

# FUTURE

ATP ENGENHARIA  
PARA ALÉM DA TÉCNICA

## Projeto de contenção em solo grampeado – Grota Macaxeira

Rua Alcides Ramos de Lima, Jacintinho, Maceió-AL

## MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

  
**Rafael Araújo Guillou**  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

## Projeto de contenção em solo grampeado – Grota Macaxeira

Rua Alcides Ramos de Lima, Jacintinho, Maceió-AL

### Histórico do Documento

| Revisão | Descrição                        | Editado | Verificado | Autorizado | Data       |
|---------|----------------------------------|---------|------------|------------|------------|
| 00      | MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO | JM      | JM         | JM         | 04-04-2022 |
| 01      | CORREÇÕES                        | JM      | JM         | JM         | 16-04-2022 |
|         |                                  |         |            |            |            |
|         |                                  |         |            |            |            |
|         |                                  |         |            |            |            |

FUTURE ATP, S.A.

Sede – Alameda Santos, 745, Conj. 111/112

Cerqueira César – CEP 01419-001

São Paulo, Brasil

Tel: +55 11 3266 2769



## Índice

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>DADOS CADASTRAIS DO PROJETO .....</b>              | <b>5</b>  |
| <b>2.</b>  | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                               | <b>6</b>  |
| <b>3.</b>  | <b>DOCUMENTOS RECEBIDOS .....</b>                     | <b>6</b>  |
| <b>4.</b>  | <b>DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....</b>                  | <b>6</b>  |
| <b>5.</b>  | <b>METODOLOGIA .....</b>                              | <b>7</b>  |
| 5.1        | PARÂMETROS ADOTADOS.....                              | 7         |
| 5.2        | SEÇÕES ANALISADAS E CENÁRIOS.....                     | 12        |
| <b>6.</b>  | <b>JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DA SOLUÇÃO .....</b>      | <b>14</b> |
| <b>7.</b>  | <b>SOLUÇÃO - SOLO GRAMPEADO .....</b>                 | <b>15</b> |
| 7.1        | GRAMPO .....  | 15        |
| 7.2        | FACE – CONCRETO PROJETADO COM TELA ELETROSOLDADA..... | 17        |
| <b>8.</b>  | <b>RESULTADOS.....</b>                                | <b>17</b> |
| 8.1        | FATORES DE SEGURANÇA .....                            | 17        |
| 8.2        | RUPTURA DO GRAMPO .....                               | 18        |
| 8.3        | ARRANCAMENTO DO GRAMPO .....                          | 19        |
| <b>9.</b>  | <b>ENSAIO DE ARRANCAMENTO.....</b>                    | <b>20</b> |
| <b>10.</b> | <b>INSTRUMENTAÇÃO.....</b>                            | <b>21</b> |
| 10.1       | INCLINÔMETROS.....                                    | 21        |
| 10.1.1     | MÉTODO CONSTRUTIVO .....                              | 21        |
| 10.1.2     | MEDIÇÕES .....  | 22        |
| 10.2       | PIEZÔMETROS .....                                     | 23        |
| 10.2.1     | MÉTODO CONSTRUTIVO .....                              | 23        |
| 10.2.2     | MEDIÇÕES .....  | 23        |
| <b>11.</b> | <b>MÉTODO CONSTRUTIVO .....</b>                       | <b>23</b> |
| 11.1       | SOLO GRAMPEADO.....                                   | 23        |
| 11.2       | DRENAGEM INTERNA.....                                 | 25        |
| 11.2.1     | DHP .....   | 25        |

|            |                          |           |
|------------|--------------------------|-----------|
| 11.2.2     | BARBACÃ                  | 25        |
| <b>12.</b> | <b>QUANTITATIVO</b>      | <b>26</b> |
| 12.1       | GRAMPO                   | 26        |
| 12.2       | DRENAGEM INTERNA         | 27        |
| <b>13.</b> | <b>RECOMENDAÇÕES</b>     | <b>27</b> |
| 13.1       | GERAIS                   | 27        |
| 13.2       | ÁGUA SERVIDA             | 28        |
| 13.3       | CONFORMAÇÃO DA ENCOSTA   | 28        |
| <b>14.</b> | <b>CONCLUSÕES</b>        | <b>28</b> |
| <b>15.</b> | <b>ANEXO I</b>           | <b>29</b> |
| <b>1.</b>  | <b>ANEXO II</b>          | <b>37</b> |
| 1.1        | SEÇÃO 1 – SEM TRATAMENTO | 37        |
| 1.2        | SEÇÃO 1 – COM TRATAMENTO | 41        |
| 1.3        | SEÇÃO 2 – SEM TRATAMENTO | 45        |
| 1.4        | SEÇÃO 2 – COM TRATAMENTO | 49        |
| 1.5        | SEÇÃO 3 – SEM TRATAMENTO | 53        |
| 1.6        | SEÇÃO 3 – COM TRATAMENTO | 57        |
| 1.7        | SEÇÃO 4 – SEM TRATAMENTO | 61        |
| 1.8        | SEÇÃO 4 – COM TRATAMENTO | 65        |
| 1.9        | SEÇÃO 5 – SEM TRATAMENTO | 69        |
| 1.10       | SEÇÃO 5 – COM TRATAMENTO | 73        |
| <b>2.</b>  | <b>REFERÊNCIAS</b>       | <b>77</b> |

## 1. DADOS CADASTRAIS DO PROJETO

**RAZÃO SOCIAL:** SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA – SEMINFRA

**ENDEREÇO:** RUA DO IMPERADOR, Nº 307 – CENTRO

**CEP:** 57.020-670

**CNPJ:** 17.926.123/0001-50

---

Responsável Legal

Secretaria Municipal de Infraestrutura

  
**Rafael Araújo Guillou**  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

---

Responsável Técnico pelo Projeto Arquitetônico

## 2. INTRODUÇÃO

O presente documento tem por objetivo complementar a documentação técnica do projeto, apresentando as características e condicionantes do projeto geotécnico básico de contenção da encosta Grota da Macaxeira.

O objetivo deste memorial é estabelecer as diretrizes básicas que devem ser seguidas para a execução da solução em solo grampeado, dissertando sobre aspectos técnicos e características que definiram a configuração final do projeto em questão.

Nesse contexto, serão aqui apresentadas as características principais da proposta, assim como os critérios e parâmetros utilizados.

## 3. DOCUMENTOS RECEBIDOS

| NOME DO ARQUIVO                                       | ASSUNTO   |
|---|---|
| BARREIRA - GROTA DA MACAXEIRA - civil 3 d_recover.dwg | Levantamento topográfico  |
| ACAD-BARREIRA - GROTA DA MACAXEIRA-Model1.kmz         | Localização no Google Earth   |
| AM 01 L . D MATERIAL BARREIRA GROTA DA MACAXEIRA.xls  | Ensaio de peneiramento, índices de consistência, compactação e CBR. |
| AM 02 L . E MATERIAL BARREIRA GROTA DA MACAXEIRA      |   |

## 4. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

| DOCUMENTOS  |
|---|
| ABNT NBR 11682 – Estabilidade de taludes  |
| ABNT NBR 5629 - Tirantes ancorados no terreno – Projeto e execução                                    |
| Manual Técnico de Encostas – Ancoragens e Grampos – Volume 4 (1999)                                   |
| DNER-ME 080 – Solos- Análise granulométrica por peneiramento  |
| DNER-ME 082 – Solos – Determinação do limite de plasticidade  |
| DNER-ME 49 – Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas |
| DNER-ME 129 – Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas                                 |

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 PARÂMETROS ADOTADOS

Os ensaios disponibilizados para determinação dos parâmetros geotécnicos estão listados abaixo.

- Granulometria por peneiramento (DNER-ME 080/94);
- Limites de consistência (DNER-ME 082/94);
- Compactação (DNER-ME 129/94);
- Índice de suporte Califórnia (DNER-ME 049/94);

Estes ensaios citados foram realizados em duas amostras coletadas na encosta Grotta da Macaxeira. Ambas as amostras coletadas foram retiradas na profundidade entre 0,0 e 0,6 m. A Figura 1 apresenta as curvas granulométricas das amostras coletadas e a Tabela 1 apresenta os índices de consistência obtidos. A classificação da amostra 01, segundo o SUCS, corresponde a uma **areia siltosa ou uma areia argilosa**. Já a amostra 02, considerando os valores de índice de consistência apresentados, corresponde a uma **areia siltosa**.

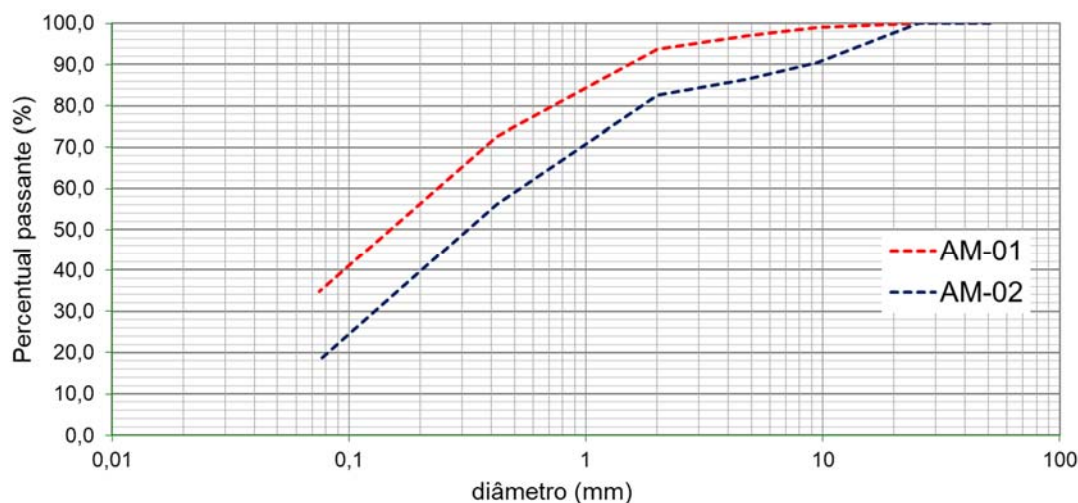


Figura 1: Curvas granulométricas das amostras AM-01 e AM-02.

Tabela 1: Índices de consistência.

| Amostras             | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|----------------------|--------|--------|--------|
| AM-01                | 39,8   | 34,4   | 5,4    |
| AM-02 <sup>(1)</sup> | 0      | 0      | 0      |

<sup>(1)</sup> Recomenda-se que seja certificado se o resultado nulo corresponde a um material não plástico ou se houve problemas no registro da informação.

*Rafael Araújo Guillou*  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

Ressalta-se que os ensaios disponibilizados não são suficientes para determinação dos parâmetros de resistência dos solos presentes na encosta. Recomenda-se fortemente a realização de investigações de campo (sondagens a percussão) e ensaios de laboratório (triaxiais) para obtenção dos parâmetros de resistência de forma direta ou indireta (por correlação).

Devido à ausência destes ensaios, lançou-se mão da carta de suscetibilidade a movimentos de massas e de estudos de investigações realizadas em Maceió - AL.

A Figura 2 apresenta a carta de suscetibilidade de movimento de massa com destaque para o local da encosta da Grotta da Macaxeira. Observa-se que na região em destaque há presença de tabuleiros dissecados predominantemente constituídos por latossolos provenientes da Formação Barreiras, com altas declividades, amplitudes de até 40 m e alta suscetibilidade de movimentação de massa.

A Figura 3 apresenta a hipsometria de Maceió, na qual observa-se que a cota de 0 a 30 m de altitude corrobora com a topografia disponibilizada no arquivo "BARREIRA - GROTA DA MACAXEIRA - civil 3 d.dwg".

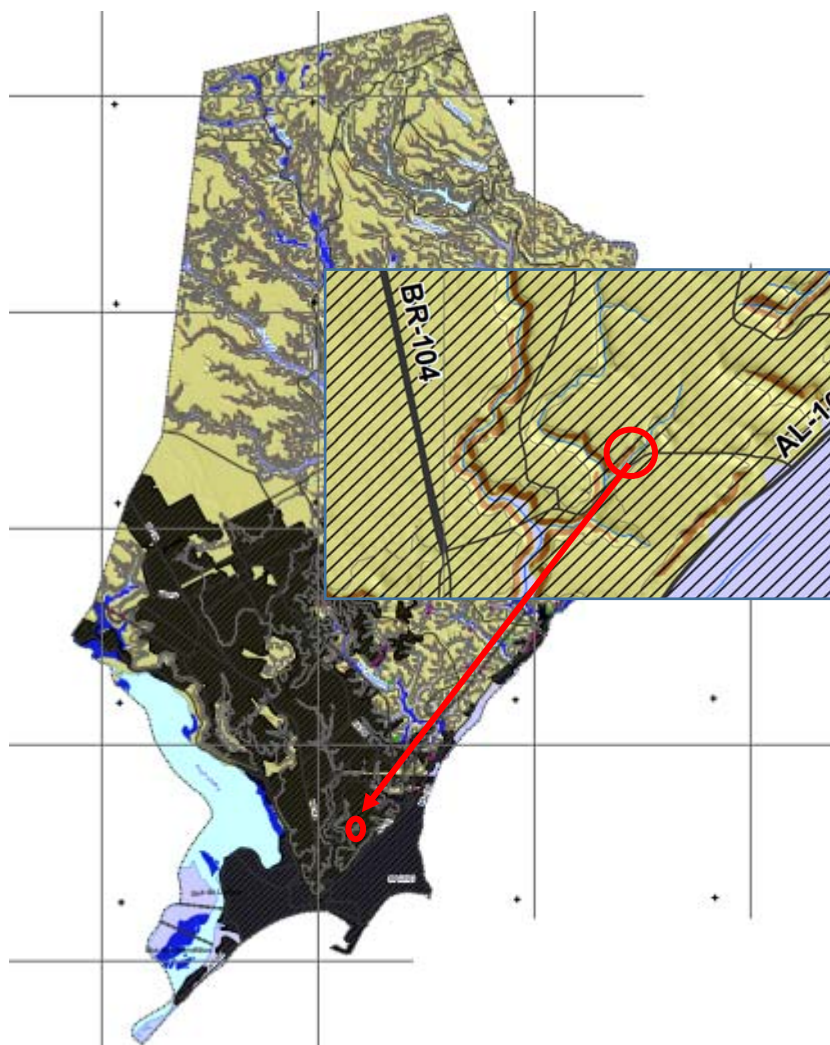


Figura 2: Carta de suscetibilidade de movimento de massa.

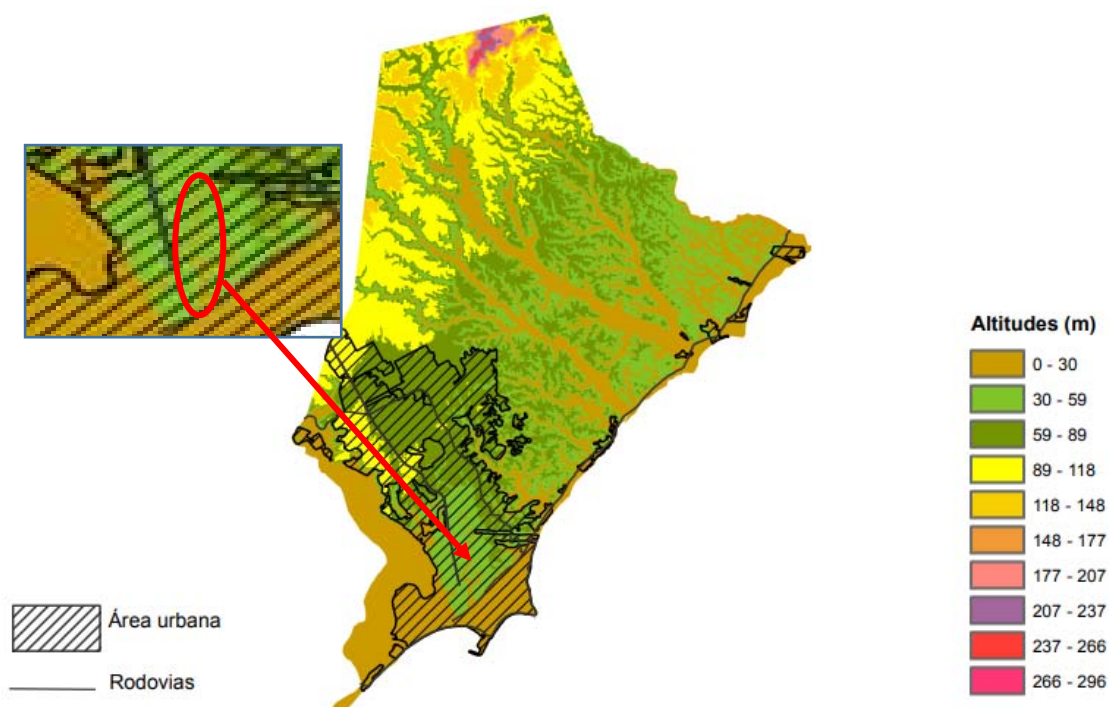


Figura 3: Hipsometria de Maceió.

Segundo Marques (2005) o perfil estratigráfico apresentado na Figura 4 representa a região de tabuleiros de Maceió, constituído por camadas de argilas arenosas ou areias argilosas, com textura fina a grossa, com ocorrência de concreções ferruginosas e compactidade crescente com a profundidade.

Marques (2012) afirma que 85% das 130 investigações geotécnicas realizadas em 12 encostas de Maceió apresentam  $N_{spt} \geq 10$  a partir das profundidades 2 m a 8 m. De acordo com a topografia disponibilizada, observa-se que a diferença máxima entre as cotas de crista e pé do talude é de aproximadamente 16 m. Portanto, devido a falta de conhecimento do solo em profundidade, adotou-se 2 horizontes nas seções analisadas, de acordo com o apresentado na Figura 4.

Para obtenção dos ângulos de atrito ( $\phi'$ ) dos horizontes propostos, utilizou-se valores médios de  $N_{SPT}$  (Figura 4) e as correlações propostas por Teixeira (1996), Godoy (1983) e Joppert (2007). Observa-se que os valores obtidos nas correlações estão equivalentes aos apresentados por Marques (2006).

Para o parâmetro de coesão ( $c'$ ) utilizou-se as correlações de Joppert (2007) e comparou-se com os valores apresentados por Marques (2006). Observou-se que a coesão mínima obtida por Marques (2006) foi de 7,25 kPa e a média foi de 14,3 kPa. A Tabela 6 apresenta os parâmetros de resistência (drenado) adotados.

| Profundidade estimada (m) | Classificação do Material   |
|---------------------------|---|
| 0,00                      | ARGILA areno-siltosa, consistência média a rija, ou AREIA argilosa, fofa a medianamente compacta.                 |
| 10,00                     | SPT: 4 a 15   |
| 15,00                     | AREIA argilosa ou siltosa, com ou sem concreções ferruginosas, com pedregulhos, medianamente compacta a compacta. |
| 20,00                     | SPT: 15 a 25  |
| 20,00                     | AREIA argilo-siltosa, com pouco pedregulho, ferruginosa, medianamente compacta a muito compacta.                  |
|                           | SPT: 15 a 50  |
|                           | ARGILA ferruginosa, pouco arenosa, consistência dura.   |
|                           | SPT: 20 a 60  |

Figura 4: Perfil estratigráfico típico da região alta de Maceió. Fonte: Marques (2005)

Tabela 2: Ângulos de atrito calculados.

| Horizontes | Profundidade (m) | N <sub>spt</sub> adotado <sup>(1)</sup> | φ' (°)                            |                                |                                  |
|------------|------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
|            |                  |   | Teixeira <sup>(2)</sup><br>(1996) | Godoy <sup>(2)</sup><br>(1983) | Joppert <sup>(3)</sup><br>(2007) |
| 1º Horiz.  | H ≤ 7            | 8                                       | 27                                | 31                             | 30                               |
| 2º Horiz.  | H > 7            | 20                                      | 35                                | 36                             | 35                               |

(1) N<sub>spt</sub> adotado de maneira conservadora, com base no perfil estratigráfico apresentado na Figura 4.

(2) Resultados obtidos através de correlações analíticas;

(3) Resultados obtidos através de correlações tabeladas;

Tabela 3: Coesão aparente.

| Horizontes | Profundidade (m) | N <sub>spt</sub> adotado | c' (kPa)          |
|------------|------------------|--------------------------|-------------------|
|            |                  |                          | Joppert<br>(2007) |
| 1º Horiz.  | H ≤ 7            | 8                        | 6                 |
| 2º Horiz.  | H > 7            | 15                       | 10                |

*Rafael Araújo Guillou*  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

Tabela 4: Pesos específicos adotados.

| Horizontes | Profundidade (m) | N <sub>spt</sub> adotado | Joppert (2007)           |                          |
|------------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|            |                  |                          | γ <sub>nat</sub> (kN/m³) | γ <sub>sat</sub> (kN/m³) |
| 1º Horiz.  | H ≤ 7            | 8                        | 18                       | 19                       |
| 2º Horiz.  | H > 7            | 15                       | 18                       | 19                       |

De acordo com Marques (2006), os solos da Formação Barreira, presentes na região alta de Maceió, apresentam significativo efeito de cimentação e sucção matricial nos solos não saturados, que conferem a estes maiores resistências nos períodos de estiagem. Todavia, em períodos chuvosos a infiltração da água no solo, principalmente nas camadas superficiais, promove a diminuição desta sucção e consequentemente a redução substancial da resistência do maciço ao cisalhamento.

A Tabela 5 apresenta os resultados de ensaios de cisalhamento direto, realizados por Marques (2006), de amostras coletadas entre as profundidades 5,10 e 8,4 m de um perfil da Formação Barreira. Observa-se que os valores de  $c'$  reduziram drasticamente com o aumento da saturação do solo.

Tabela 5: Parâmetros de resistência – ensaio de cisalhamento direto.

| Profundidade (m) | Umidade natural |             | Saturação 100% |             |
|------------------|-----------------|-------------|----------------|-------------|
|                  | $c'$ (kPa)      | $\phi'$ (°) | $c'$ (kPa)     | $\phi'$ (°) |
| 5,1              | 17,18           | 31,6        | 0              | 31,8        |
| 7,2              | 7,25            | 32,7        | 0              | 34,9        |
| 8,4              | 21,65           | 36,1        | 1,64           | 27,9        |

Fonte: Marques (2006) - Modificado

Vale ressaltar que a crescente ocupação da região alta de Maceió conjugado com a carência de infraestrutura sanitária do local deve ser levado em consideração nas análises de estabilização das encostas, dado que a falta de manutenção e até a ausência de um sistema de esgoto propiciam a saturação da encosta através do escoamento da água servida.

