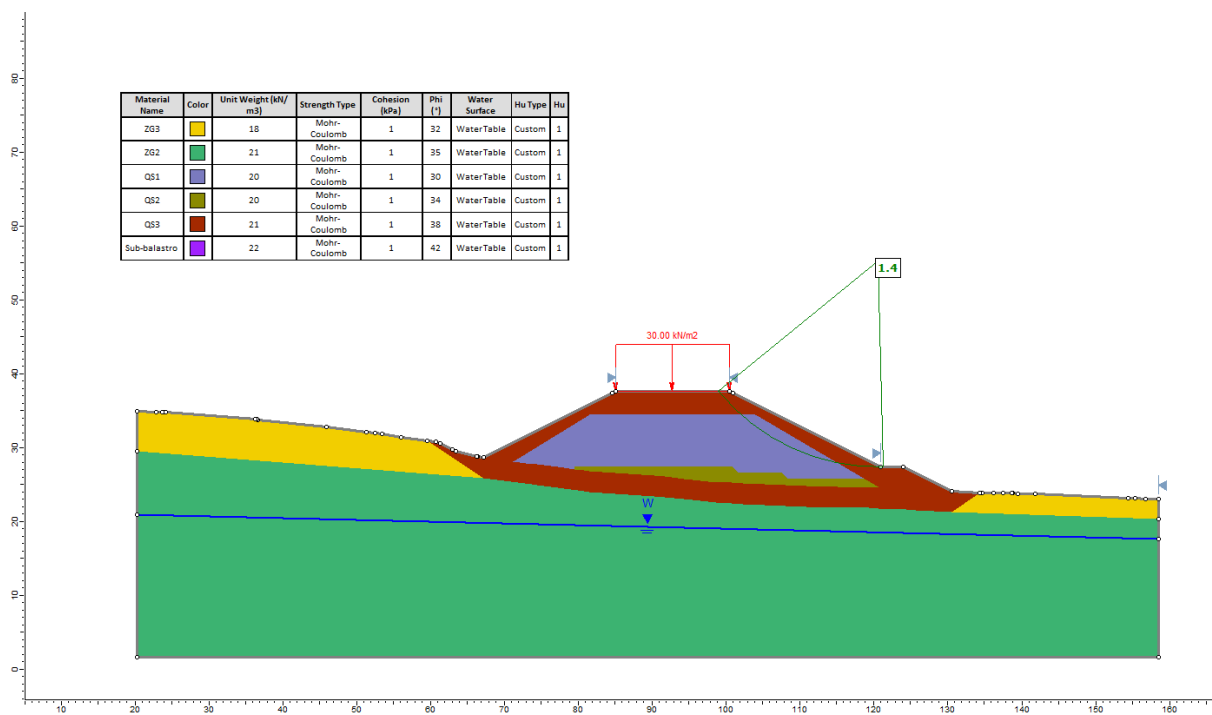


Figura 14 – PK 3+300. Talude direito. Combinação 1

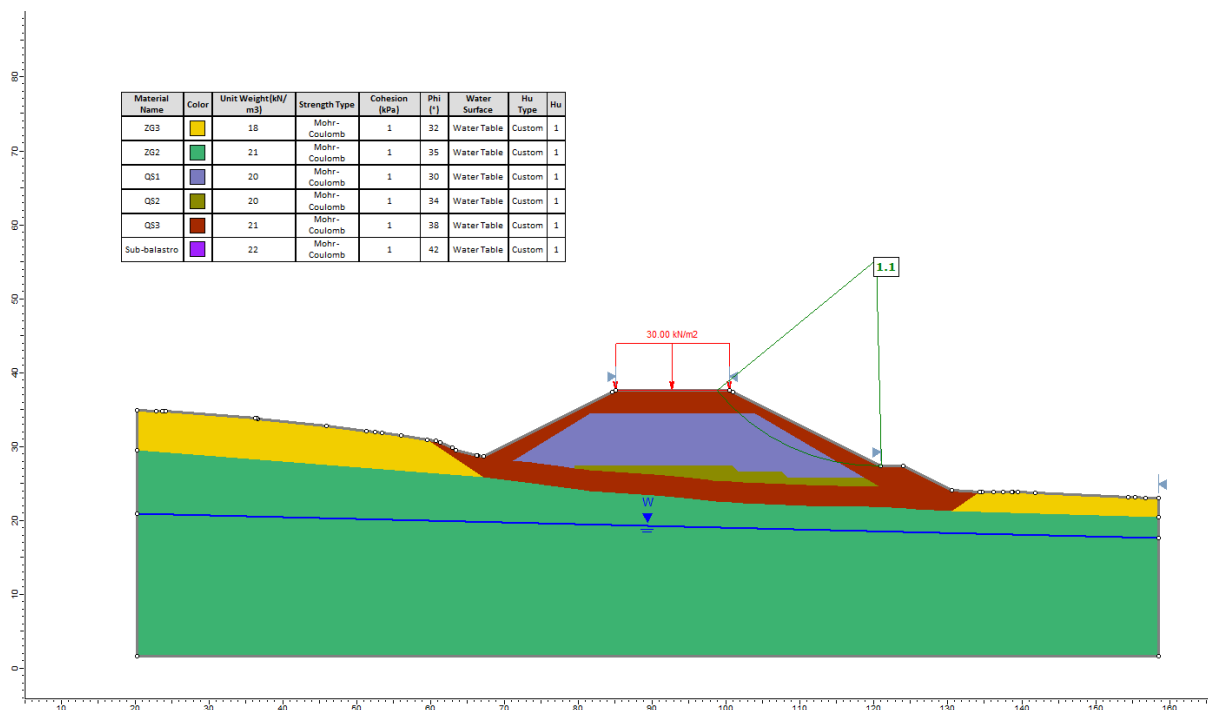


Figura 15 – PK 3+300. Talude direito. Combinação 2

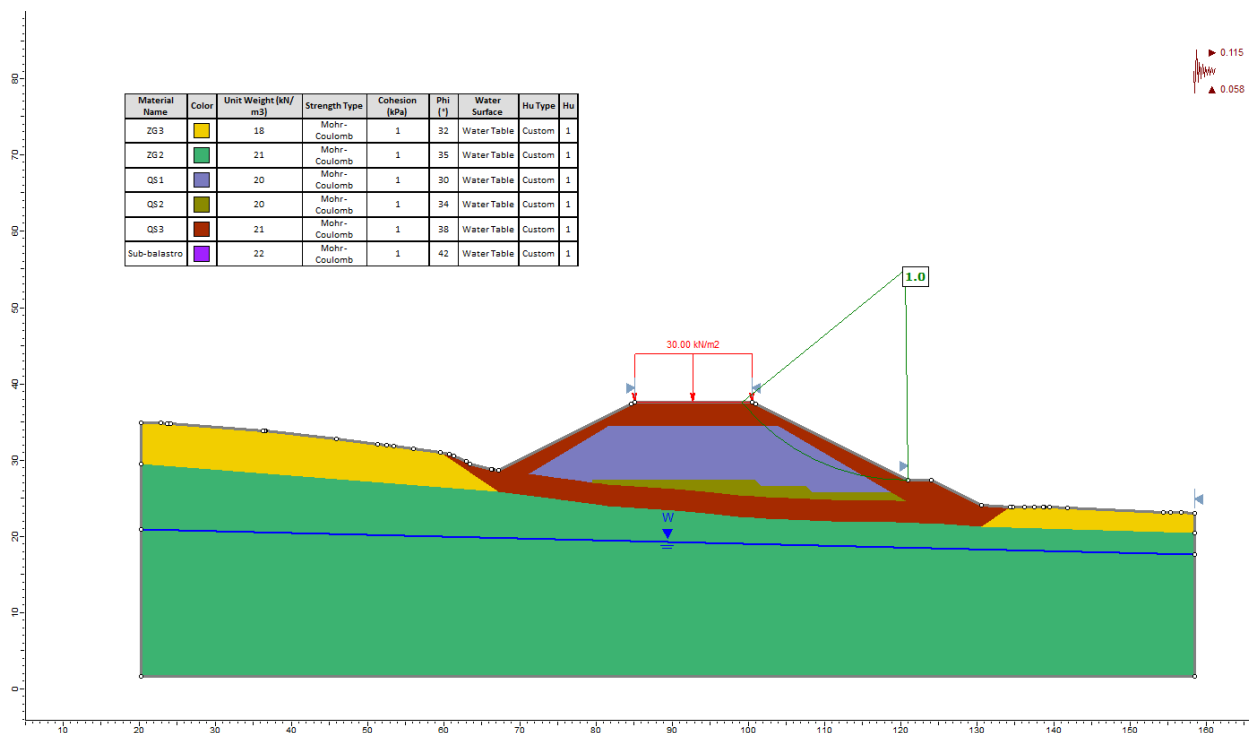


Figura 16 – PK 3+300. Talude direito. Combinação Sísmica kv-

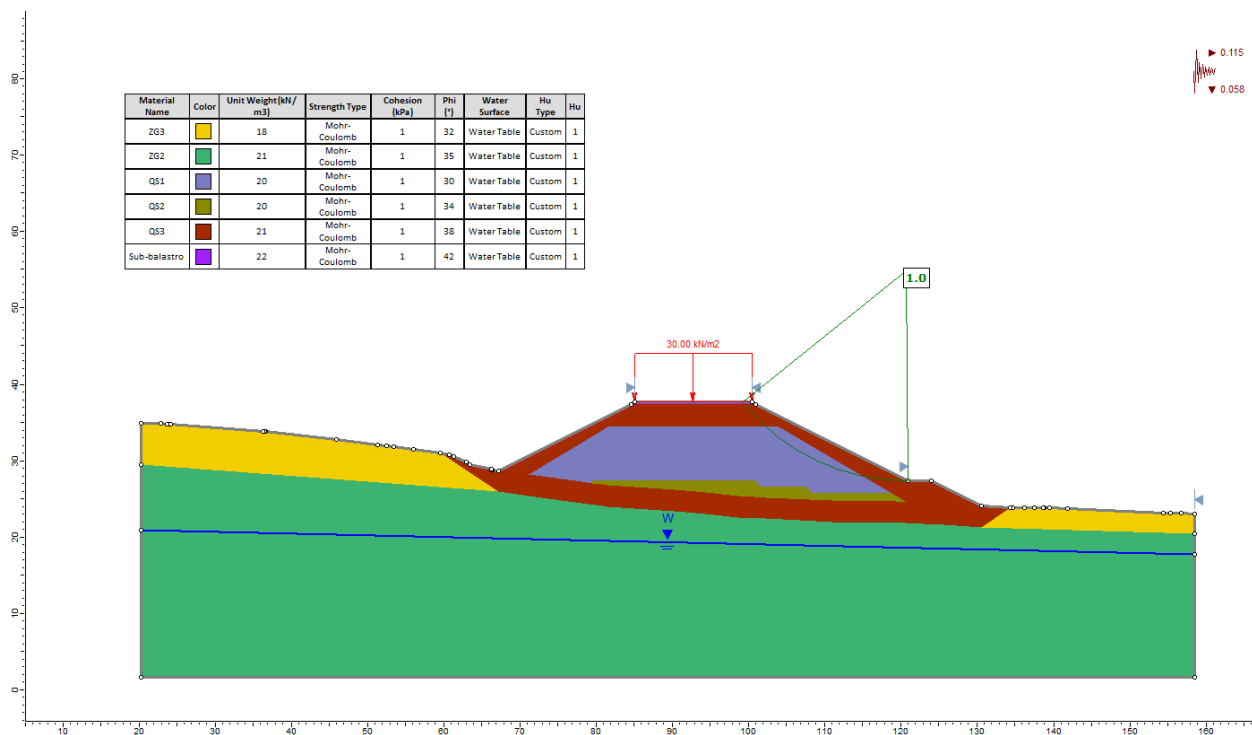


Figura 17– PK 3+300. Talude direito. Combinação Sísmica kv+

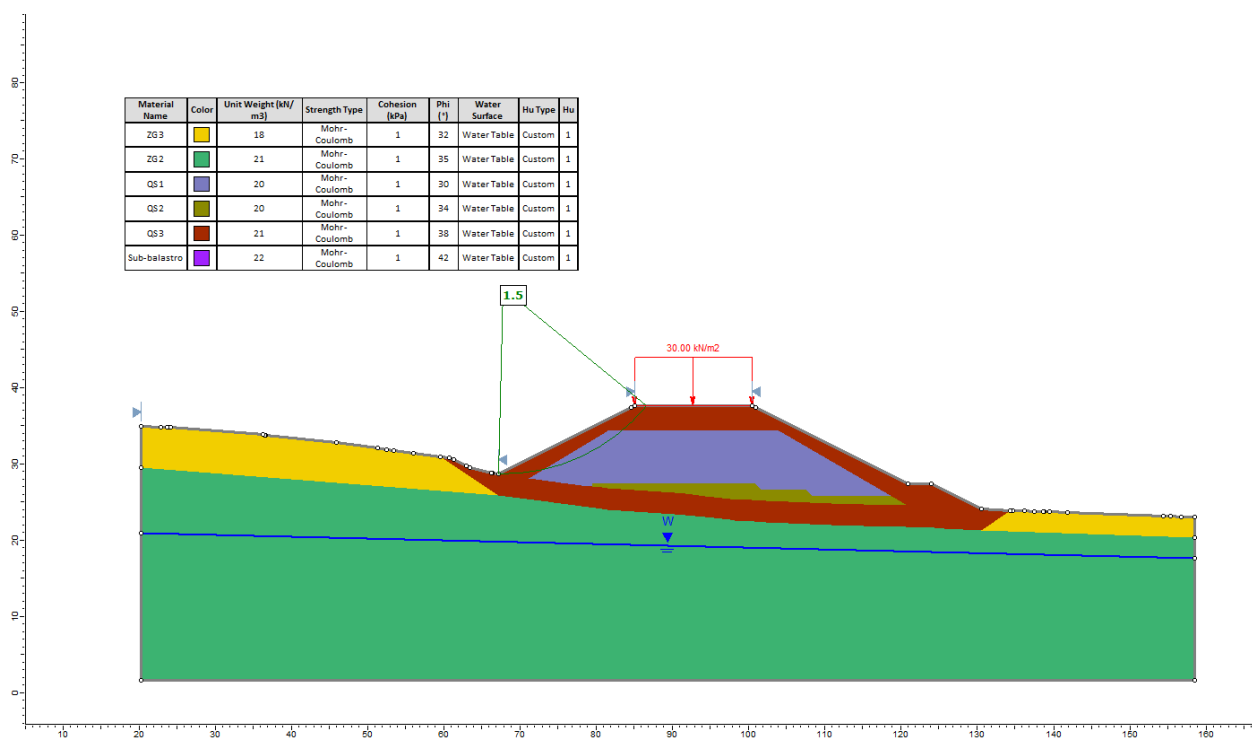


Figura 18 – PK 3+300. Talude esquerdo. Combinação 1

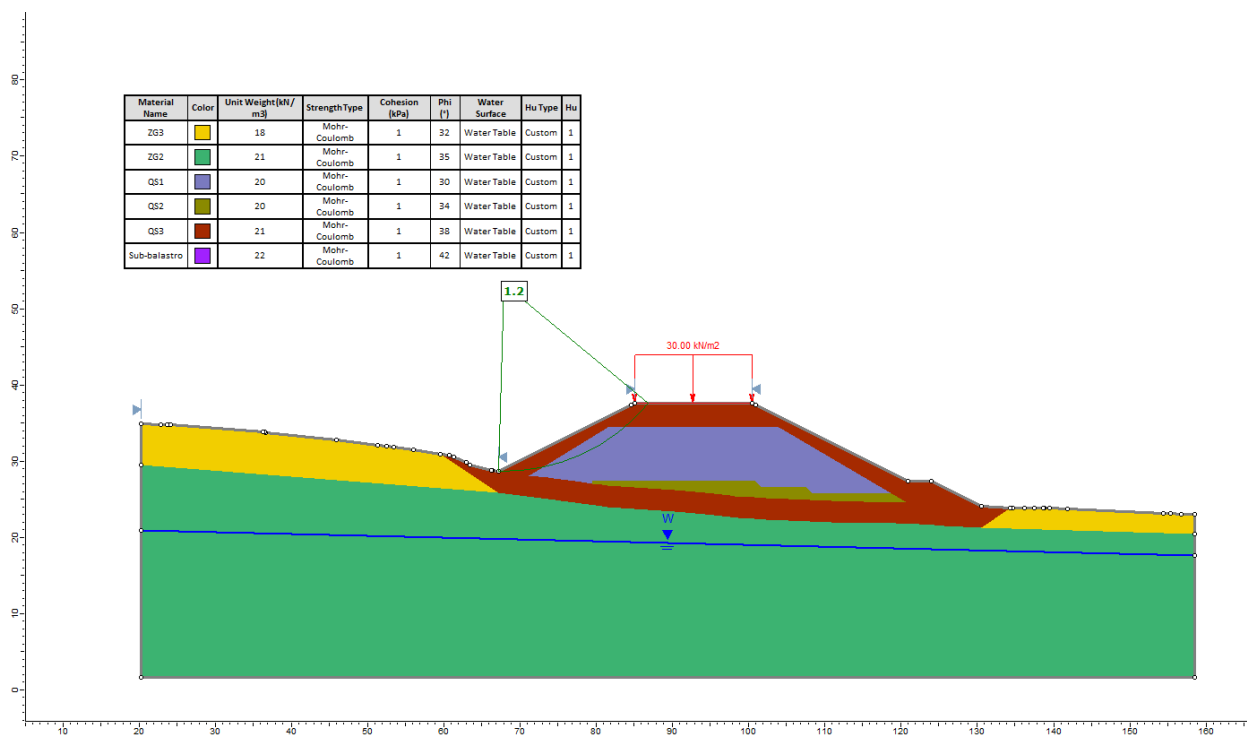


Figura 19 – PK 3+300. Talude esquerdo. Combinação 2

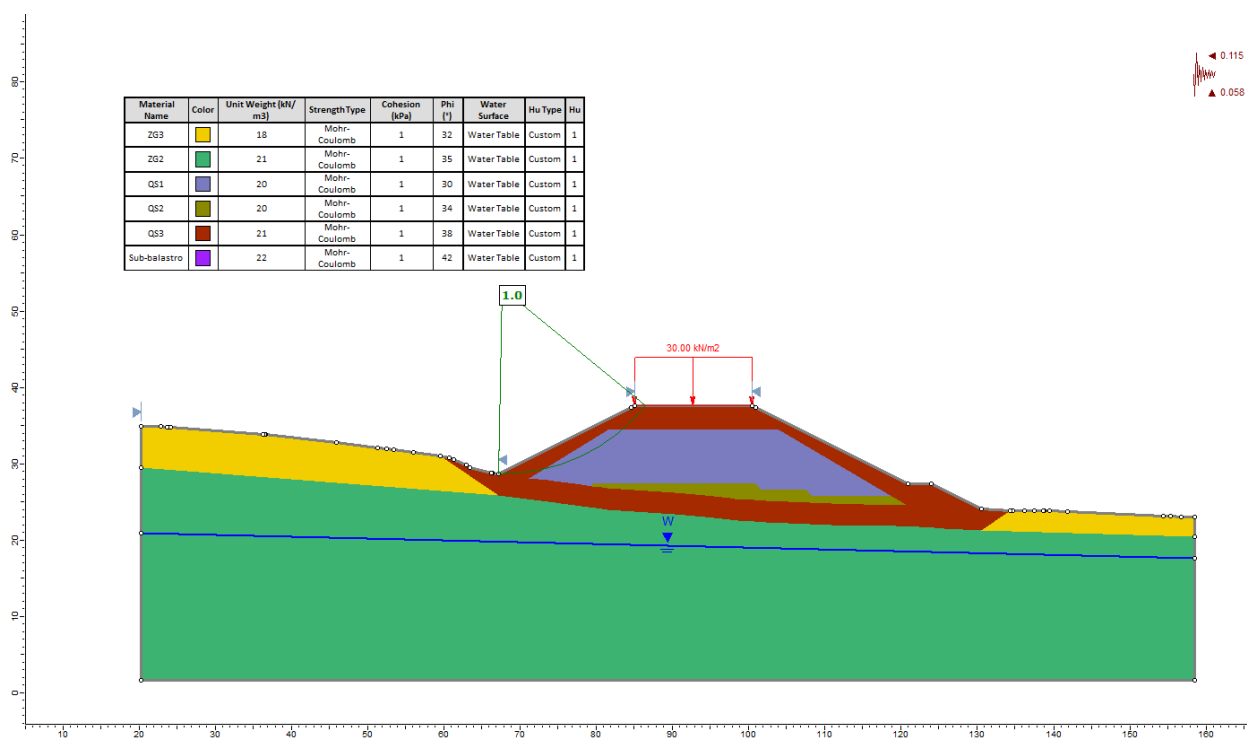


Figura 20 – PK 3+300. Talude esquerdo. Combinação Sísmica kv-

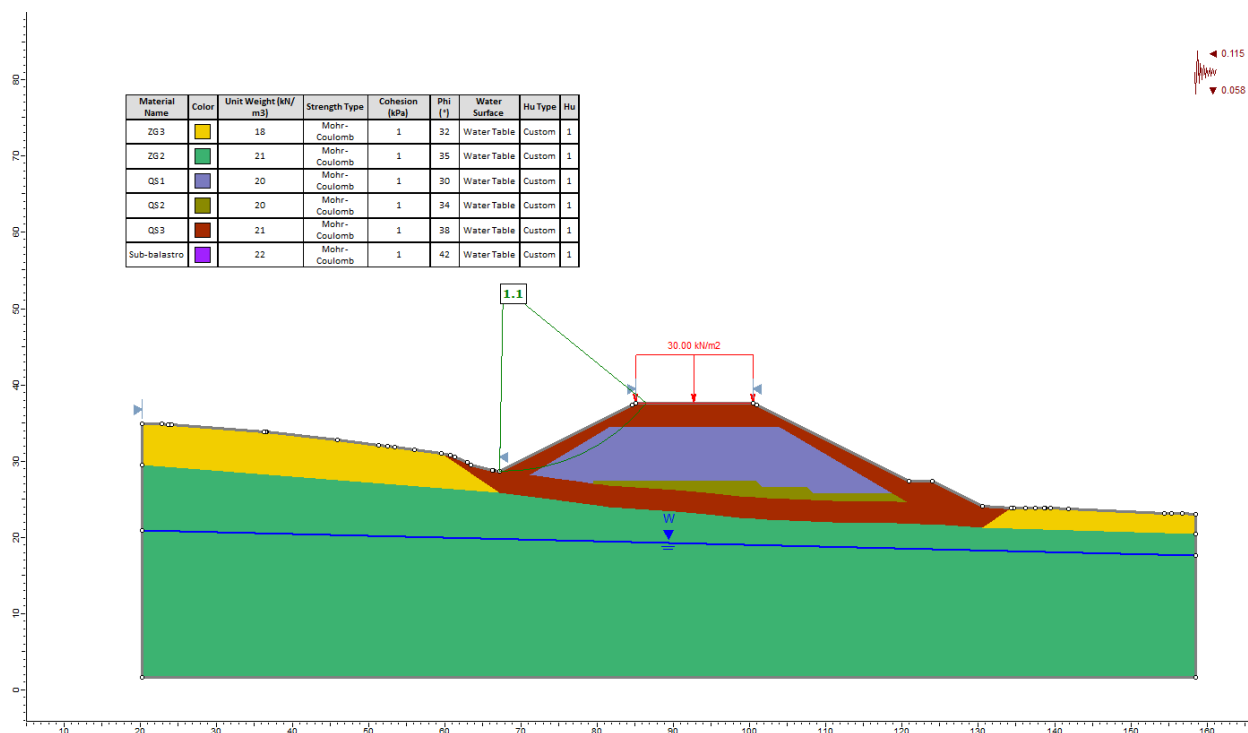


Figura 21 – PK 3+300. Talude esquerdo. Combinação Sísmica kv+

## 6.3 Aterro – Pk 7+970 a Pk 8+518

### 6.3.1 Descrição do modelo de cálculo

Ao longo do presente trecho, que inclui dois sub-trechos mistos separados por um subtrecho de escavação entre o Pk 7+865 e 7+970, as condições de fundação dos aterros são variáveis, exibindo uma espessura superficial importante de baixas características mecânicas e confinando com linhas de água marginais à implantação esquerda dos aterros.

Foi adoptado um saneamento de 3 com uma camada drenante de 0,5 m na base, envolvida em geotêxtil.

Neste trecho, o perfil tipo de aterro é um perfil tipo II, conforme classificação justificada no Tomo 1.1, que se implanta em encosta.

Para efeitos de dimensionamento, apresentam-se os cálculos relativos à seção transversal ao Pk 8+100, com uma altura máxima a eixo e acima do terreno natural de cerca de 4,5 m, cuja fundação interessa areias siltosas soltas nos primeiros metros e aluviões e coluviões nas suas cotas inferiores, do lado esquerdo.

O corpo do aterro é composto por materiais do tipo QS1, a parte superior do aterro por materiais do tipo QS2 e os espaldares e a base do aterro por materiais do tipo QS2. O contacto com a fundação é materializado por uma camada drenante de 0,5 m de espessura envolvida em geotêxtil com funções de separação.

O perfil de cálculo representa-se na Figura 22. A posição do nível freático será objeto de reavaliação após disponibilização das leituras piezométricas.

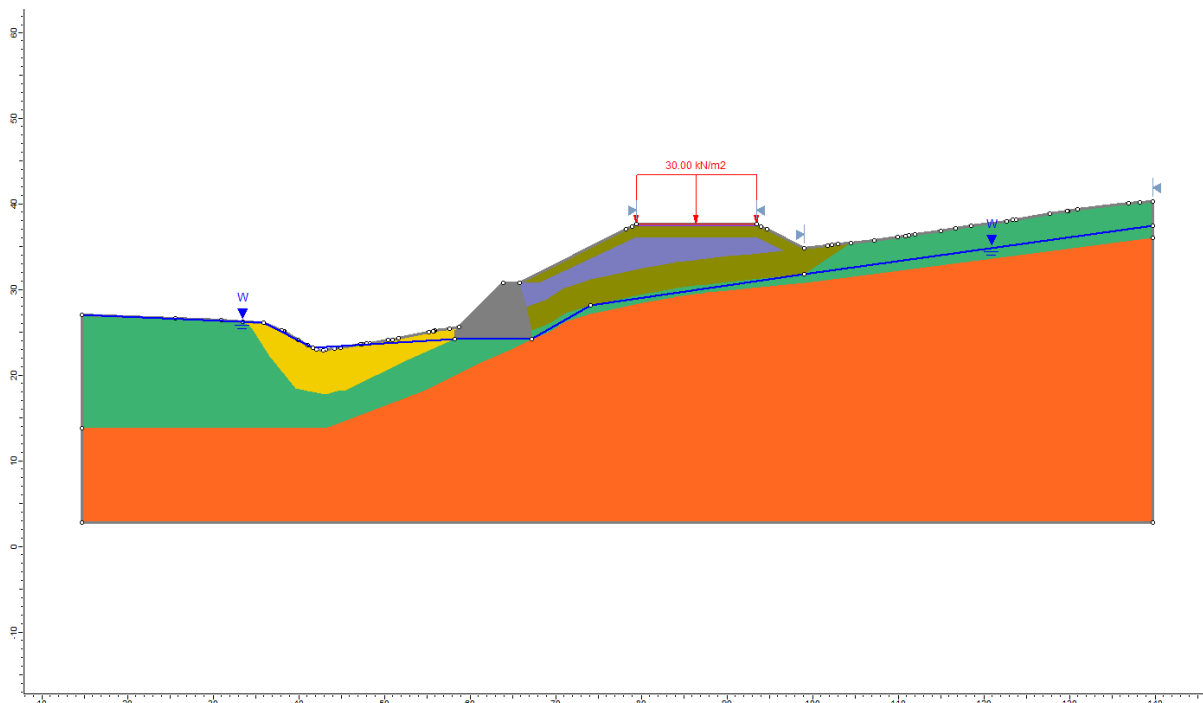


Figura 22 - Perfil transversal de cálculo ao Pk 8+100.