Devido ao desconhecimento do nível freático ao longo dos anos e levando em consideração as evidências de perda significativa de resistência com a saturação do material, as análises de estabilidade levaram em consideração o parâmetro de poropressão ( $R_u$ ).

$$R_u = \frac{u}{\gamma h} = \frac{u}{\sigma_v}$$

Onde:

$u$  = poropressão (kPa);

$\sigma_v$  = Tensão vertical total (kPa);

O intervalo de valores de  $R_u$ , para caracterizar uma areia argilosa, é de 0,1 a 0,25.

*Rafael Araújo Guillou*  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

Tabela 6: Parâmetros de resistência adotados nas análises numéricas.

| Horizontes | Profundidade (m) | $\phi'$ (°) | $c'$ (kPa) |
|------------|------------------|-------------|------------|
| 1º Horiz.  | $H \leq 7$       | 29          | 7          |
| 2º Horiz.  | $H > 7$          | 35          | 12         |

## 5.2 SEÇÕES ANALISADAS E CENÁRIOS

Foram selecionadas cinco seções para análise de estabilidade, por equilíbrio limite (método Morgenstern-Price), considerando Mohr Coulomb o modelo constitutivo dos materiais. Foi considerada nas seções a existência de dois horizontes de solo areno siltoso.

As análises de estabilidade iniciais contaram com a topografia atual da encosta, sem obra de contenção. Após a verificação dos fatores de segurança e do alcance da superfície de ruptura do estado atual da encosta, verificou-se o ganho de resistência ao cisalhamento com a solução em solo grampeado.

Foi considerado uma sobrecarga de 20 kN/m<sup>2</sup> no topo das seções para simular as cargas devido às construções na proximidade da crista do talude.

A Tabela 7 apresenta a nomenclatura dos cenários analisados neste presente relatório. Para simular a redução da resistência cisalhante analisou-se a variação do parâmetro de poropressão ( $R_u$ ) e a redução da coesão aparente para 1 KPa.

A Figura 5 apresenta a locação das seções analisadas e a área tratada com a solução de solo grampeado (destacado em azul).

Tabela 7: Cenários analisados.

|                | CENÁRIOS   |    | SEÇÕES |       |       |       |       |
|----------------|------------|----|--------|-------|-------|-------|-------|
|                |            |    | S1     | S2    | S3    | S4    | S5    |
| Sem tratamento | $R_u=0$    | P1 | S1-P1  | S2-P1 | S3-P1 | S4-P1 | S5-P1 |
|                | $R_u=0,1$  | P2 | S1-P2  | S2-P2 | S3-P2 | S4-P2 | S5-P2 |
|                | $R_u=0,25$ | P3 | S1-P3  | S2-P3 | S3-P3 | S4-P3 | S5-P3 |
|                | $c'=1$     | P4 | S1-P4  | S2-P4 | S3-P4 | S4-P4 | S5-P4 |
| Com tratamento | $R_u=0$    | G1 | S1-G1  | S2-G1 | S3-G1 | S4-G1 | S5-G1 |
|                | $R_u=0,1$  | G2 | S1-G2  | S2-G2 | S3-G2 | S4-G2 | S5-G2 |
|                | $R_u=0,25$ | G3 | S1-G3  | S2-G3 | S3-G3 | S4-G3 | S5-G3 |
|                | $c'=1$     | G4 | S1-G4  | S2-G4 | S3-G4 | S4-G4 | S5-G4 |

*Rafael Araújo Guillou*  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

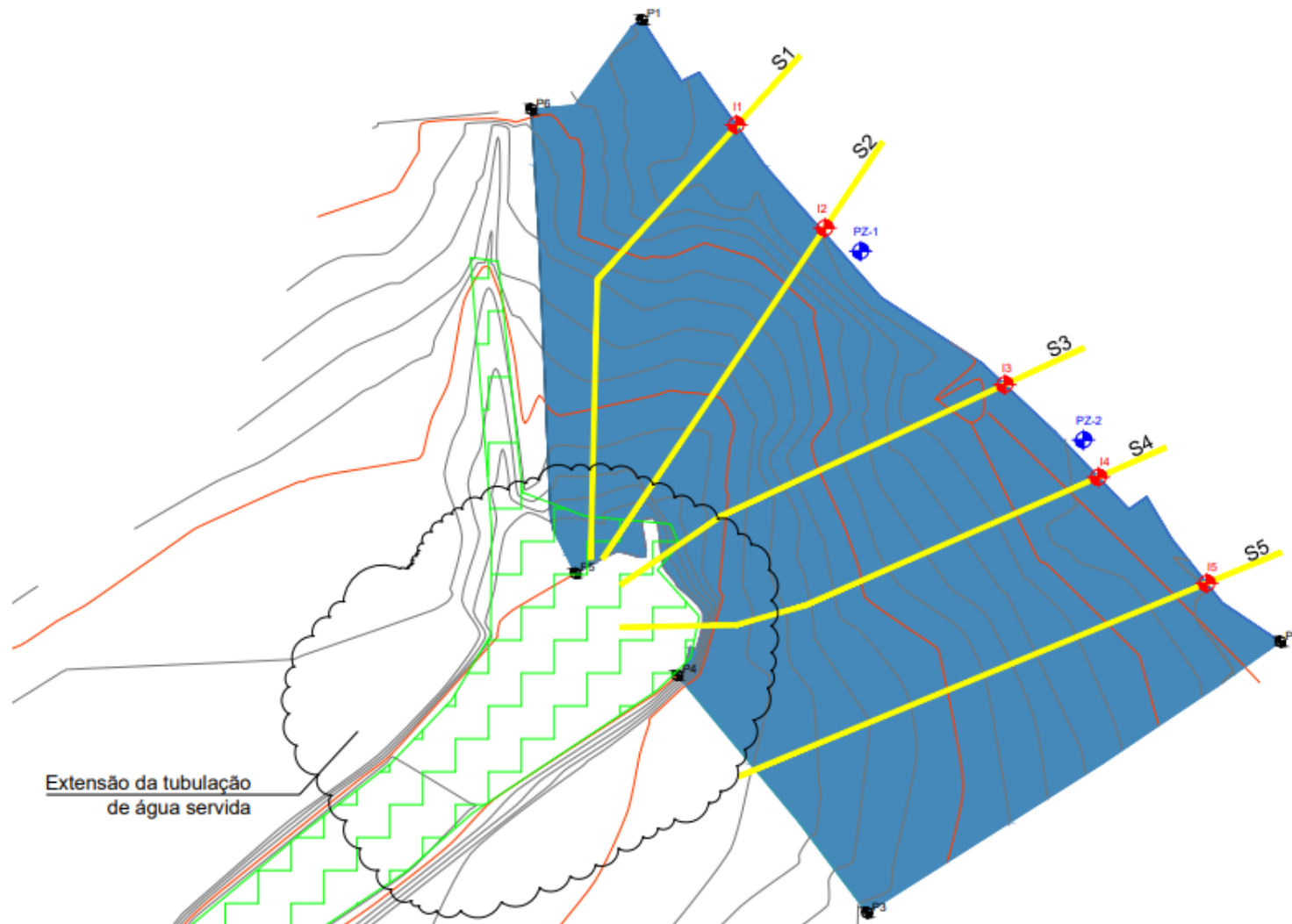


Figura 5:Localização das seções analisadas, da área de tratamento e da instrumentação recomendada.

## 6. JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DA SOLUÇÃO

A solução adotada para o projeto básico foi o grampeamento da encosta. Esta solução consiste basicamente na inserção de grampos na encosta que trabalharão passivamente no conjunto solo-estrutura. Isso significa que o grampo só será solicitado se ocorrer deformações no talude. Sabe-se que as deformações mais significativas ocorrem na crista do talude, justamente aonde atualmente existem residências. Os deslocamentos atuais no talude, devido à ausência de contenção, já acarretam danos às estruturas circunvizinhas, como é o caso apresentado Figura 6.

Uma solução mais assertiva para minimizar a questão dos deslocamentos na crista da encosta seria aquela em que a barra de aço trabalhasse de forma ativa, como é o caso em cortinas atirantadas. Todavia, devido ao difícil acesso de máquinas na região da encosta, é inviável a construção de uma cortina para combater a tração destes tirantes.

Desta maneira, a escolha da solução em solo grampeado foi prioritariamente devido à metodologia construtiva. Portanto, para assegurar a eficiência desta solução, deve-se investir em instrumentações que detectem os deslocamentos com o tempo (inclinômetros) e a poropressão dentro da encosta (piezômetros).

Neste presente relatório não será apresentado uma análise de tensão deformação da solução, indicando uma magnitude de deslocamentos na crista, visto que esta análise está intimamente relacionada com os parâmetros de elasticidade dos solos, parâmetros estes que não puderam ser obtidos direta ou indiretamente até o momento.



Figura 6: Trinca em residência próxima à encosta.

*Rafael Araújo Guillou*  
Rafael Araújo Guillou  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

## 7. SOLUÇÃO - SOLO GRAMPEADO

### 7.1 GRAMPO

Os grampos adotados nas análises são barras de aço GW 32 mm Plus e GW 36 mm Plus, da Dywidag. A Tabela 8 apresenta dados dos grampos fornecidos no catálogo da Dywidag.

Tabela 8: Informações sobre os grampos Dywidag.

| Ø (mm)    | Tensão de Escoamento (MPa) | Área (mm²) | Carga de escoamento (kN) | Carga Última (kN) |
|-----------|----------------------------|------------|--------------------------|-------------------|
| 32 (Plus) | 690                        | 864        | 588                      | 666               |
| 36 (Plus) | 690                        | 982        | 666                      | 764               |

As tabelas abaixo apresentam, para as regiões de cada seção analisada, o quantitativo de grampos, as cotas na superfície do talude, o comprimento e inclinação destes, os espaçamentos verticais e horizontais e as propriedades do grampo.

Tabela 9: Informações grampo – Seção 1

| SEÇÃO 1 |          |                 |                |        |        |               |                      |
|---------|----------|-----------------|----------------|--------|--------|---------------|----------------------|
| Grampo  | Cota (m) | Comprimento (m) | Inclinação (°) | Sv (m) | Sh (m) | Ø grampo (mm) | F <sub>yk</sub> (kN) |
| 1       | 37,5     | 8               | 20             | 0,86   | 2      | 32            | 588                  |
| 2       | 35,5     | 8               | 20             | 2      | 2      | 32            | 588                  |
| 6       | 29,5     | 8               | 20             | 2      | 2      | 32            | 588                  |
| 7       | 27,5     | 8               | 20             | 2      | 2      | 32            | 588                  |

Tabela 10: Informações grampo – Seção 2

| SEÇÃO 2 |          |                 |                |        |        |               |                      |
|---------|----------|-----------------|----------------|--------|--------|---------------|----------------------|
| Grampo  | Cota (m) | Comprimento (m) | Inclinação (°) | Sv (m) | Sh (m) | Ø grampo (mm) | F <sub>yk</sub> (kN) |
| 1       | 37,5     | 10              | 20             | 1,58   | 2      | 32            | 588                  |
| 2       | 35,5     | 10              | 20             | 2      | 2      | 32            | 588                  |
| 3       | 33,5     | 10              | 20             | 2      | 2      | 32            | 588                  |
| 4       | 31,5     | 12              | 20             | 2      | 2      | 36            | 666                  |
| 5       | 29,5     | 12              | 20             | 2      | 2      | 36            | 666                  |
| 6       | 27,5     | 12              | 20             | 2      | 2      | 36            | 666                  |

Tabela 11: Informações grampo – Seção 3

| SEÇÃO 3 |          |                 |                |        |        |               |                      |
|---------|----------|-----------------|----------------|--------|--------|---------------|----------------------|
| Grampo  | Cota (m) | Comprimento (m) | Inclinação (°) | Sv (m) | Sh (m) | Ø grampo (mm) | F <sub>yk</sub> (kN) |
| 1       | 39,5     | 10              | 20             | 0,94   | 1,5    | 32            | 588                  |
| 2       | 37,5     | 10              | 20             | 2      | 1,5    | 32            | 588                  |
| 3       | 35,5     | 10              | 20             | 2      | 1,5    | 32            | 588                  |
| 4       | 33,5     | 12              | 20             | 2      | 1,5    | 36            | 666                  |
| 5       | 31,5     | 12              | 20             | 2      | 1,5    | 36            | 666                  |
| 6       | 29,5     | 12              | 20             | 2      | 1,5    | 36            | 666                  |
| 7       | 27,5     | 12              | 20             | 2      | 1,5    | 36            | 666                  |

Tabela 12: Informações grampo – Seção 4

| SEÇÃO 4 |          |                 |                |        |        |               |                      |
|---------|----------|-----------------|----------------|--------|--------|---------------|----------------------|
| Grampo  | Cota (m) | Comprimento (m) | Inclinação (°) | Sv (m) | Sh (m) | Ø grampo (mm) | F <sub>yk</sub> (kN) |
| 1       | 39,5     | 10              | 20             | 1,8    | 1,5    | 32            | 588                  |
| 2       | 37,5     | 10              | 20             | 2      | 1,5    | 32            | 588                  |
| 3       | 35,5     | 10              | 20             | 2      | 1,5    | 32            | 588                  |
| 4       | 33,5     | 12              | 20             | 2      | 1,5    | 36            | 666                  |
| 5       | 31,5     | 12              | 20             | 2      | 1,5    | 36            | 666                  |
| 6       | 29,5     | 12              | 20             | 2      | 1,5    | 36            | 666                  |
| 7       | 27,5     | 12              | 20             | 2      | 1,5    | 36            | 666                  |

Tabela 13: Informações grampo – Seção 5

| SEÇÃO 5 |          |                 |                |        |        |               |                      |
|---------|----------|-----------------|----------------|--------|--------|---------------|----------------------|
| Grampo  | Cota (m) | Comprimento (m) | Inclinação (°) | Sv (m) | Sh (m) | Ø grampo (mm) | F <sub>yk</sub> (kN) |
| 0       | 41       | 10              | 20             | 1      | 2      | 32            | 588                  |
| 1       | 39,5     | 10              | 20             | 1,5    | 2      | 32            | 588                  |
| 2       | 37,5     | 10              | 20             | 2      | 2      | 32            | 588                  |
| 3       | 35,5     | 10              | 20             | 2      | 2      | 32            | 588                  |

O valor do atrito unitário solo-grampo ( $q_s$ ) tem papel preponderante no comportamento do sistema de reforço. Este parâmetro é essencialmente medido através do ensaio de arrancamento.

O ensaio de arrancamento é realizado ainda na fase de projeto, para se determinar o atrito solo-grampo, e durante a obra, para confirmação dos valores de projeto em pelo menos dois grampos ou 1% dos grampos da obra. A carga máxima de ensaio ( $T_{máx}$ ) não deve exceder 90% da carga de escoamento do grampo ou 120% da carga máxima esperada de arrancamento.

Devido à ausência de ensaios de arrancamento adotou-se a correlação de Ortigão (1997), apresentada abaixo, como base para estimar o valor de  $q_s$ . Ressalta-se que os  $N_{SPT}$  utilizados na expressão são os mesmos adotados pelo projetista (Tabela 2) devido à ausência de ensaios SPT.

$$q_s (kPa) = 50 + 7,5 N_{SPT}$$

Considerando que o furo para o grampo de Ø 32 mm será de Ø 100 mm e o furo para o grampo de Ø 40 mm será de 120 mm, adotou-se as seguintes forças de arrancamento por metro de grampo:

- 35 kN/m → para grampos localizados no 1º horizonte;
- 50 kN/m → para grampos localizados no 2º horizonte;

Vale ressaltar que o processo de reinjeção em duas etapas pode aumentar em até 50% a resistência de arrancamento. Portanto, reitera-se a necessidade desta prática para a seguridade da estrutura.

O mecanismo de instabilidade interna da estrutura de solo grampeado pode ocorrer por fatores como: arrancamento dos grampos ou ruptura de algum dos elementos de reforço (grampos e telas eletrosoldadas). O colapso da estrutura promovido pela ruptura dos grampos pode estar relacionado a fatores como: seção do grampo inadequada e corrosão das barras de aço dos grampos.

Destarte, sendo esta contenção de caráter permanente, deve-se reiterar a importância do uso deste tipo de grampo adotado em projeto, visto que este possui revestimento corrugado de fábrica (deve ser solicitado ao fornecedor), ao longo de todo o grampo, garantindo assim a proteção dupla contra corrosão.

## 7.2 FACE – CONCRETO PROJETADO COM TELA ELETROSOLDADA

A face de concreto projetado com tela eletrosoldada é uma proteção local junto ao paramento, impedindo que haja rupturas superficiais devido à erodibilidade do talude por conta da ação de agentes externos.

A tela eletrosoldada será instalada anteriormente a projeção de concreto, sendo assim importante verificar a existência de vazios através da tela para impedir que esta venha atuar como anteparo.

A espessura de concreto projetado será de 100 mm e o  $f_{ck}$  deve ser igual a 30 MPa. O concreto projetado deve ser por via seca, bombeado através de bombas de injeção (capacidade mínima de 15 kg/cm<sup>2</sup>) conduzido em mangotes até o local de concretagem através de ar comprimido. O  $f_{ck} = 30$  MPa deve ser garantido e verificado através de ensaios.

Já a tela eletrosoldada foi dimensionada para que as superfícies potenciais de ruptura locais fossem combatidas por esta armação. A verificação da viabilidade de adoção da tela eletrosoldada Q283 foi através do software RUVOLUM® da Geobrugg. As verificações feitas para as seções 3 e 4 (que apresentaram rupturas locais) estão presentes no Anexo I. Vale salientar que o software em questão recomenda telas disponibilizadas pela Geobrugg. Todavia, foi feita equivalência de parâmetros para determinação do modelo Q 283.

Devido a limitação de dimensões das telas eletrosoldadas, deve-se garantir o traspasse destas, com amarração adequada, em 15 cm. A fixação das telas na superfície da encosta será através de chumbadores CA-50 Ø 12,5 mm de 1 m de comprimento que estarão dispostos a cada 7 m de comprimento vertical e horizontal da superfície do talude sendo estes conectados por cabos de aço CA-50 Ø 10 mm.

## 8. RESULTADOS

### 8.1 FATORES DE SEGURANÇA

A NBR 11682 recomenda que, para se obter um alto grau de segurança no local através de uma análise de equilíbrio limite, o fator de segurança deve ser igual ou superior a 1,5.

As análises numéricas foram realizadas no software Slide 6.0. A Tabela 14 apresenta os fatores de segurança obtidos para cada cenário proposto.

Observa-se que:

- Na análise de estabilidade sem tratamento as seções 2, 3 e 4 apresentam  $FS < 1$  para  $Ru > 0$  ou  $c' = 1$ . Portanto, entende-se que nas condições atuais da encosta, esta pode sofrer ruptura caso haja uma redução da resistência cisalhante devido a saturação;
- Na análise de estabilidade com tratamento, para  $Ru = 0,25$ , a seção 3 obteve  $FS = 1,492$ ;
- Na análise de estabilidade com tratamento, para  $c' = 1$ , as seções 3 e 4 apresentam  $FS$  igual a 1,290 e 1,111, respectivamente. No entanto as superfícies potenciais de ruptura destas análises foram locais e com isso podem ser combatidas através da tela eletrosoldada aplicada sobre a fase do talude.

Tabela 14: Fatores de segurança

| FATOR DE SEGURANÇA |           |    |        |       |        |        |       |
|--------------------|-----------|----|--------|-------|--------|--------|-------|
|                    | CENÁRIOS  |    | SEÇÕES |       |        |        |       |
|                    |           |    | S1     | S2    | S3     | S4     | S5    |
| Sem tratamento     | $Ru=0$    | P1 | 1,774  | 1,123 | 1,327  | 1,355  | 1,606 |
|                    | $Ru=0,1$  | P2 | 1,605  | 1,02  | 1,186  | 1,205  | 1,469 |
|                    | $Ru=0,25$ | P3 | 1,358  | 0,871 | 0,970  | 0,980  | 1,265 |
|                    | $c'=1$    | P4 | 1,141  | 0,575 | 0,782  | 0,717  | 1,152 |
| Com tratamento     | $Ru=0$    | G1 | 2,027  | 2,029 | 1,938  | 1,948  | 2,234 |
|                    | $Ru=0,1$  | G2 | 1,846  | 1,857 | 1,759  | 1,763  | 2,057 |
|                    | $Ru=0,25$ | G3 | 1,573  | 1,588 | 1,492  | 1,500  | 1,780 |
|                    | $c'=1$    | G4 | 1,502  | 1,789 | 1,290* | 1,111* | 1,686 |

\*Ruptura local a ser combatida pela armação de face.

## 8.2 RUPTURA DO GRAMPO

A Tabela 15 apresenta os valores de carga de trabalho admissíveis e os obtidos em cada seção para cada tipo de grampo e espaçamento horizontal. Observa-se que em todos os casos a carga de tração mobilizada no grampo não ultrapassam as cargas de trabalho calculadas. Os valores dispostos na tabela abaixo também são apresentados nos resultados do Anexo I.

Tabela 15: Cargas de trabalho admissíveis e mobilizadas.

| $\phi$<br>(mm) | Carga de escoamento<br>(kN) | $S_h$ | Carga de trabalho<br>(kN) | Carga de tração mobilizadas (kN) |         |         |         |         |
|----------------|-----------------------------|-------|---------------------------|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                |                             |       |                           | SEÇÃO 1                          | SEÇÃO 2 | SEÇÃO 3 | SEÇÃO 4 | SEÇÃO 5 |
| 32             | 588                         | 1,5   | 392                       | -                                | -       | 233,33  | 233,33  | -       |
| 32             | 588                         | 2     | 294                       | 140                              | 175     | -       | -       | 175     |
| 36             | 666                         | 1,5   | 444                       | -                                | -       | 400     | 400     | -       |
| 36             | 666                         | 2     | 333                       | 200                              | 300     | -       | -       | -       |

## 8.3 ARRANCAMENTO DO GRAMPO

As tabelas abaixo apresentam os valores de carga de tração solicitantes e resistentes nas zonas passivas dos grampos para o cenário G3. Observou-se que, em geral, as análises de estabilidade são do tipo mista, na qual apenas alguns grampos trabalham combatendo o deslizamento da zona ativa. Nota-se que as cargas de tração resistentes são superiores às cargas de tração solicitantes, garantindo assim que a ruptura não ocorra por arrancamento do grampo.

Apesar disso, ressalta-se que o valor de  $q_s$  é arbitrário e relevante nos resultados. Portanto, reitera-se a necessidade de executar ensaios de arrancamento antes do início da execução da obra para assim calibrar o parâmetro  $q_s$  com base nos resultados dos ensaios.

Tabela 16: Cargas de arrancamento – Seção 1 – Cenário G3

| SEÇÃO 1 |                        |                       |
|---------|------------------------|-----------------------|
| Grampo  | Carga solicitante (kN) | Carga resistente (kN) |
| 1       | 26,9                   | 75                    |
| 2       | -                      | -                     |
| 6       | -                      | -                     |
| 7       | 35,7                   | 70                    |

Tabela 17: Cargas de arrancamento – Seção 2 – Cenário G3

| SEÇÃO 2 |                        |                       |
|---------|------------------------|-----------------------|
| Grampo  | Carga solicitante (kN) | Carga resistente (kN) |
| 1       | -                      | -                     |
| 2       | 2,7                    | 7,5                   |
| 3       | 6,9                    | 19                    |
| 4       | 50,5                   | 99                    |
| 5       | 61,0                   | 120                   |
| 6       | 63,2                   | 125                   |

Tabela 18: Cargas de arrancamento – Seção 3 – Cenário G3

| SEÇÃO 3 |                        |                       |
|---------|------------------------|-----------------------|
| Grampo  | Carga solicitante (kN) | Carga resistente (kN) |
| 1       | 40,6                   | 59,5                  |
| 2       | -                      | -                     |
| 3       | -                      | -                     |
| 4       | 24,4                   | 35                    |
| 5       | 22,5                   | 34                    |
| 6       | 48,8                   | 73                    |
| 7       | 110,2                  | 165                   |

Tabela 19: Cargas de arrancamento – Seção 4 – Cenário G3

| SEÇÃO 4 |                        |                       |
|---------|------------------------|-----------------------|
| Grampo  | Carga solicitante (kN) | Carga resistente (kN) |
| 1       | 19                     | 27                    |

*Rafael Araújo Guillou*  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

|   |      |     |
|---|------|-----|
| 2 | -    | -   |
| 3 | -    | -   |
| 4 | -    | -   |
| 5 | 7,5  | 11  |
| 6 | 50,3 | 75  |
| 7 | 167  | 250 |

Tabela 20: Cargas de arracamento – Seção 5 – Cenário G3

| SEÇÃO 5 |                        |                       |
|---------|------------------------|-----------------------|
| Grupo   | Carga solicitante (kN) | Carga resistente (kN) |
| 1       | 65                     | 126                   |
| 2       | 41,7                   | 83                    |
| 3       | 32,4                   | 90                    |
| 4       | 39,2                   | 110                   |

*Rafael Araújo Guillou*  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

## 9. ENSAIO DE ARRANCAMENTO

Os carregamentos devem ser realizados em pequenos estágios e estabilizados durante 30 minutos, para verificação dos deslocamentos com o tempo. Deve-se registrar os deslocamentos medidos nos tempos propostos nas tabelas abaixo. No estágio de carregamento máximo a estabilização da carga pode durar até 60 minutos, caso as deformações não se estabilizem próximo dos 30 minutos.

As Tabela 21 e Tabela 22 apresentam as cargas e os tempos para os grampos GW Ø 32 mm Plus (comprimento de 10 m) e grampos GW Ø 36 mm Plus (comprimento de 12 m).

Recomenda-se que sejam executados previamente dois grampos na encosta (um em cada horizonte e próximo da seção 4) para execução de ensaio de arrancamento. Este ensaio prévio será essencial para o reajuste das resistências ao arrancamento dos grampos adotada no projeto.

Tabela 21: Cargas e tempos de leitura – ensaio de arrancamento – grampo Ø 32 mm.

| Fyk (kN):         | 588        | GRAMPO GW Ø 32 mm Plus - Comprimento = 10 m |   |   |   |   |    |    |    |
|-------------------|------------|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 90% Fyk (kN):     | 529,2      |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Tmáx,ar (kN):     | 350        |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1,2 Tmáx,ar (kN): | 420        |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Estágios          | Carga (kN) | Tempos de leitura de deslocamentos (min)    |   |   |   |   |    |    |    |
|                   |            | 0   | 1 | 2 | 4 | 8 | 15 | 30 | 60 |
| 1                 | 58,8       | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 2                 | 70         | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 3                 | 140        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 4                 | 262,5      | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 5                 | 350        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 6                 | 420        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  | ⊗  |
| 7                 | 350        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 8                 | 262,5      | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 9                 | 140        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 10                | 70         | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 11                | 58,8       | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |

Tabela 22: Cargas e tempos de leitura – ensaio de arrancamento – grampo Ø 36 mm

| Fyk (kN):                     | 666        | GRAMPO GW Ø 36 mm Plus - Comprimento = 12 m |   |   |   |   |    |    |    |
|-------------------------------|------------|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 90% Fyk (kN):                 | 600        |   |   |   |   |   |    |    |    |
| T <sub>máx,ar</sub> (kN):     | 600        |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1,2 T <sub>máx,ar</sub> (kN): | 720        |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Estágios                      | Carga (kN) | Tempos de leitura de deslocamentos (min)    |   |   |   |   |    |    |    |
|                               |            | 0   | 1 | 2 | 4 | 8 | 15 | 30 | 60 |
| 1                             | 66,64      | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 2                             | 120        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 3                             | 240        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 4                             | 450        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 5                             | 600        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 6                             | 720        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  | ⊗  |
| 7                             | 600        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 8                             | 372        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 9                             | 240        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 10                            | 120        | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |
| 11                            | 66,64      | ⊗   | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗  | ⊗  |    |

## 10. INSTRUMENTAÇÃO

### 10.1 INCLINÔMETROS

Recomenda-se que seja realizado acompanhamento dos deslocamentos na crista da encosta, através de inclinômetros, a fim de registrar os deslocamentos gerados para mobilização dos grampos e se estes estão impactando nas estruturas próximas à encosta.

Os inclinômetros devem ter comprimento mínimo de 10 m e serem instalados até 1 m de distância da crista do talude. Caso haja impeditivos para a instalação do inclinômetro em algum ponto, deve-se deslocar este paralelamente a crista do talude. O novo local para instalação deve ser informado ao projetista antes da execução deste. A Figura 5 apresenta as locações propostas pelo projetista, sem georreferenciamento. Portanto, a geolocalização (com indicação do DATUM) deve ser registrada na instalação desta instrumentação.

#### 10.1.1 MÉTODO CONSTRUTIVO

Inicialmente deve-se executar furo vertical com Ø 100 mm até a profundidade que garanta pelo menos 10 m de instrumentação. O tubo de acesso (alumínio ou plástico) Ø 80 mm deve ser apoiado em camada de baixo deslocamento.

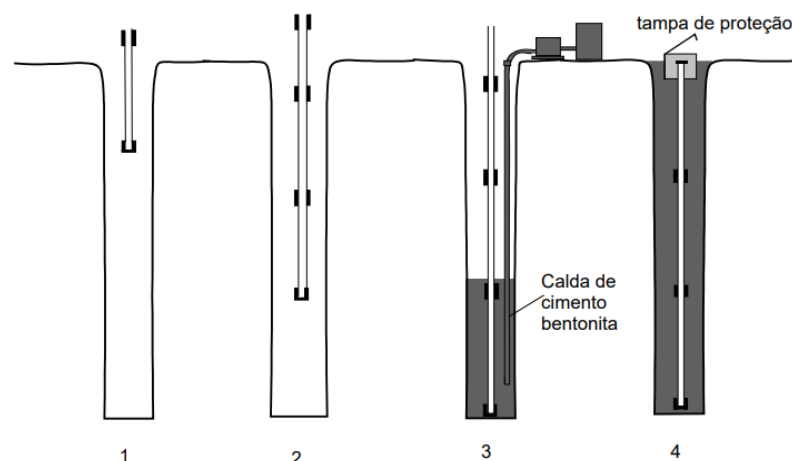


Figura 7: Método construtivo - inclinômetro

As ranhuras do tubo, que servem de guia para as leituras dos deslocamentos, devem estar posicionadas nos eixos principais da obra. Ao final de conectar os segmentos do tubo e inseri-lo no furo, deve-se, através de mangueira de injeção, lançar calda de cimento - bentonita (1:10) de maneira ascendente, preenchendo a região entre o tubo e as paredes do furo;

Deve-se instalar uma caixa de proteção na superfície do terreno para proteger a instrumentação. Esta instrumentação deve ser instalada antes do início das obras e retirada após um tempo determinado do final da obra ( a ser adotado após verificação dos deslocamentos durante a obra).

## 10.1.2 MEDIÇÕES

Preliminarmente as medições devem ocorrer semanalmente (fase construtiva). Este período pode ser alterado a partir da verificação das primeiras medições. A medição dos deslocamentos horizontais é feita através da inserção do torpedo deslizante ( $\varnothing$  25 mm) no tubo de acesso que faz a leitura dos deslocamentos de maneira ascendente, conforme retorno do torpedo para a superfície.

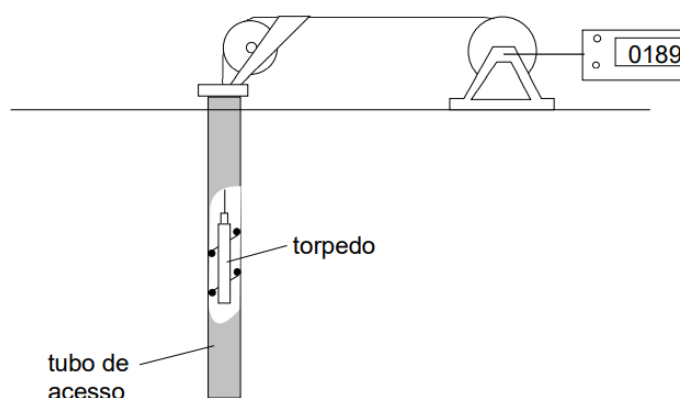


Figura 8: Detalhe - medição

Recomenda-se o uso de torpedo cego antes da inserção do torpedo com sensores, para garantir que o furo está desobstruído. O sensor é guiado por rodinhas auto-alinháveis que mantêm o instrumento posicionado no centro do tubo. As leituras são feitas a cada 0,5 m e recomenda-se que esta seja feita de maneira automatizada.

## 10.2 PIEZÔMETROS

A encosta deve ser instrumentada com pelo menos dois piezômetros de tubo aberto para medição da linha piezométrica. A Figura 5 apresenta as locações propostas pelo projetista, sem georreferenciamento. Portanto, a geolocalização (com indicação do DATUM) deve ser registrada na instalação desta instrumentação.

Deve-se realizar perfurações de Ø 100 mm até pelo menos a profundidade de 10 m. Não deve ser utilizado lama para a perfuração, para não influenciar a permeabilidade da parede do furo.

### 10.2.1 MÉTODO CONSTRUTIVO

Instala-se um tubo de acesso vertical Ø 32 mm com material poroso na extremidade inferior. Em seguida, preencha-se 1 m do furo com areia grossa lavada. Após, preencher-se pelo menos 0,5 m do furo com bolas de bentonita. A altura restante do furo deve ser preenchida com calda de cimento - bentonita (1:10);

Ao final, executa-se a caixa de proteção na superfície. O piezômetro deve ser instalado antes do início da obra.

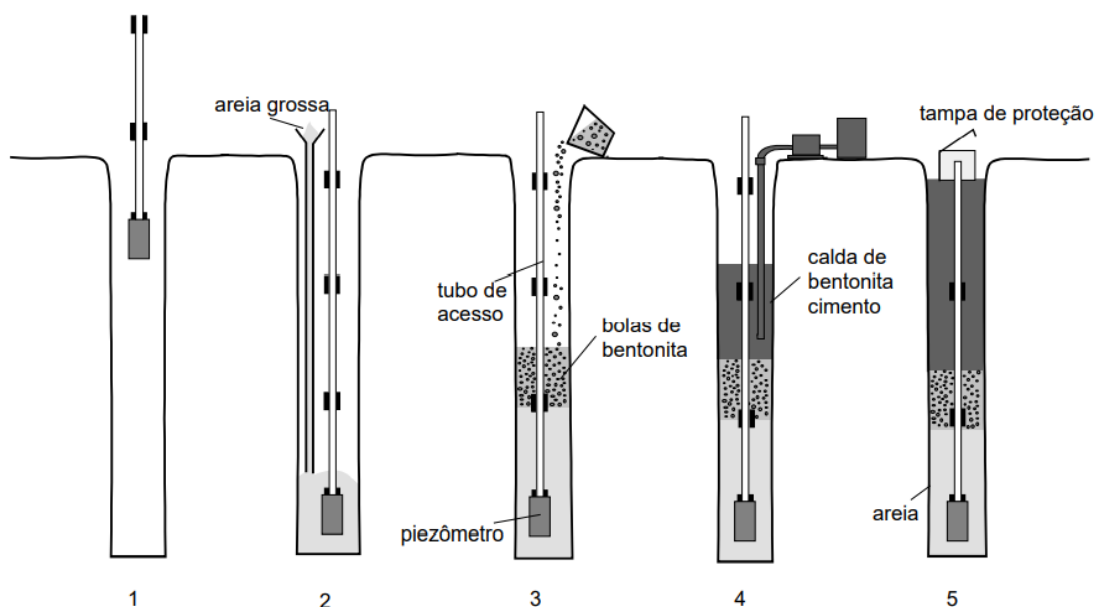


Figura 9: Método construtivo – piezômetro.

### 10.2.2 MEDIÇÕES

Preliminarmente as medições devem ocorrer semanalmente (fase construtiva). Este período pode ser alterado a partir da verificação das primeiras medições. A leitura é realizada com um instrumento indicador de nível d'água que consta de um torpedo contendo uma chave elétrica, um fio graduado e um carretel.

## 11. MÉTODO CONSTRUTIVO

### 11.1 SOLO GRAMPEADO

- 1) O trabalho deverá iniciar com a limpeza da vegetação e regularização dos taludes. Os trabalhadores devem acessar a encosta íngreme através de cordas e equipados com os devidos

*Rafael Araújo Guillou*  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

dispositivos de segurança. Estes utilizarão ferramentas (ex: enxadas) para pequenas conformações necessárias da encosta;

- 2) Finalizado o processo de conformação e limpeza, deve-se instalar as telas eletrosoldadas Q283, com traspasse de 0,15 m. Deve-se instalar chumbadores a cada 7 m na crista do talude e na superfície do talude para fixação da tela;
- 3) Deve-se realizar montagem dos andaimes ao longo da encosta, para viabilizar o início da execução do grampeamento;
- 4) Devido a dificuldade de acesso ao local, a perfuratriz a ser utilizada para perfuração dos furos deve ser leve, sendo possível montá-la e manuseá-la sobre os andaimes;
- 5) O furo para os grampos deverá ser executado com Ø 100 mm (para os grampos GW Plus Ø 32 mm) e com Ø 120 mm (para os grampos GW Plus Ø 36 mm), ambos inclinados 20° com a horizontal;
- 6) O furo deve ser limpo com auxílio de ar comprimido, para melhorar a aderência da calda de cimento;
- 7) Deve-se garantir que o furo permaneça estável até o final dos processos de injeção. Caso seja necessário a cavidade do furo pode ser lavada com a calda de cimento para auxiliar na estabilidade interna deste;
- 8) O furo deve ser preenchido com a bainha (nata de cimento com relação água/cimento de 0,5). Este fator água/cimento pode ser ajustado de acordo com as condições de estabilidade da perfuração e permeabilidade. Entretanto, esta mudança deve ser discutida com a projetista.
- 9) A bainha deve ser inserida de maneira ascendente, através de tubos acessórios removíveis, garantindo o preenchimento total do furo;
- 10) Antes da inserção do grampo GW Plus, deve-se certificar os espaçamento dos centralizadores e a presença de dois tubos de injeção (de polietileno e Ø 8 a 10 mm) fixados ao longo da barra;
- 11) Sendo esta contenção de caráter permanente, deve-se reiterar a importância do uso deste tipo de grampo adotado em projeto, visto que este possui revestimento corrugado de fábrica, ao longo de todo o grampo, garantindo assim a proteção dupla contra corrosão.
- 12) O projeto conta com duas reinjeções, que ocorrerão após 12h após a execução da bainha e 12h após a 1ª reinjeção, respectivamente. As injeções de calda de cimento ocorrerão em etapa única. A reinjeção é relevante para o aumento da resistência ao arrancamento do grampo.
- 13) A pressão mínima de injeção deve ser de 3 kg/cm<sup>2</sup>. A pressão pode ser reajustada pelo executor, após autorização da projetista.
- 14) Após as reinjeções, inicia-se o concreto projetado sobre a fase da encosta. O concreto projetado deve ser por via seca, bombeado através de bombas de injeção (capacidade mínima de 15 kg/cm<sup>2</sup>) conduzido em mangotes até o local de concretagem através de ar comprimido. O  $f_{ck} = 30$  MPa deve ser garantido e verificado através de ensaios. A espessura adotada para o concreto projetado é de 100 mm;

## 11.2 DRENAGEM INTERNA

### 11.2.1 DHP

Como drenagem profunda há drenos subhorizontais profundos de tubos de PVC de Ø 50 mm com perfurações de Ø 8 mm a cada 50 cm. Os drenos lineares são embutidos no maciço em perfurações de Ø 100 mm. O comprimento proposto para o DHP é de 12 m e a inclinação é de 5°.

Toda a tubulação de PVC deve ser envolta em tela de Nylon # 60 ou bidim OP 20. O selo de argila ou solo cimento deve ser executado no primeiro metro do dispositivo de drenagem. Recomenda-se que o tubo seja estendido pelo menos 30 cm para fora da superfície do concreto projetado.

Os DHP's propostos foram dispostos na superfície da encosta, com a finalidade de atuar em um volume correspondente a área superficial de 4 m<sup>2</sup> (superfície de concreto projetado).

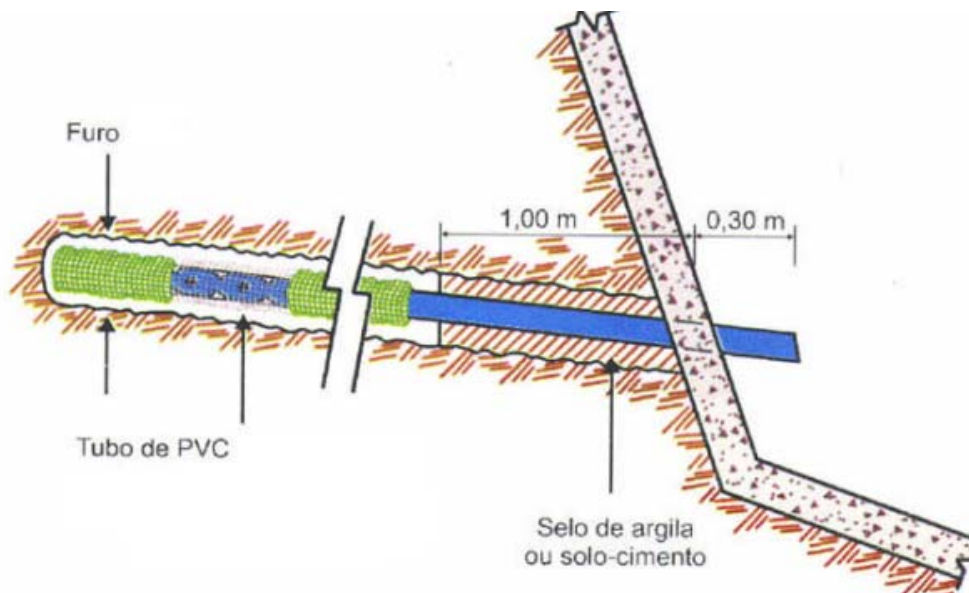


Figura 10: Detalhe - DHP

### 11.2.2 BARBACÃ

O barbacã é uma drenagem dita pontual, que funciona como dispositivo de drenagem para o paramento, impedindo cargas de empuxo sobre a face do grampeamento.

O dreno tipo barbacã é o resultado da escavação de uma cavidade com cerca de 40x40x40cm preenchida com material arenoso ou britado. A cavidade escavada é revestida com geotêxtil (Manta bidim RT).

O tubo de saída de PVC (40 mm) parte do interior para fora do revestimento com inclinação descendente e comprimento aproximado de 50 cm.

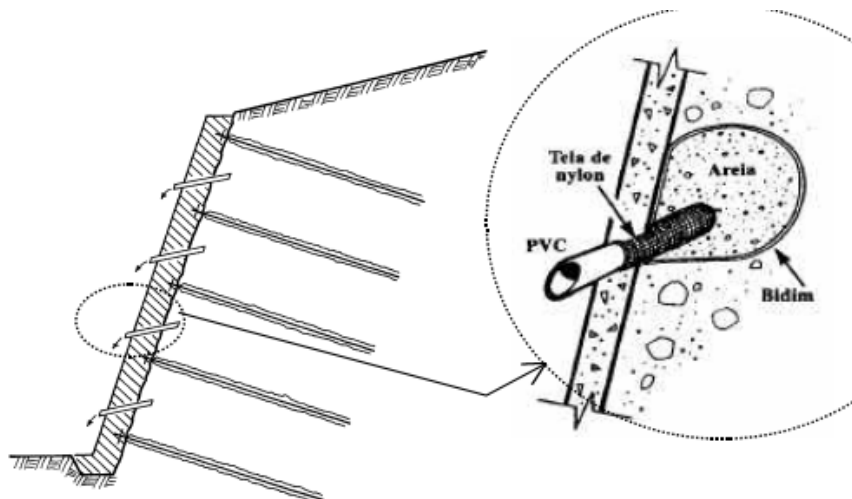


Figura 11: Barbacã

## 12. QUANTITATIVO

O quantitativo preliminar de grampos e demais materiais constituintes da solução de solo grampeado é apresentado nas Tabela 23 e Tabela 24.

Já o quantitativo preliminar do sistema de drenagem interna da encosta é apresentado nas Tabela 25 e Tabela 26.