### 6.3.2 Parâmetros geotécnicos adotados

Os parâmetros geotécnicos adotados foram deduzidos de ensaios de campo e laboratoriais e da experiência comparada com terrenos e materiais de construção semelhantes (Quadro 9). Por conveniência numérica na utilização do software Slide, considerou-se a coesão efetiva de todos os solos como 1,0 kPa.

Nas análises pseudo-estáticas, o terreno de fundação foi definido como Tipo C da EN 1998-1. Para este tipo de terreno os coeficientes sísmicos de cálculo são:  $k_h=0,115$  e  $k_v=0,058$ .

Quadro 11 – Parâmetros geotécnicos de cálculo (STR/GEO). Pk 8+100

| Terrenos de fundação e materiais de aterro | Nº | Parâmetros de resistência       |             |            |
|--------------------------------------------|----|---------------------------------|-------------|------------|
|                                            |    | $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\phi'$ (°) | $c'$ (kPa) |
| ZG3 (Al+Co)                                | 1  | 18                              | 30          | 1          |
| ZG2 (C4-1)                                 | 2  | 20                              | 34          | 1          |
| ZG1 (C4-2)                                 | 3  | 21                              | 36          | 1          |
| QS1                                        | 4  | 20                              | 30          | 1          |
| QS2                                        | 5  | 20                              | 34          | 1          |
| Sub-balastro                               | 6  | 22                              | 42          | 1          |
| Betão                                      | 7  | 24                              | 45          | 100        |

### 6.3.3 Resultados obtidos

Foram feitas verificações para os taludes esquerdo e direito do aterro. Os fatores de segurança obtidos para cada cenário apresentam-se Quadro 12.

Quadro 12 – Resultados dos cálculos de estabilidade (STR/GEO). Pk 8+100

| Perfil   | Margem   | Combinação    | Fator de Segurança |
|----------|----------|---------------|--------------------|
| PK 8+100 | Esquerda | Comb. 1       | 1,5                |
|          |          | Comb. 2       | 1,2                |
|          |          | Sísmica – kv+ | 1,1                |
|          |          | Sísmica – kv- | 1,1                |
|          | Direita  | Comb. 1       | 1,5                |
|          |          | Comb. 2       | 1,2                |
|          |          | Sísmica – kv+ | 1,1                |
|          |          | Sísmica – kv- | 1,1                |

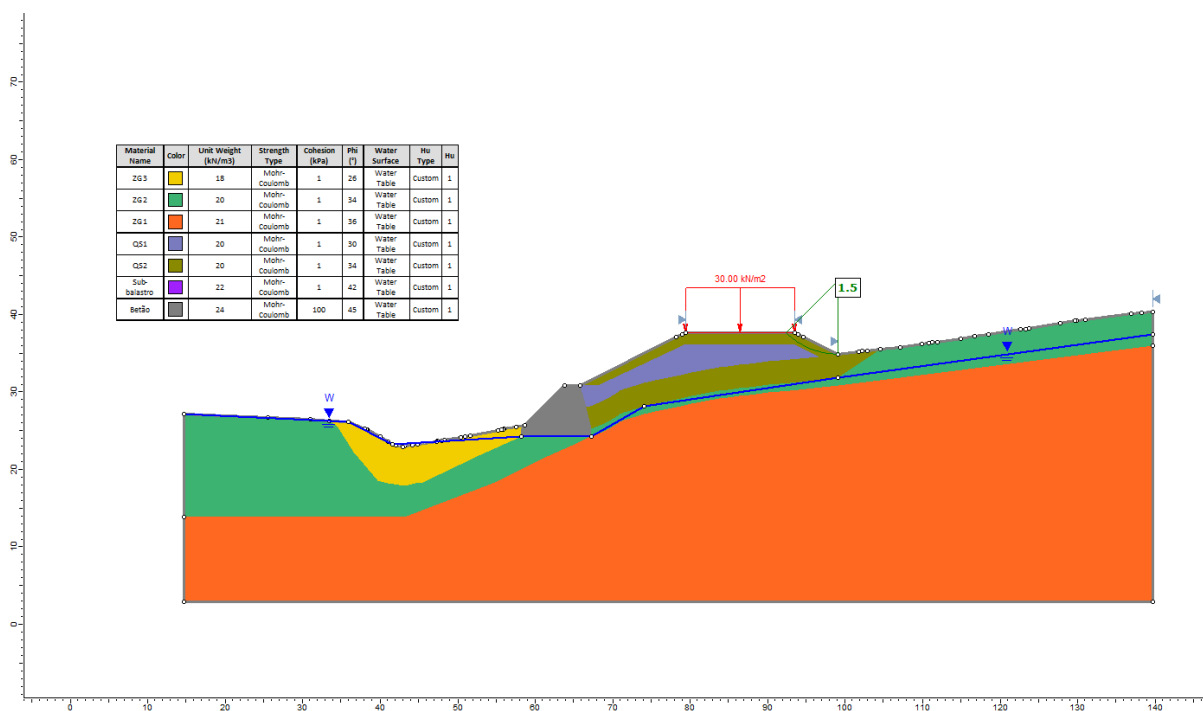


Figura 23 – PK 8+100. Talude direito. Combinação 1

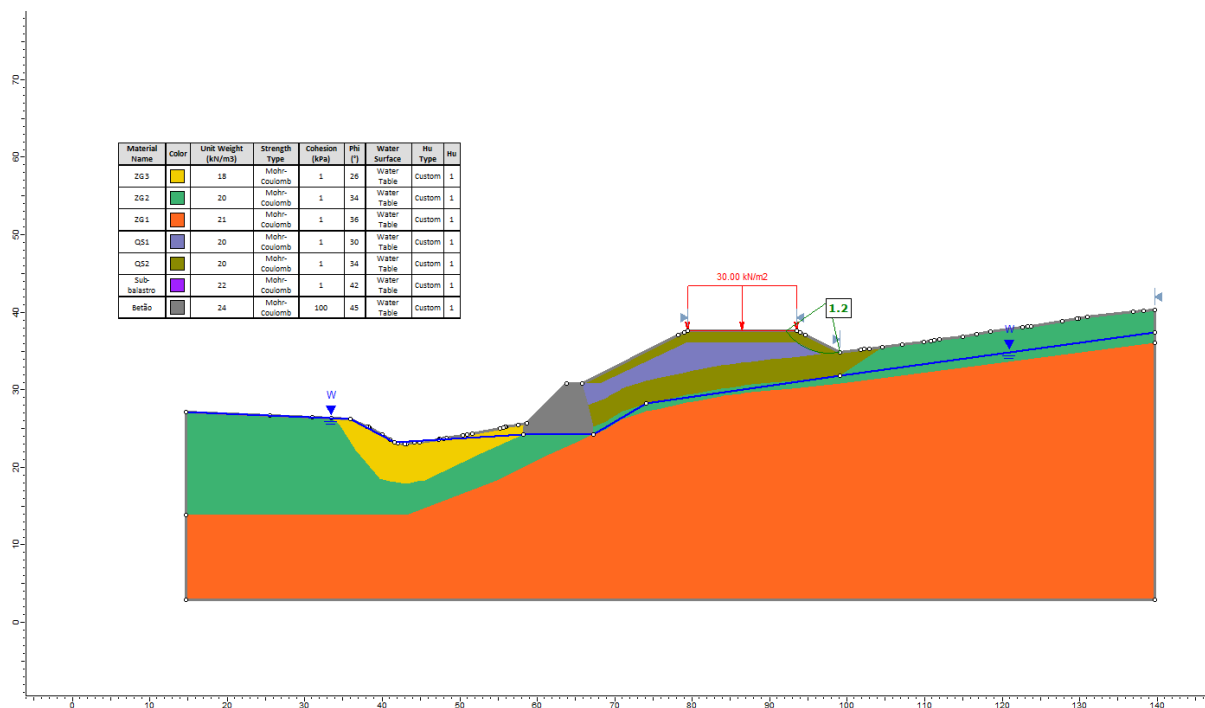


Figura 24 – PK 8+100. Talude direito. Combinação 2

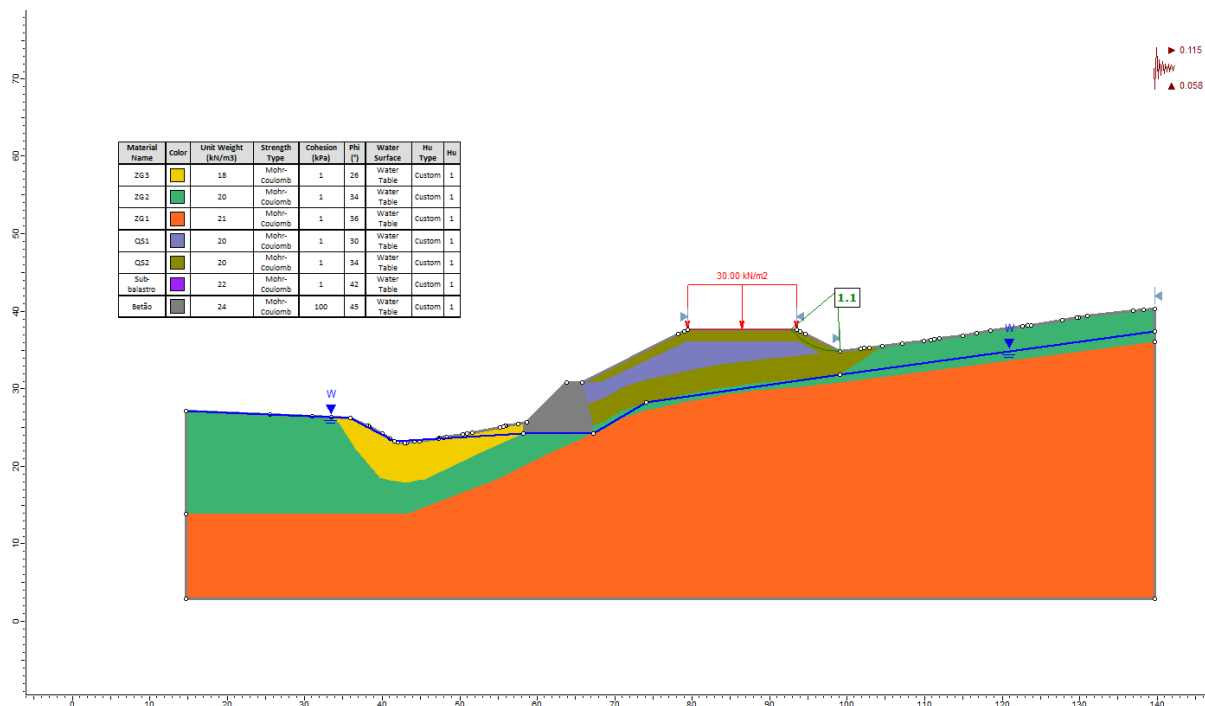


Figura 25 – PK 8+100. Talude direito. Combinação Sísmica kv-

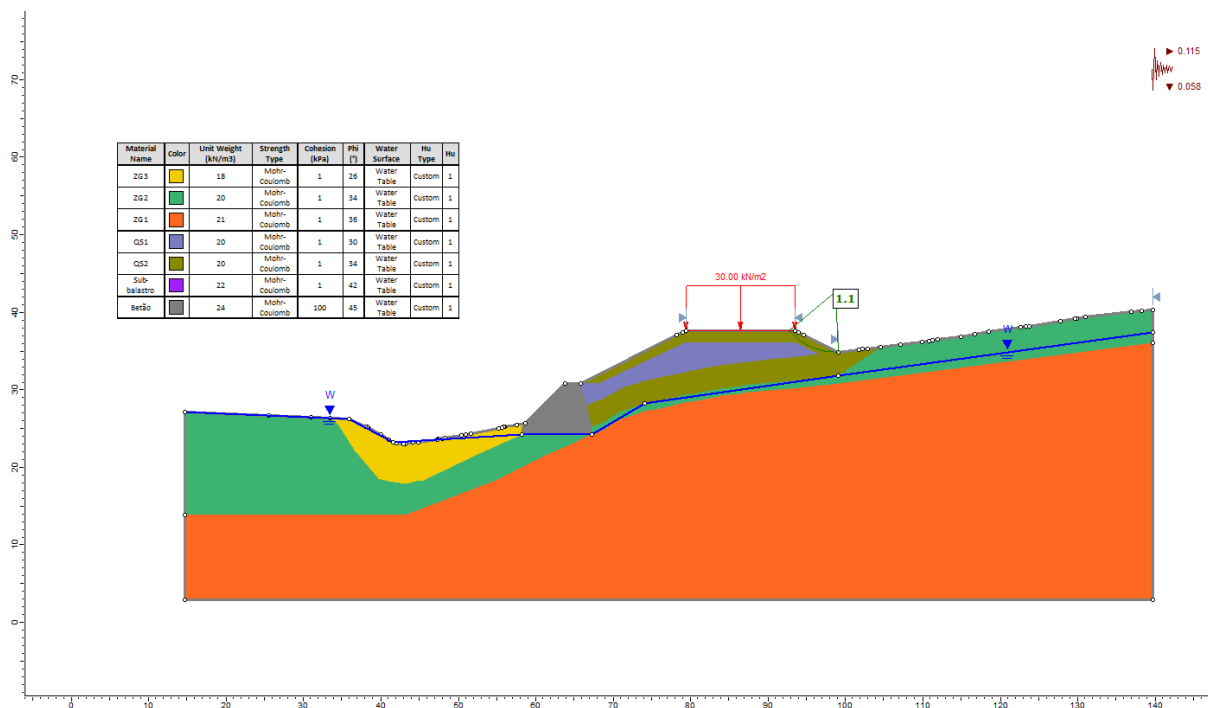


Figura 26 – PK 8+100. Talude direito. Combinação Sísmica kv+

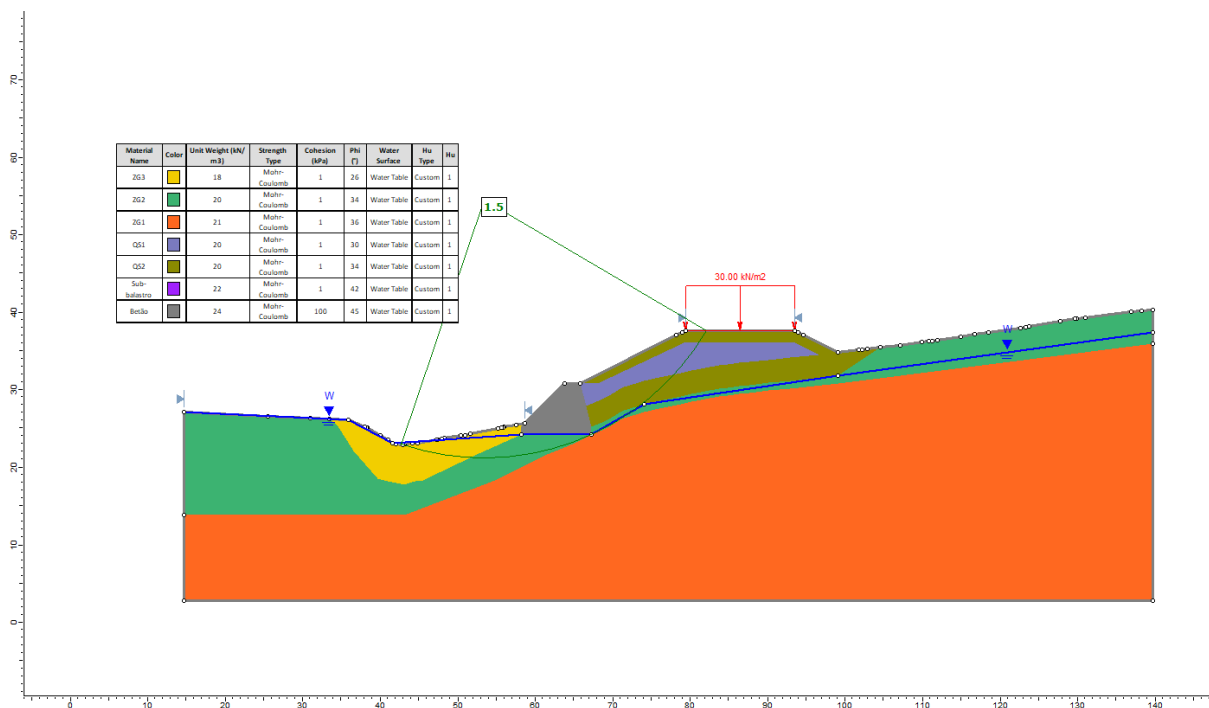


Figura 27 – PK 8+100. Talude esquerdo. Combinação 1



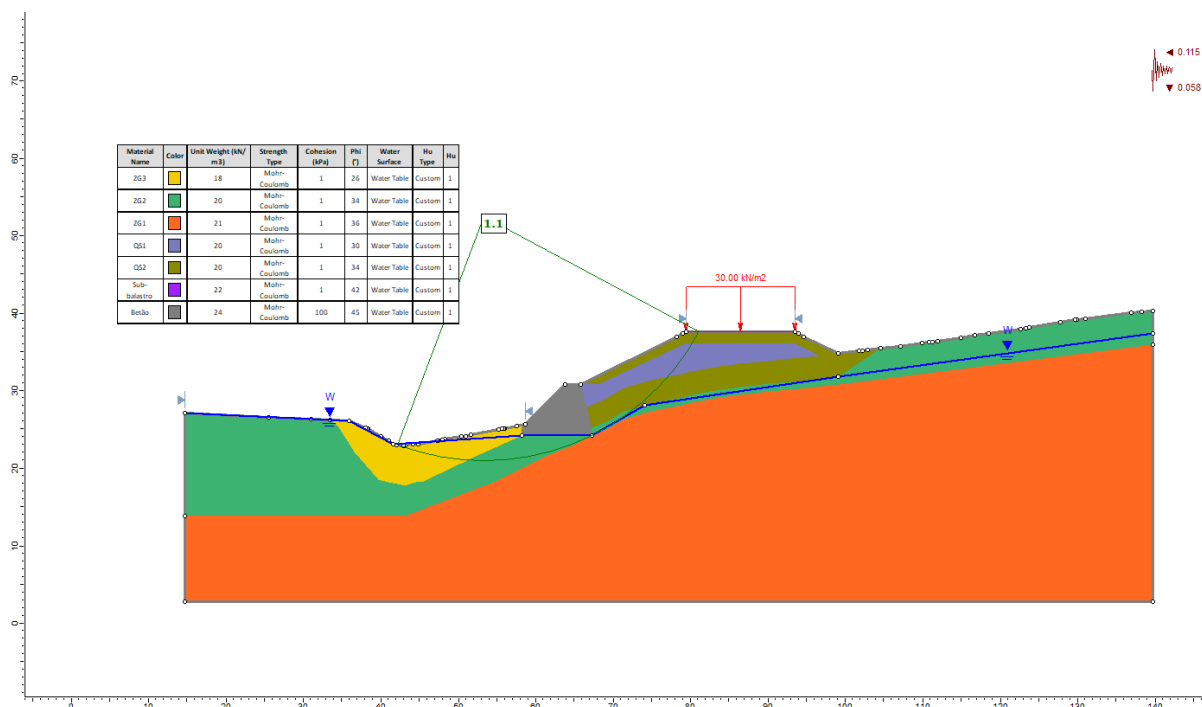


Figura 30 – PK 8+100. Talude esquerdo. Combinação Sísmica kv+

## 6.4 Aterro – Pk 13+420 a Pk 13+518

### 6.4.1 Descrição do modelo de cálculo

Ao longo do presente trecho, as condições de fundação dos aterros interessam materiais aluvio-coluvionares de baixa resistência, tendo-se adotado um saneamento com espessura máxima de 3 m e camada drenante de 0,5 m na base, envolvida em geotêxtil.

Neste trecho, o perfil tipo de aterro é um perfil tipo IV (A2).

Para efeitos de dimensionamento apresentam-se os cálculos relativos à seção transversal mais desfavorável, localizada ao Pk 13+475, com uma altura máxima a eixo e acima do terreno natural de cerca de 11,5 m.

O corpo do aterro é composto por materiais do tipo QS1, a parte superior do aterro por materiais do tipo QS3/D1 com  $D_{máx}=75$  mm e os espaldares e a base do aterro por materiais do tipo QS3/G1 com  $D_{máx}=75$  mm. O contacto com a fundação é materializado por uma camada drenante de 0,5 m de espessura envolvida em geotêxtil com funções de separação.

O perfil de cálculo representa-se na Figura 31.

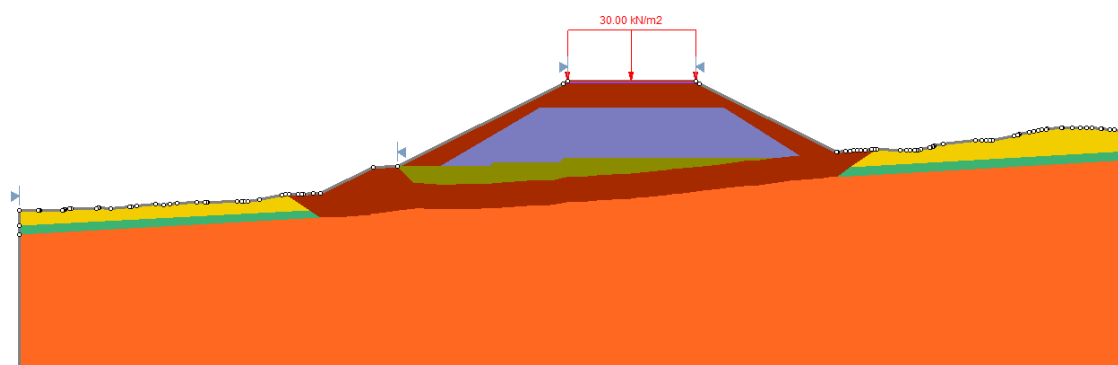


Figura 31 - Perfil transversal de cálculo ao Pk 13+475.

#### 6.4.2 Parâmetros geotécnicos adotados

Os parâmetros geotécnicos adotados foram deduzidos de ensaios de campo e laboratoriais e da experiência comparada com terrenos e materiais de construção semelhantes (**Quadro 9**). Por conveniência numérica na utilização do software *Slide*, considerou-se a coesão efetiva dos solos igual a 1,0 kPa.

Nas análises pseudo-estáticas, o terreno de fundação foi definido como **Tipo C da EN 1998-1**. Para este tipo de terreno os coeficientes sísmicos de cálculo são:  $k_h=0,115$  e  $k_v=0,058$ .

Quadro 13 – Parâmetros geotécnicos de cálculo (STR/GEO). Pk 13+475

| Terrenos de fundação e materiais de aterro | Nº | Parâmetros de resistência       |             |            |
|--------------------------------------------|----|---------------------------------|-------------|------------|
|                                            |    | $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\phi'$ (°) | $c'$ (kPa) |
| ZG3 (Al+O)                                 | 1  | 18                              | 32          | 1          |
| ZG2 (T-1)                                  | 2  | 20                              | 34          | 1          |
| ZG1 (T-2)                                  | 3  | 21                              | 36          | 1          |
| QS1                                        | 4  | 20                              | 30          | 1          |
| QS2                                        | 5  | 20                              | 34          | 1          |
| QS3/G1                                     | 6  | 21                              | 38          | 1          |
| Sub-balastro                               | 7  | 22                              | 42          | 1          |

#### 6.4.3 Resultados obtidos

Foram feitas verificações para os taludes esquerdo e direito do aterro. Os fatores de segurança obtidos para cada cenário apresentam-se **Quadro 14**.