### 12.1 GRAMPO

Tabela 23: Quantitativo de grampos.

| QUANTITATIVO DE GRAMPOS |               |                            |                  |                          |                       |
|-------------------------|---------------|----------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------|
| TIPO DO GRAMPO          | DIÂMETRO (mm) | TENSÃO DE ESCOAMENTO (kPa) | QUANTIDADE (und) | COMPRIMENTO ÚNITÁRIO (m) | COMPRIMENTO TOTAL (m) |
| GW Plus S690            | 32            | 690                        | 65               | 10                       | 650                   |
|                         |               |                            | 5                | 8                        | 40                    |
| GW Plus S690            | 36            | 690                        | 41               | 12                       | 492                   |
|                         |               |                            | 17               | 10                       | 170                   |
|                         |               |                            |                  | Σ=                       | 1352                  |

Tabela 24: Quantitativo dos materiais adicionais à solução de solo grampeado.

| QUANTITATIVO DOS MATERIAIS ADICIONAIS - GRAMPOS |                  |                       |                       |                         |             |
|---|------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------|
| MATERIAIS                                       | QUANTIDADE (und) | COMPRIMENTO TOTAL (m) | ÁREA SUPERFICIAL (m²) | ÁREA TOTAL DE TELA (m²) | VOLUME (m³) |
| Centralizadores                                 | 676              | -                     | -                     | -                       | -           |
| Tubos de injeção                                | 256              | 2704                  | -                     | -                       | -           |
| Concreto projetado                              | -                | -                     | 962                   | -                       | 106         |
| Tela Q283                                       | -                | -                     | 962                   | 1103                    | -           |
| Aço CA-50 Ø10mm                                 | -                | 189                   | -                     | -                       | -           |
| Aço CA-50 Ø12,5mm                               | -                | 36                    | -                     | -                       | -           |

## 12.2 DRENAGEM INTERNA

Tabela 25: Quantitativo de materiais - barbacã

| QUANTITATIVO DE BARBACÃS |                      |                    |                          |                  |                   |                 |                       |
|--------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| MATERIAIS                | Volume unitário (m³) | Área unitária (m²) | Comprimento unitário (m) | Quantidade (und) | Volume total (m³) | Área total (m²) | Comprimento total (m) |
| Brita 1                  | 0,03                 | -                  | -                        | 55               | 1,65              | -               | -                     |
| Manta BIDIM RT           | -                    | 0,5                | -                        |                  | -                 | 27,5            | -                     |
| Tubo PVC                 | -                    | -                  | 0,5                      |                  | -                 | -               | 27,5                  |

Tabela 26: Quantitativo de materiais - DHP

| QUANTITATIVO DE DHP           |                          |                  |                                   |                            |
|-------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| MATERIAIS                     | Comprimento unitário (m) | Quantidade (und) | Comprimento total de tubo PVC (m) | Área de tela de Nylon (m²) |
| Tubo perfurado de PVC Ø 50 mm | 12                       | 30               | 360                               | -                          |
| Tela de Nylon # 60            | 12                       | 30               | -                                 | 57                         |

## 13. RECOMENDAÇÕES

### 13.1 GERAIS

- Antes do início da obra e durante a execução desta, deve-se prever vistorias periódicas nas estruturas vizinhas para verificação da integridade e detecção de novas trincas;
- Realizar campanha de investigação geotécnica (sondagens a percussão) para calibração do perfil estratigráfico da encosta;
- Realizar campanha de ensaios triaxiais CID e CIU para calibração dos parâmetros de resistência da encosta;
- O serviço deve ser realizado no período de estiagem, conforme a NBR 11682;
- Realizar ensaio de arrancamento prévio, para calibração do parâmetro qs de projeto;
- Realizar instalação da instrumentação antes do início das obras para monitoramento e ajustes necessários ao projeto, principalmente quanto ao espaçamento dos dispositivos de drenagem interna;
- O sistema de drenagem superficial (valetas, DAD's e demais dispositivos) serão abordados no relatório referente ao projeto de drenagem;
- Este projeto é de caráter **BÁSICO**. Portanto necessita de ajustes para assim viabilizar o projeto executivo para enfim possibilitar a execução da obra. Caso este projeto seja utilizado para execução da obra a responsabilidade de tal é integralmente do cliente e do executor.

## 13.2 ÁGUA SERVIDA

- Para a seguridade da estabilidade da encosta, deve-se estender a tubulação de água servida instalada no canal, visando impedir a saturação do pé da encosta;
- No processo de perfuração para inserção dos grampos e DHP's o executor deve se atentar-se para o posicionamento dos dispositivos de drenagem da água servida dentro da encosta, evitando assim afetar sua integridade;
- Deve-se assegurar a integridade do dispositivo de drenagem da água servida dentro da encosta, antes e depois a execução da obra, bem como a manutenção desta a longo prazo, para impedir a saturação da encosta por esta contribuição inesperada;

## 13.3 CONFORMAÇÃO DA ENCOSTA

- Recomenda-se a execução da conformação da encosta na etapa preliminar, de limpeza, através de enxadas.
- Deve-se atentar para regiões onde o talude possui inclinação superior a 75° e quinas acentuadas, como pode ser visto da Figura 43;

## 14. CONCLUSÕES

A projetista concluiu que:

- A encosta **não** apresenta estabilidade recomendada, de acordo com a NBR 11682, quando não apresenta solução de tratamento;
- A escolha da solução em solo grampeado foi prioritariamente devido à metodologia construtiva.
- Com esta escolha de tratamento haverá deslocamentos verticais e horizontais, principalmente na crista, que necessitam ser rigorosamente monitorados;
- O uso dos grampos adotados, devidamente protegidos contra corrosão, proporcionam o aumento do fator de segurança, afastando a superfície potencial de ruptura da superfície da encosta.
- Em geral, a estabilidade da encosta com o grampeamento foi do tipo mista, no qual nem todos os grampos trabalham combatendo passivamente o deslizamento da zona ativa. Todavia, todos os grampos contribuíram para o reforço na região das superfícies detectadas antes do reforço.
- A adoção desta solução de tratamento confere a encosta estabilidade recomendada, de acordo com a NBR 11682;
- Uma análise de tensão deformação, para conferência dos deslocamentos na crista, se faz desnecessário no dado momento devido à falta de informações sobre o comportamento elastoplástico das camadas da encosta;

- Os diâmetros adotados para os grampos propiciam: garantia contra ruptura, corrosão e também promovem maior combate aos deslocamentos previstos;
- A adoção da tela eletrosoldada Q283 permite que as superfícies potenciais de rupturas locais sejam combatidas por esta armação. Esta também foi adotada pois confere mais resistência a face contra os deslocamentos previstos;
- A reinjeção promove aumento substancial no parâmetro de arrancamento, conferindo assim maior segurança contra o arrancamento do grampo;
- A drenagem interna composta por DHP e barbacã é essencial para a drenagem da encosta, evitando assim a saturação do maciço;

## 15. ANEXO I

### 15.1 Dimensionamento da tela eletrosoldada - Seção 3

| Introduzir quantidades                                      |                   |                        |
|---|-------------------|------------------------|
| Inclinação do talude  | $\alpha =$        | 75.0 Graus             |
| Espessura da camada   | $t =$             | 2.00 m                 |
| Ângulo de atrito interno do material (Valor característico) | $\Phi_k =$        | 29.0 Graus             |
| Densidade do material (Valor característico)                | $\gamma_k =$      | 18.0 kN/m <sup>3</sup> |
| Inclinação da pregagem                                      | $\psi =$          | 20.0 Graus             |
| Distância horizontal das pregagens                          | $a =$             | 2.00 m                 |
| Distância vertical das pregagens                            | $b =$             | 1.80 m                 |
| Casos de carga  |                   |                        |
| Pressão da corrente   |                   | Não                    |
| Sismo   |                   | Não                    |
| Coefficiente sísmico de aceleração horizontal               | $e_h =$           | 0.000 [-]              |
| Coefficiente sísmico de aceleração vertical                 | $e_v =$           | 0.000 [-]              |
| Padrões e factores de segurança                             |                   |                        |
| Coesão do material (Valor característico)                   | $c_k =$           | 0.0 kN/m <sup>2</sup>  |
| Raio do cone de pressão, superior                           | $\zeta =$         | 0.15 m                 |
| Inclinação do cone de pressão em relação à horizontal       | $\delta =$        | 45.0 Graus             |
| Força paralela do talude                                    | $Z_d =$           | 15.0 kN                |
| Força de pré-tensionamento do sistema                       | $V =$             | 30.0 kN                |
| Coefficiente de segurança parcial para o ângulo de atrito   | $\gamma_\phi =$   | 1.25 [-]               |
| Coefficiente de segurança parcial para a coesão             | $\gamma_c =$      | 1.25 [-]               |
| Coefficiente de segurança parcial para a densidade          | $\gamma_\gamma =$ | 1.00 [-]               |
| Coefficiente de incerteza do modelo                         | $\gamma_{mod} =$  | 1.10 [-]               |
| Dados para o dimensionamento                                |                   |                        |
|   | $\Phi_d =$        | 23.9 Graus             |
|   | $c_d =$           | 0.0 kN/m <sup>2</sup>  |
|   | $\gamma_d =$      | 18.0 kN/m <sup>3</sup> |

| Elementos do sistema  |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| Tipo de malha aplicada  | TECCO G65/3                        |        |
| Tipo de placas Spike plate aplicadas                              | Sistema de placas de amarração P33 |        |
| Resistência da malha às tensões paralelas do talude               | $Z_R =$                            | 30 kN  |
| Resistência da malha ao punçoamento na direcção das pregagens     | $D_R =$                            | 180 kN |
| Resistência da malha às forças de corte na direcção das pregagens | $P_R =$                            | 90 kN  |
| Alongamento no teste de resistência à tração longitudinal         | $\delta <$                         | 6 %    |

|   |                |                     |
|---|----------------|---------------------|
| Tipo de pregagens aplicadas                         | GEWI D = 32 mm |                     |
| Tomando em consideração a corrosão                  | Sim            |                     |
| Resistência da pregagem à tracção                   | $T_{Rred} =$   | 308 kN              |
| Resistência da pregagem ao corte                    | $S_{Rred} =$   | 178 kN              |
| Secção da superfície da pregagem com / sem corrosão | $A_{Rred} =$   | 616 mm <sup>2</sup> |

| Comprovações   |  |        |
|--|--|--------|
| Comprovação da malha ao corte na parte superior da placa de amarração                  |  | Cumpre |
| Comprovação da malha à transmissão da força z na pregagem                              |  | Cumpre |
| Comprovação da pregagem ao escorregamento de uma camada superficial paralela ao talude |  | Cumpre |
| Comprovação da malha ao punçoamento  |  | Cumpre |
| Comprovação da pregagem a esforços combinados  |  | Cumpre |

Os ensaios apresentados referem-se a investigações sobre instabilidades superficiais. Investigações adicionais são necessárias se existem riscos relacionados com a estabilidade global do talude. Se necessário, o tipo de pregagens e a malha de pregagens têm de ser adaptadas.

| Investigação de instabilidades locais entre pregagens simples   |                             |         |
|---|-----------------------------|---------|
| Comprovação da malha ao corte na parte superior da placa de amarração   |                             |         |
| Esforço máximo da malha ao corte na direcção das pregagens na parte superior da placa de amarração (nível de dimensionamento) | $P_d =$                     | 14.8 kN |
| Espessura do mecanismo deslizando decisivo  | $t_{rel} =$                 | 0.64 m  |
| Resistência da malha ao corte na direcção das pregagens na parte superior da placa de amarração (valor característico)        | $P_R =$                     | 90.0 kN |
| Coefficiente de correcção ao corte na direcção das pregagens  | $\gamma_{rel} =$            | 1.5 [-] |
| Valor da resistência da malha ao corte  | $P_R/\gamma_{rel} =$        | 60.0 kN |
| Comprovação da capacidade de segurança:   | $P_d \leq P_R/\gamma_{rel}$ | Cumpre  |
| Comprovação da malha à transmissão da força z na pregagem   |                             |         |
| Força paralela ao talude tomada em consideração para as condições de equilíbrio   | $Z_d =$                     | 15.0 kN |
| Resistência da malha às forças paralelas ao talude  | $Z_R =$                     | 30.0 kN |
| Coefficiente de correcção da componente da força Z paralela ao talude   | $\gamma_{ZR} =$             | 1.5 [-] |
| Valor da capacidade de suporte de tensão da malha   | $Z_R/\gamma_{ZR} =$         | 20.0 kN |
| Comprovação da capacidade de segurança:   | $Z_d \leq Z_R/\gamma_{ZR}$  | Cumpre  |

## Investigação de instabilidades paralelas ao talude

Comprovação da pregagem ao escorregamento de uma camada superficial paralela ao talude

|  |                                 |          |
|--|---------------------------------|----------|
| Pré-tensão efectivamente aplicada à pregagem                           | V=                              | 30.0 kN  |
| Factor de carga para a influência da pré-tensão                        | $\gamma_{vt}$ =                 | 0.8 [-]  |
| Valor da força de pré-tensão aplicada por influência positiva de V     | $V_{dt}$ =                      | 24.0 kN  |
| Cálculo da força de corte para o dimensionamento em função de $V_{dt}$ | $S_d$ =                         | 104.1 kN |
| Resistência da pregagem ao corte                                       | $S_{tred}$ =                    | 178.0 kN |
| Coefficiente de correcção da resistência ao corte da pregagem          | $\gamma_{st}$ =                 | 1.5 [-]  |
| Valor de cálculo de resistência da pregagem ao corte                   | $S_{tred}/\gamma_{st}$ =        | 118.7 kN |
| Comprovação da capacidade de segurança:                                | $S_d \leq S_{tred}/\gamma_{st}$ | Cumpre   |

Comprovação da malha ao punçoamento

|  |                               |          |
|--|-------------------------------|----------|
| Pré-tensão efectivamente aplicada à pregagem                       | V=                            | 30.0 kN  |
| Factor de carga para a influência da pré-tensão                    | $\gamma_{vt}$ =               | 1.5 [-]  |
| Valor da força de pré-tensão aplicada por influência positiva de V | $V_{dt}$ =                    | 45.0 kN  |
| Resistência da malha aos esforços na direcção das pregagens        | $D_R$ =                       | 180.0 kN |
| Coefficiente de correcção da resistência por punçoamento           | $\gamma_{dr}$ =               | 1.5 [-]  |
| Valor de cálculo da resistência à tracção da pregagem              | $D_R/\gamma_{dr}$ =           | 120.0 kN |
| Comprovação da capacidade de segurança:                            | $V_{dt} \leq D_R/\gamma_{dr}$ | Cumpre   |

Comprovação da pregagem a esforços combinados

|   |                 |          |
|---|-----------------|----------|
| Pré-tensão efectivamente aplicada à pregagem  | V=              | 30.0 kN  |
| Factor de carga para a influência da pré-tensão   | $\gamma_{vt}$ = | 0.8 [-]  |
| Valor da força de pré-tensão aplicada por influência positiva de V  | $V_{dt}$ =      | 24.0 kN  |
| Factor de carga pela influência negativa da pré-tensão  | $\gamma_{vt}$ = | 1.5 [-]  |
| Valor de cálculo da força de pré-tensão aplicada pela influência negativa de V  | $V_{dt}$ =      | 45.0 kN  |
| Cálculo da força de corte para o dimensionamento em função de $V_{dt}$  | $S_d$ =         | 104.1 kN |
| Resistência máxima da malha ao corte  | $P_e$ =         | 14.8 kN  |
| Resistência da pregagem à tracção   | $T_{tred}$ =    | 308.0 kN |
| Resistência da pregagem ao corte  | $S_{tred}$ =    | 178.0 kN |
| Coefficiente de correcção da resistência à tracção  | $\gamma_{tr}$ = | 1.5 [-]  |
| Coefficiente de correcção da resistência ao corte   | $\gamma_{st}$ = | 1.5 [-]  |
| Comprovação da capacidade de segurança: $\{[V_{dt}/(T_{tred}/\gamma_{tr})]^2 + [S_d/(S_{tred}/\gamma_{st})]^2\}^{0.5} \leq 1.0$ | 0.90            | Cumpre   |
| Comprovação da capacidade de segurança: $\{[P_e/(T_{tred}/\gamma_{tr})]^2 + [S_d/(S_{tred}/\gamma_{st})]^2\}^{0.5} \leq 1.0$    | 0.88            | Cumpre   |

Resistência à tracção mínima nas pregagens por instabilidade superficial

|  |         |          |
|--|---------|----------|
| Dimensinamento do valor de resistência à tracção estática equivalente na pregagem para determinação do comprimento mesma | $T_e$ = | 205.3 kN |
|--|---------|----------|

## Seção transversal

Espessura da camada

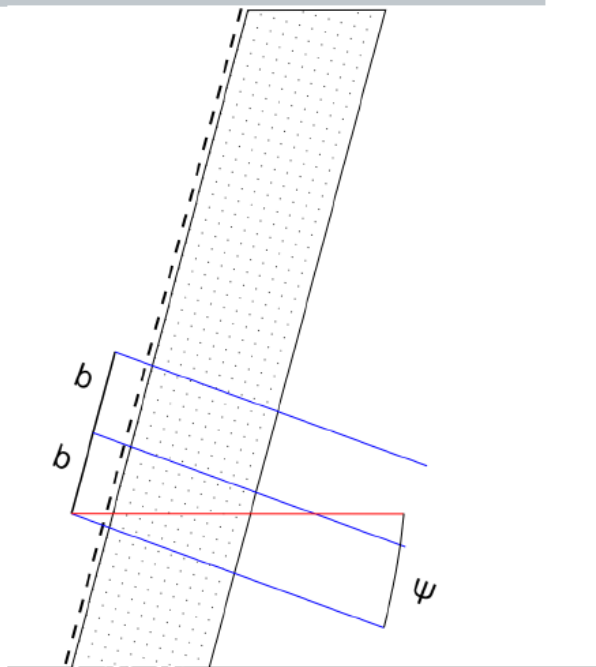
$t = 2.00 \text{ m}$

Inclinação da pregagem

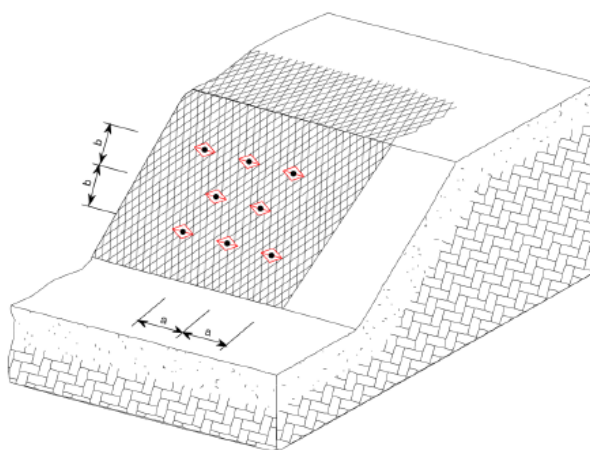
$\psi = 20.0 \text{ Graus}$

Inclinação do talude

$\alpha = 75.0 \text{ Graus}$



## Vista da malha de pregagens:



*Rafael Araújo Guillou*  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

## 15.2 Dimensionamento da tela eletrosoldada - Seção 4

### Introduzir quantidades

Inclinação do talude

$\alpha = 84.0 \text{ Graus}$

Espessura da camada

$t = 1.50 \text{ m}$

Ângulo de atrito interno do material (Valor característico)

$\phi_k = 31.0 \text{ Graus}$

Densidade do material (Valor característico)

$\gamma_k = 18.0 \text{ kN/m}^3$

Inclinação da pregagem

$\psi = 20.0 \text{ Graus}$

Distância horizontal das pregagens

$a = 2.00 \text{ m}$

Distância vertical das pregagens

$b = 1.80 \text{ m}$

## Casos de carga

|   |                |           |
|---|----------------|-----------|
| Pressão da corrente                           |                | Não       |
| Sismo   |                | Não       |
| Coefficiente sísmico de aceleração horizontal | $\epsilon_h =$ | 0.000 [-] |
| Coefficiente sísmico de aceleração vertical   | $\epsilon_v =$ | 0.000 [-] |

## Padrões e factores de segurança

|   |              |                       |
|---|--------------|-----------------------|
| Coesão do material (Valor característico)                 | $c_k =$      | 0.0 kN/m <sup>2</sup> |
| Raio do cone de pressão, superior                         | $\zeta =$    | 0.15 m                |
| Inclinação do cone de pressão em relação à horizontal     | $\delta =$   | 45.0 Graus            |
| Força paralela do talude                                  | $Z_d =$      | 15.0 kN               |
| Força de pré-tensionamento do sistema                     | $V =$        | 30.0 kN               |
| Coefficiente de segurança parcial para o ângulo de atrito | $Y_\phi =$   | 1.25 [-]              |
| Coefficiente de segurança parcial para a coesão           | $Y_c =$      | 1.25 [-]              |
| Coefficiente de segurança parcial para a densidade        | $Y_\gamma =$ | 1.00 [-]              |
| Coefficiente de incerteza do modelo                       | $Y_{mod} =$  | 1.10 [-]              |

## Dados para o dimensionamento

|              |                        |
|--------------|------------------------|
| $\Phi_d =$   | 25.7 Graus             |
| $c_d =$      | 0.0 kN/m <sup>2</sup>  |
| $\gamma_d =$ | 18.0 kN/m <sup>3</sup> |

## Elementos do sistema

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| Tipo de malha aplicada  | TECCO G65/3                        |
| Tipo de placas Spike plate aplicadas                              | Sistema de placas de amarração P33 |
| Resistência da malha às tensões paralelas do talude               | $Z_R =$ 30 kN                      |
| Resistência da malha ao punçoamento na direcção das pregagens     | $D_R =$ 180 kN                     |
| Resistência da malha às forças de corte na direcção das pregagens | $P_R =$ 90 kN                      |
| Alongamento no teste de resistência à tração longitudinal         | $\delta <$ 6 %                     |

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| Tipo de pregagens aplicadas                         | GEWI D = 32 mm                   |
| Tomando em consideração a corrosão                  | Sím                              |
| Resistência da pregagem à tracção                   | $T_{Rred} =$ 308 kN              |
| Resistência da pregagem ao corte                    | $S_{Rred} =$ 178 kN              |
| Secção da superfície da pregagem com / sem corrosão | $A_{Rred} =$ 616 mm <sup>2</sup> |

## Comprovações

|  |        |
|--|--------|
| Comprovação da malha ao corte na parte superior da placa de amarração                  | Cumpre |
| Comprovação da malha à transmissão da força z na pregagem                              | Cumpre |
| Comprovação da pregagem ao escorregamento de uma camada superficial paralela ao talude | Cumpre |
| Comprovação da malha ao punçoamento  | Cumpre |
| Comprovação da pregagem a esforços combinados  | Cumpre |

Os ensaios apresentados referem-se a investigações sobre instabilidades superficiais. Investigações adicionais são necessárias se existem riscos relacionados com a estabilidade global do talude. Se necessário, o tipo de pregagens e a malha de pregagens têm de ser adaptadas.

*Rafael Araújo Guillo*  
Rafael Araújo Guillo  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

## Investigação de instabilidades locais entre pregagens simples

Comprovação da malha ao corte na parte superior da placa de amarração

|   |                              |         |
|---|------------------------------|---------|
| Esforço máximo da malha ao corte na direcção das pregagens na parte superior da placa de amarração (nível de dimensionamento) | $P_d =$                      | 22.3 kN |
| Espessura do mecanismo deslizando decisivo  | $t_{ef} =$                   | 0.60 m  |
| Resistência da malha ao corte na direcção das pregagens na parte superior da placa de amarração (valor característico)        | $P_R =$                      | 90.0 kN |
| Coefficiente de correcção ao corte na direcção das pregagens  | $\gamma_{mR} =$              | 1.5 [-] |
| Valor da resistência da malha ao corte  | $P_R / \gamma_{mR} =$        | 60.0 kN |
| Comprovação da capacidade de segurança:   | $P_d \leq P_R / \gamma_{mR}$ | Cumpre  |

Comprovação da malha à transmissão da força z na pregagem

|   |                              |         |
|---|------------------------------|---------|
| Força paralela ao talude tomada em consideração para as condições de equilíbrio | $Z_d =$                      | 15.0 kN |
| Resistência da malha às forças paralelas ao talude                              | $Z_R =$                      | 30.0 kN |
| Coefficiente de correcção da componente da força Z paralela ao talude           | $\gamma_{zR} =$              | 1.5 [-] |
| Valor da capacidade de suporte de tensão da malha                               | $Z_R / \gamma_{zR} =$        | 20.0 kN |
| Comprovação da capacidade de segurança:   | $Z_d \leq Z_R / \gamma_{zR}$ | Cumpre  |

## Investigação de instabilidades paralelas ao talude

Comprovação da pregagem ao escorregamento de uma camada superficial paralela ao talude

|  |                                   |          |
|--|-----------------------------------|----------|
| Pré-tensão efectivamente aplicada à pregagem                           | $V =$                             | 30.0 kN  |
| Factor de carga para a influência da pré-tensão                        | $\gamma_{Vn} =$                   | 0.8 [-]  |
| Valor da força de pré-tensão aplicada por influência positiva de V     | $V_{di} =$                        | 24.0 kN  |
| Cálculo da força de corte para o dimensionamento em função de $V_{di}$ | $S_d =$                           | 87.9 kN  |
| Resistência da pregagem ao corte                                       | $S_{Rred} =$                      | 178.0 kN |
| Coefficiente de correcção da resistência ao corte da pregagem          | $\gamma_{SR} =$                   | 1.5 [-]  |
| Valor de cálculo de resistência da pregagem ao corte                   | $S_{Rred} / \gamma_{SR} =$        | 118.7 kN |
| Comprovação da capacidade de segurança:                                | $S_d \leq S_{Rred} / \gamma_{SR}$ | Cumpre   |

Comprovação da malha ao punçoamento

|  |                                 |          |
|--|---------------------------------|----------|
| Pré-tensão efectivamente aplicada à pregagem                       | $V =$                           | 30.0 kN  |
| Factor de carga para a influência da pré-tensão                    | $\gamma_{Vn} =$                 | 1.5 [-]  |
| Valor da força de pré-tensão aplicada por influência positiva de V | $V_{di} =$                      | 45.0 kN  |
| Resistência da malha aos esforços na direcção das pregagens        | $D_R =$                         | 180.0 kN |
| Coefficiente de correcção da resistência por punçoamento           | $\gamma_{DR} =$                 | 1.5 [-]  |
| Valor de cálculo da resistência à tracção da pregagem              | $D_R / \gamma_{DR} =$           | 120.0 kN |
| Comprovação da capacidade de segurança:                            | $V_{di} \leq D_R / \gamma_{DR}$ | Cumpre   |

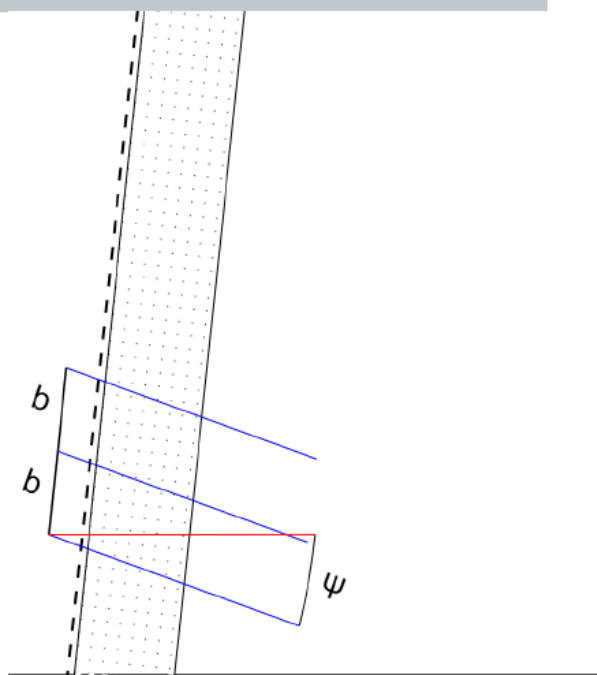
*Rafael Araujo Guillou*  
Rafael Araujo Guillou  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

Comprovação da pregagem a esforços combinados

|  |             |          |
|--|-------------|----------|
| Pré-tensão efectivamente aplicada à pregagem   | V=          | 30.0 kN  |
| Factor de carga para a influência da pré-tensão  | $Y_{vt}$ =  | 0.8 [-]  |
| Valor da força de pré-tensão aplicada por influência positiva de V   | $V_{at}$ =  | 24.0 kN  |
| Factor de carga pela influência negativa da pré-tensão   | $Y_{vn}$ =  | 1.5 [-]  |
| Valor de cálculo da força de pré-tensão aplicada pela influência negativa de V   | $V_{an}$ =  | 45.0 kN  |
| Cálculo da força de corte para o dimensionamento em função de $V_{an}$   | $S_d$ =     | 87.9 kN  |
| Resistência máxima da malha ao corte   | $P_d$ =     | 22.3 kN  |
| Resistência da pregagem à tracção  | $T_{res}$ = | 308.0 kN |
| Resistência da pregagem ao corte   | $S_{res}$ = | 178.0 kN |
| Coefficiente de correcção da resistência à tracção   | $Y_m$ =     | 1.5 [-]  |
| Coefficiente de correcção da resistência ao corte  | $Y_{sa}$ =  | 1.5 [-]  |
| Comprovação da capacidade de segurança: $\{[V_d/(T_{res}/Y_m)]^2 + [S_d/(S_{res}/Y_{sa})]^2\}^{0.5} \leq 1.0$            | 0.77        | Cumpre   |
| Comprovação da capacidade de segurança: $\{[P_d/(T_{res}/Y_m)]^2 + [S_d/(S_{res}/Y_{sa})]^2\}^{0.5} \leq 1.0$            | 0.75        | Cumpre   |
| Resistência à tracção mínima nas pregagens por instabilidade superficial   |             |          |
| Dimensinamento do valor de resistência à tracção estática equivalente na pregagem para determinação do comprimento mesma | $T_d$ =     | 182.8 kN |

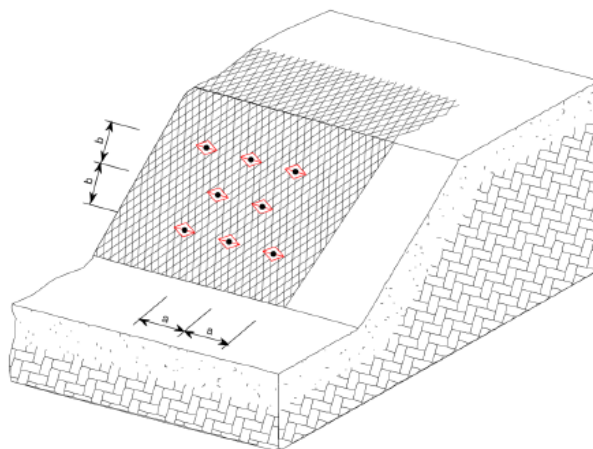
## Secção transversal

|                        |            |            |
|------------------------|------------|------------|
| Espessura da camada    | $t$ =      | 1.50 m     |
| Inclinação da pregagem | $\psi$ =   | 20.0 Graus |
| Inclinação do talude   | $\alpha$ = | 84.0 Graus |



*Rafael Araújo Guillou*  
Rafael Araújo Guillou  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

Vista da malha de pregagens:



*Rafael Araújo Guillou*  
**Rafael Araújo Guillou**  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2