Quadro 14 – Resultados dos cálculos de estabilidade (STR/GEO). Pk 13+475

| Perfil    | Margem   | Combinação    | Fator de Segurança |
|-----------|----------|---------------|--------------------|
| PK 13+475 | Esquerda | Comb. 1       | 1,4                |
|           |          | Comb. 2       | 1,1                |
|           |          | Sísmica – kv+ | 1,0                |
|           |          | Sísmica – kv- | 1,0                |
|           | Direita  | Comb. 1       | 1,5                |
|           |          | Comb. 2       | 1,2                |
|           |          | Sísmica – kv+ | 1,1                |
|           |          | Sísmica – kv- | 1,1                |

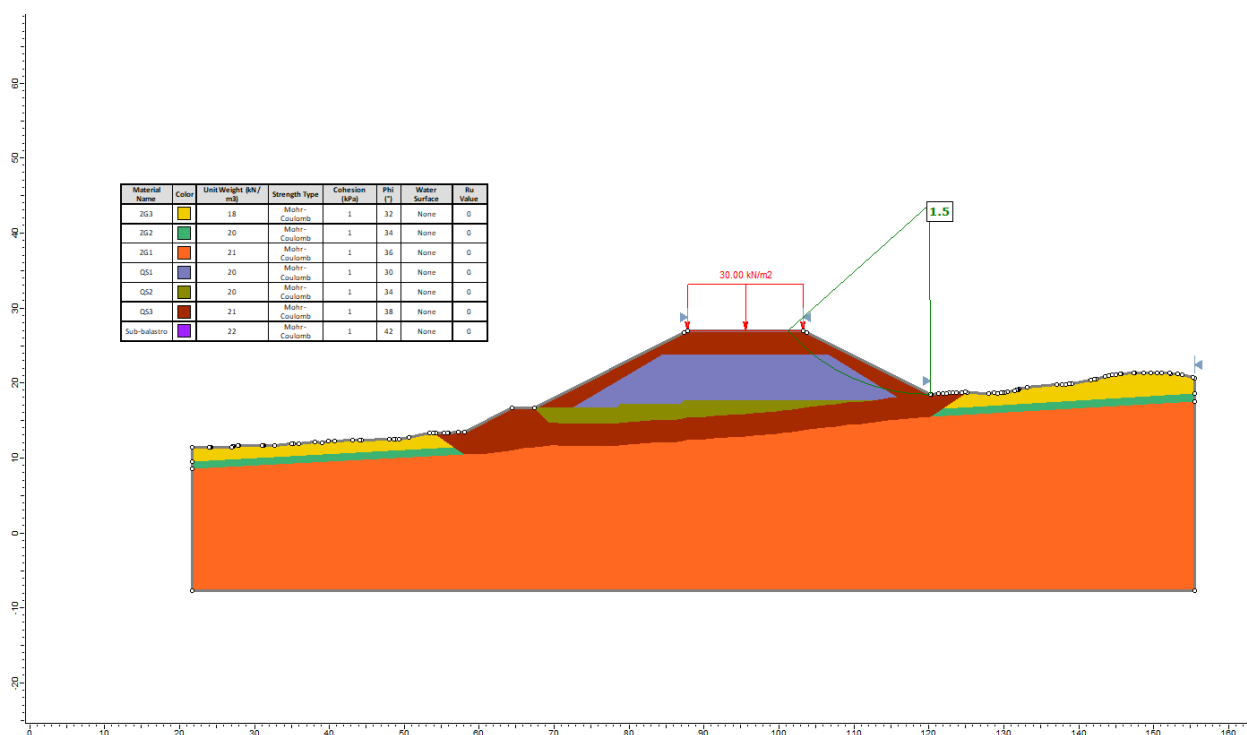


Figura 32 . -- PK 13+475. Talude direito. Combinação 1

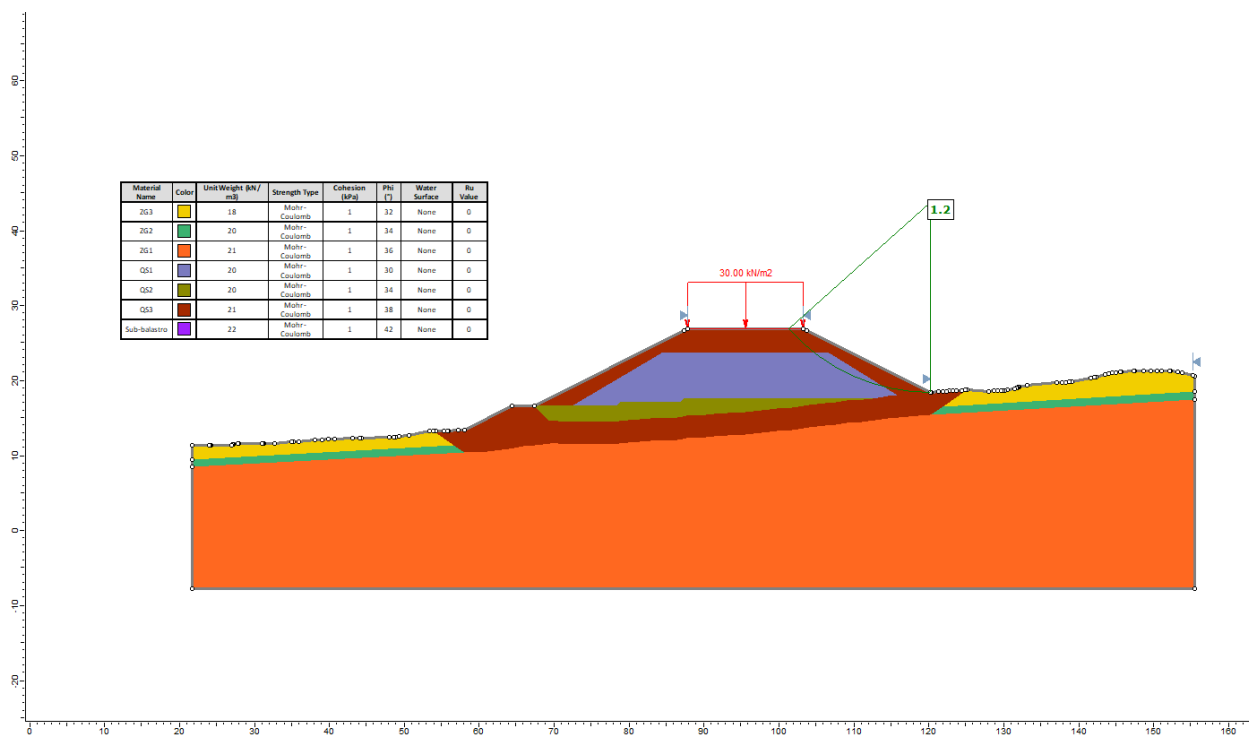


Figura 33 – PK 13+475. Talude direito. Combinação 2

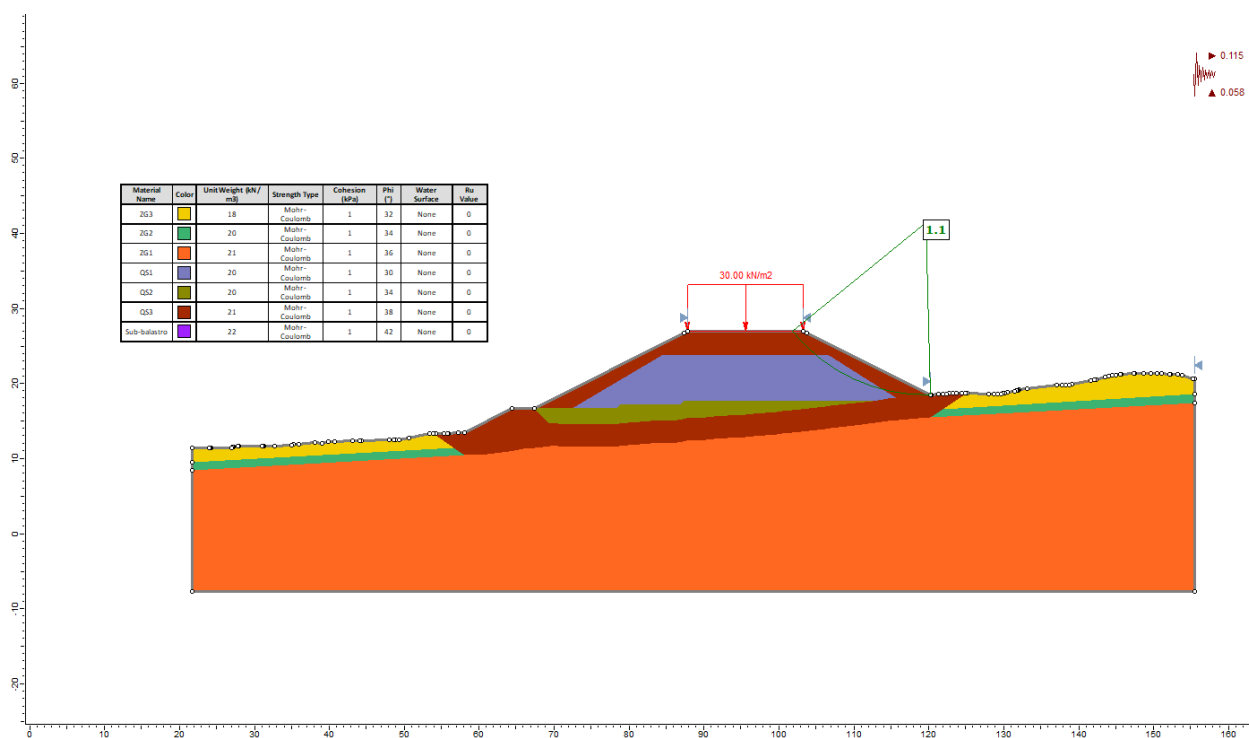


Figura 34 – PK 13+475. Talude direito. Combinação Sísmica kv-

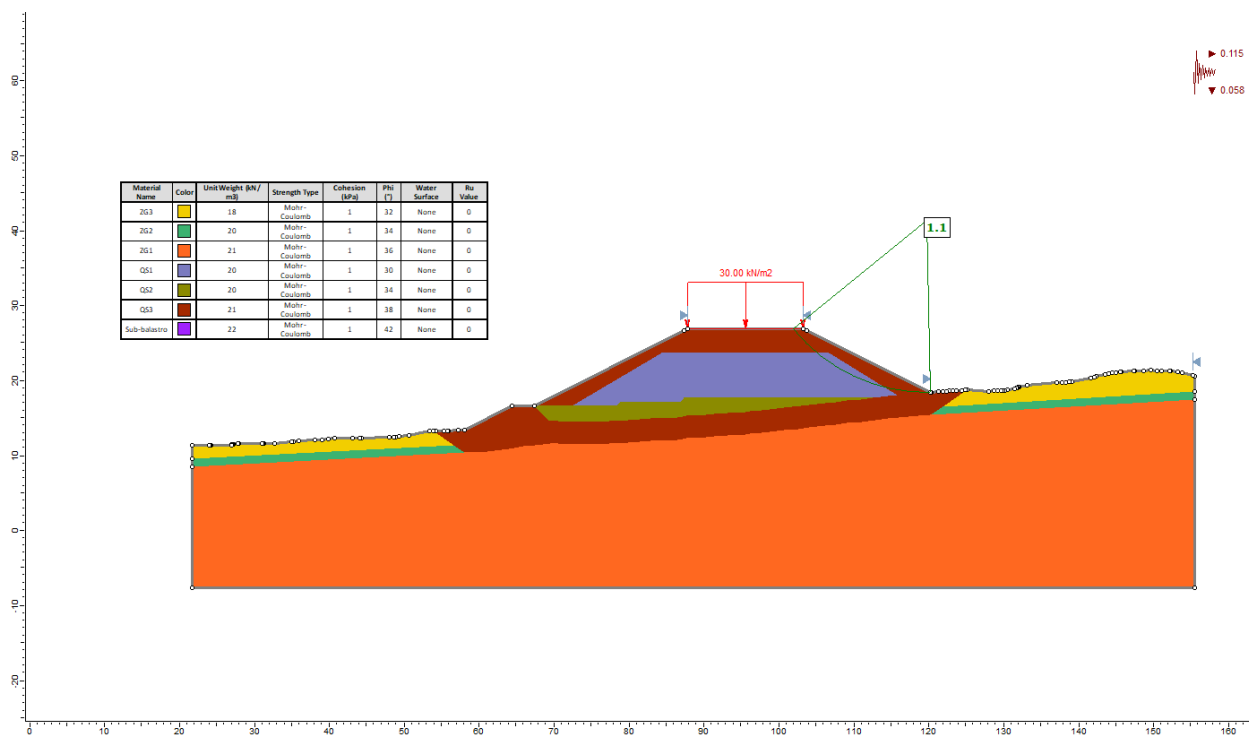


Figura 35 – PK 13+475. Talude direito. Combinação Sísmica kv+

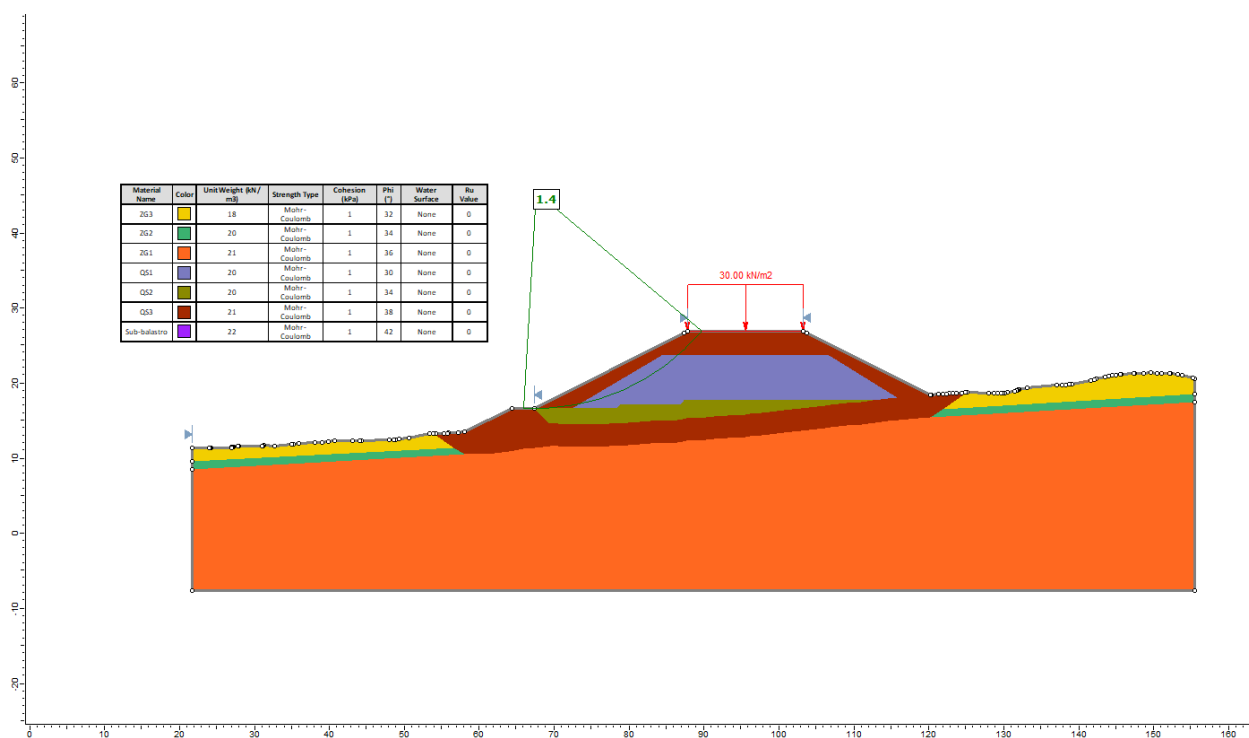


Figura 36 – PK 13+475. Talude esquerdo. Combinação 1

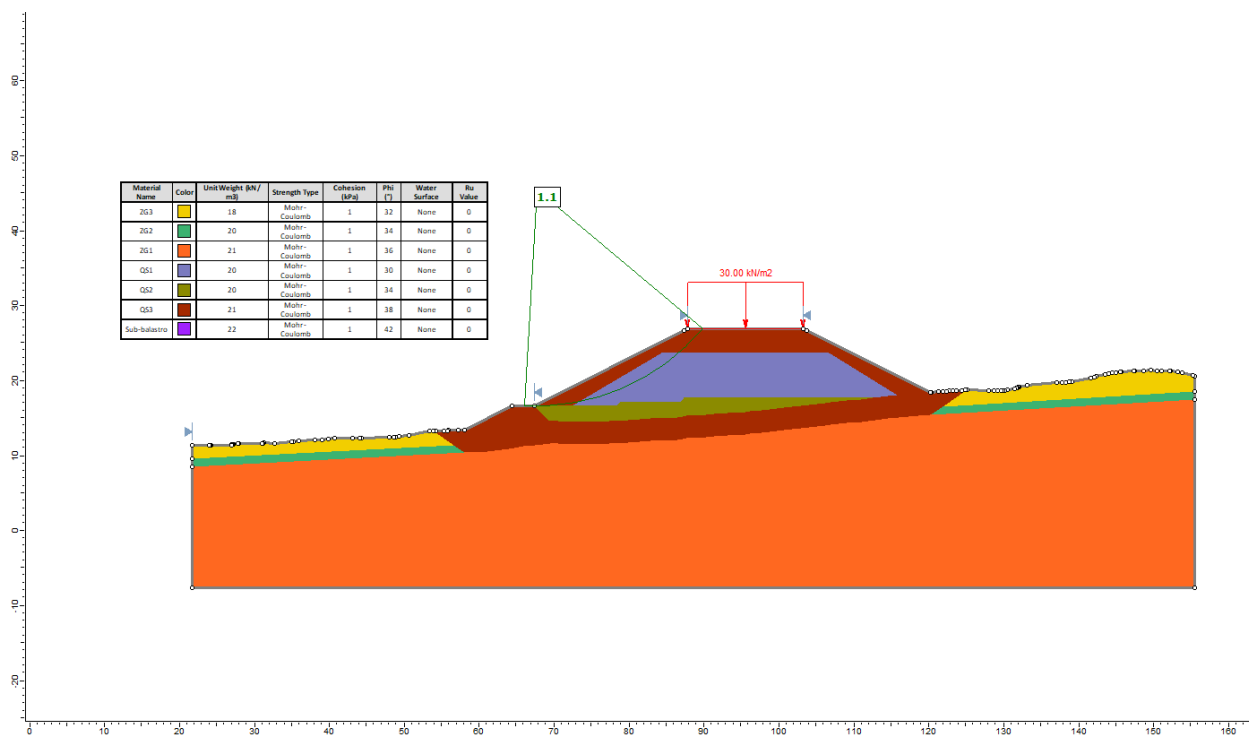


Figura 37 – PK 13+475. Talude esquerdo. Combinação 2

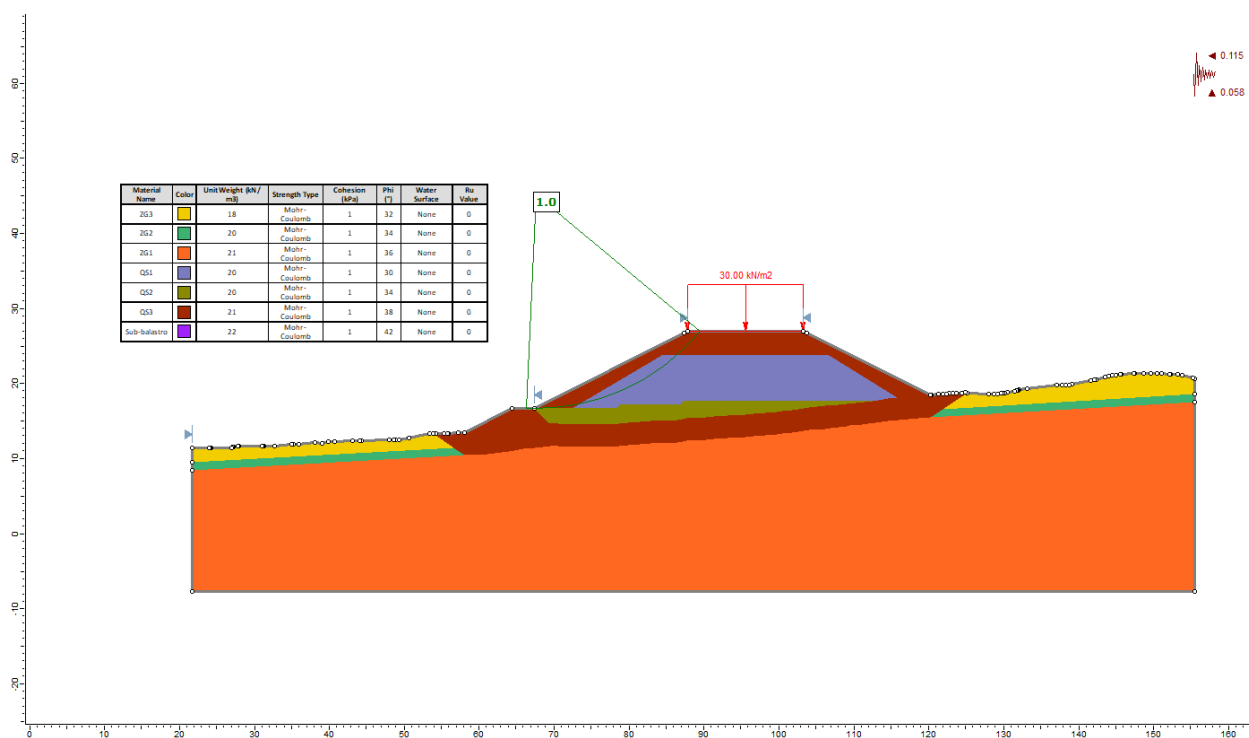


Figura 38 – PK 13+475. Talude esquerdo. Combinação Sísmica kv-

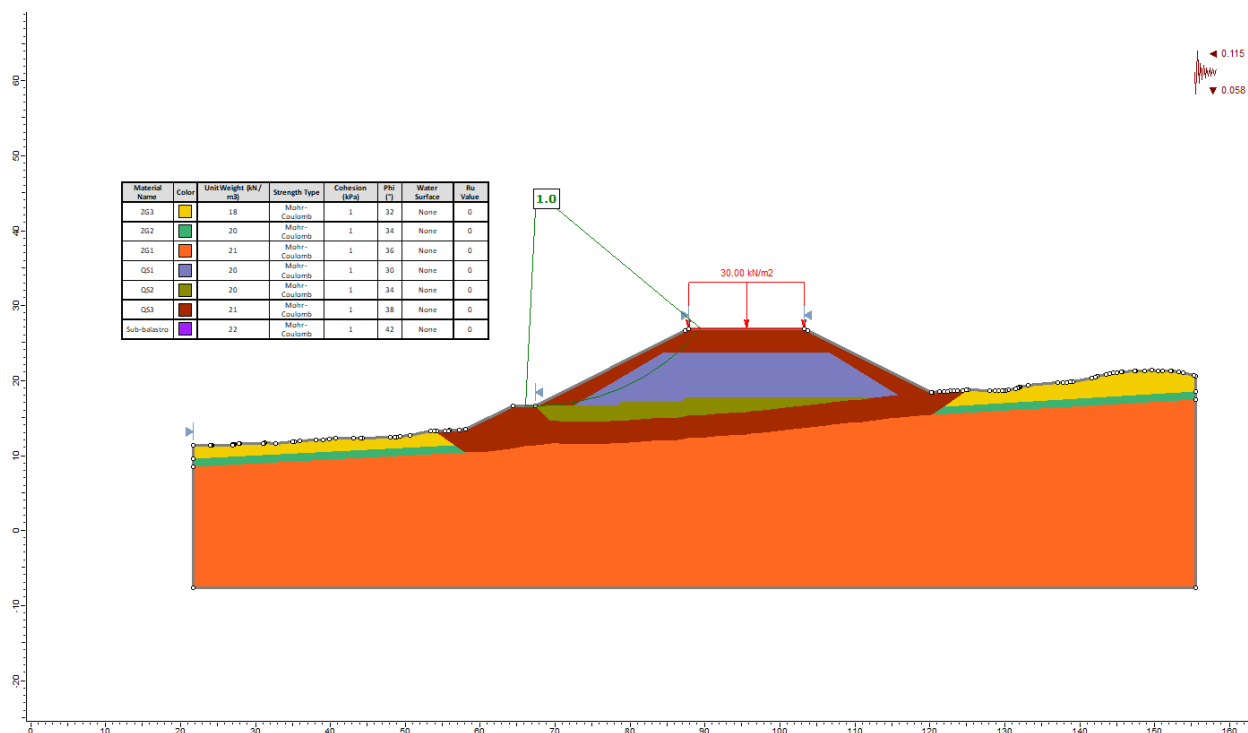


Figura 39 – PK 13+475. Talude esquerdo. Combinação Sísmica kv+

## 6.5 Escavação – Pk 4+210 a Pk 4+600

### 6.5.1 Descrição do modelo de cálculo

Para verificação das condições de segurança à perda de estabilidade global, foi utilizado o perfil transversal ao PK 4+225. Trata-se de uma escavação com uma altura máxima a eixo e acima do terreno natural de 16,5 m.

O terreno a escavar no Pk 4+225 interessa os seguintes materiais:

- Q<sub>1</sub> – Areia siltosa/argilosa com seixo (N<sub>SPT</sub> entre 13 e 17);
- Q<sub>2</sub> – Areia siltosa/argilosa com seixo (N<sub>SPT</sub> entre 25 e 60);
- C<sub>4-1</sub> – Areia fina a média compacta (grés friável) (N<sub>SPT</sub>>60).

O perfil de cálculo representa-se na **Figura 40**. A posição do nível freático foi definida de forma conservativa e será reavaliada assim que estiverem disponíveis as leituras piezométricas.

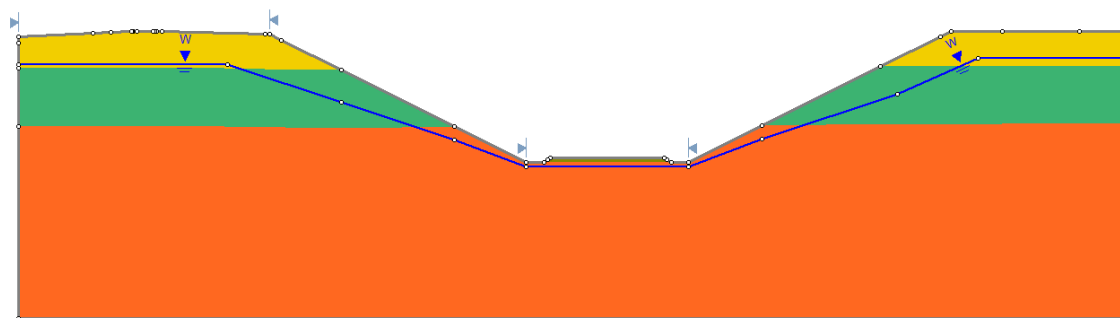


Figura 40 – Perfil transversal de cálculo ao Pk 4+225

### 6.5.2 Parâmetros geotécnicos adotados

Os parâmetros geotécnicos adotados foram deduzidos de ensaios de campo e laboratoriais e da experiência comparada com terrenos e materiais de construção semelhantes (**Quadro 15**). Por conveniência numérica na utilização do software *Slide*, considerou-se a coesão efetiva de todos os solos como 1,0 kPa.

Nas análises pseudo-estáticas, o terreno de fundação foi definido como **Tipo C da EN 1998-1**. Para este tipo de terreno os coeficientes sísmicos de cálculo são:  $k_h=0,115$  e  $k_v=0,058$ .

Quadro 15 – Parâmetros geotécnicos de cálculo (STR/GEO)

| Terrenos de fundação e materiais de aterro | Nº | Parâmetros de resistência       |             |            |
|--------------------------------------------|----|---------------------------------|-------------|------------|
|                                            |    | $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\phi'$ (°) | $c'$ (kPa) |
| Q <sub>1</sub>                             | 1  | 18                              | 32          | 1          |
| Q <sub>2</sub>                             | 2  | 20                              | 34          | 1          |
| C <sub>4-1</sub>                           | 3  | 22                              | 38          | 1          |

### 6.5.3 Resultados obtidos

Foram feitas verificações para os taludes esquerdo e direito do aterro. Os fatores de segurança obtidos para cada cenário apresentam-se no **Quadro 16**.