## 16. ANEXO II

### 16.1 SEÇÃO 1 – SEM TRATAMENTO

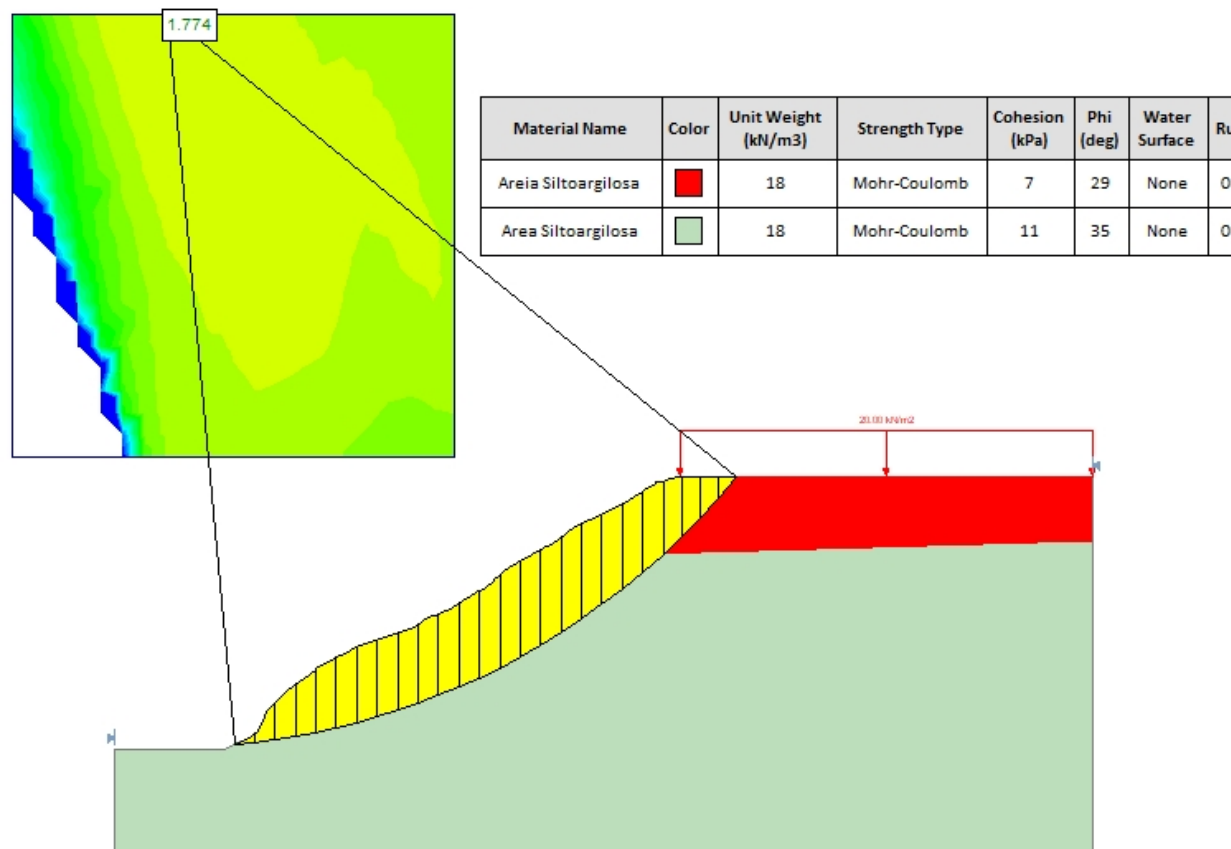


Figura 12: Estabilidade cenário S1-P1

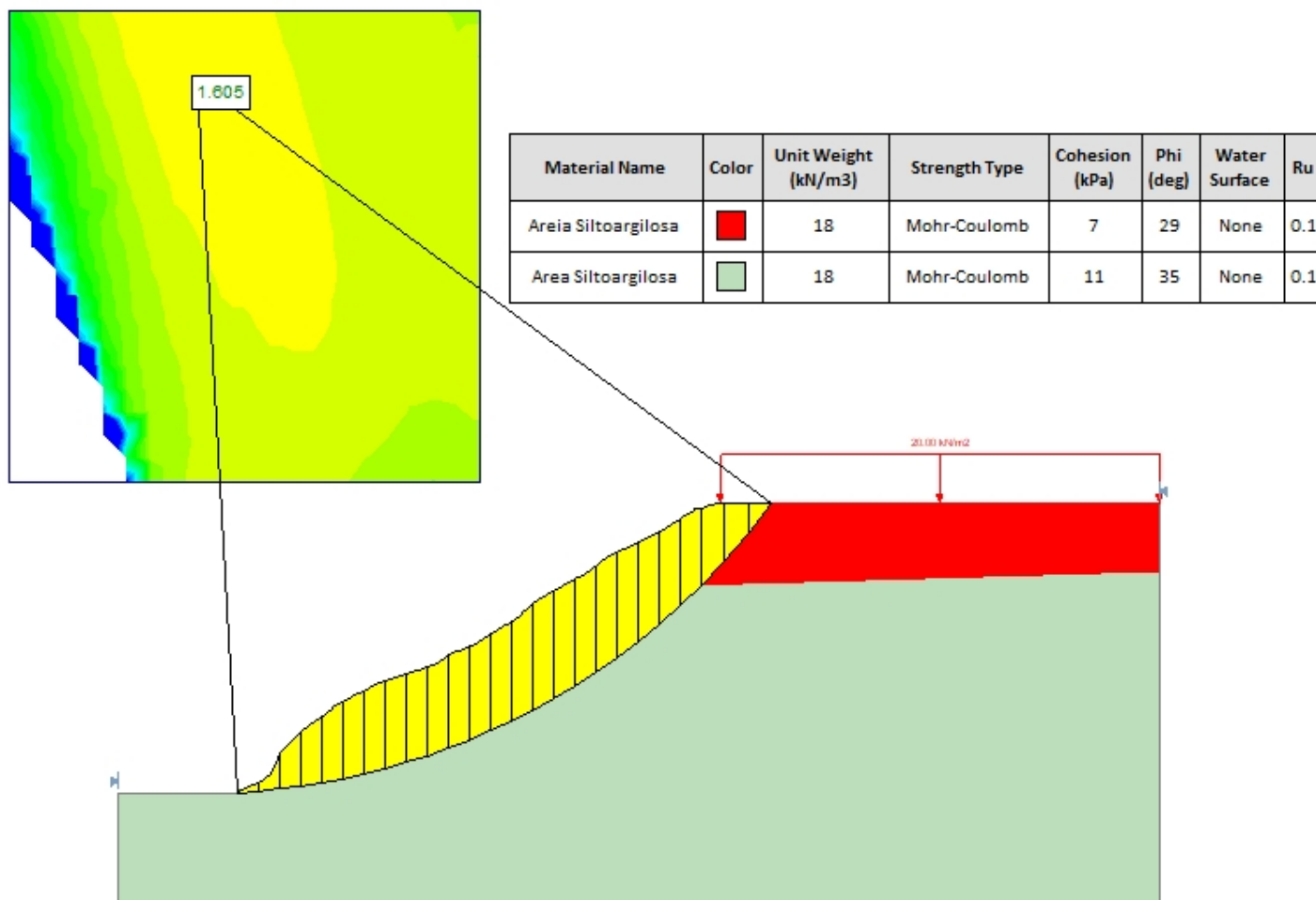


Figura 13: Estabilidade cenário S1-P2

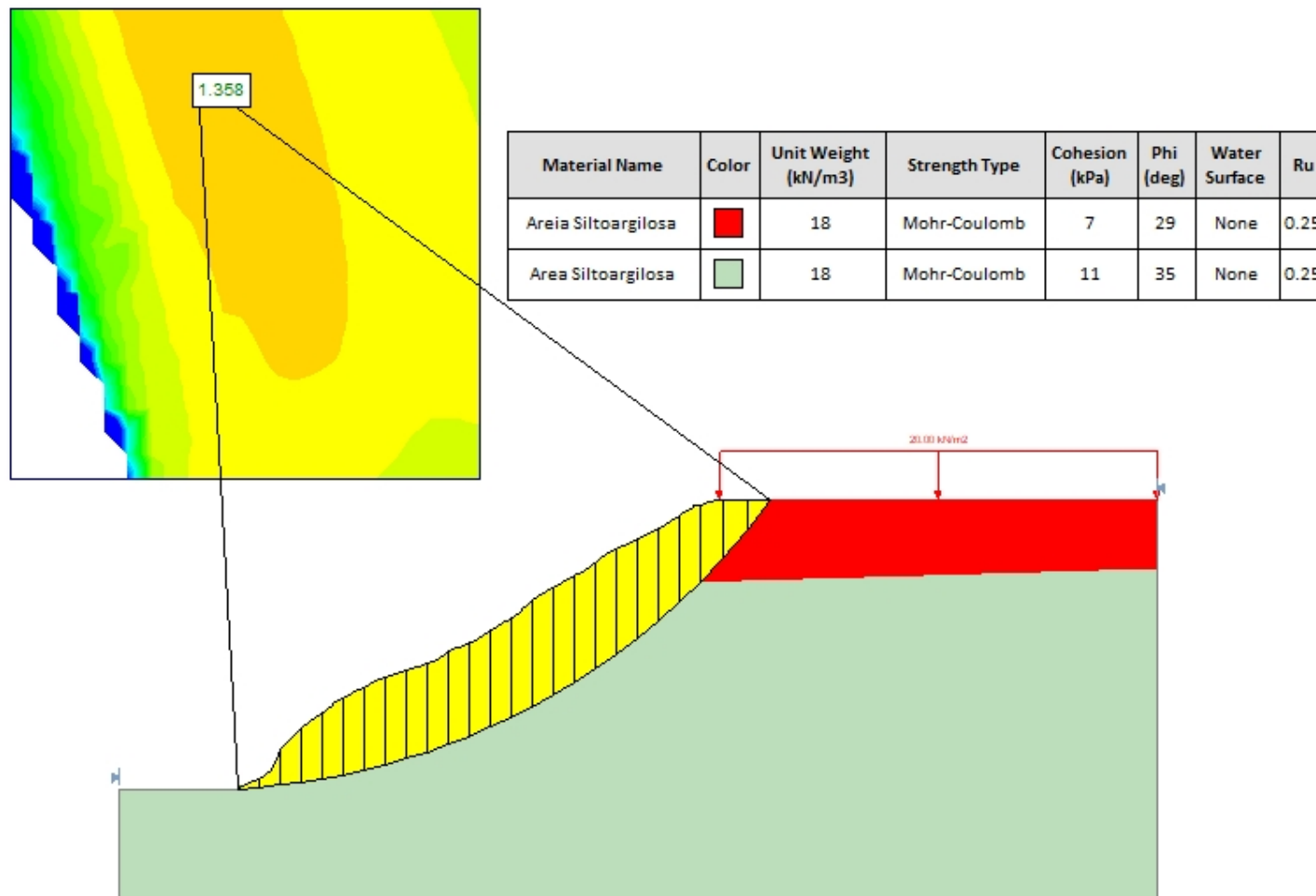


Figura 14: Estabilidade cenário S1-P3

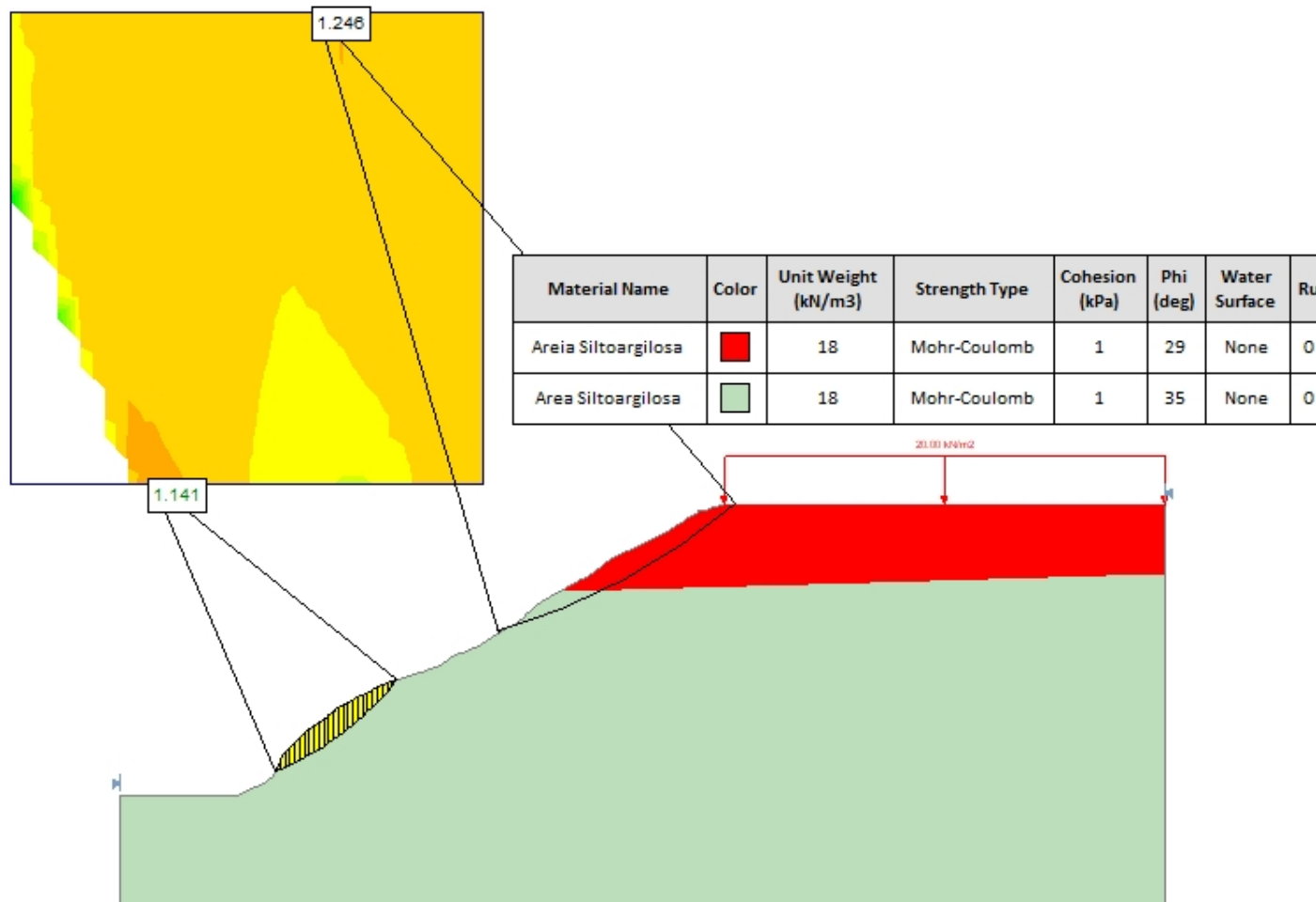


Figura 15: Estabilidade cenário S1-P4

## 16.2 SEÇÃO 1 – COM TRATAMENTO

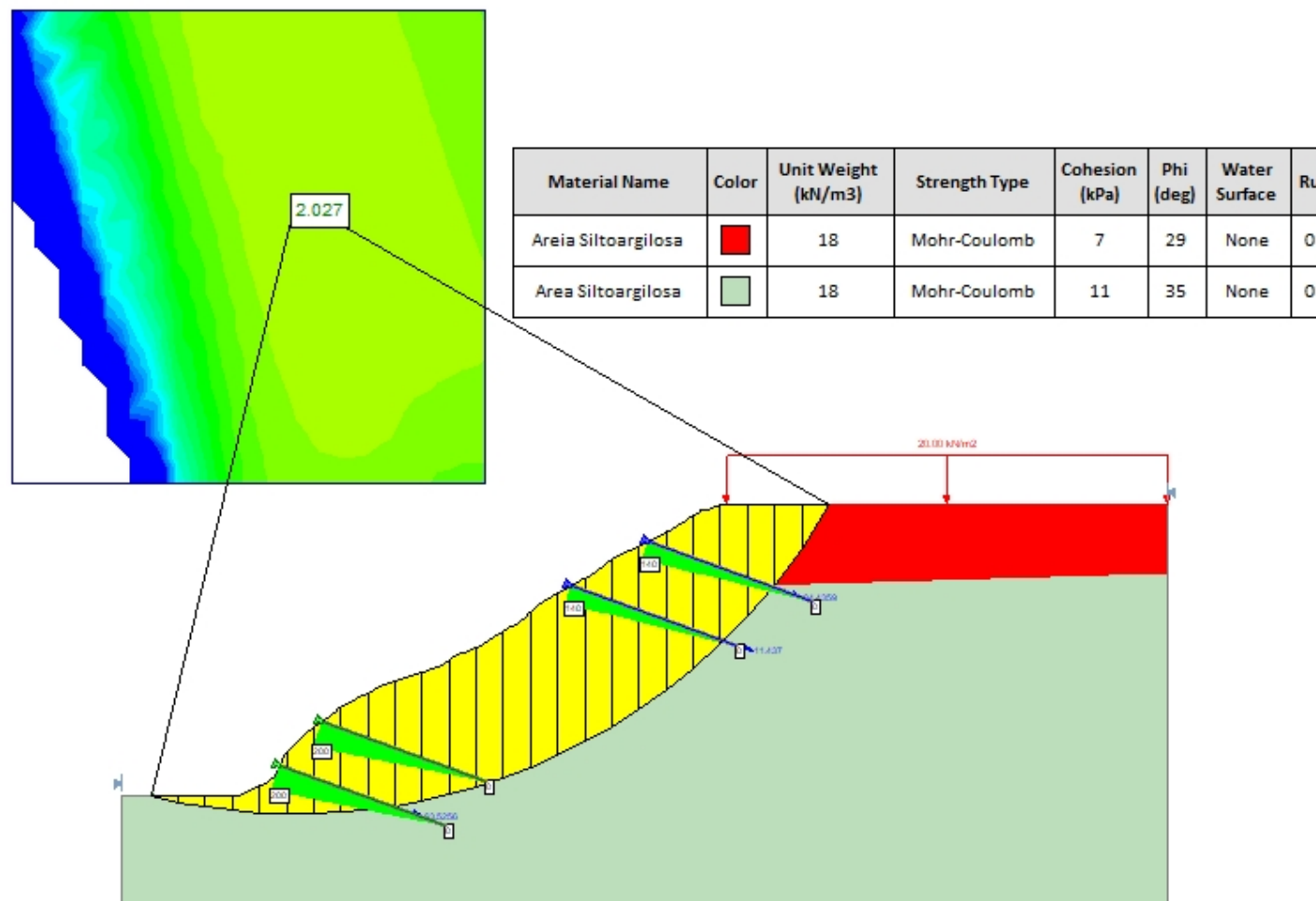


Figura 16: Estabilidade cenário S1-G1





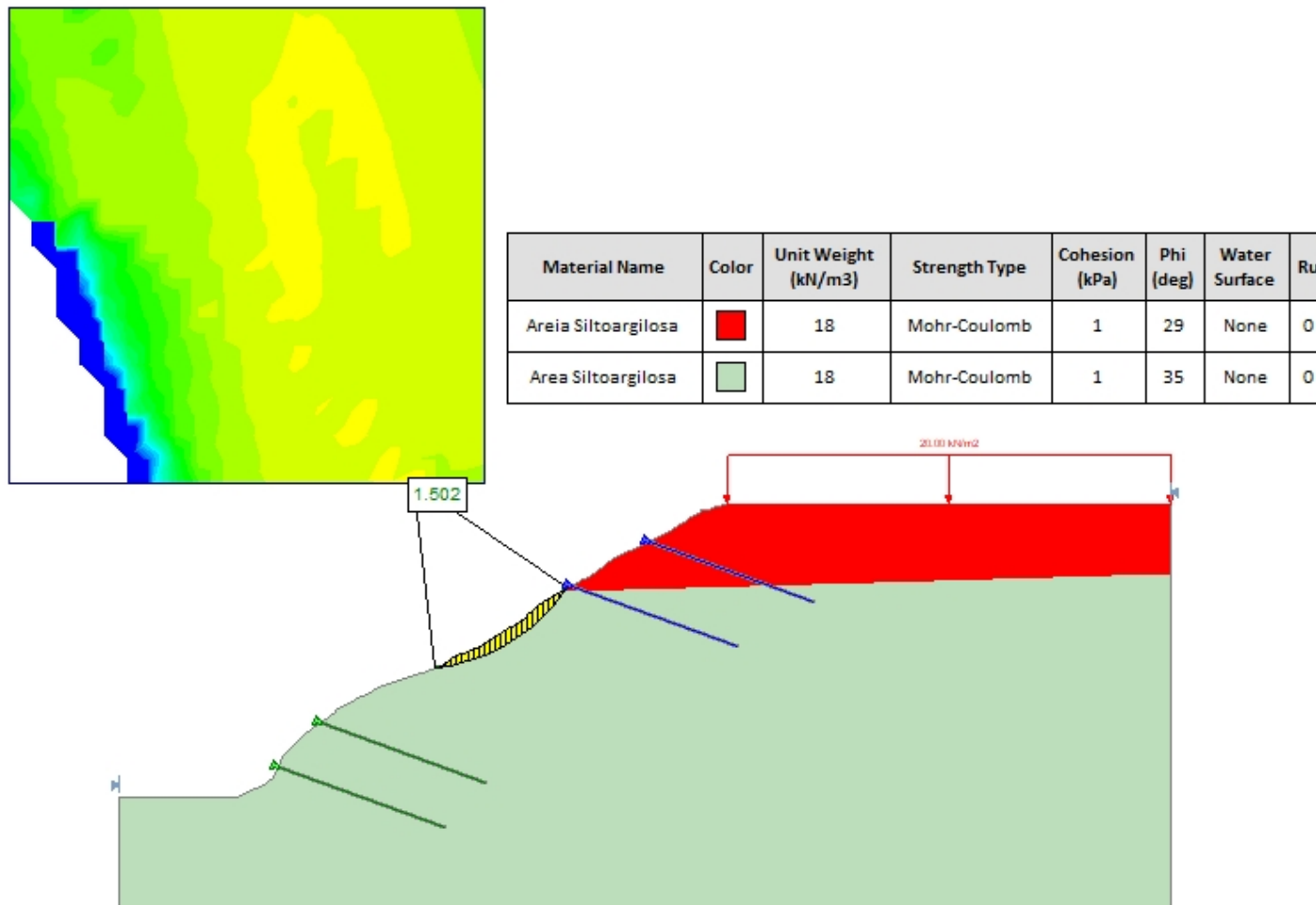


Figura 19: Estabilidade cenário S1-G4

## 16.3 SEÇÃO 2 – SEM TRATAMENTO

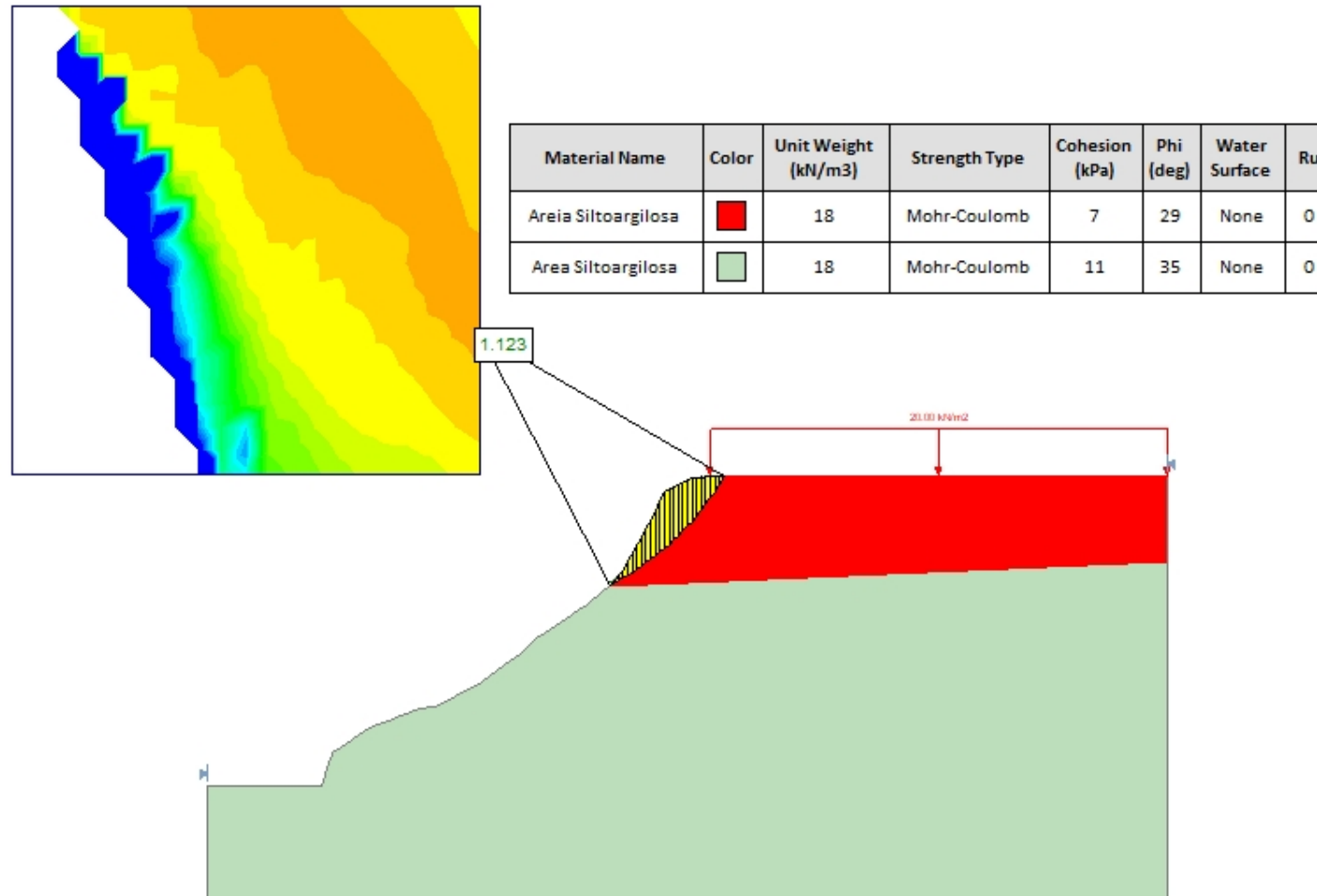


Figura 20: Estabilidade cenário S2-P1

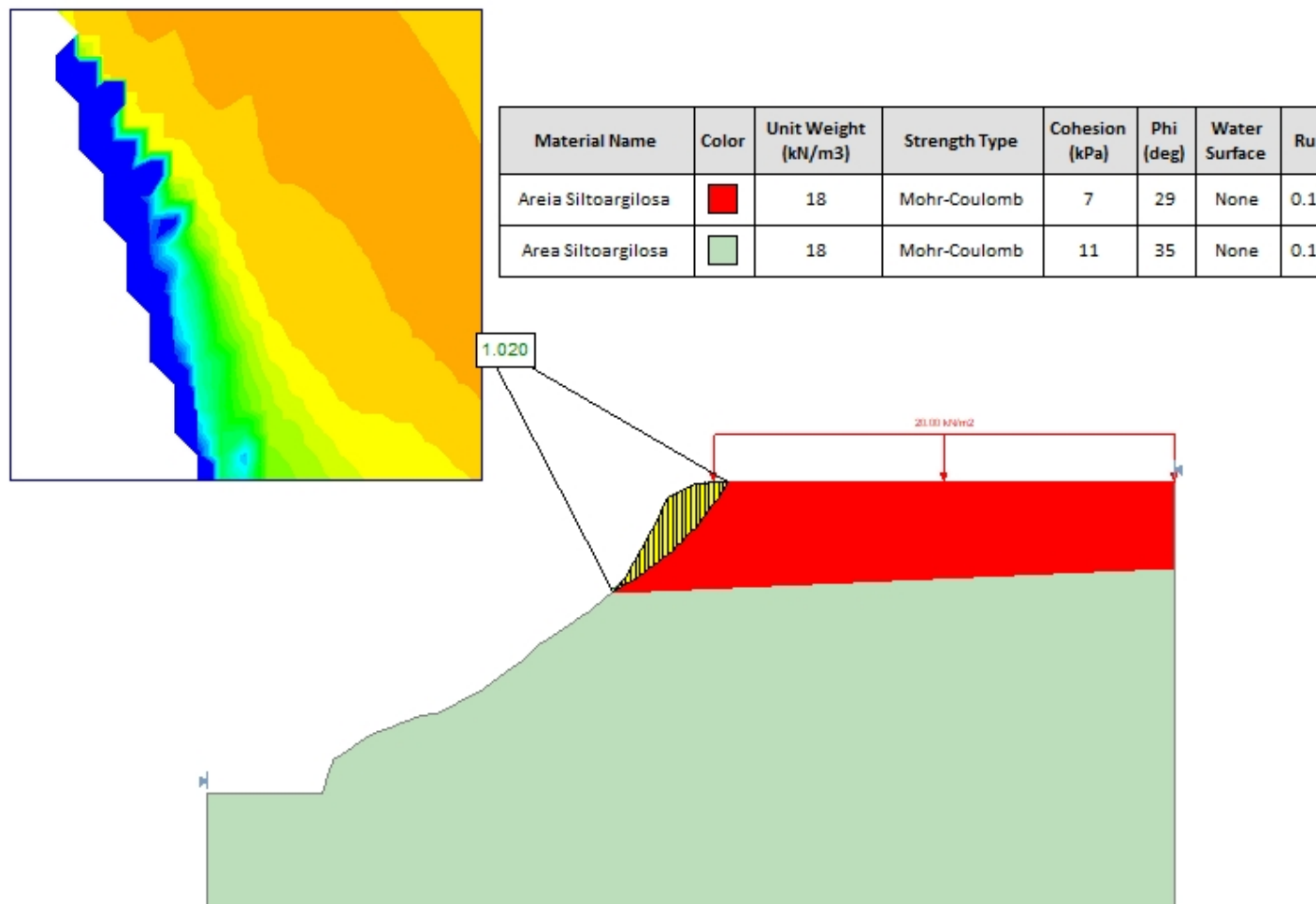


Figura 21: Estabilidade cenário S2-P2

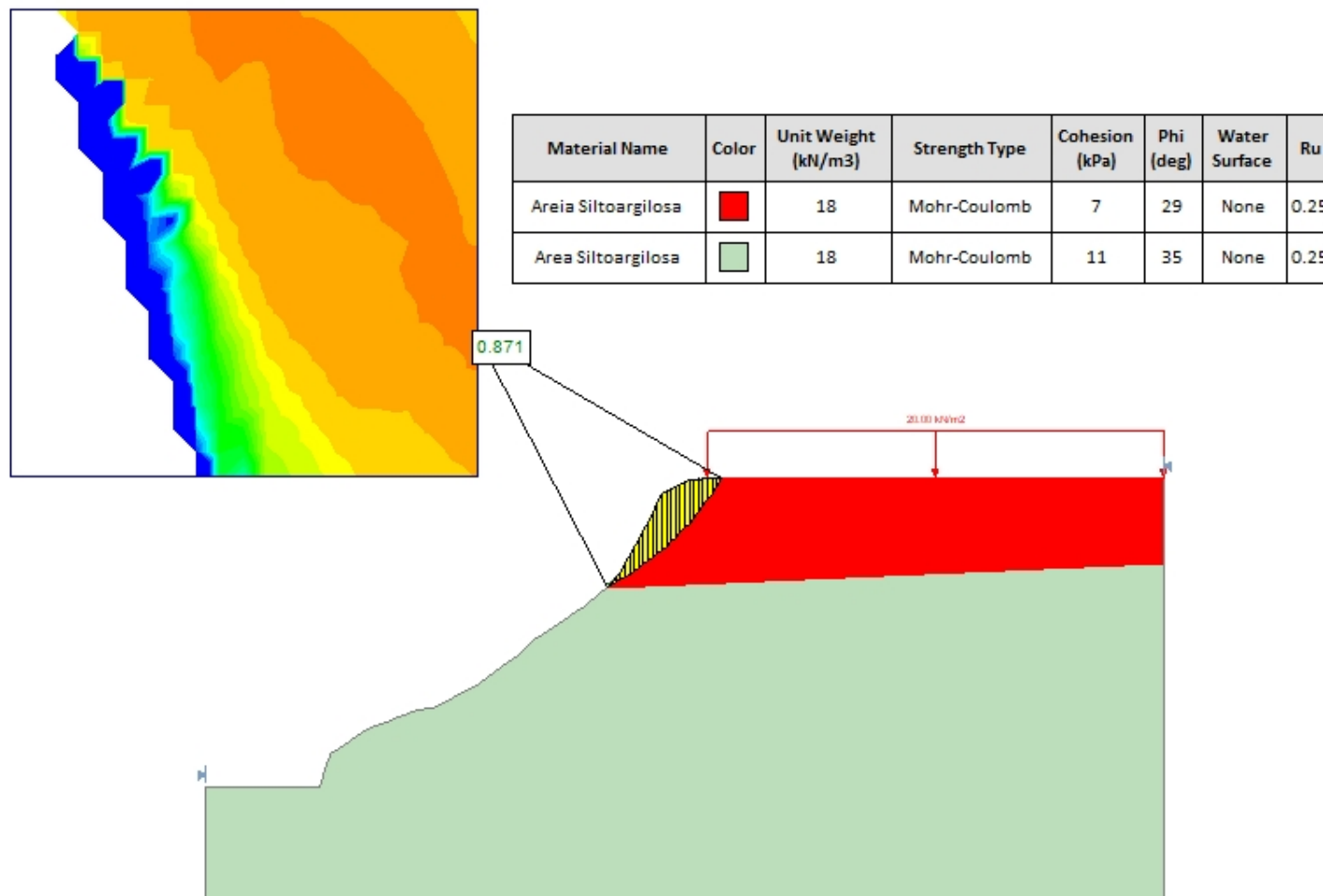


Figura 22: Estabilidade cenário S2-P3

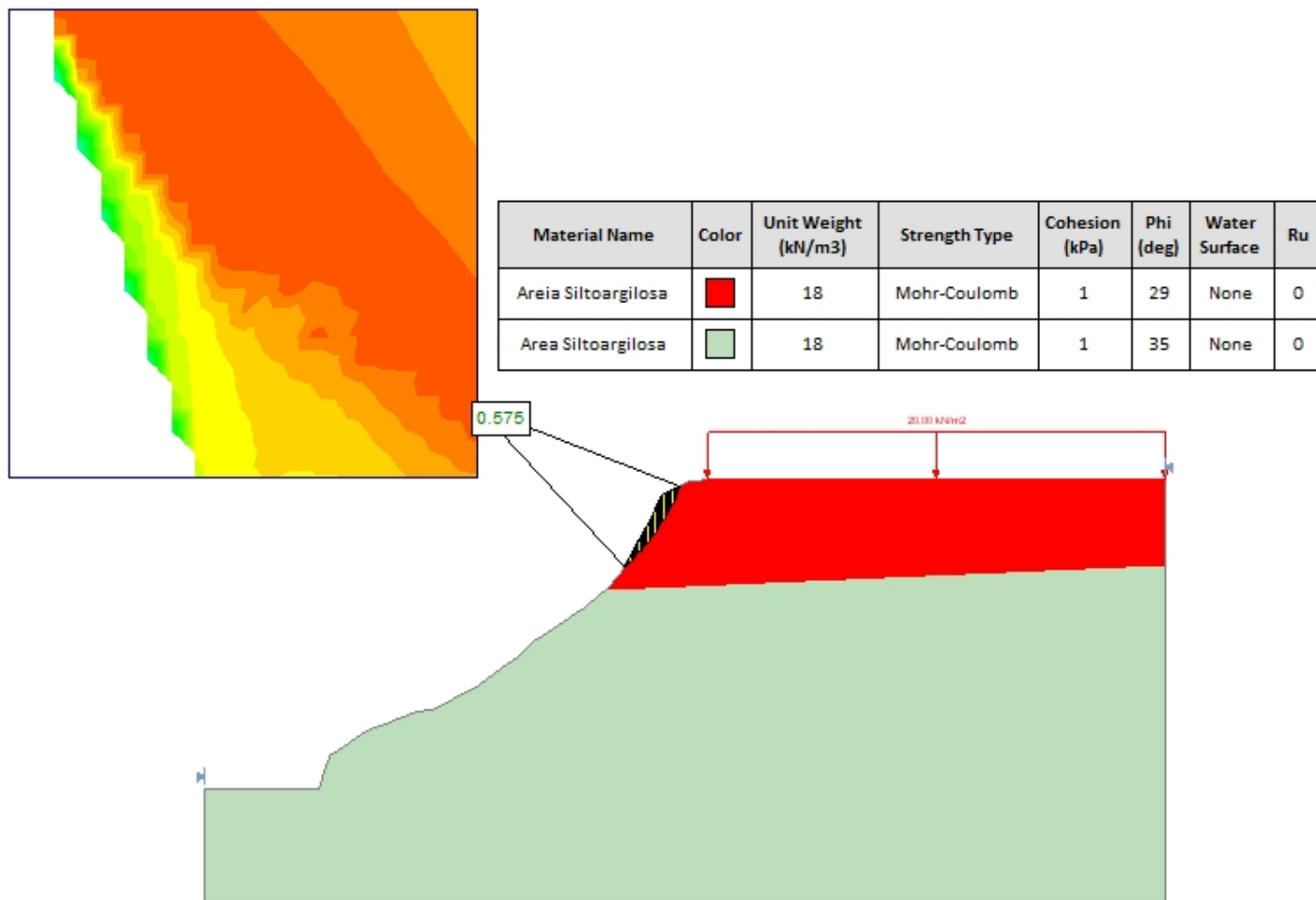
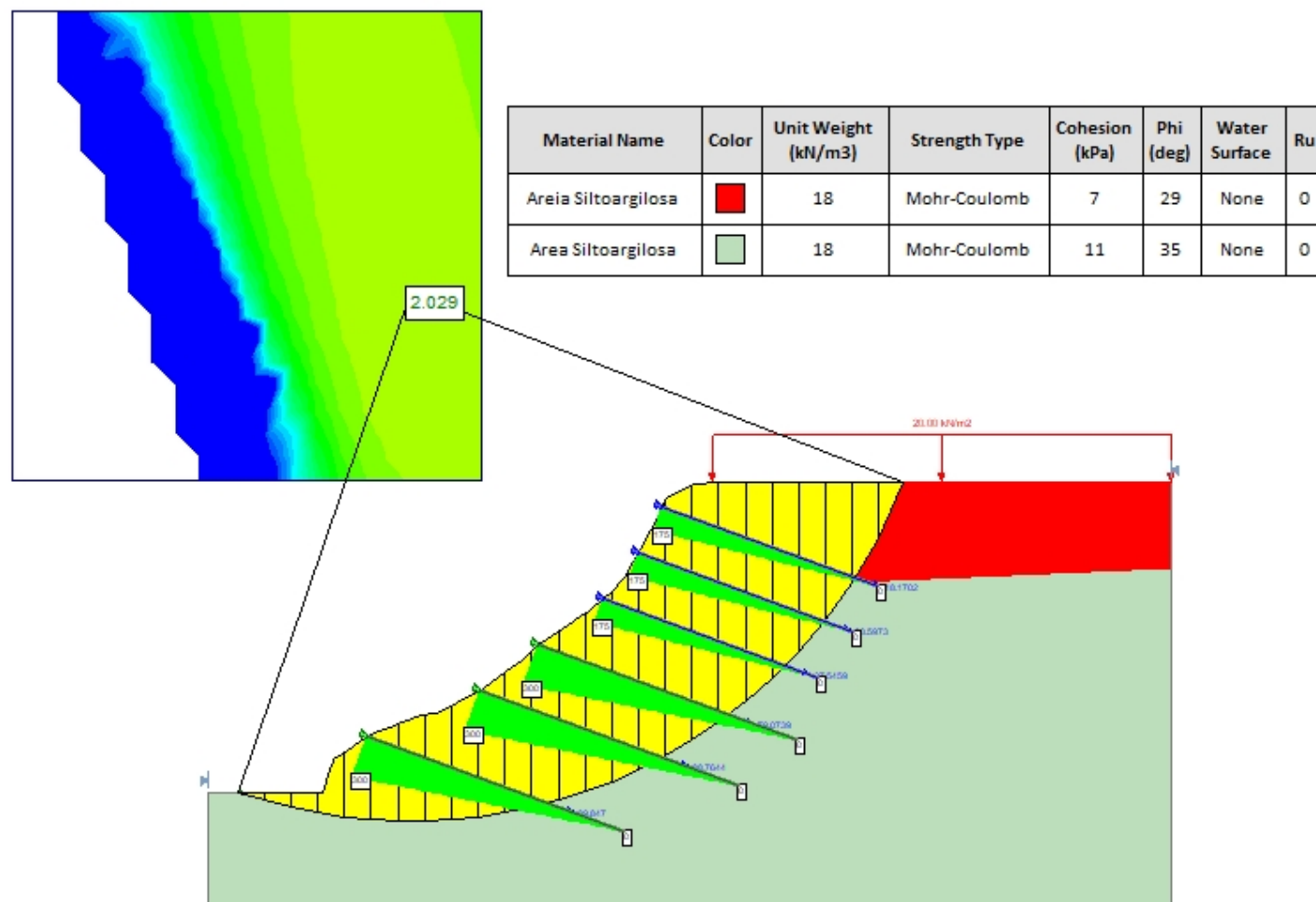