Quadro 16 – Resultados dos cálculos de estabilidade (STR/GEO)

| Perfil   | Margem   | Combinação    | Fator de Segurança |
|----------|----------|---------------|--------------------|
| PK 4+225 | Esquerda | Comb. 1       | 1,5                |
|          |          | Comb. 2       | 1,1                |
|          |          | Sísmica – kv+ | 1,0                |
|          |          | Sísmica – kv- | 1,0                |
|          | Direita  | Comb. 1       | 1,5                |
|          |          | Comb. 2       | 1,1                |
|          |          | Sísmica – kv+ | 1,0                |
|          |          | Sísmica – kv- | 1,0                |

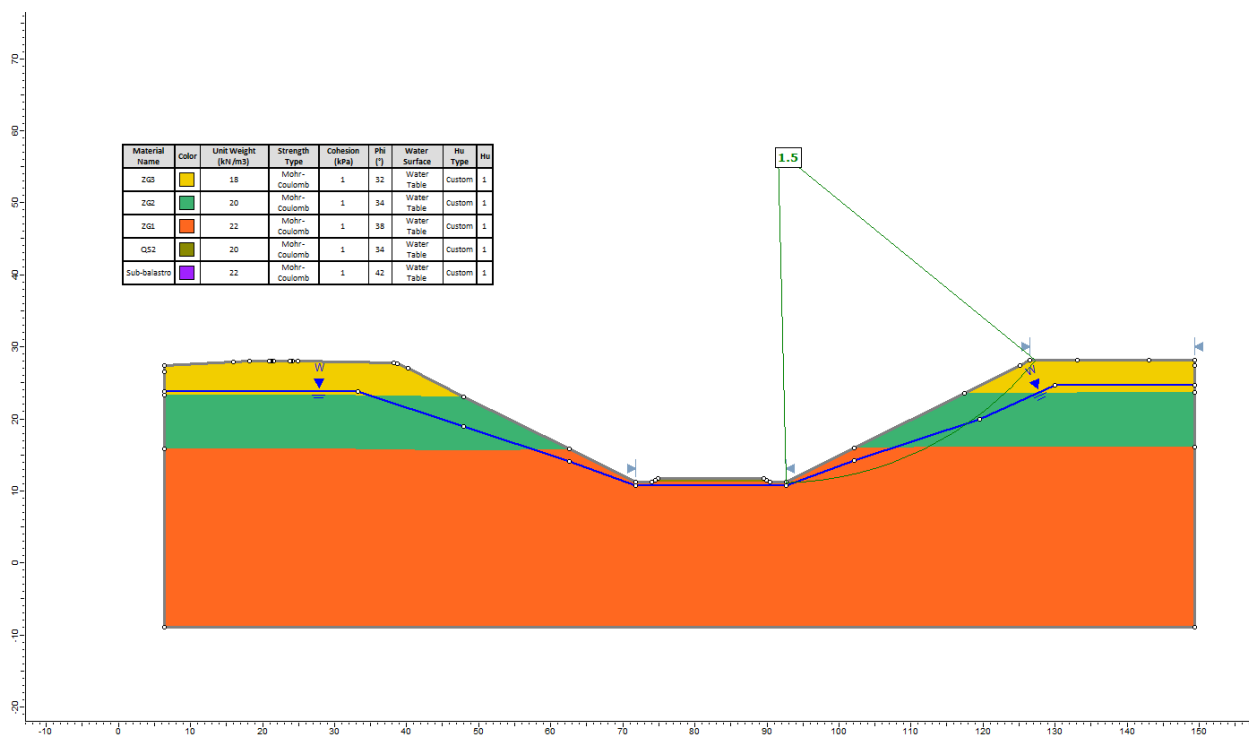


Figura 41 – PK 13+950 – Talude direito – Combinação 1

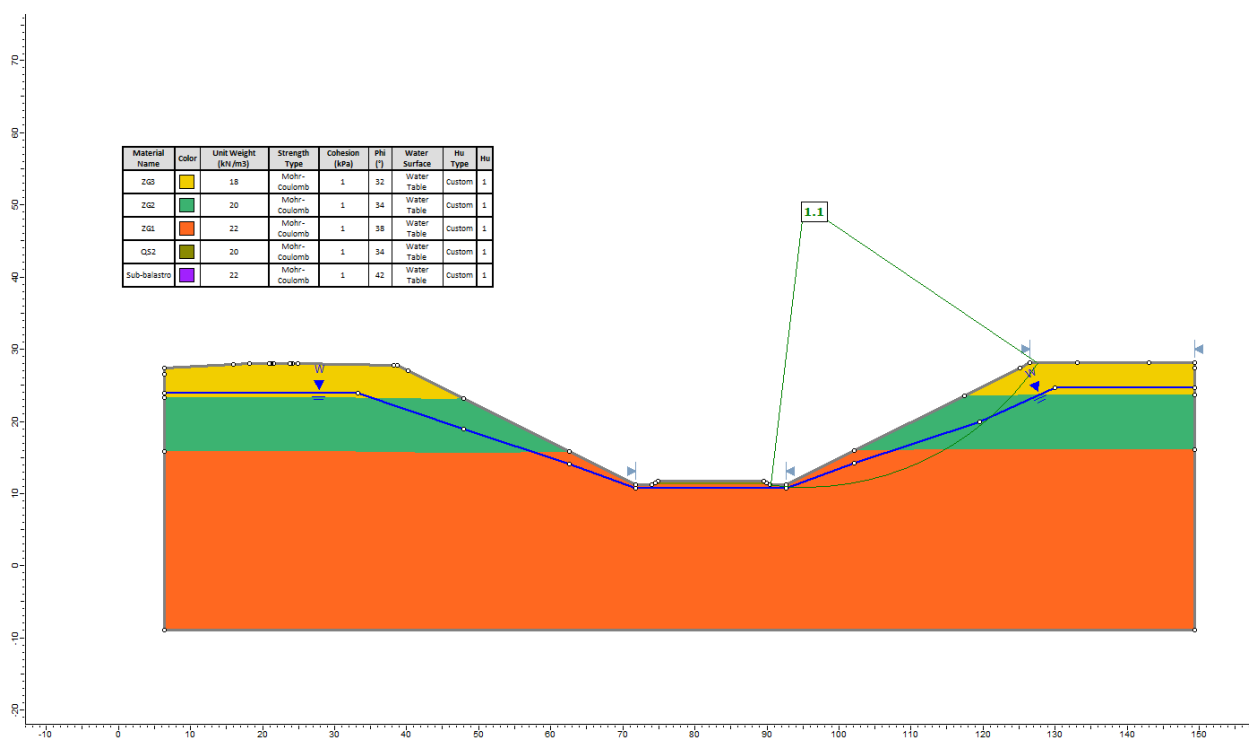


Figura 42 – PK 13+950 – Talude direito – Combinação 2

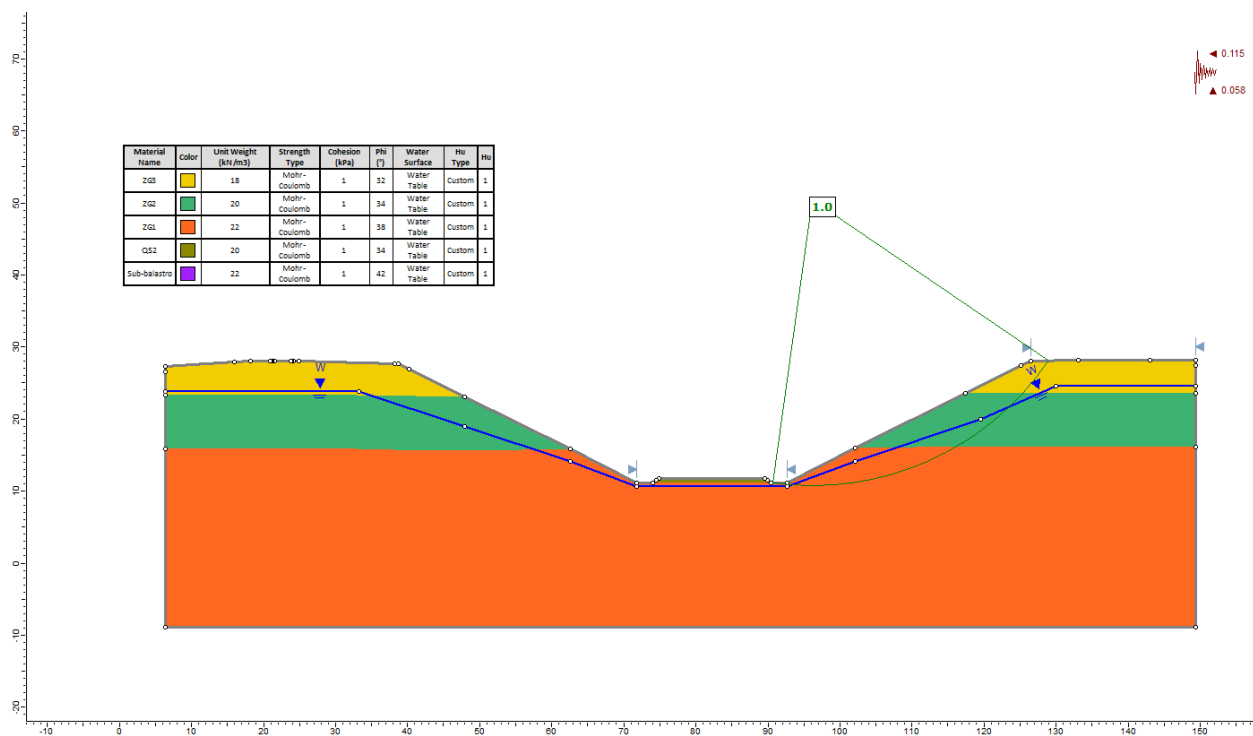


Figura 43 – PK 13+950 – Talude direito – Combinação Sísmica kv-

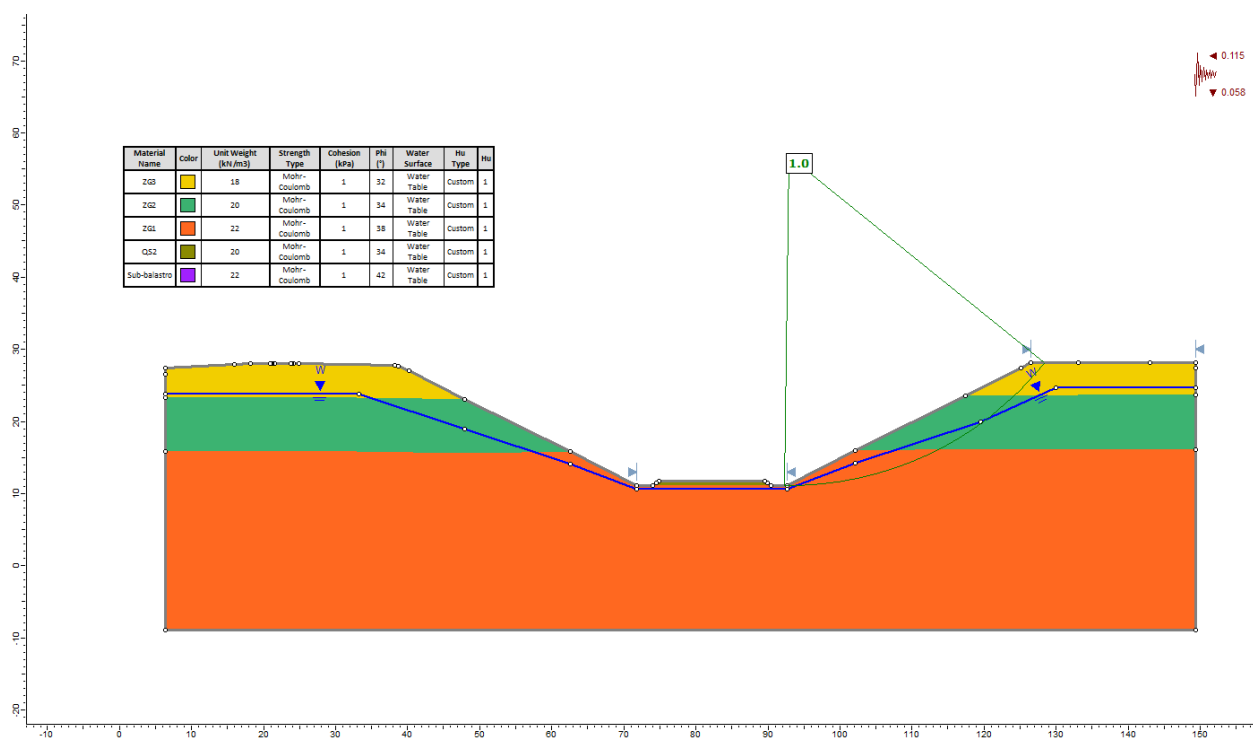


Figura 44 – PK 13+950 – Talude direito – Combinação Sísmica kv+

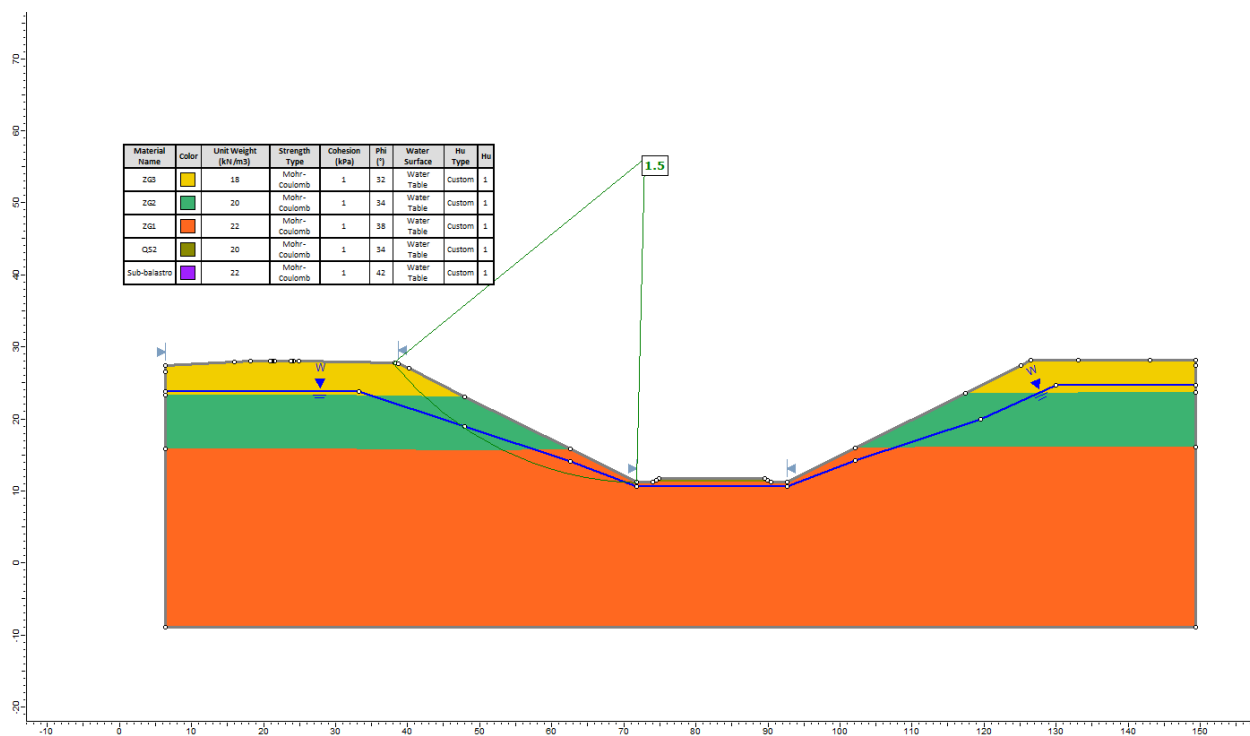


Figura 45 – PK 13+950 – Talude esquerdo – Combinação 1

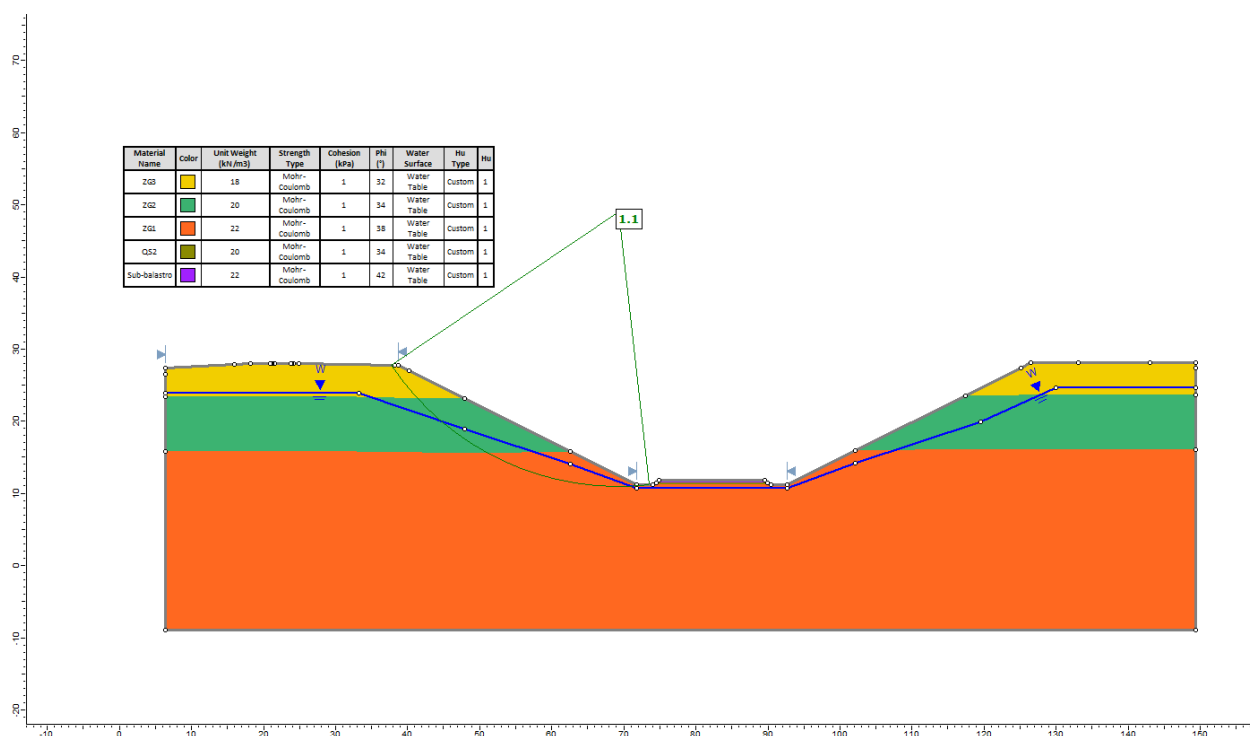


Figura 46 – PK 13+950 – Talude esquerdo – Combinação 2

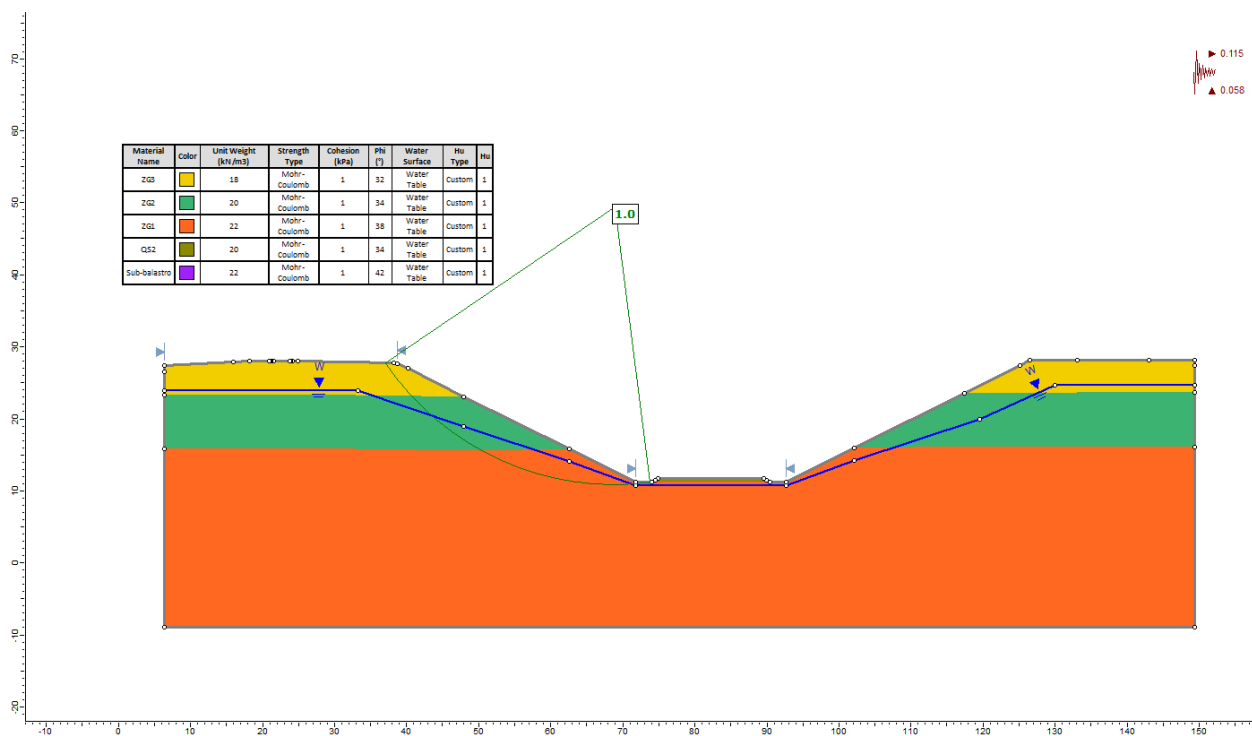


Figura 47 – PK 13+950 – Talude esquerdo – Combinação Sísmica kv-

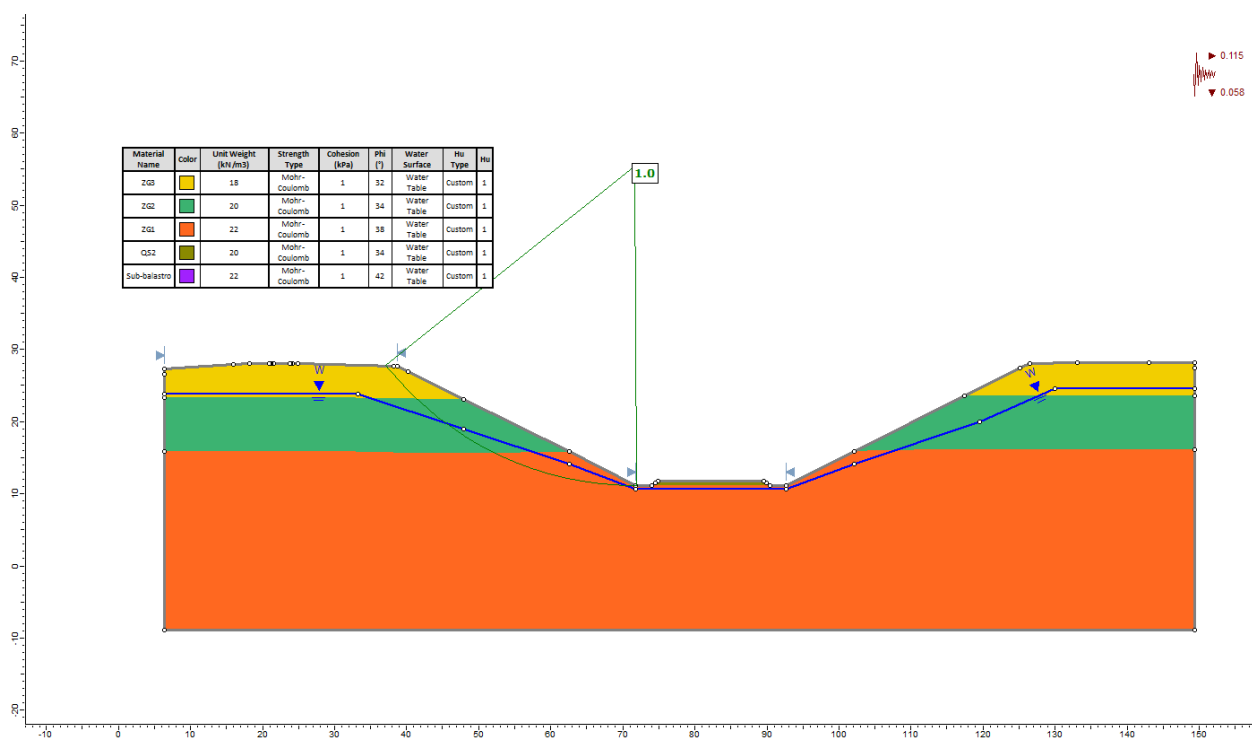


Figura 48 – PK 13+950 – Talude esquerdo – Combinação Sísmica kv+

## 6.6 Escavação – Pk 10+490 a Pk 11+295

### 6.6.1 Descrição do modelo de cálculo

Para verificação das condições de segurança à perda de estabilidade global, foi utilizado o perfil transversal ao PK 10+750. Trata-se de uma escavação com uma altura máxima a eixo e acima do terreno natural de cerca de 22 m.

O terreno a escavar no Pk 10+750 interessa os seguintes materiais:

- $Q_1$  – argila arenosa com seixos rolados ( $N_{SPT}$  inferior ou igual a 31);
- $T_1$  – Areia argilosa com seixos (arenito desagregado) ( $N_{SPT}$  entre 21 e 42);
- $T_2$  – Arenito de grão fino com matriz argilosa ( $N_{SPT} > 60$ ).

O perfil de cálculo representa-se na **Figura 49**. A posição do nível freático foi definida de forma conservativa e será reavaliada assim que estiverem disponíveis as leituras piezométricas.

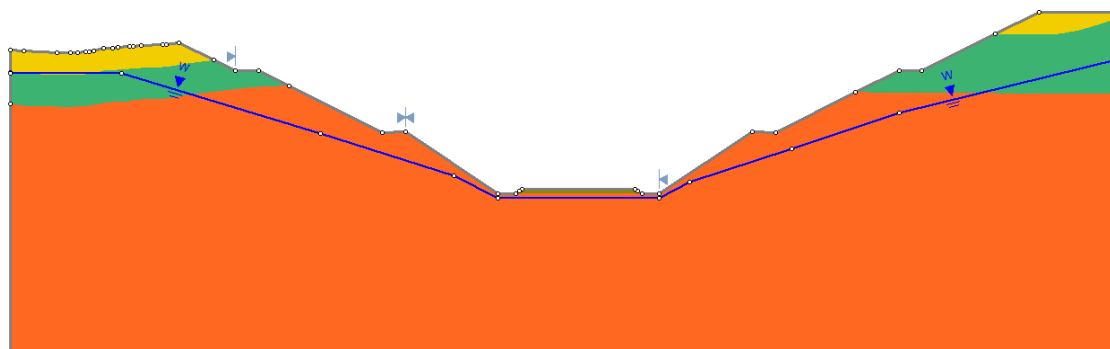


Figura 49 – Perfil transversal de cálculo ao Pk 10+750

### 6.6.2 Parâmetros geotécnicos adotados

Os parâmetros geotécnicos adotados foram deduzidos de ensaios de campo e laboratoriais e da experiência comparada com terrenos e materiais de construção semelhantes (**Quadro 17**). Por conveniência numérica na utilização do software *Slide*, considerou-se a coesão efetiva igual 1,0 kPa para os terrenos  $Q_1$  e  $T_1$ .

Nas análises pseudo-estáticas, o terreno de fundação foi definido como **Tipo C da EN 1998-1**. Para este tipo de terreno os coeficientes sísmicos de cálculo são:  $k_h=0,115$  e  $k_v=0,058$ .

Quadro 17 – Parâmetros geotécnicos de cálculo (STR/GEO). Pk 10+750

| Terrenos de fundação e<br>materiais de aterro | Nº | Parâmetros de resistência       |             |            |
|-----------------------------------------------|----|---------------------------------|-------------|------------|
|                                               |    | $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\phi'$ (°) | $c'$ (kPa) |
| Q <sub>1</sub>                                | 1  | 17                              | 30          | 1          |
| T <sub>1</sub>                                | 2  | 20                              | 34          | 1          |
| T <sub>2</sub>                                | 3  | 21                              | 36          | 5          |

### 6.6.3 Resultados obtidos

Foram feitas verificações para os taludes esquerdo e direito do aterro. Os fatores de segurança obtidos para cada cenário apresentam-se no **Quadro 18**.