Figura 23: Estabilidade cenário S2-P4



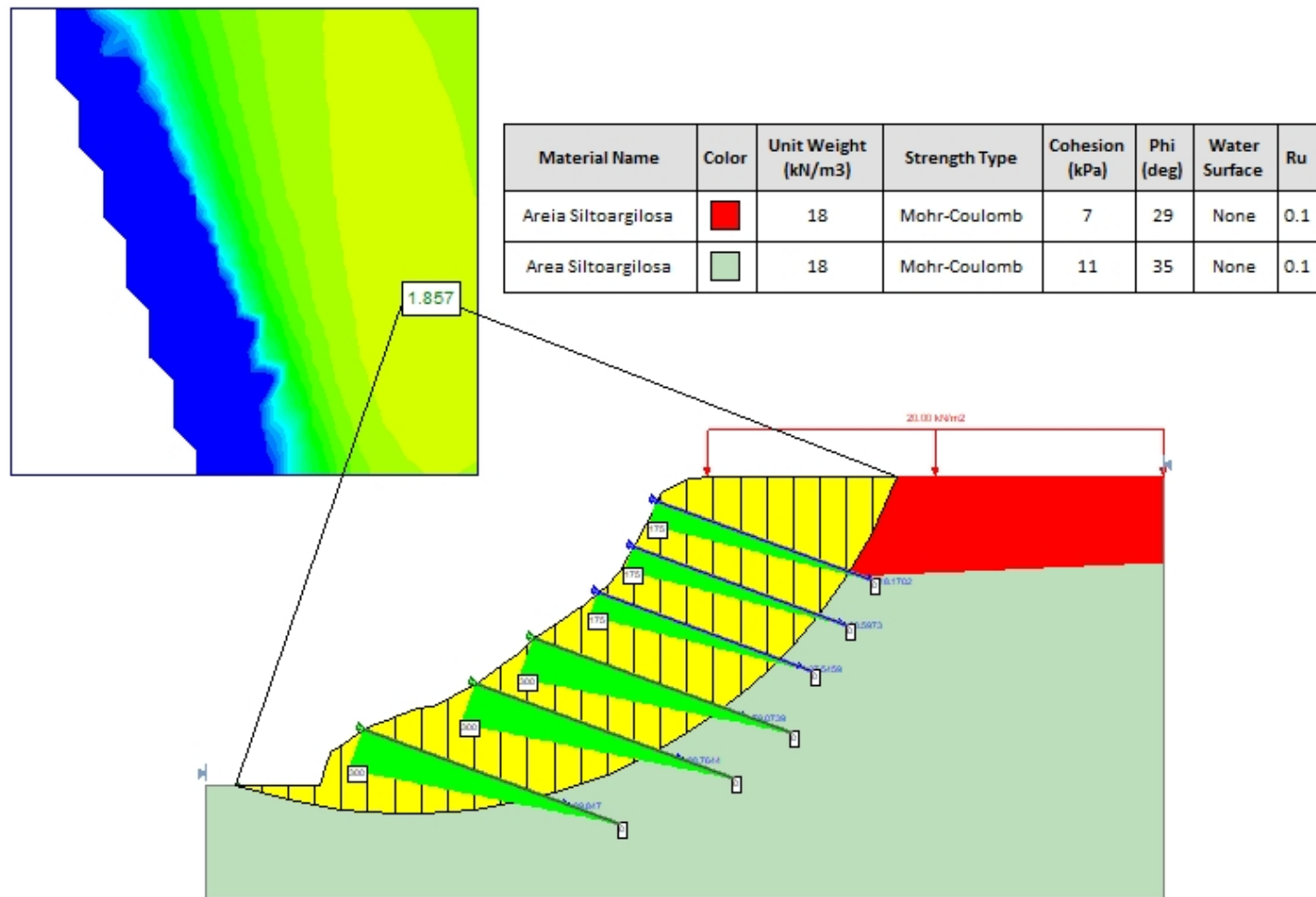


Figura 25: Estabilidade cenário S2-G2

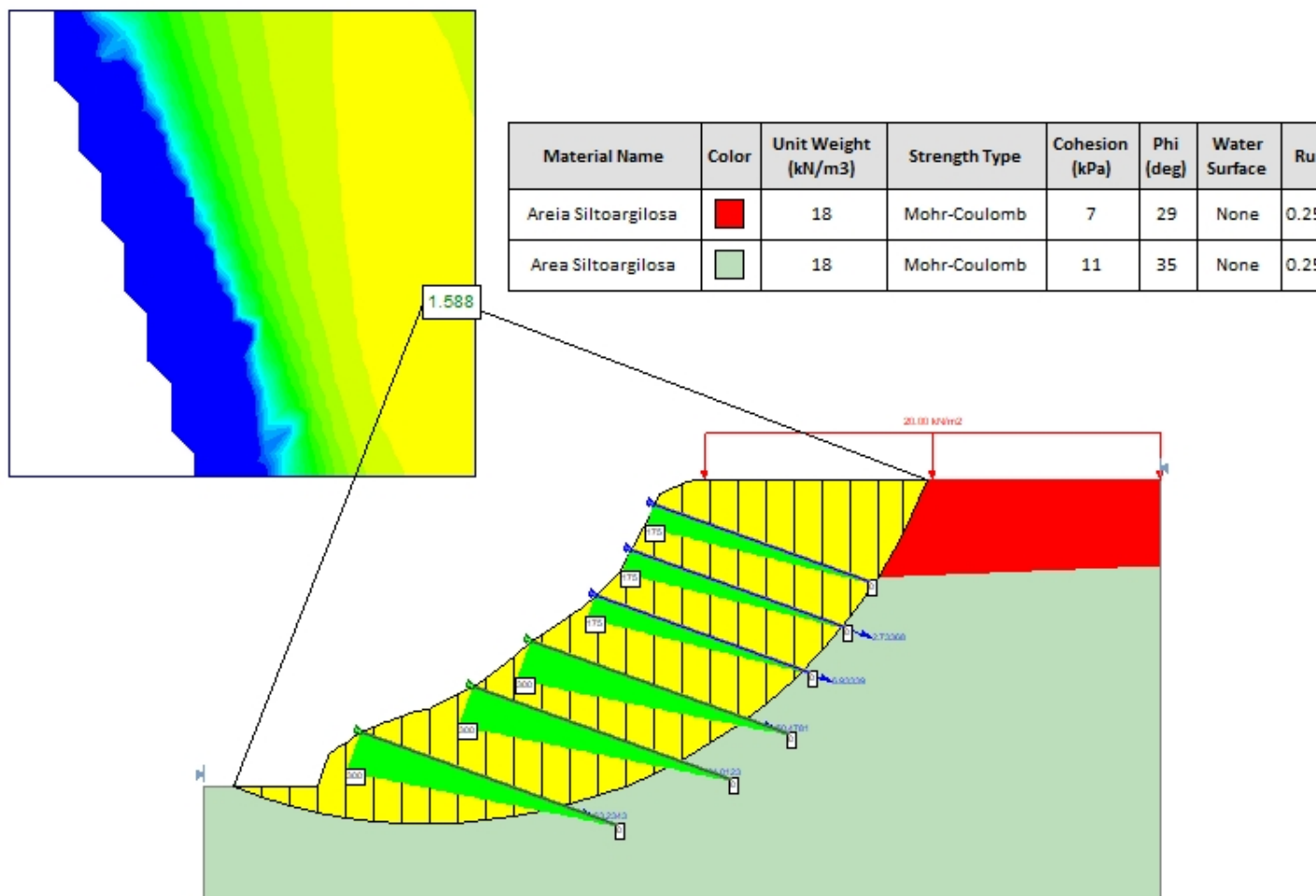


Figura 26: Estabilidade cenário S2-G3

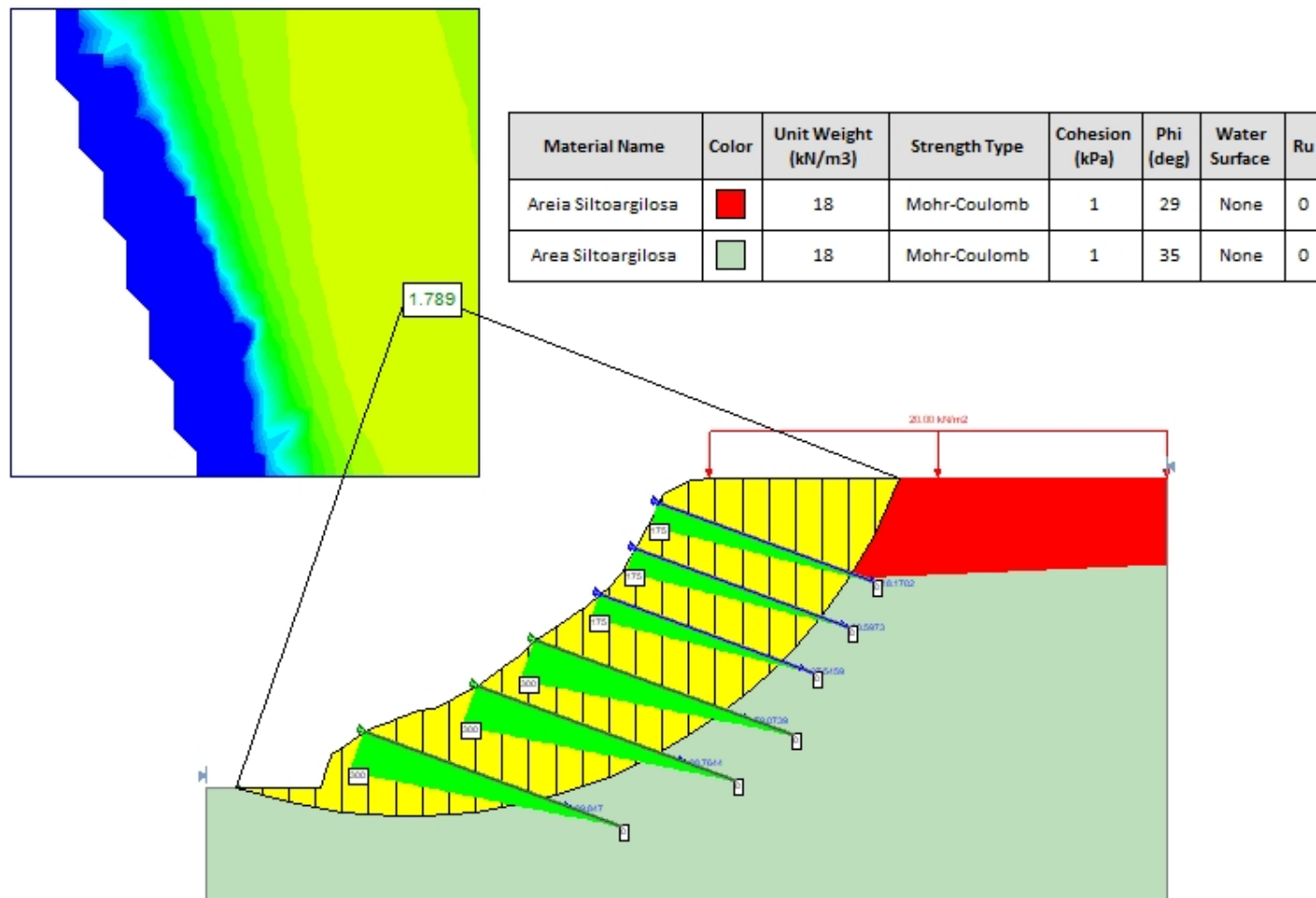


Figura 27: Estabilidade cenário S2-G4

## 16.5 SEÇÃO 3 – SEM TRATAMENTO

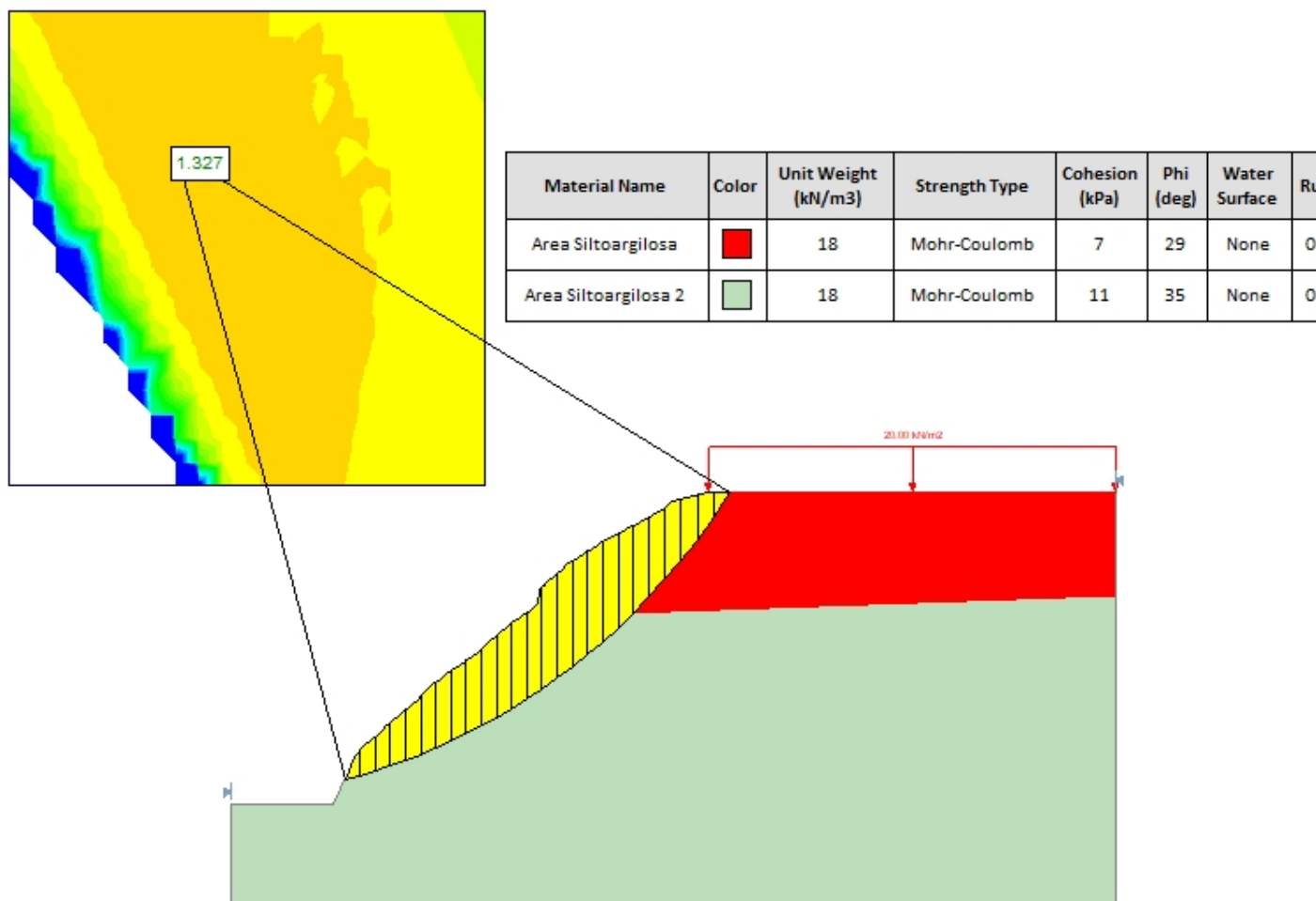


Figura 28: Estabilidade cenário S3-P1

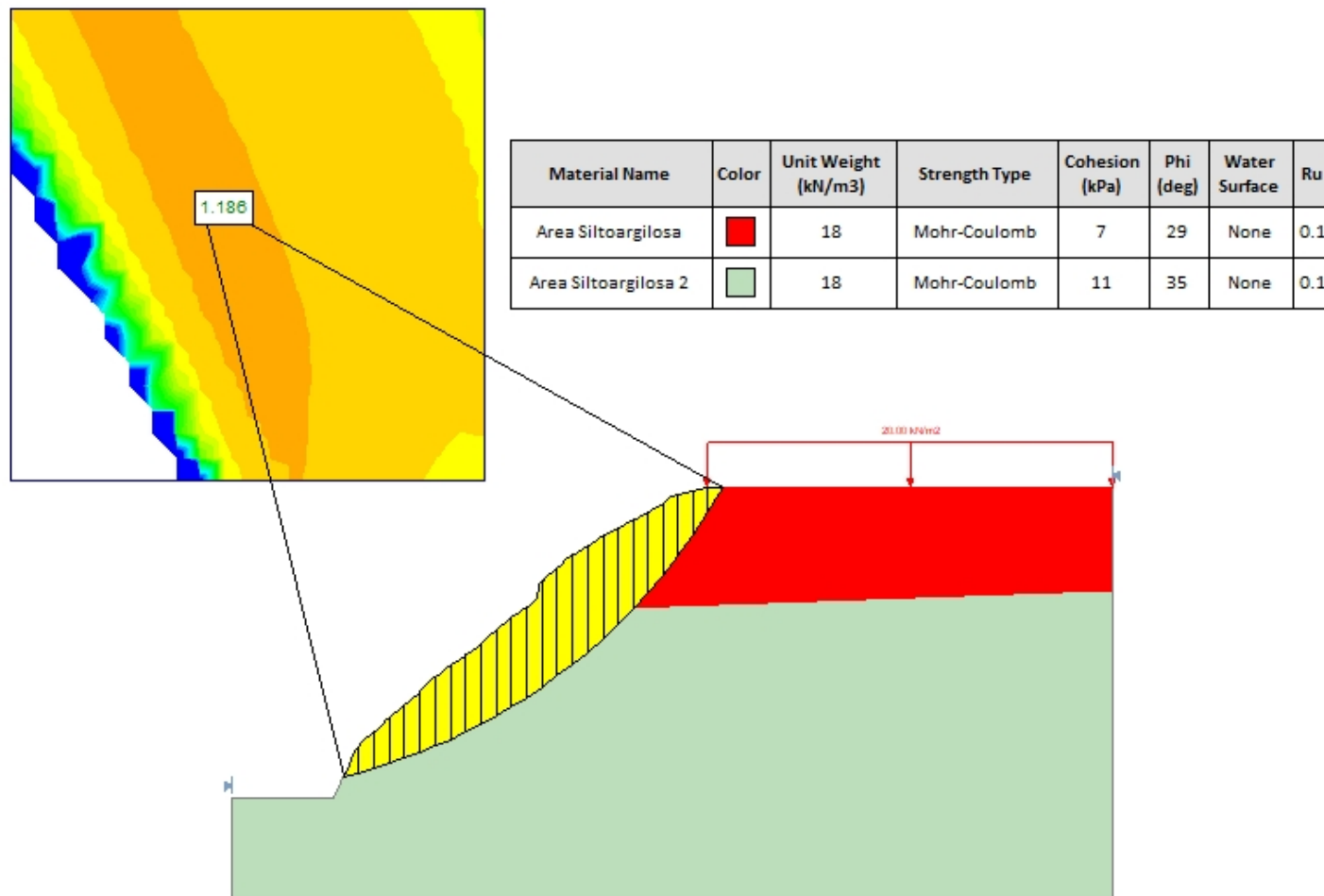


Figura 29: Estabilidade cenário S3-P2

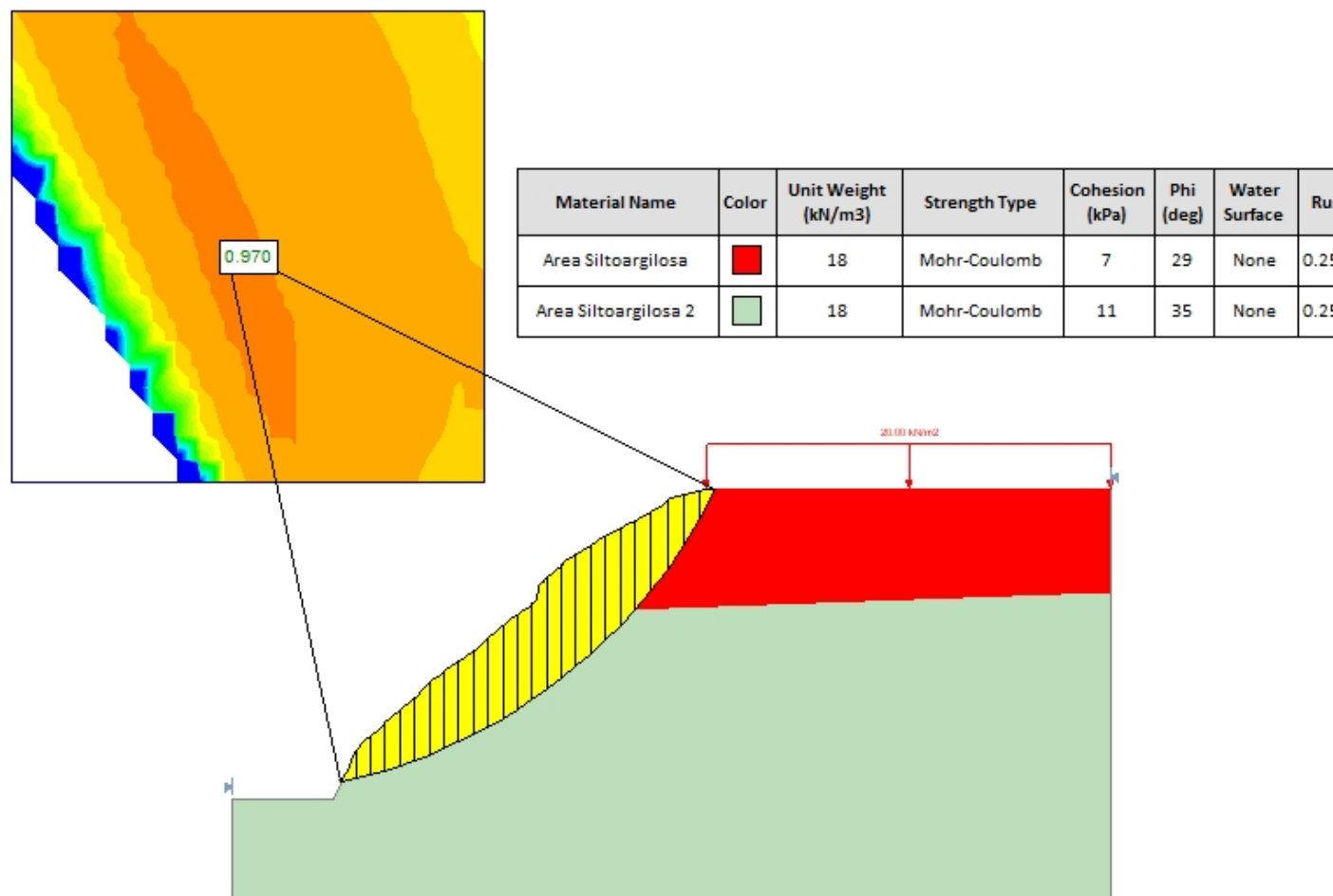