Quadro 18 – Resultados dos cálculos de estabilidade (STR/GEO)

| Perfil    | Margem   | Combinação    | Fator de Segurança |
|-----------|----------|---------------|--------------------|
| PK 10+750 | Esquerda | Comb. 1       | 1,4                |
|           |          | Comb. 2       | 1,1                |
|           |          | Sísmica – kv+ | 1,1                |
|           |          | Sísmica – kv- | 1,0                |
|           | Direita  | Comb. 1       | 1,4                |
|           |          | Comb. 2       | 1,2                |
|           |          | Sísmica – kv+ | 1,1                |
|           |          | Sísmica – kv- | 1,0                |

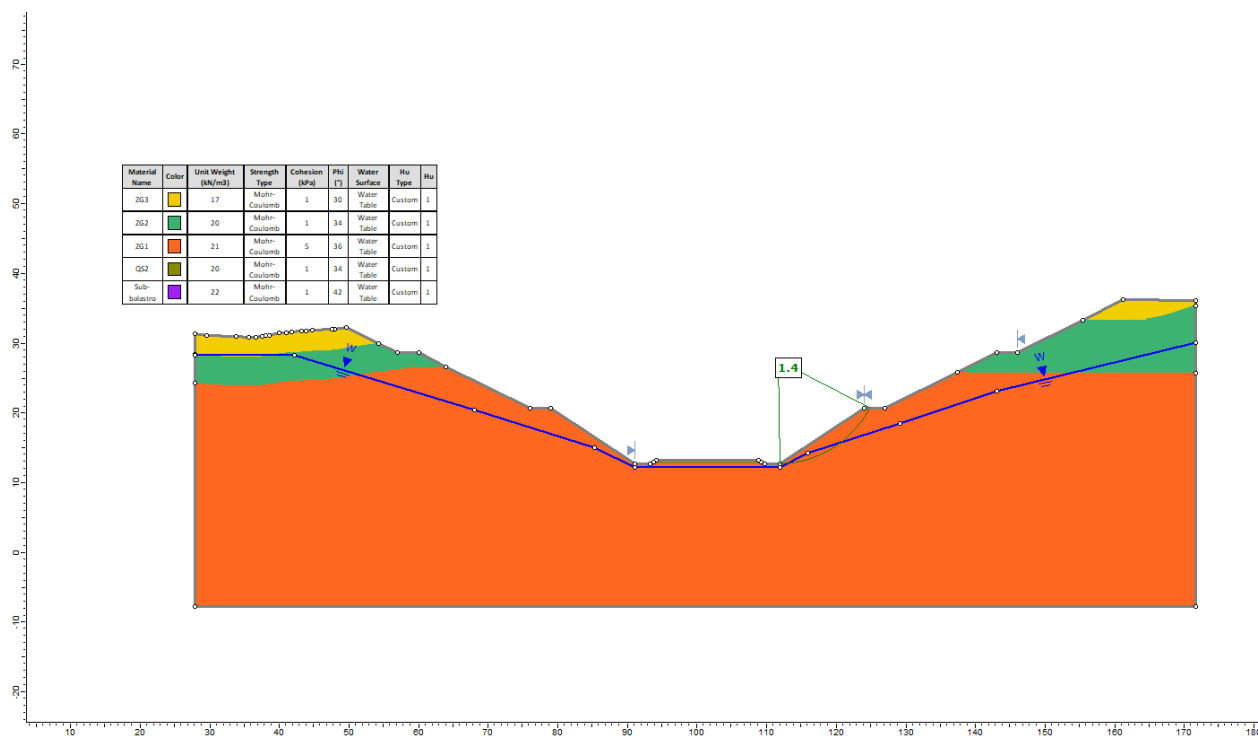


Figura 50 – PK 10+750. Talude direito. Combinação 1

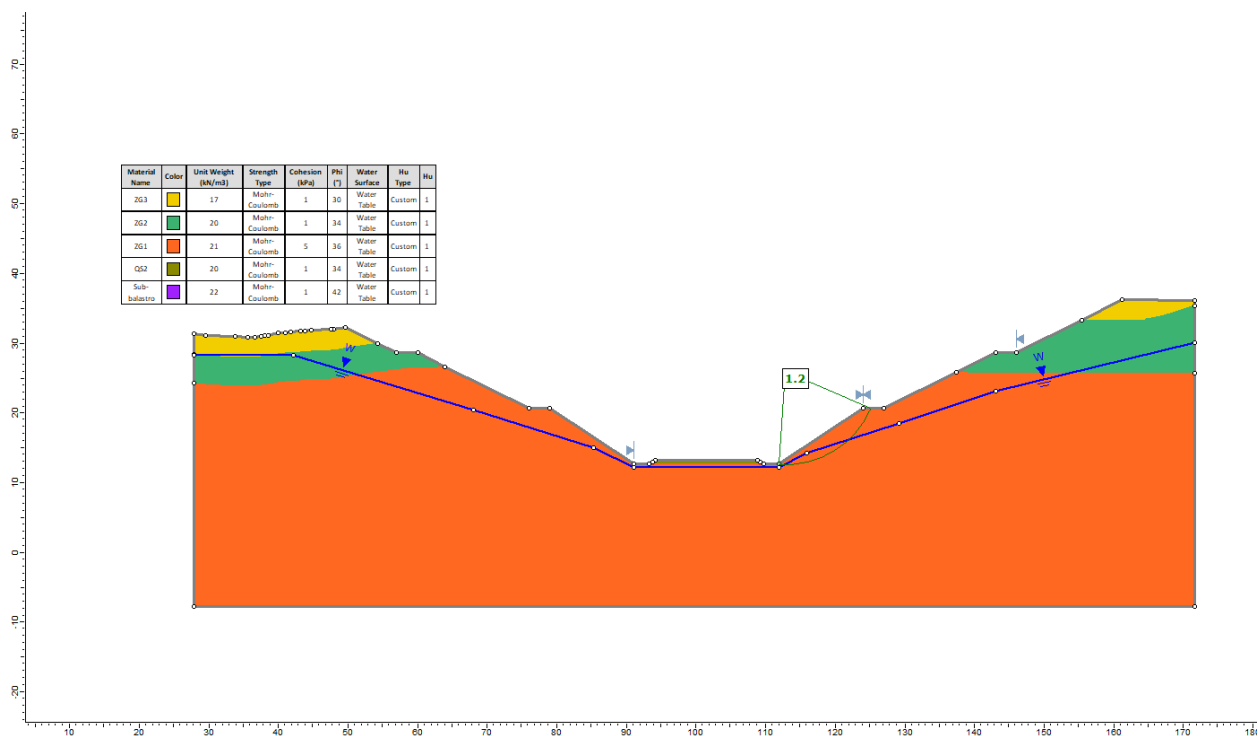


Figura 51 – PK 10+750. Talude direito. Combinação 2

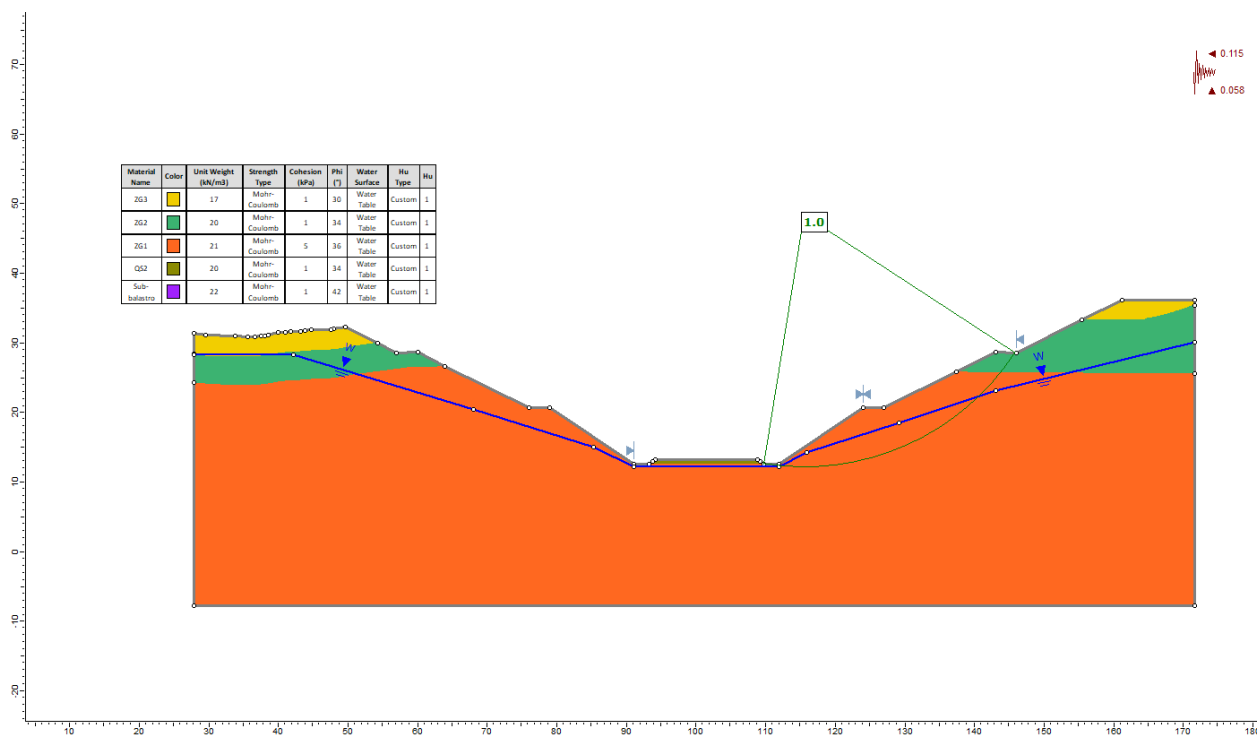


Figura 52 – PK 10+750. Talude direito. Combinação Sísmica kv-

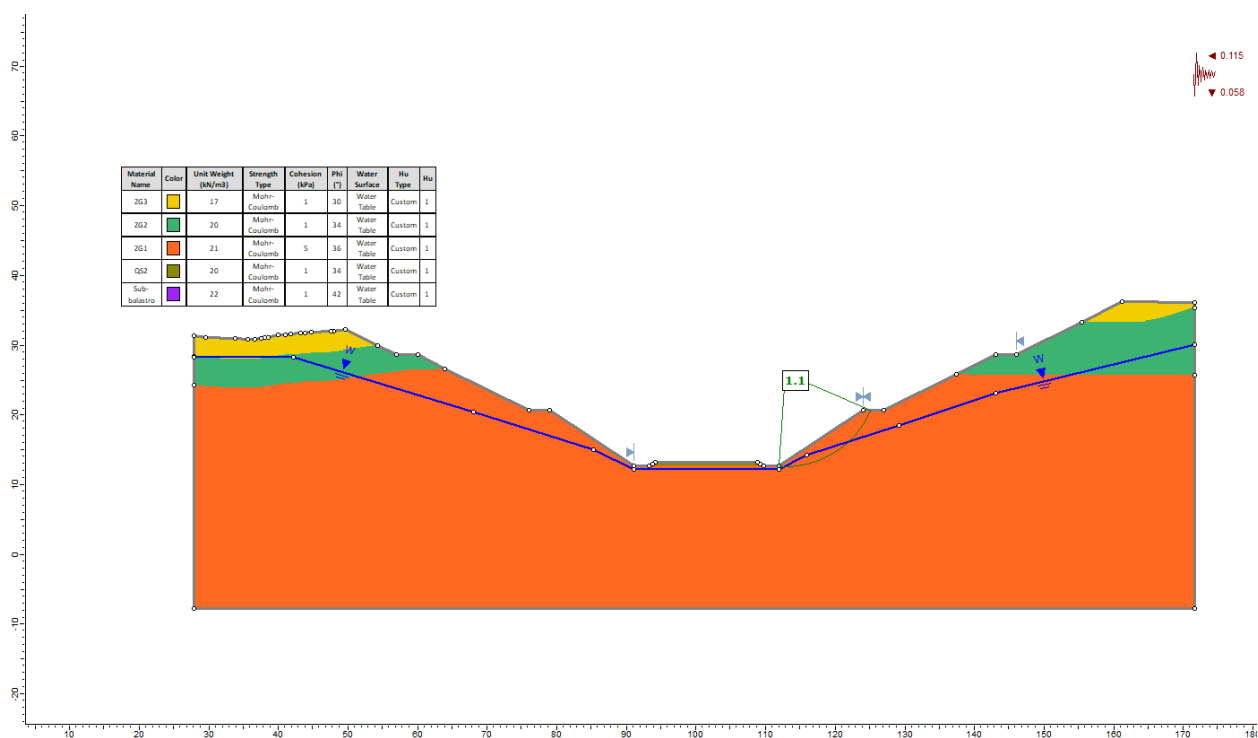


Figura 53 – PK 10+750. Talude direito. Combinação Sísmica kv+

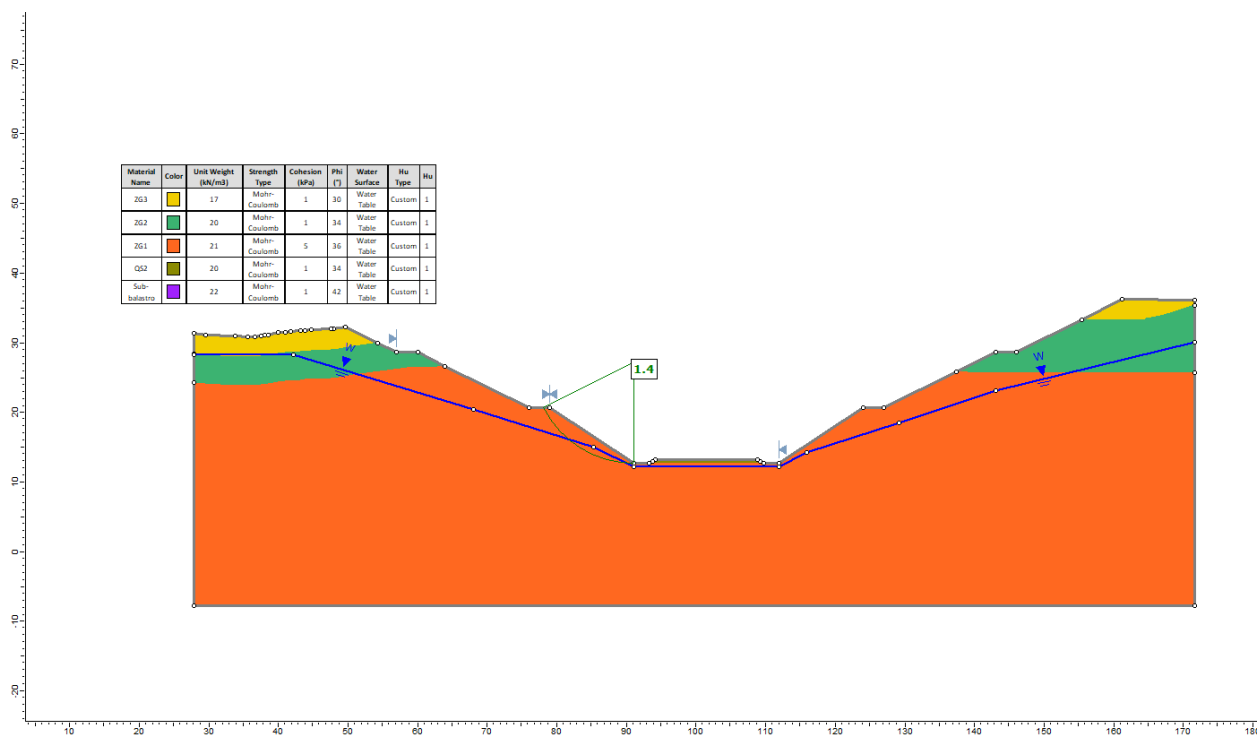


Figura 54 – PK 10+750. Talude esquerdo. Combinação 1

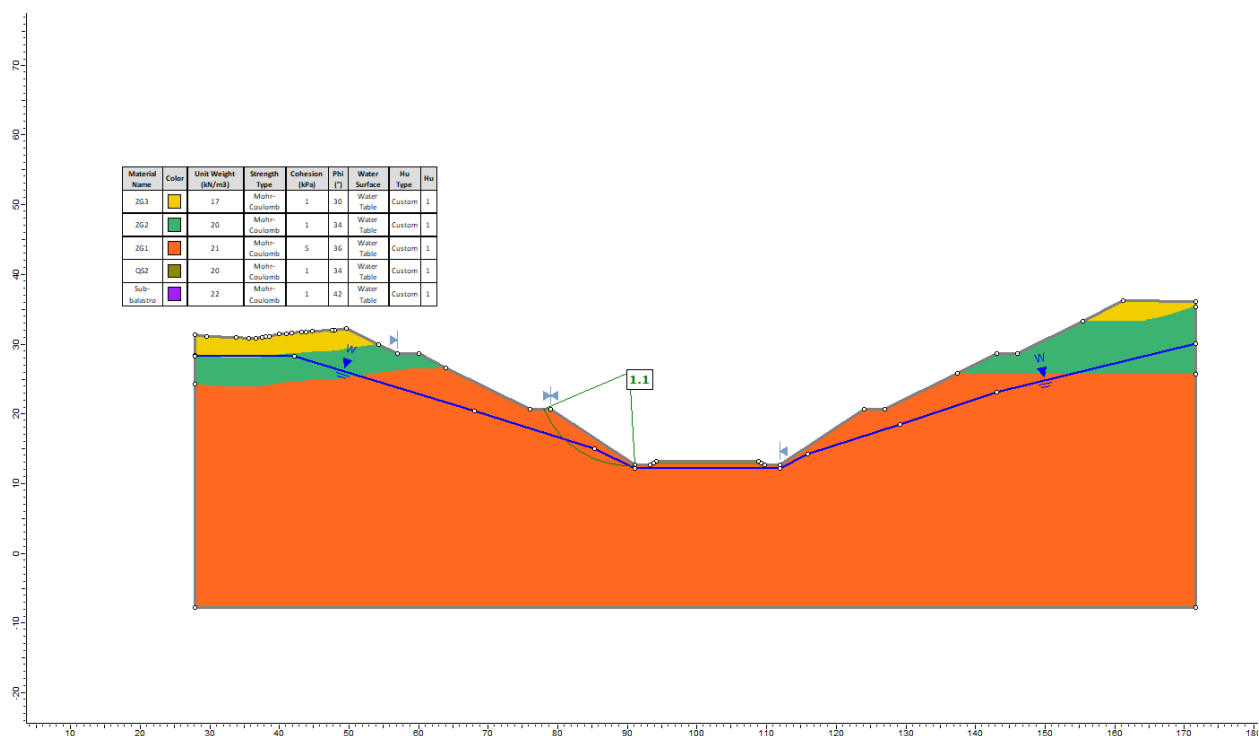


Figura 55 – PK 10+750. Talude direito. Combinação 2

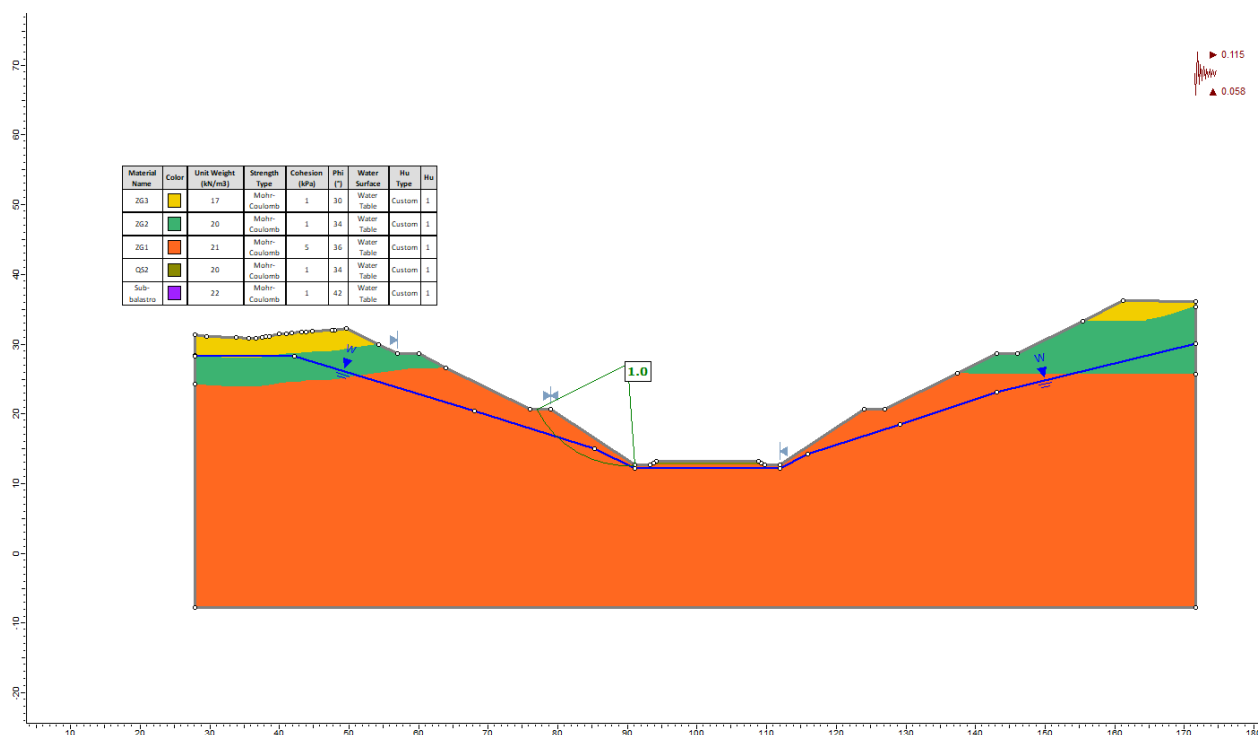


Figura 56 – PK 10+750. Talude direito. Combinação Sísmica kv-

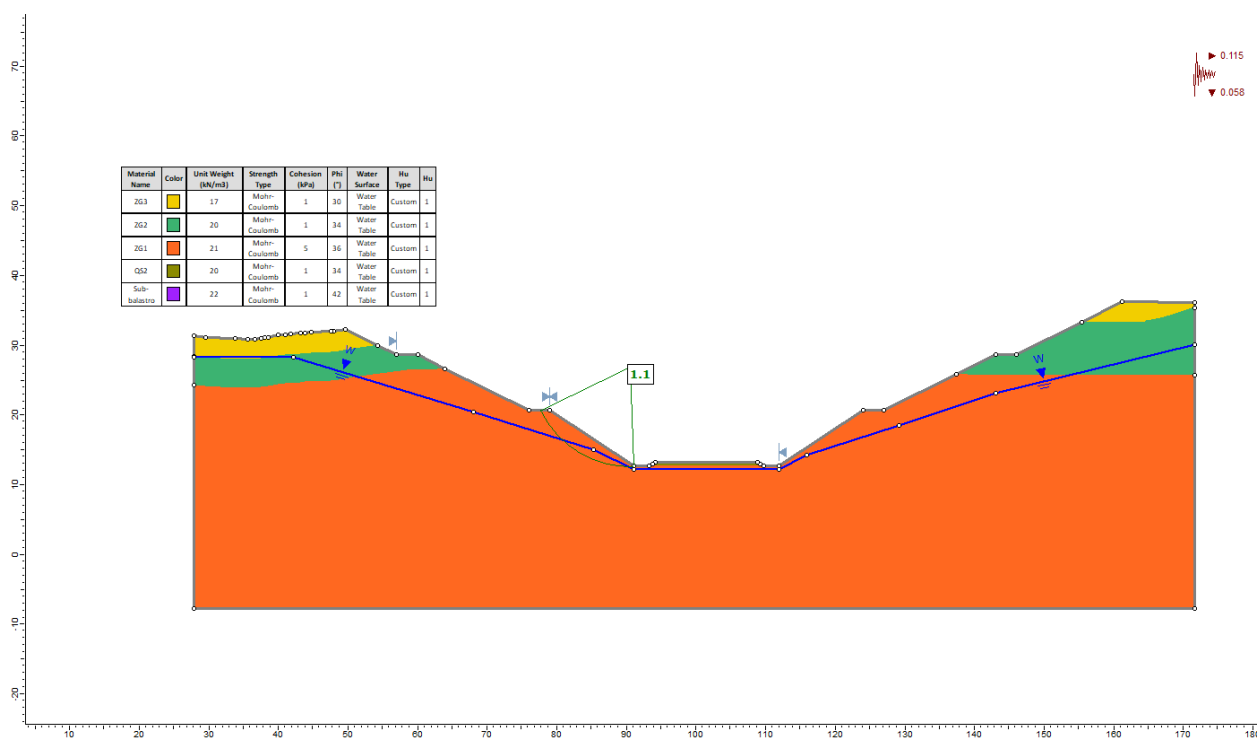


Figura 57 – PK 10+750. Talude direito. Combinação Sísmica kv+

## 7 VERIFICAÇÃO DOS ASSENTAMENTOS

### 7.1 Metodologia de cálculo

#### 7.1.1 Considerações gerais

À construção dos aterros e exploração da via estão associados assentamentos imediatos e diferidos no tempo no corpo do aterro, nomeadamente:

- assentamentos imediatos durante a execução dos aterros, compensados em fase de construção;
- **assentamentos imediatos associados à sobrecarga ferroviária;**
- **assentamentos de fluência, após conclusão da construção dos aterros.**

Também nos terrenos de fundação ocorrem assentamentos imediatos e diferidos no tempo:

- assentamento imediato devido à execução dos aterros, compensado em fase de construção;
- **assentamento imediato associado à sobrecarga ferroviária** que terá impacto essencialmente nos trechos de escavação e nas fundações de aterros de baixa altura;
- **assentamentos de consolidação primária** em solos argilosos;
- **assentamentos de consolidação secundária/ fluência.**

Em solos argilosos saturados, a execução dos aterros origina um acréscimo de tensão vertical adicional —  $\Delta\sigma_c$  — que no momento da aplicação da carga é inteiramente suportada pela água intersticial ( $\Delta u = \Delta\sigma_c$ ). À medida que se processa a dissipação do acréscimo de tensão vai ocorrendo o assentamento de consolidação primária; a sobrepressão diminui e a diferença ( $\Delta\sigma_c - u$ ) é suportada pela pressão efetiva adicional  $\sigma'_0$  no esqueleto sólido. O fenómeno prossegue até que  $\Delta u = 0$ ; a pressão  $\Delta\sigma_c$  é então totalmente suportada pelo esqueleto sólido,  $\sigma'_0f = \sigma'_0 + \Delta\sigma_c$ , sendo o assentamento correspondente o assentamento primário.

A magnitude e importância dos assentamentos de fluência, que correspondem à modificação gradual das forças de atrito no interior do material, à deformação plástica da água adsorvida nas frações argilosas e à reorientação da estrutura granular, depende do tipo de materiais e do seu estado de compactação/consistência.

No presente documento, os assentamentos imediatos com interesse para a fase de exploração da obra foram calculados com base na Teoria de Boussinesq, o assentamento de consolidação primária com base na Teoria de Terzaghi e o assentamento de fluência com base em coeficientes de fluência justificados no Tomo 1.1 e deduzidos de equações empíricas que relacionam o coeficiente de fluência com o índice de compressibilidade e/ou de ensaios laboratoriais e dados de observação no caso dos materiais QS3.

Os limites máximos de assentamento do conjunto aterro-fundação condicionam na generalidade o dimensionamento geotécnico da infraestrutura, pelo que os cálculos serão objeto de revisão assim que estiverem disponíveis os resultados dos trabalhos de prospeção geológico-geotécnica, atualmente em curso, e permitirão ratificar ou retificar as soluções projetadas.

### 7.1.2 Modelo de Carga

Como referido anteriormente, a sobrecarga ferroviária foi definida atendendo às indicações da NP EN 1991-2 para o modelo de carga LM 71.

No presente caso, a ação ferroviária foi considerada admitindo uma sobrecarga estática equivalente considerada uniformemente distribuído:

- ao longo de toda a plataforma com um valor característico de 30 kN/m<sup>2</sup> nos cálculos de estabilidade global;
- numa largura de 3 m a um nível de 0,70 m abaixo do plano de rolamento da via com um valor característico de 70 kN/m<sup>2</sup>, nos cálculos do assentamento imediato dos aterros.

Os valores acima referidos consideram um coeficiente de classificação de cargas  $\alpha = 1,33$ , de acordo com o constante no C.E. relativo aos túneis e às obras de arte.

### 7.1.3 Cálculo dos assentamentos imediatos ( $s_i$ )

Os assentamentos imediatos relevantes para a fase de exploração da via foram calculados admitindo uma degradação do carregamento em profundidade de 2:1 (V:H), avaliada com base na largura de carregamento equivalente assim obtida, e admitindo a existência de camadas com diferentes características mecânicas.

Nos cálculos foi utilizada a seguinte equação:

$$S_{e,total} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{zi} \cdot H_i \cdot (1 + \nu_i)(1 - 2\nu_i)}{E_i(1 - \nu_i)}$$

$\Delta\sigma_{zi}$  – incremento da tensão vertical devido à sobrecarga na camada  $i$ ;

$H_i$  – espessura da camada  $i$ ;

$E_i$  – módulo de elasticidade da camada  $i$ ;

$\nu_i$  – coeficiente de Poisson da camada  $i$ .

No que se refere aos assentamentos imediatos associados à sobrecarga ferroviária na Figura 58 apresentam-se as duas situações alternativas de carregamento estático.

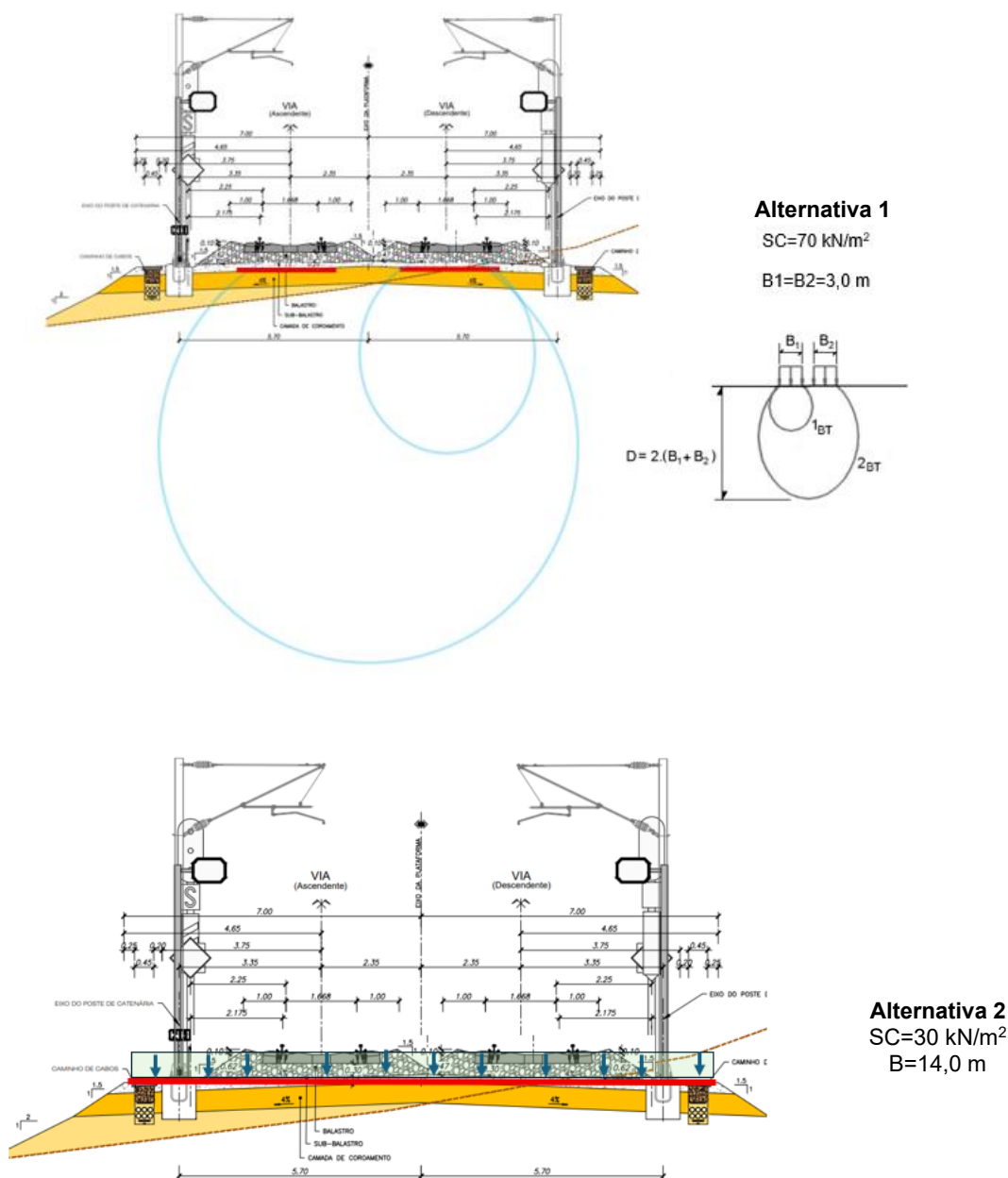


Figura 58 – Sobrecarga ferroviária. Alternativas de carregamento 1 e 2.

#### 7.1.4 Cálculo dos assentamentos diferidos no tempo

Os assentamentos de consolidação primária em terrenos de fundação argilosos são calculados de acordo com as seguintes equações:

- solos normalmente consolidados

$$\Delta H = \frac{c_c}{1+e_0} H_0 \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0}$$

- Solos sobre consolidados

$$\Delta H = \frac{c_e}{1 + e_{01}} H_0 \log \frac{\sigma'_0 + (\sigma'_p - \sigma'_0)}{\sigma'_0} + \frac{c_c}{1 + e_{02}} H_0 \log \frac{\sigma'_p + (\Delta \sigma' - (\sigma'_p - \sigma'_0))}{\sigma'_p}$$

- solos subconsolidados

$$\Delta H = \frac{c_c}{1 + e_0} H_0 \log \frac{\sigma'_p + (\sigma'_0 - \sigma'_p + \Delta \sigma')}{\sigma'_p}$$

Sendo  $\Delta \sigma'$  o acréscimo de pressão resultante da execução dos aterros, valor variável em profundidade devido à degradação da pressão, contabilizada simplificadamente através da seguinte equação:

$$\Delta \sigma(z) = (\gamma a \times h) \frac{B}{B + z}$$

Em que

z – profundidade

h – altura do aterro

B – largura equivalente do aterro (variável com a altura do aterro)

$\gamma a$  – peso volúmico do aterro

A introdução de variáveis adimensionais Z e  $T_v$  na equação de consolidação de Terzaghi permite determinar o grau de consolidação U (relação entre o assentamento no tempo t e o assentamento final), onde:

$$Z = z/H_0 \text{ e } T_v = C_v/H^2 \times t$$

z – profundidade

$H_0$  – espessura da camada compressível

$c_v$  – coeficiente de consolidação

t – tempo

Os assentamentos de fluência podem ser calculados de acordo com a seguinte equação:

$$\Delta H = c_\alpha H_0 \log \frac{t_2}{t_1}$$

$c_\alpha$  – índice de fluência normalizado (igual ao índice de fluência a dividir por  $1 + e_0$ );

$t_2$  – instante de cálculo do valor da fluência;

$t_1$  – instante do cálculo do início da fluência (considerado igual à diferença entre a conclusão dos aterros ou das escavações e a conclusão da catenária).

No que se refere aos aterros de altura superior a 15 m (perfil tipo IV), os assentamentos imediatos e diferidos no tempo foram também calculados pelo método dos elementos finitos, implementado pelo programa de cálculo automático Plaxis ultimate.

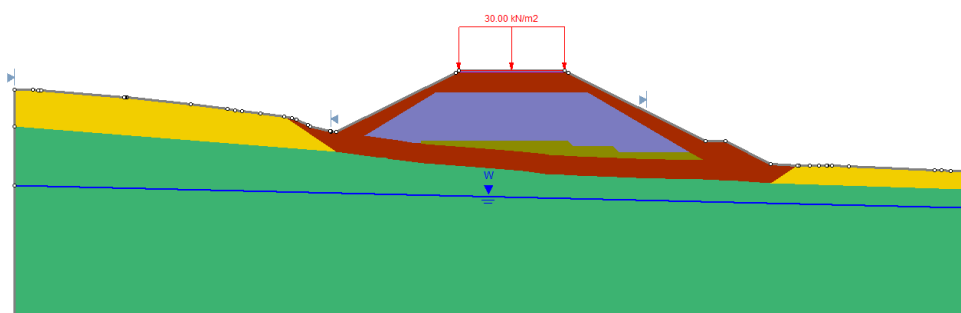
## 7.2 Aterro entre o Pk 3+265 e Pk 3+395

### 7.2.1 Descrição do modelo de cálculo

No **Quadro 19** apresentam-se os parâmetros geotécnicos relevantes para a estimativa dos assentamentos.

**Quadro 19 – Parâmetros geotécnicos para o cálculo dos assentamentos. Pk 3+300**

| Terrenos de fundação e materiais de aterro | Nº | Parâmetros geotécnicos             |           |           |         |    |    |                        |                        |
|--------------------------------------------|----|------------------------------------|-----------|-----------|---------|----|----|------------------------|------------------------|
|                                            |    | Peso volúmico (kN/m <sup>3</sup> ) | Ev2 (MPa) | Ev1 (MPa) | E (MPa) | e0 | Cc | C $\alpha$ normalizado | C $\alpha$ equivalente |
| ZG3 (C4-1)                                 | 1  | 18                                 | -         | -         | 12      | -  | -  | -                      | -                      |
| ZG2 (Cretácico, C4-2)                      | 2  | 20                                 | -         | -         | 30      | -  | -  | -                      | -                      |
| ZG1 (Cretácico, C4-2)+                     | 3  | 21                                 | -         | -         | 40      | -  | -  | -                      | -                      |
| QS1                                        | 4  | 20                                 | 25        | 12,5      |         | -  | -  | 0,0028                 | 0,0017                 |
| QS2                                        | 5  | 20                                 | 40        | 20        |         | -  | -  | 0,0015                 |                        |
| QS3/G1                                     | 6  | 21                                 | 80        | 40        |         | -  | -  | 0,0006                 |                        |
| Sub-balastro                               | 7  | 22                                 | 120       | 60        |         | -  | -  | -                      | -                      |

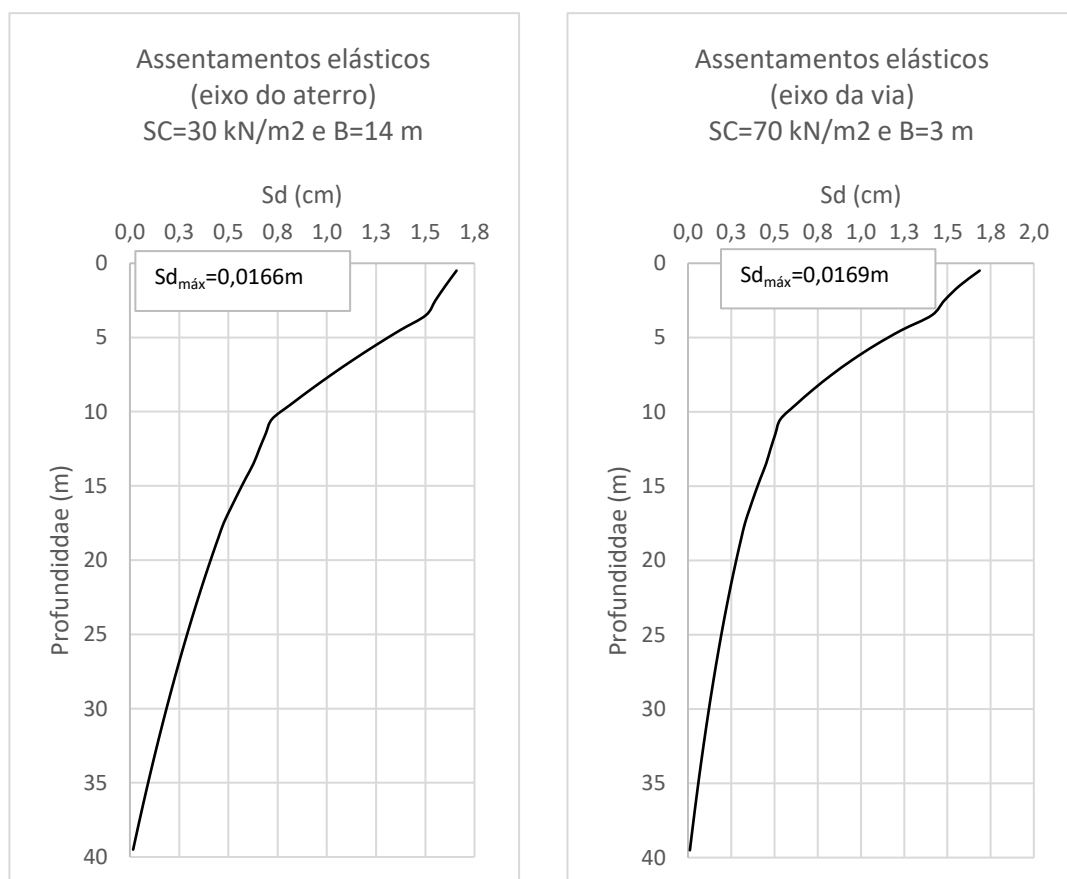


### 7.2.2 Resultados obtidos

O assentamento imediato associado à sobrecarga ferroviária, considerando as alternativas de carregamento estático equivalente, e por métodos elásticos assume valores máximos no topo do aterro de:

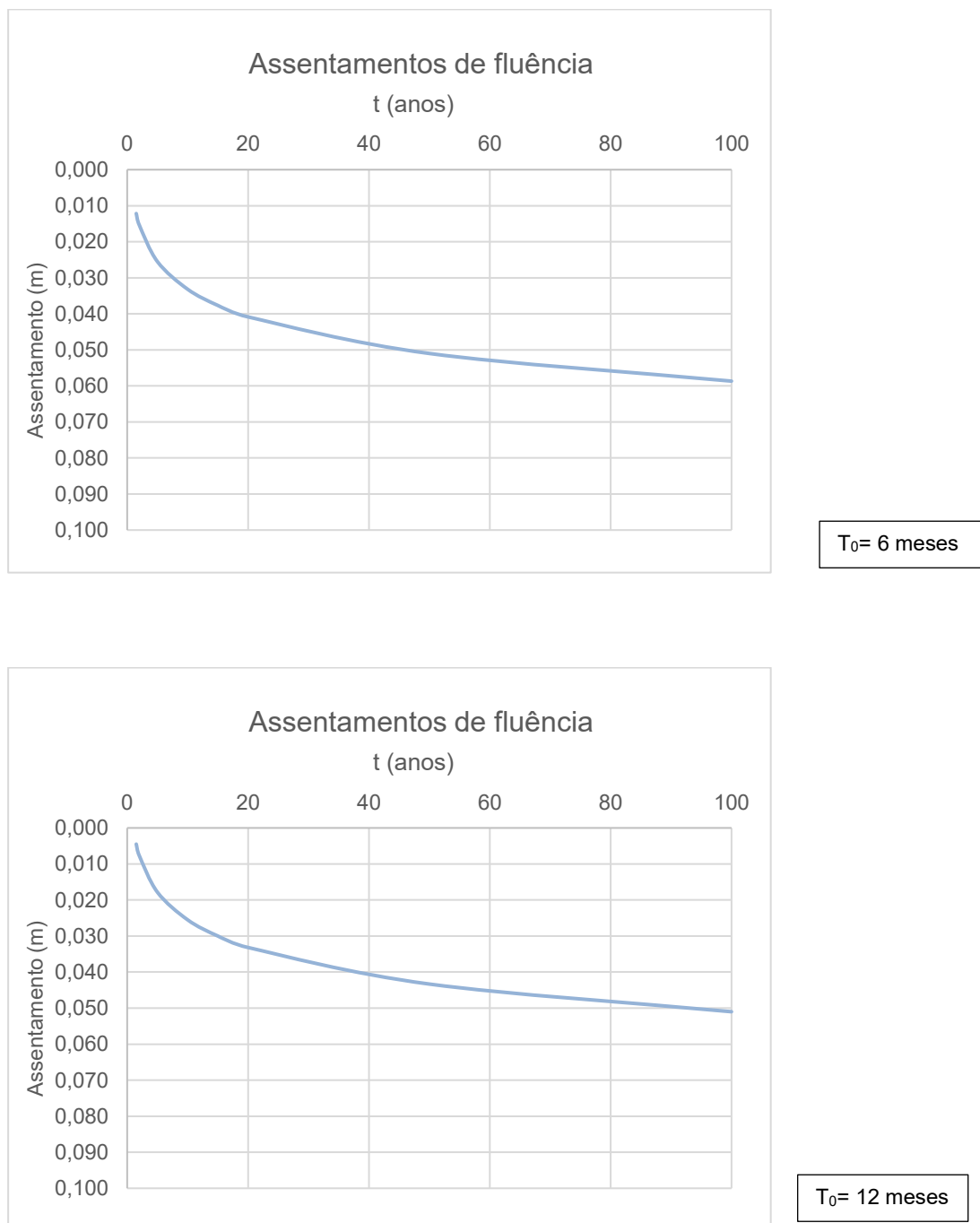
- 1,69 cm para a alternativa de carregamento 1 (a eixo do carregamento de uma das vias);
- 1,66 cm para a alternativa de carregamento 2 (a eixo da plataforma).

Na **Figura 59** apresenta-se a evolução dos assentamentos em profundidade.



**Figura 59 – Evolução dos assentamentos em profundidade, a eixo do aterro com SC=30 kN/m<sup>2</sup> e a eixo da via com SC=70 kN/m<sup>2</sup>, devido à sobrecarga ferroviária**

Na **Figura 60** apresentam-se os assentamentos de fluência estimados para o aterro considerando a construção da catenária após 6 e 12 meses a conclusão dos aterros.



**Figura 60 – Estimativa dos assentamentos de fluência do aterro.**

Os assentamentos totais relevantes para a exploração da ferrovia variarão assim entre cerca de 7 cm (considerando 12 meses entre a conclusão dos aterros e a construção da catenária) e 8 cm (considerando 6 meses entre a conclusão dos aterros e a construção da catenária).

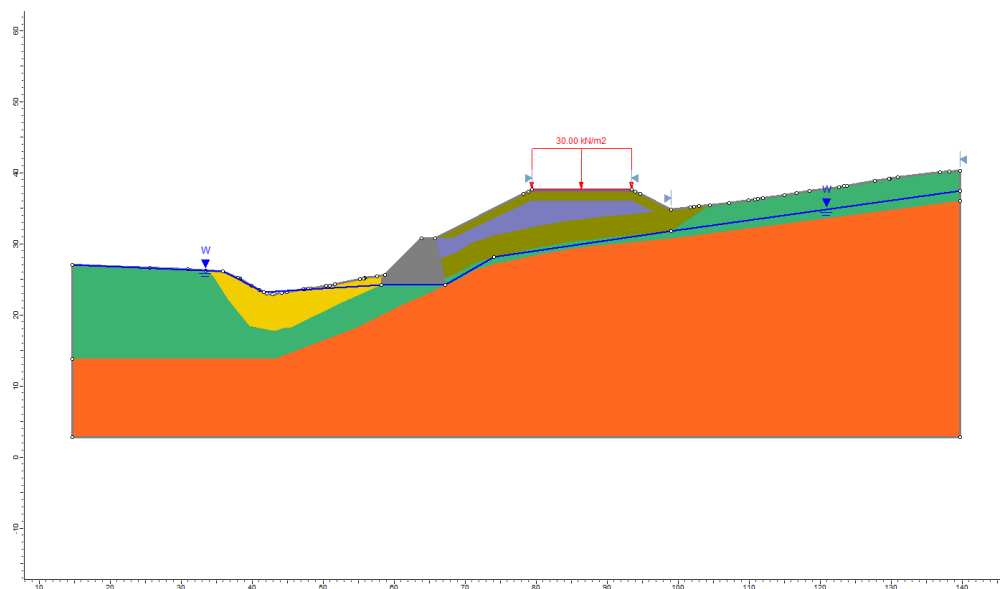
### 7.3 Aterro entre o Pk 7+970 e o Pk 8+518

#### 7.3.1 Descrição do modelo de cálculo

No **Quadro 20** apresentam-se os parâmetros geotécnicos relevantes para a estimativa dos assentamentos.

**Quadro 20 – Parâmetros geotécnicos para o cálculo dos assentamentos. Pk 8+100**

| Terrenos de fundação e materiais de aterro | Nº | Parâmetros geotécnicos             |           |           |         |    |    |                            |                            |
|--------------------------------------------|----|------------------------------------|-----------|-----------|---------|----|----|----------------------------|----------------------------|
|                                            |    | Peso volúmico (kN/m <sup>3</sup> ) | Ev2 (MPa) | Ev1 (MPa) | E (MPa) | e0 | Cc | C <sub>α</sub> normalizado | C <sub>α</sub> equivalente |
| ZG3 (Al+Co)                                | 1  | 18                                 | -         | -         | 12      | -  | -  | -                          | -                          |
| ZG2 (Cretácico, C4-1)                      | 2  | 20                                 | -         | -         | 30      | -  | -  | -                          | -                          |
| ZG1 (Cretácico, C4-2)                      | 3  | 21                                 | -         | -         | 40      | -  | -  | -                          | -                          |
| QS1                                        | 4  | 20                                 | 25        | 12,5      |         | -  | -  | 0,0028                     | 0,0021                     |
| QS2                                        | 5  | 20                                 | 40        | 20        |         | -  | -  | 0,0015                     |                            |
| Sub-balastro                               | 6  | 22                                 | 120       | 60        |         | -  | -  | -                          | -                          |

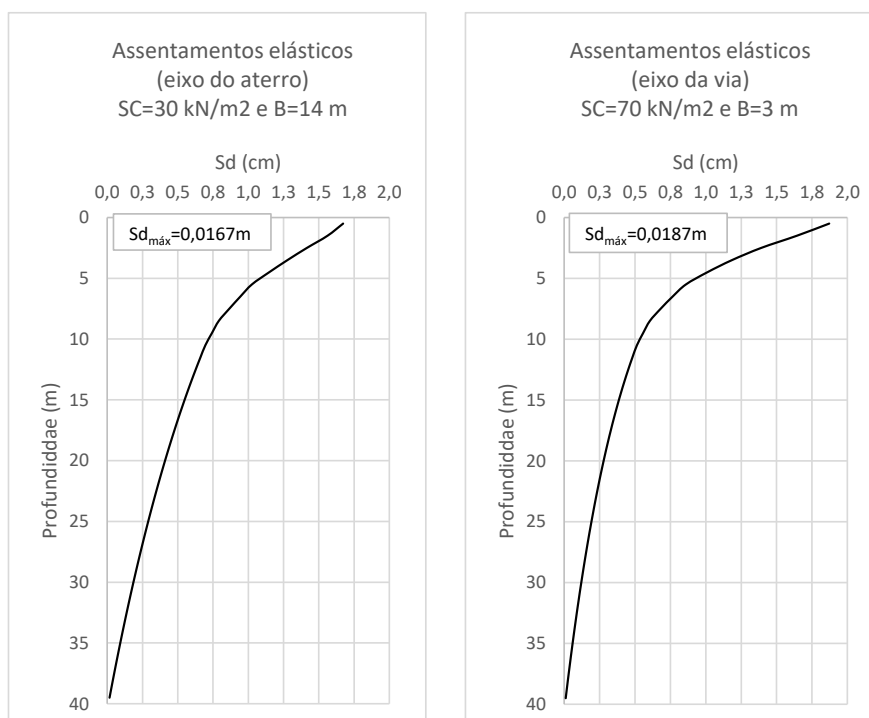


### 7.3.2 Resultados obtidos

O assentamento imediato associado à sobrecarga ferroviária, considerando as alternativas de carregamento estático equivalente, e por métodos elásticos assume valores máximos no topo do aterro de:

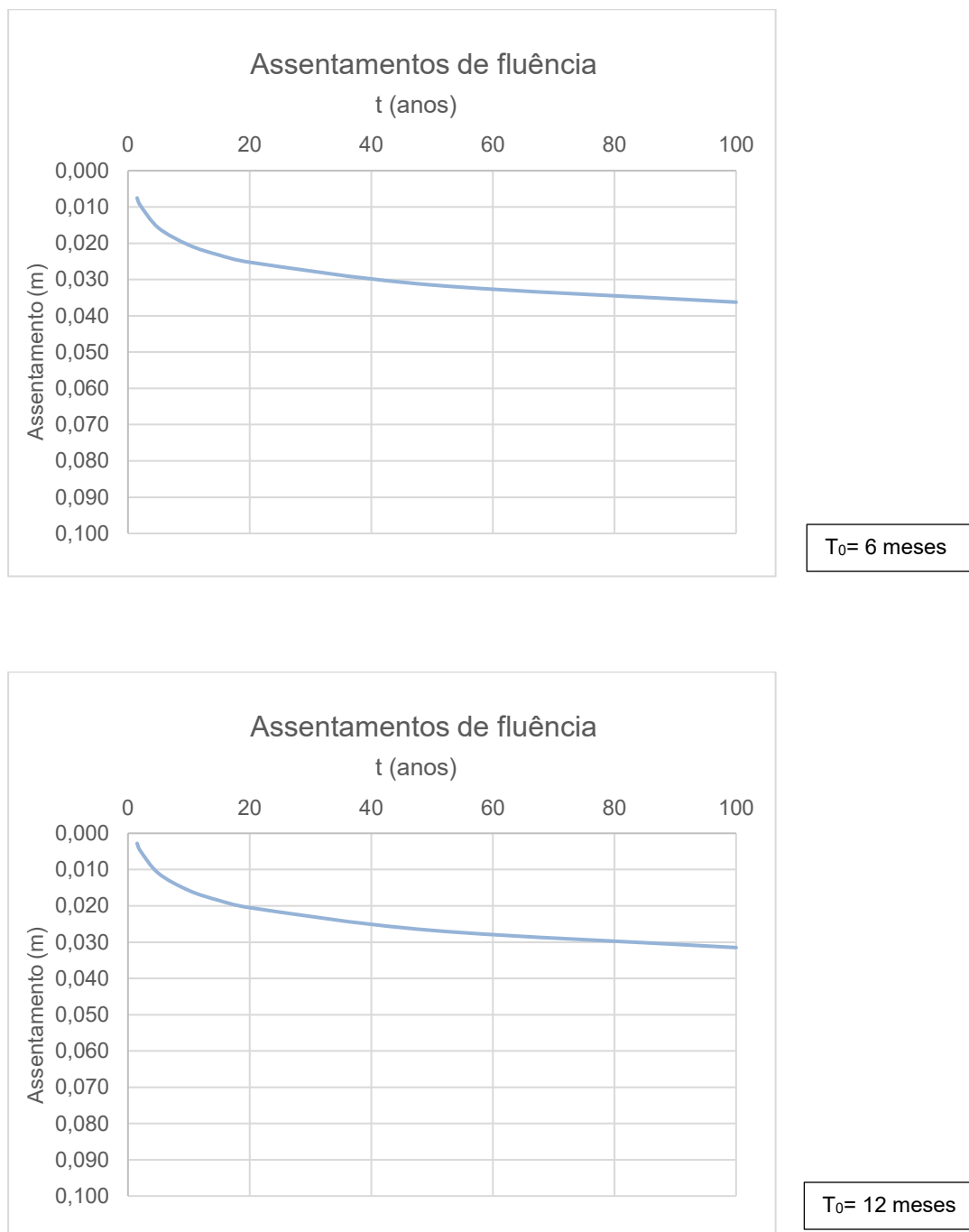
- 1,87 cm para a alternativa de carregamento 1 (a eixo do carregamento de uma das vias);
- 1,67 cm para a alternativa de carregamento 2 (a eixo da plataforma).

Na **Figura 61** apresenta-se a evolução dos assentamentos em profundidade.



**Figura 61 – Evolução dos assentamentos em profundidade, a eixo do aterro com SC=30 kN/m² e a eixo da via com SC=70 kN/m², devido à sobrecarga ferroviária**

Na **Figura 62** apresentam-se os assentamentos de fluência estimados para o aterro considerando a construção da catenária após 6 e 12 meses a conclusão dos aterros.



**Figura 62 – Estimativa dos assentamentos de fluência do aterro.**

Os assentamentos totais relevantes para a exploração da ferrovia variarão assim entre cerca de 5 cm (considerando 12 meses entre a conclusão dos aterros e a construção da catenária) e 6 cm (considerando 6 meses entre a conclusão dos aterros e a construção da catenária).

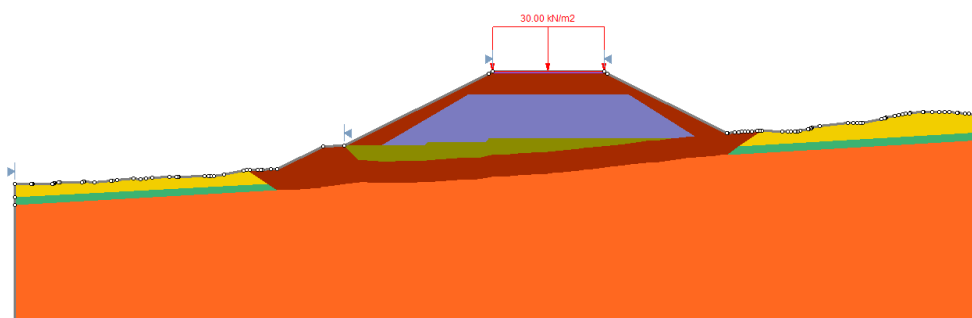
## 7.4 Aterro entre o Pk 13+420 e o Pk 13+518

### 7.4.1 Descrição do modelo de cálculo

No **Quadro 21** apresentam-se os parâmetros geotécnicos relevantes para a estimativa dos assentamentos.

**Quadro 21 – Parâmetros geotécnicos para o cálculo dos assentamentos. Pk 13+475**

| Terrenos de fundação e materiais de aterro | Nº | Parâmetros geotécnicos             |           |           |         |    |    |                        |                        |
|--------------------------------------------|----|------------------------------------|-----------|-----------|---------|----|----|------------------------|------------------------|
|                                            |    | Peso volúmico (kN/m <sup>3</sup> ) | Ev2 (MPa) | Ev1 (MPa) | E (MPa) | e0 | Cc | C $\alpha$ normalizado | C $\alpha$ equivalente |
| ZG3 (Al+Co)                                | 1  | 18                                 | -         | -         | 12      | -  | -  | -                      | -                      |
| ZG2 (T-1)                                  | 2  | 20                                 | -         | -         | 30      | -  | -  | -                      | -                      |
| ZG1 (T-2)                                  | 3  | 21                                 | -         | -         | 40      | -  | -  | -                      | -                      |
| QS1                                        | 4  | 20                                 | 25        | 12,5      |         | -  | -  | 0,0028                 | 0,0017                 |
| QS2                                        | 5  | 20                                 | 40        | 20        |         | -  | -  | 0,0015                 |                        |
| QS3/G1                                     | 6  | 21                                 | 80        | 40        |         | -  | -  | 0,0006                 |                        |
| Sub-balastro                               | 7  | 22                                 | 120       | 60        |         | -  | -  | -                      | -                      |

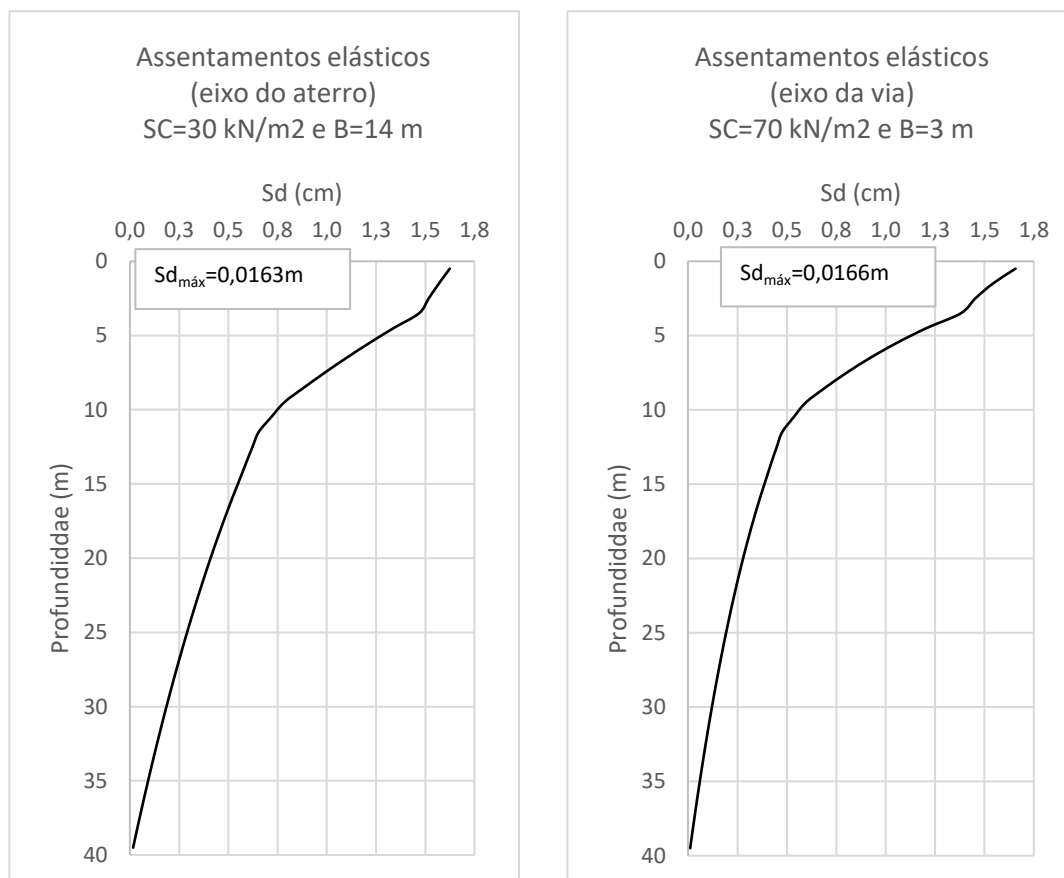


### 7.4.2 Resultados obtidos

O assentamento imediato associado à sobrecarga ferroviária, considerando as alternativas de carregamento estático equivalente, e por métodos elásticos assume valores máximos no topo do aterro de:

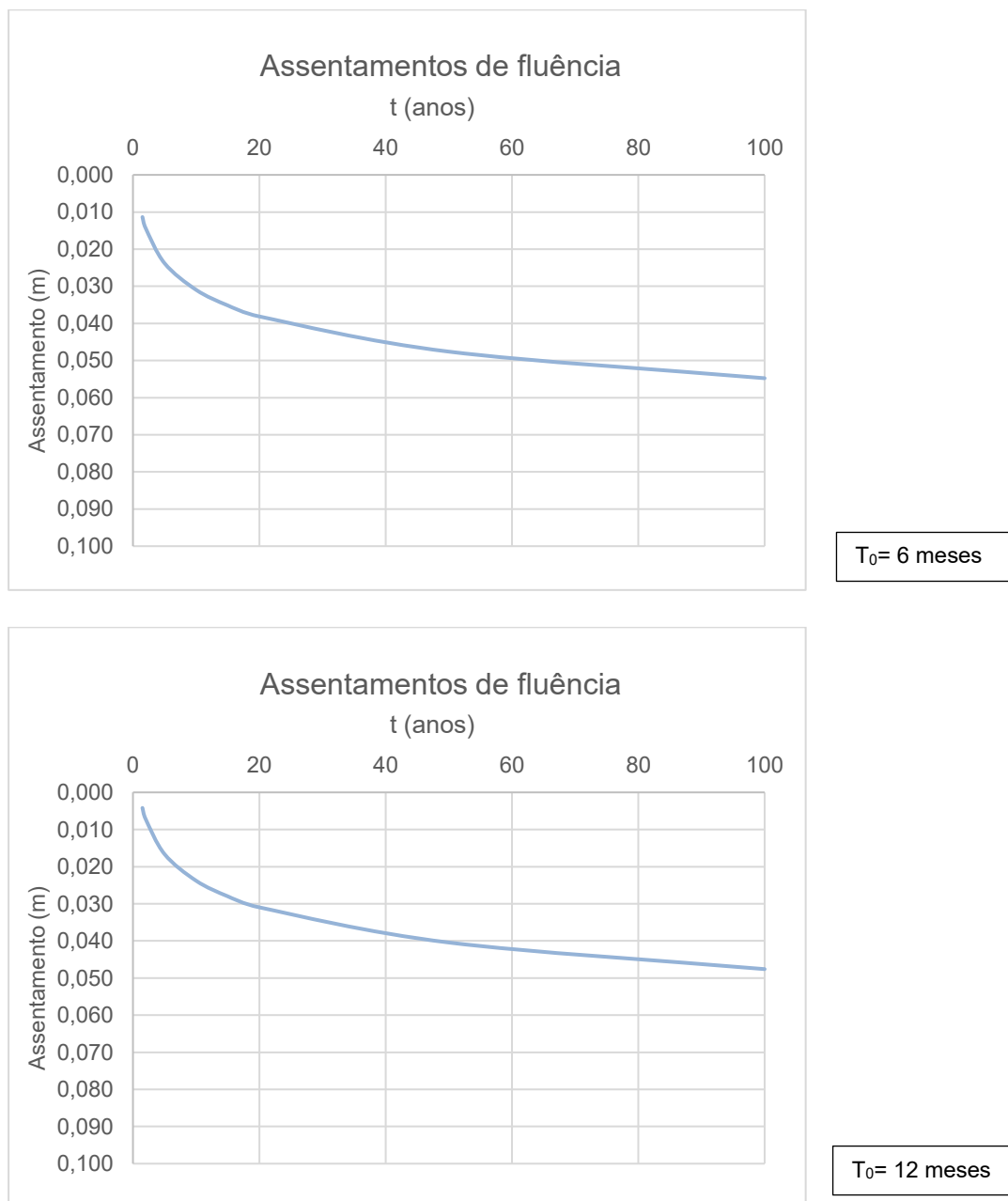
- 1,66 cm para a alternativa de carregamento 1 (a eixo do carregamento de uma das vias);
- 1,63 cm para a alternativa de carregamento 2 (a eixo da plataforma).

Na **Figura 63** apresenta-se a evolução dos assentamentos em profundidade.



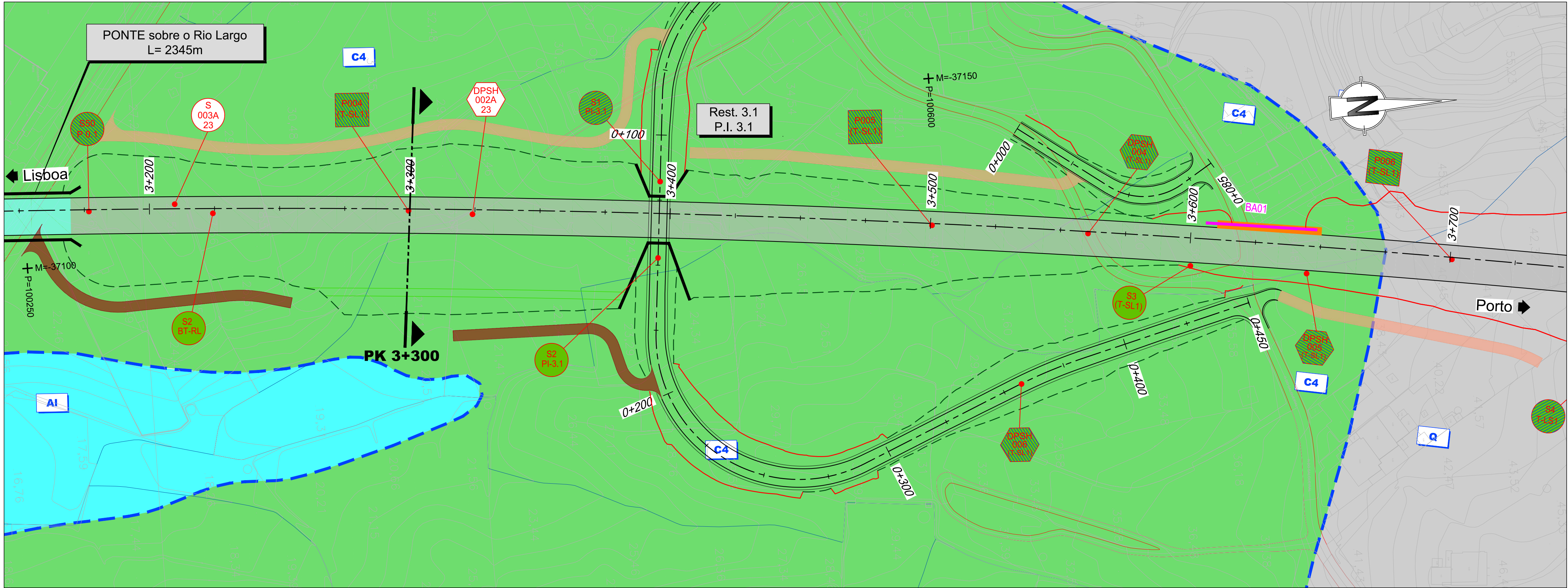
**Figura 63 – Evolução dos assentamentos em profundidade, a eixo do aterro com SC=30 kN/m<sup>2</sup> e a eixo da via com SC=70 kN/m<sup>2</sup>, devido à sobrecarga ferroviária**

Na **Figura 64** apresentam-se os assentamentos de fluência estimados para o aterro considerando a construção da catenária após 6 e 12 meses a conclusão dos aterros.

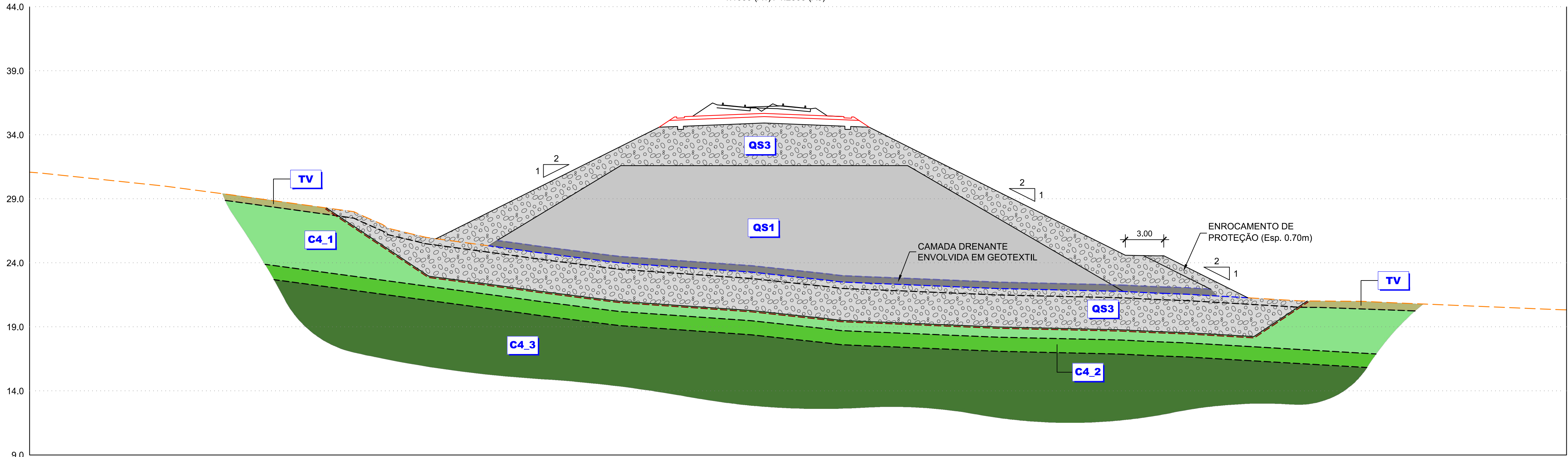


**Figura 64 – Estimativa dos assentamentos de fluência do aterro.**

Os assentamentos totais relevantes para a exploração da ferrovia variarão assim entre cerca de 6,5 cm (considerando 12 meses entre a conclusão dos aterros e a construção da catenária) e 7,5 cm (considerando 6 meses entre a conclusão dos aterros e a construção da catenária).



PLANTA  
1:1000 (A1) / 1:2000 (A3)



PK 3+300.000  
1:200 (A1) / 1:400 (A3)

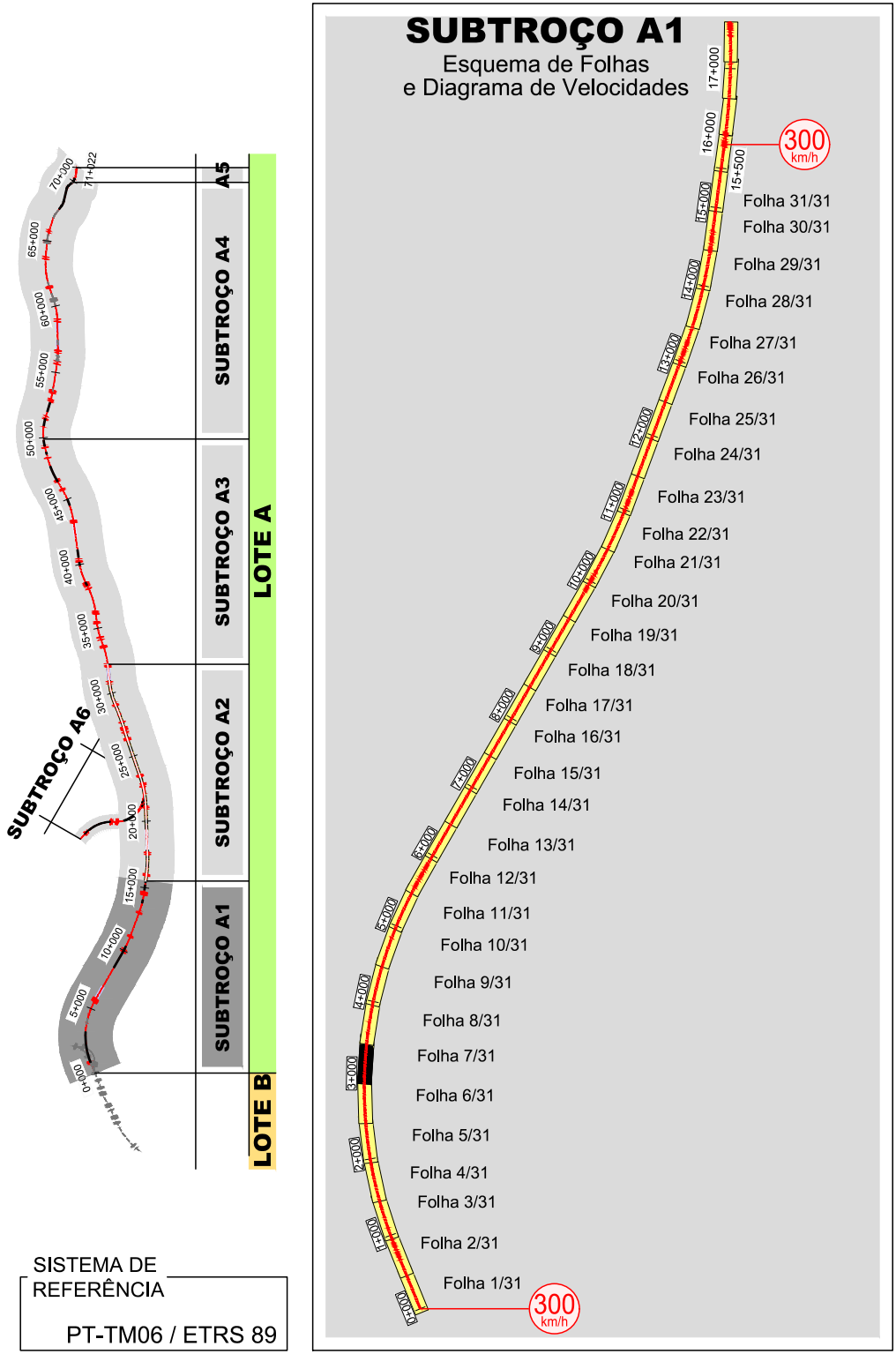
LEGENDA:

FUNDAÇÃO

- TV** - TERRA VEGETAL
- C4-1** - AREIA SILTOSA ( $N_{SPT} = 18$ )
- C4-2** - AREIA FINA A MÉDIA SILTO-ARGILOSA ( $N_{SPT} > 60$ )
- C4-3** - AREIA FINA A MÉDIA SILTO-ARGILOSA MUITO COMPACTA (GRÉS FRIÁVEL) ( $N_{SPT} > 60$ )

ATERRO

- QS1** - SOLOS FINOS DE PLASTICIDADE MÉDIA (% FINOS ENTRE 15 e 40;  $LL \leq 35\%$  e  $IP$  entre 13 e 17)
- QS2** - SOLOS GRANULARES (AREIAS E SEIXOS) COM % FINOS  $\leq 15\%$  e  $D_{máx} = 63mm$
- QS3** - SOLOS GRANULARES (AREIAS E SEIXO) BEM GRADUADOS COM % FINOS  $\leq 15\%$  e  $D_{max} = 75mm$

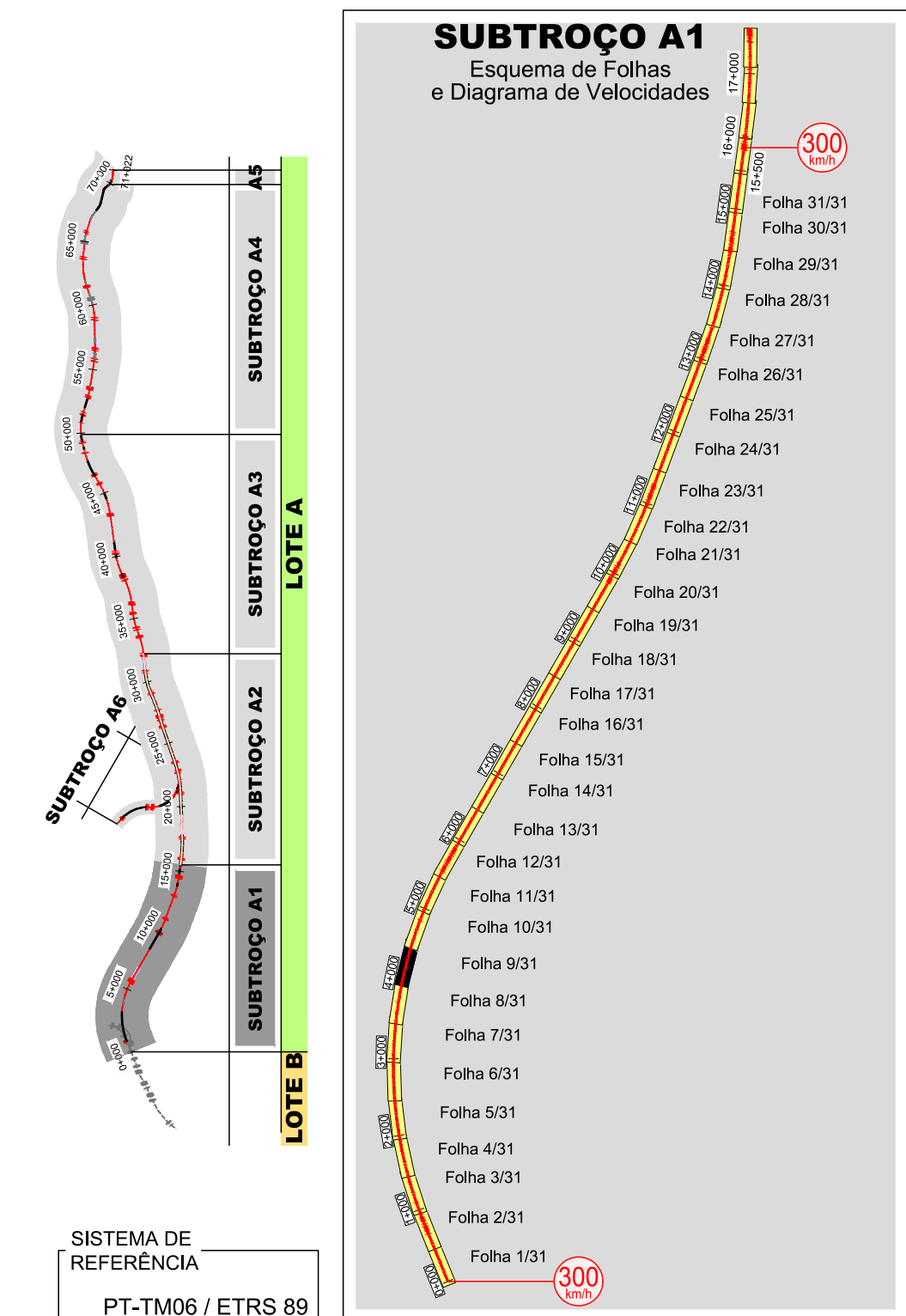
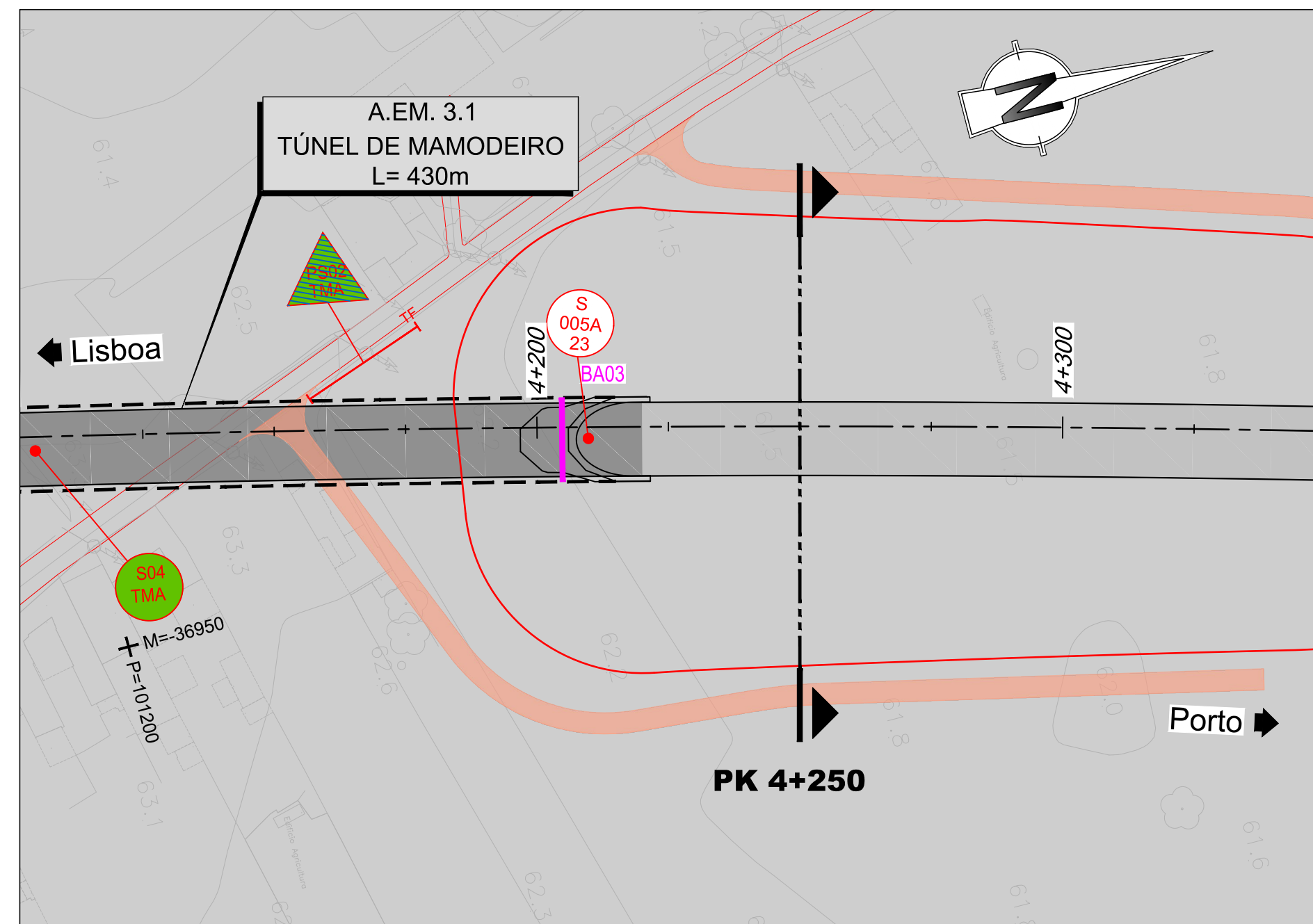


SISTEMA DE REFERÊNCIA  
PT-TM06 / ETRS 89

Cofinanciado pela  
União Europeia



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | </ |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|

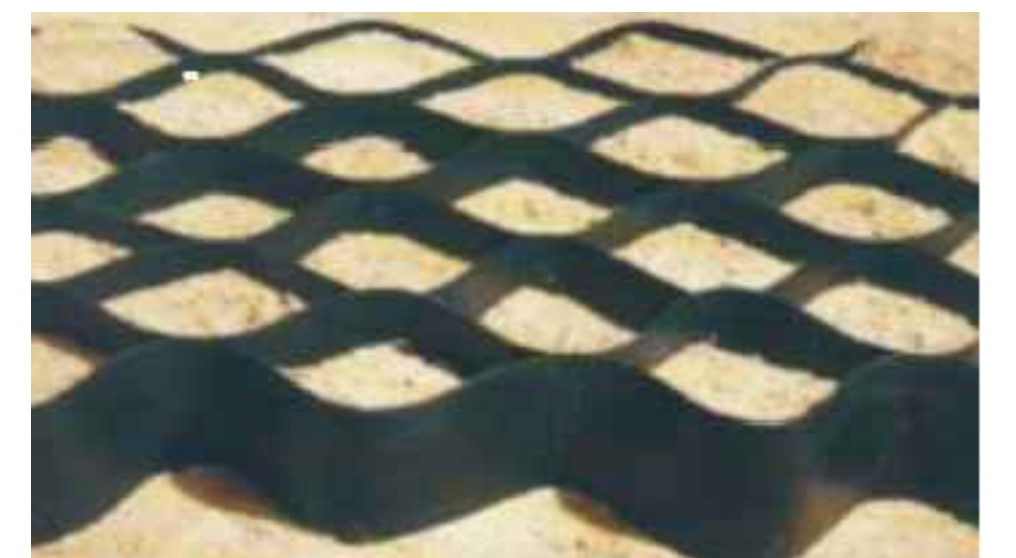


**LEGENDA:**

- |             |                                                                        |
|-------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>TV</b>   | - TERRA VEGETAL                                                        |
| <b>Q 1</b>  | - AREIA SILTOSA, POR VEZES ARGILOSA, COM SEIXOS ( $N_{SPT} = 13$ a 17) |
| <b>Q 2</b>  | - AREIA SILTOSA, POR VEZES ARGILOSA, COM SEIXOS ( $N_{SPT} = 25$ a 60) |
| <b>Q4.1</b> | - AREIA FINA A MÉDIA COMPACTA (GRÉS FRIÁVEL) ( $N_{SPT} > 60$ )        |

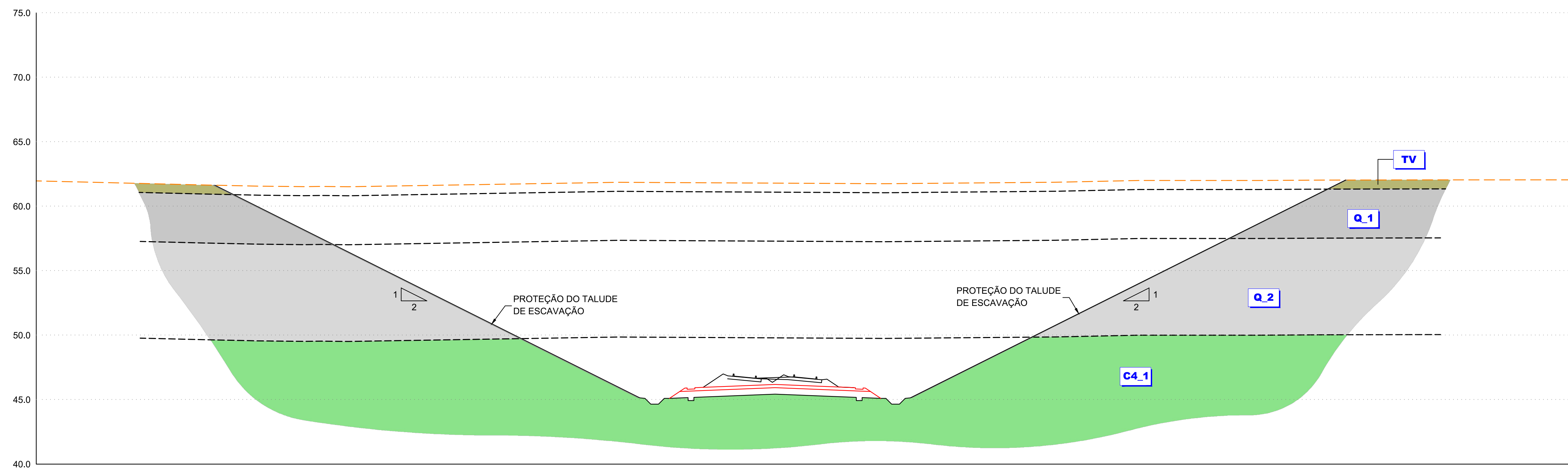
**NOTA:**

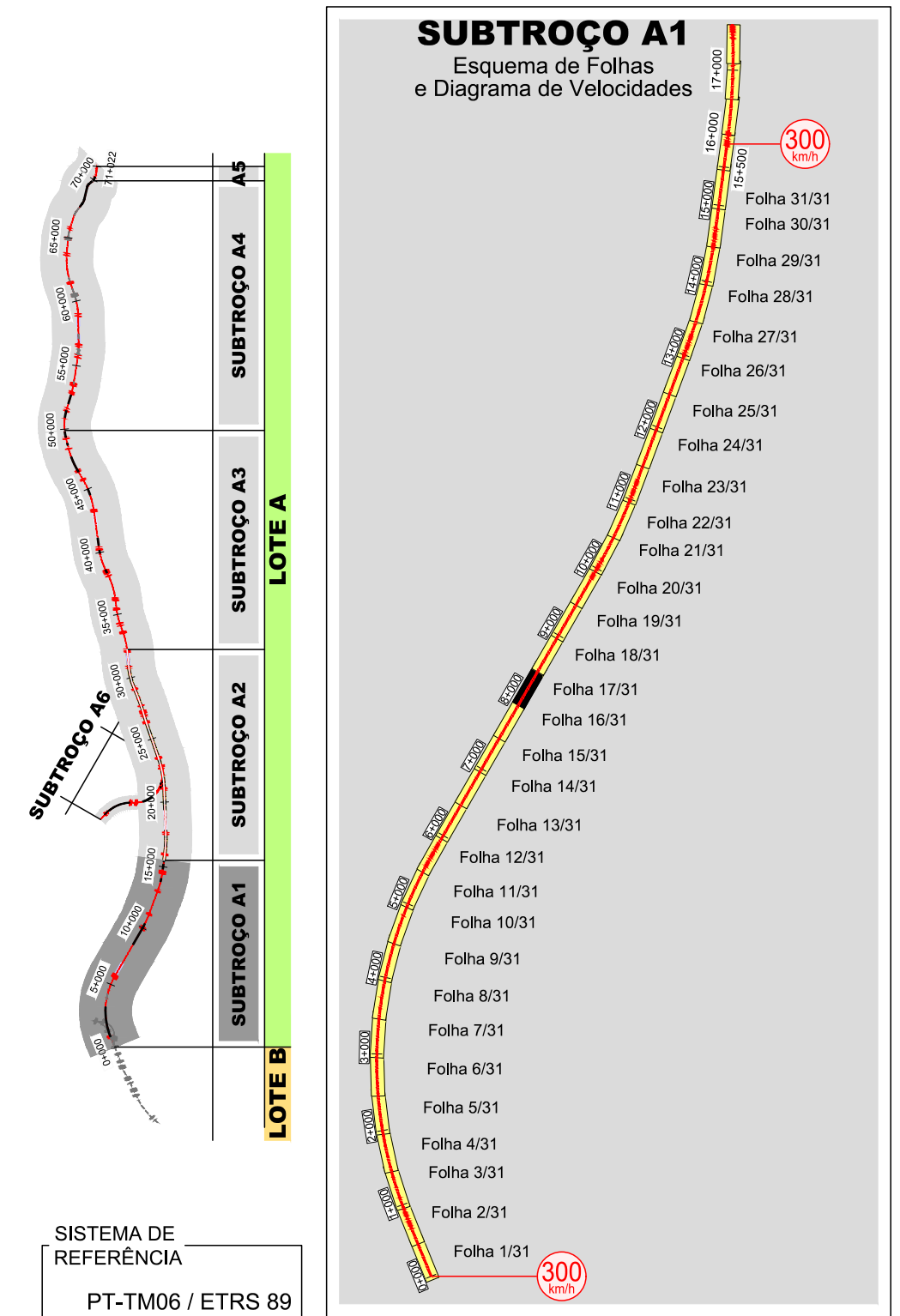
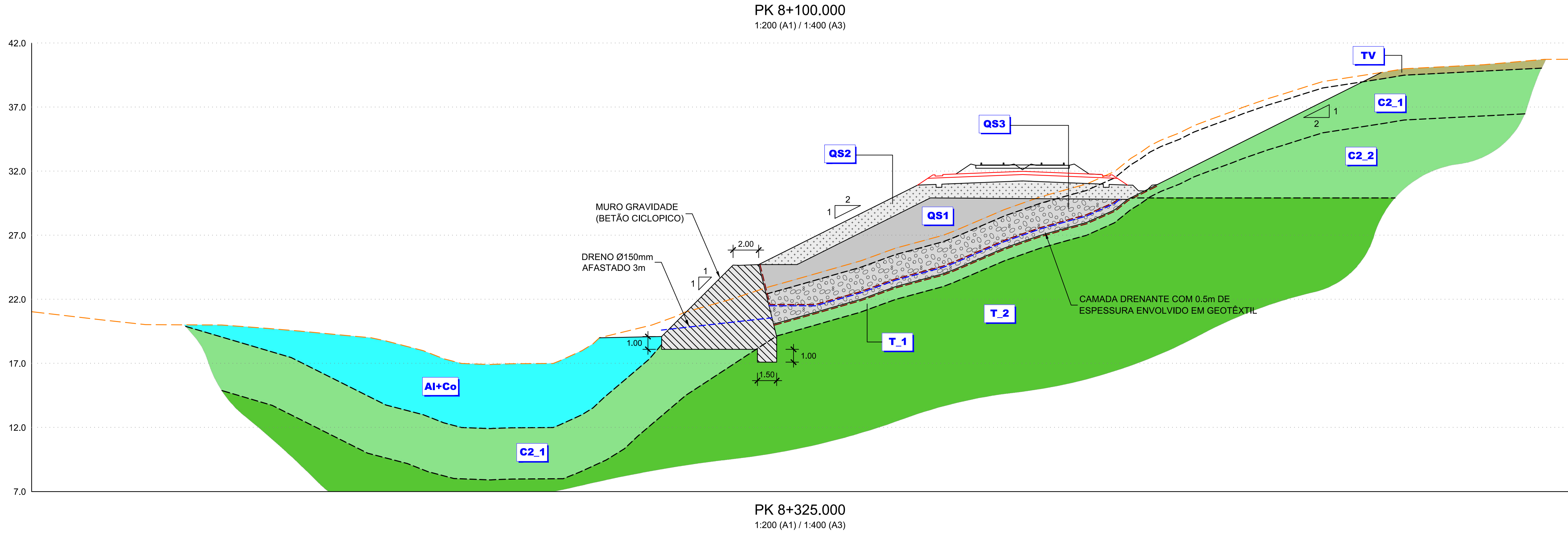
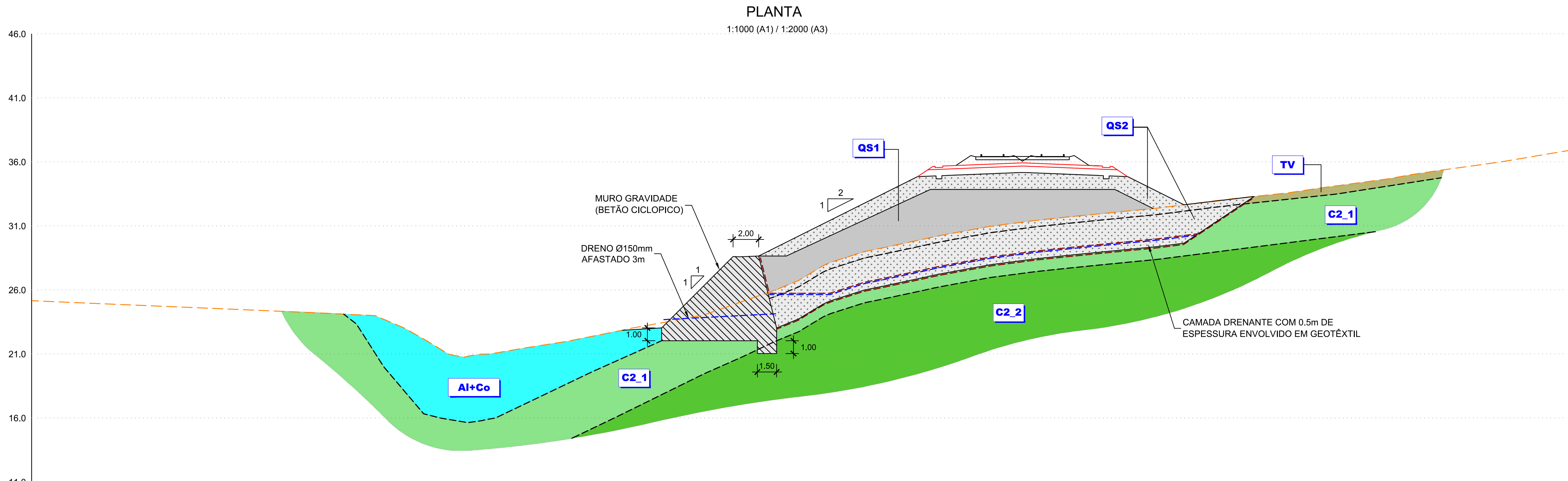
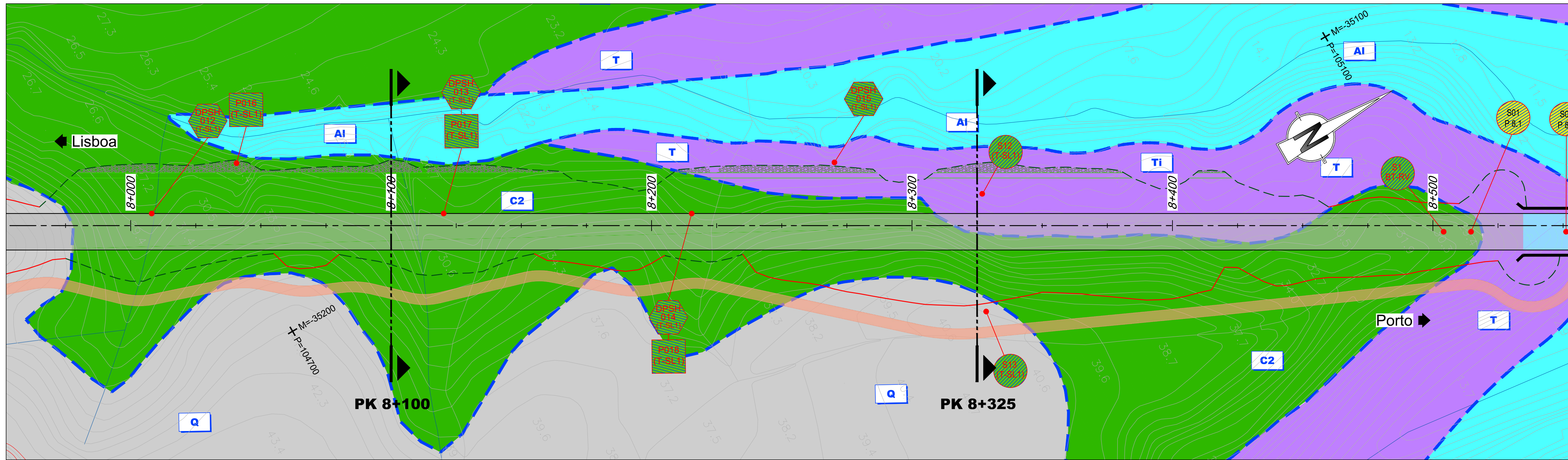
- TALUDES DE ESCAVAÇÃO COM H>10m REVESTIDOS COM GEOCÉCULAS PREENCHIDOS COM SOLO E SEMEITEIRA.



**GEOCÉLULA**

AS GEOCÉLULAS PREENCHIDAS COM SOLO E HIDROSEMENTEIRA DE PEAD, CONFORMES ÀS NORMAS GRI-GS15 E ASTM D8269-21, INSTALADAS SOBRE GEOTÊXTIL NÃO TECIDO DE SEPARAÇÃO ( $\geq 300 \text{ g/m}^2$ ) E ANCORADAS NA BASE E NA CRISTA, COM GRAMPOS DE FIXAÇÃO AO LONGO DA FACE DO TALUDE.

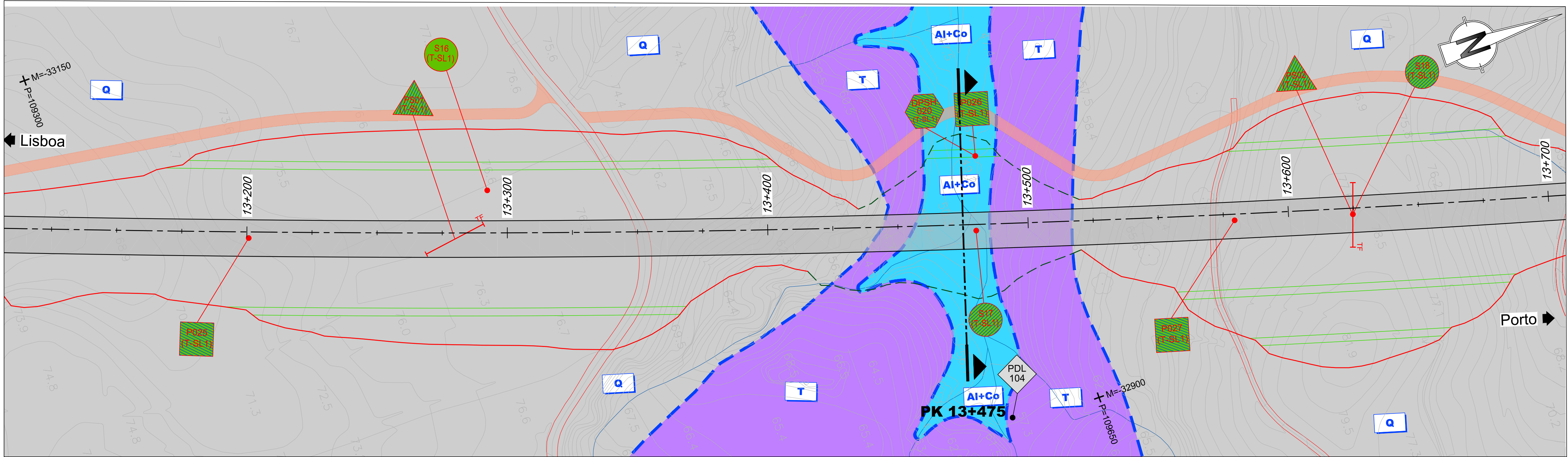
[illegible]



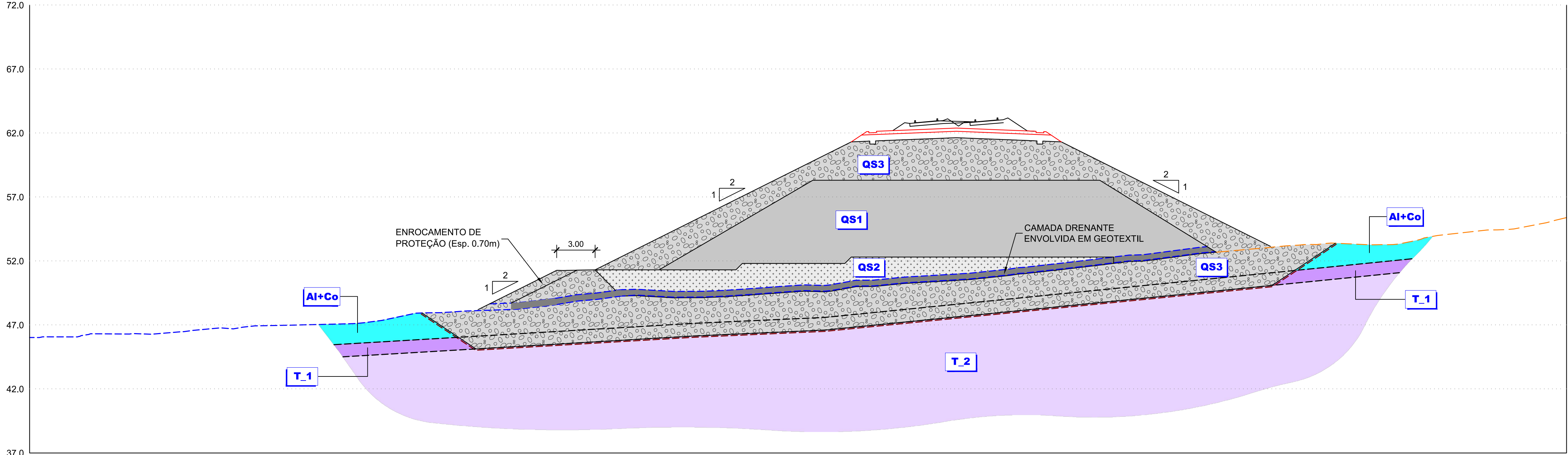
- LEGENDA:**
- FUNDAÇÃO**
- TV** - TERRA VEGETAL
  - AI+Co** - ARGILA ANEGRADA A ARGILA SILTOSA COM AREÃO ( $N_{SPT} = 4$  a 36)
  - C2-1** - AREIA FINA A MÉDIA SILTOSA COM AREÃO DISPERO ( $N_{SPT} = 47$  a 60)
  - C2-2** - AREIA DE GRANULOMETRIA VARIÁVEL ARGILO-SILTOSA ( $N_{SPT} > 60$ )
  - T-1** - AREIA FINA A MÉDIA SILTOSA COM AREÃO DISPERO ( $N_{SPT} = 47$  a 60)
  - T-2** - AREIA DE GRANULOMETRIA VARIÁVEL ARGILO-SILTOSA ( $N_{SPT} > 60$ )
- ATERRO**
- QS1** - SOLOS FINOS DE PLASTICIDADE MÉDIA (% FINOS ENTRE 15 e 40;  $LL \leq 35\%$  e  $IP$  entre 13 e 17)
  - QS2** - SOLOS GRANULARES (AREIAS E SEIXOS) COM % FINOS  $\leq 15\%$  e  $D_{máx} = 63mm$

|    |            |                                                              |                  |
|----|------------|--------------------------------------------------------------|------------------|
|    |            | Cofinanciado pela União Europeia                             |                  |
|    |            | AVIAN<br>CONCESSIONS DE ALTA VELOCIDADE                      |                  |
|    |            | coba<br>Portugal                                             |                  |
|    |            | Código Projeto: PF102A1.PRL.01.03.00.00.103                  |                  |
| 00 | 14.08.2025 | Edição Inicial                                               |                  |
|    |            | Responsável                                                  | Matheus Schaefer |
|    |            | Projeto                                                      | Matheus Schaefer |
|    |            | Desenho                                                      | Matheus Schaefer |
|    |            | Verificação                                                  | Matheus Schaefer |
|    |            | Código Desenho: PF102A1.PRL.01.03.00.00.103                  |                  |
|    |            | Nº de Desenho: 14-08-2025                                    |                  |
|    |            | Título: TPL-103                                              |                  |
|    |            | 00                                                           |                  |
|    |            | 1:200 / 1:1000                                               |                  |
|    |            | Projeto de Execução                                          |                  |
|    |            | PLANTA E PERFIS TRANSVERSAIS - ESCAVAÇÃO PK 8+100 e PK 8+325 |                  |





PLANTA  
1:1000 (A1) / 1:2000 (A3)



PK 13+475.000  
1:200 (A1) / 1:400 (A3)

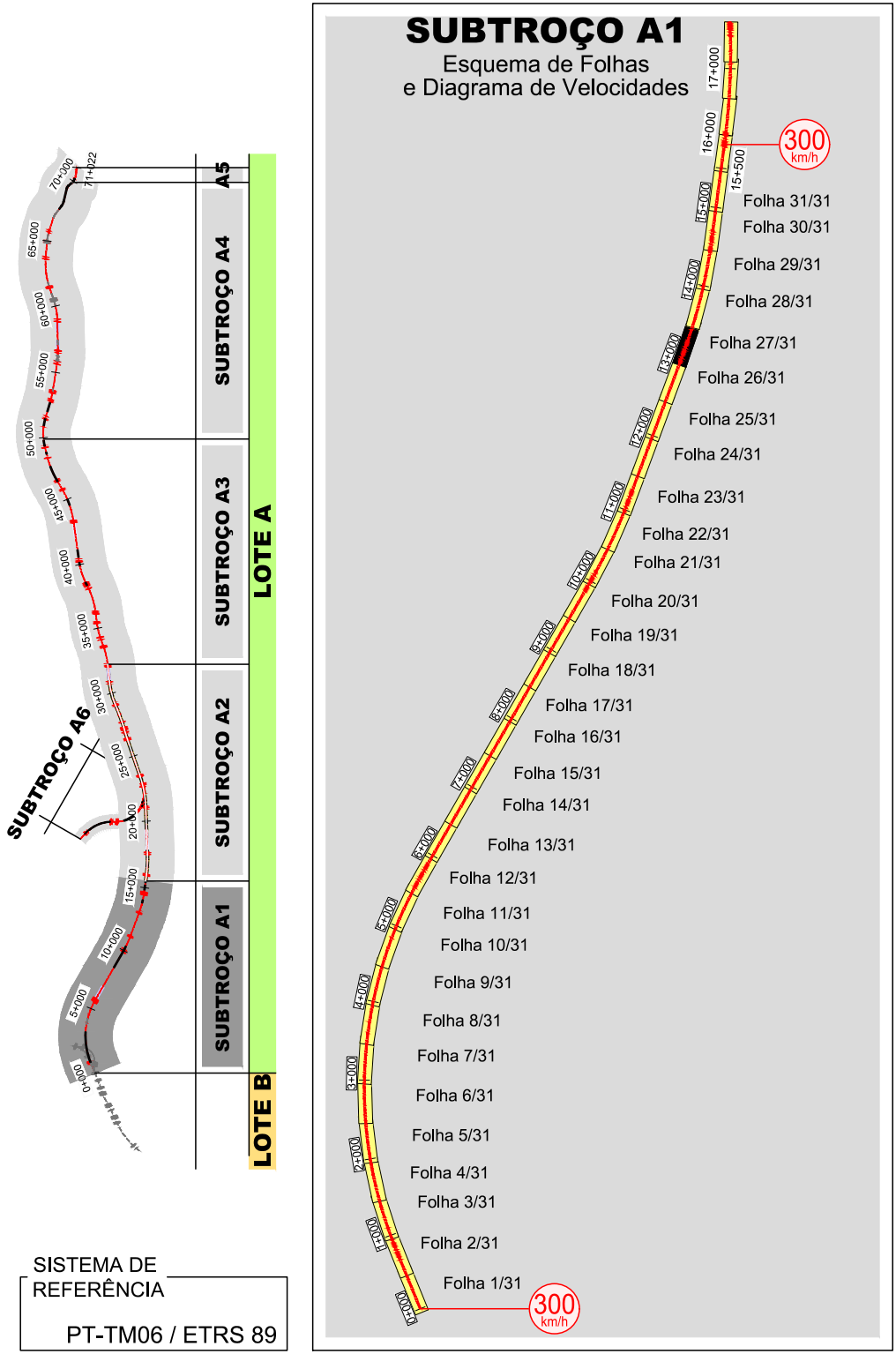
LEGENDA:

FUNDAÇÃO

- AI+Co** - AREIA DE GRÃO FINO A MÉDIO, SILTOSA, COM INTERCALAÇÕES ARGILÓ-LODOSOS ( $N_{60} < 5$ )
- T.1** - AREIA SILTOSA, DE GRANULOMETRIA VARIÁVEL, COM SEIXO DISPERSO ( $N_{SPT} = 47$  a 60)
- T.2** - AREIA SILTOSA, A SILTE ARENOSO, POR VEZES ARGILOSO (GRÊS FRIÁVEL) ( $N_{SPT} > 60$ )

ATERRO

- QS1** - SOLOS FINOS DE PLASTICIDADE MÉDIA (% FINOS ENTRE 15 e 40;  $LL \leq 35\%$  e  $IP$  entre 13 e 17)
- QS2** - SOLOS GRANULARES (AREIAS E SEIXOS) COM % FINOS  $\leq 15\%$  e  $D_{máx} = 63\text{mm}$
- QS3** - SOLOS GRANULARES (AREIAS E SEIXO) BEM GRADUADOS COM % FINOS  $\leq 15\%$  e  $D_{máx} = 75\text{mm}$



SISTEMA DE REFERÊNCIA  
PT-TM06 / ETRS 89



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|