Figura 30: Estabilidade cenário S3-P3

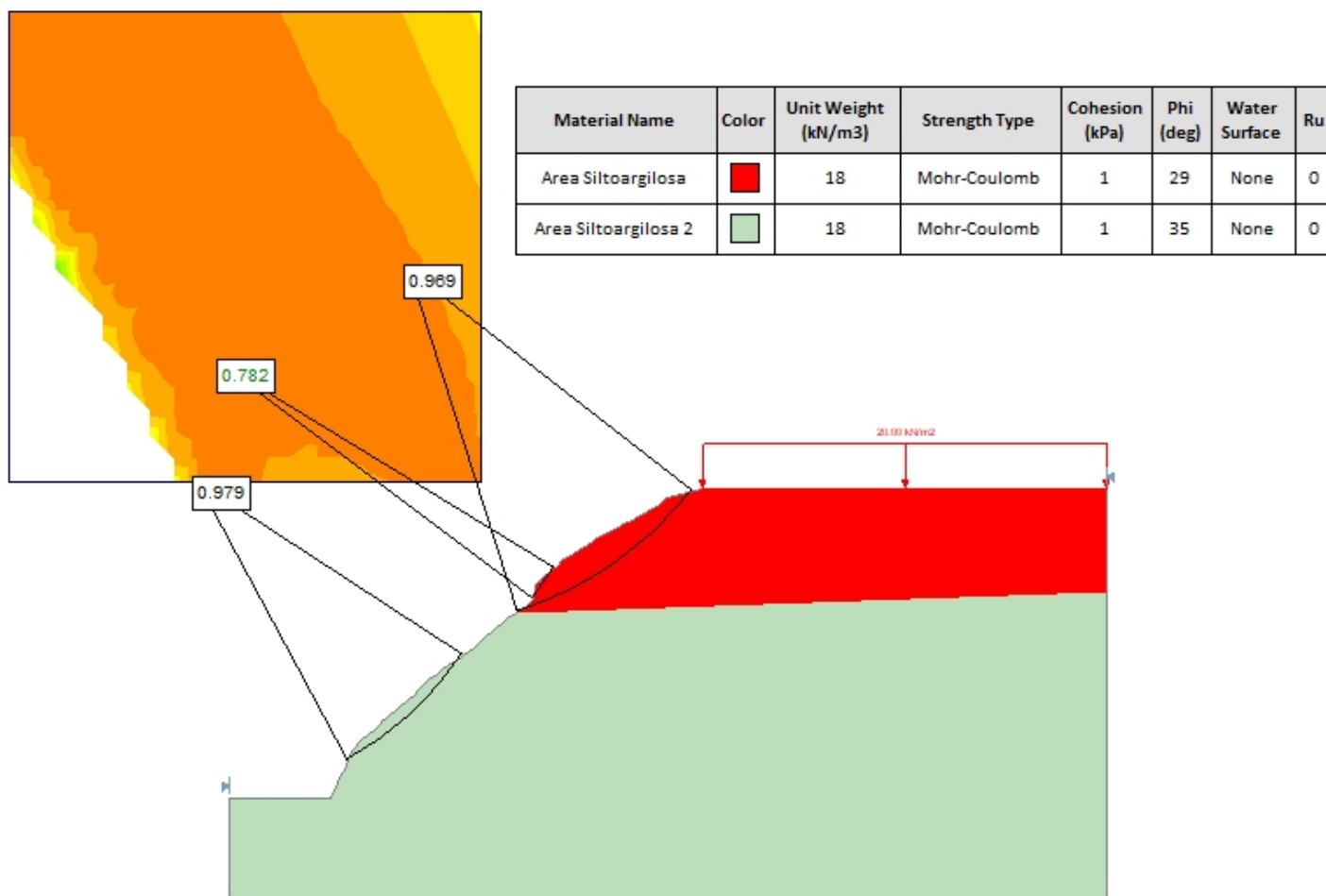


Figura 31: Estabilidade cenário S3-P4

## 16.6 SEÇÃO 3 – COM TRATAMENTO

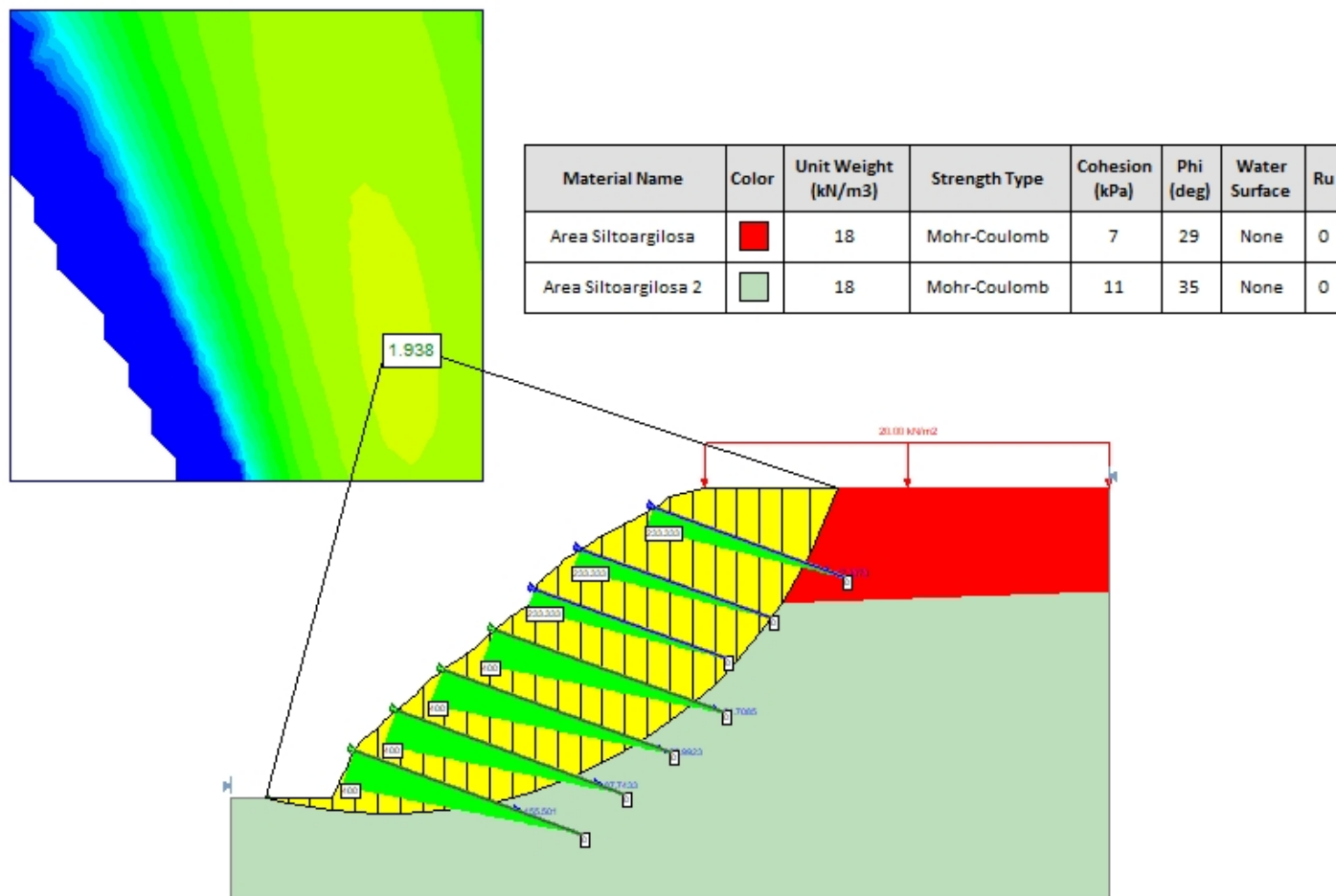


Figura 32: Estabilidade cenário S3-G1

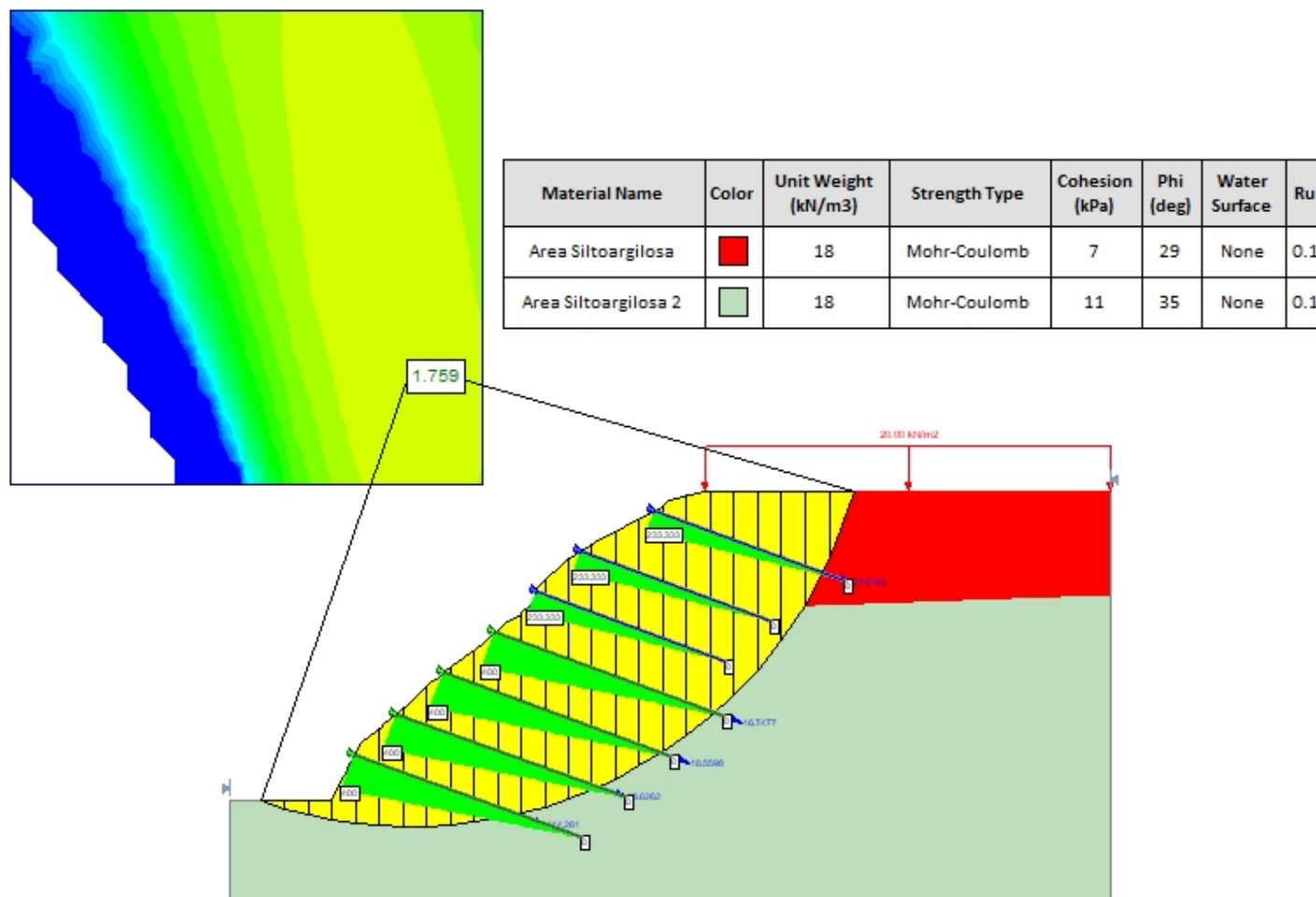
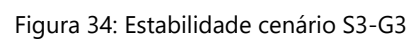


Figura 33: Estabilidade cenário S3-G2



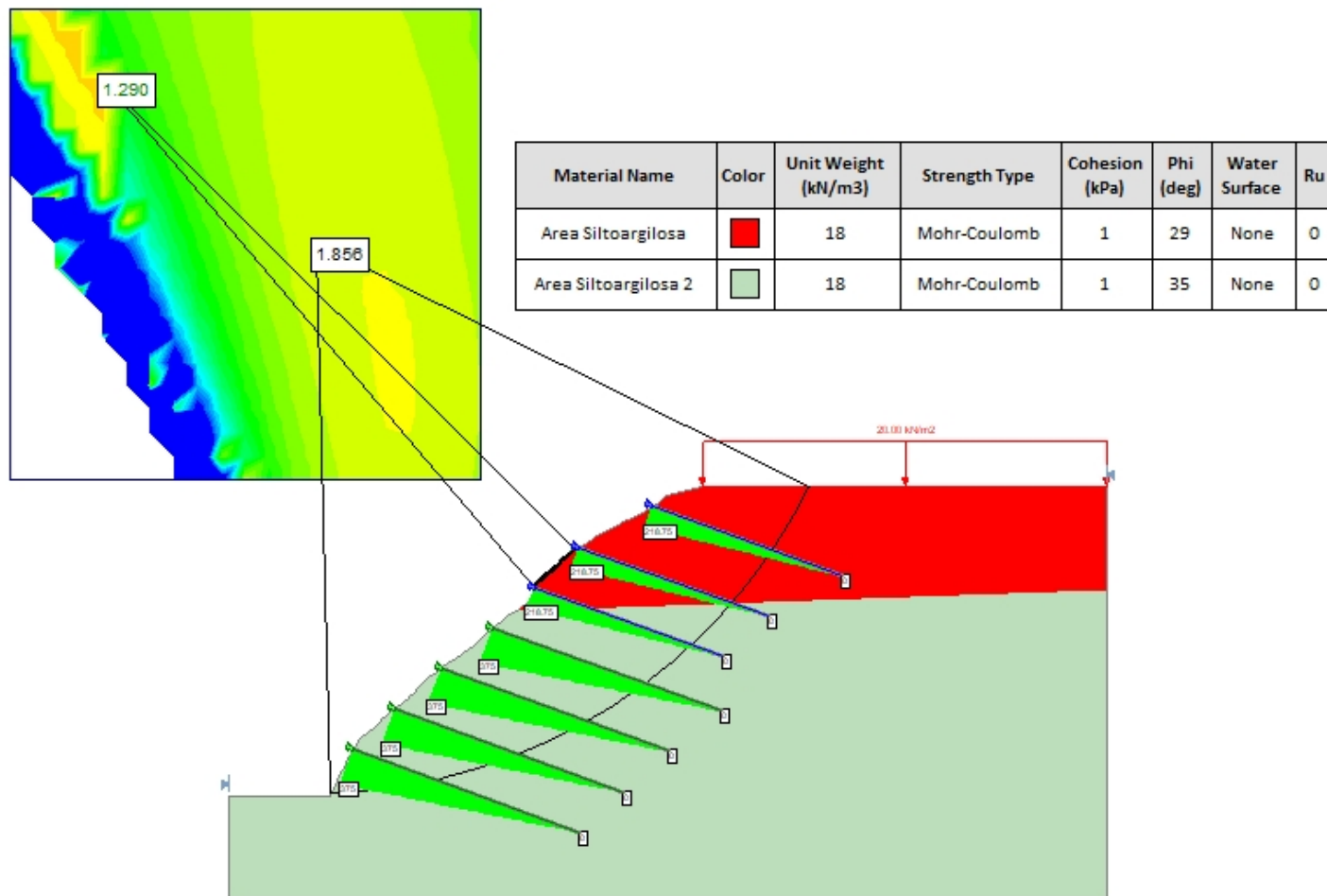


Figura 35: Estabilidade cenário S3-G4

## 16.7 SEÇÃO 4 – SEM TRATAMENTO

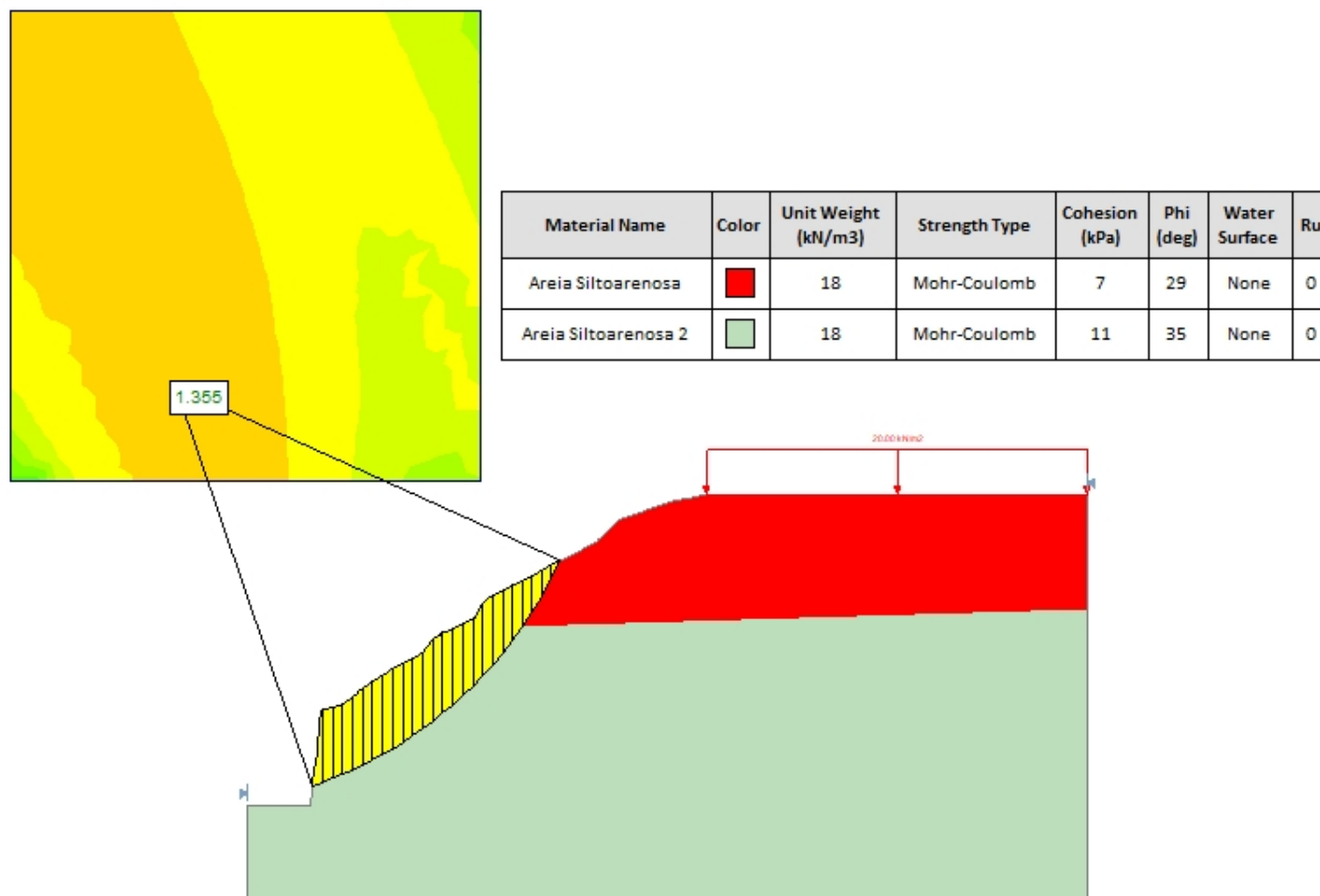


Figura 36: Estabilidade cenário S4-P1

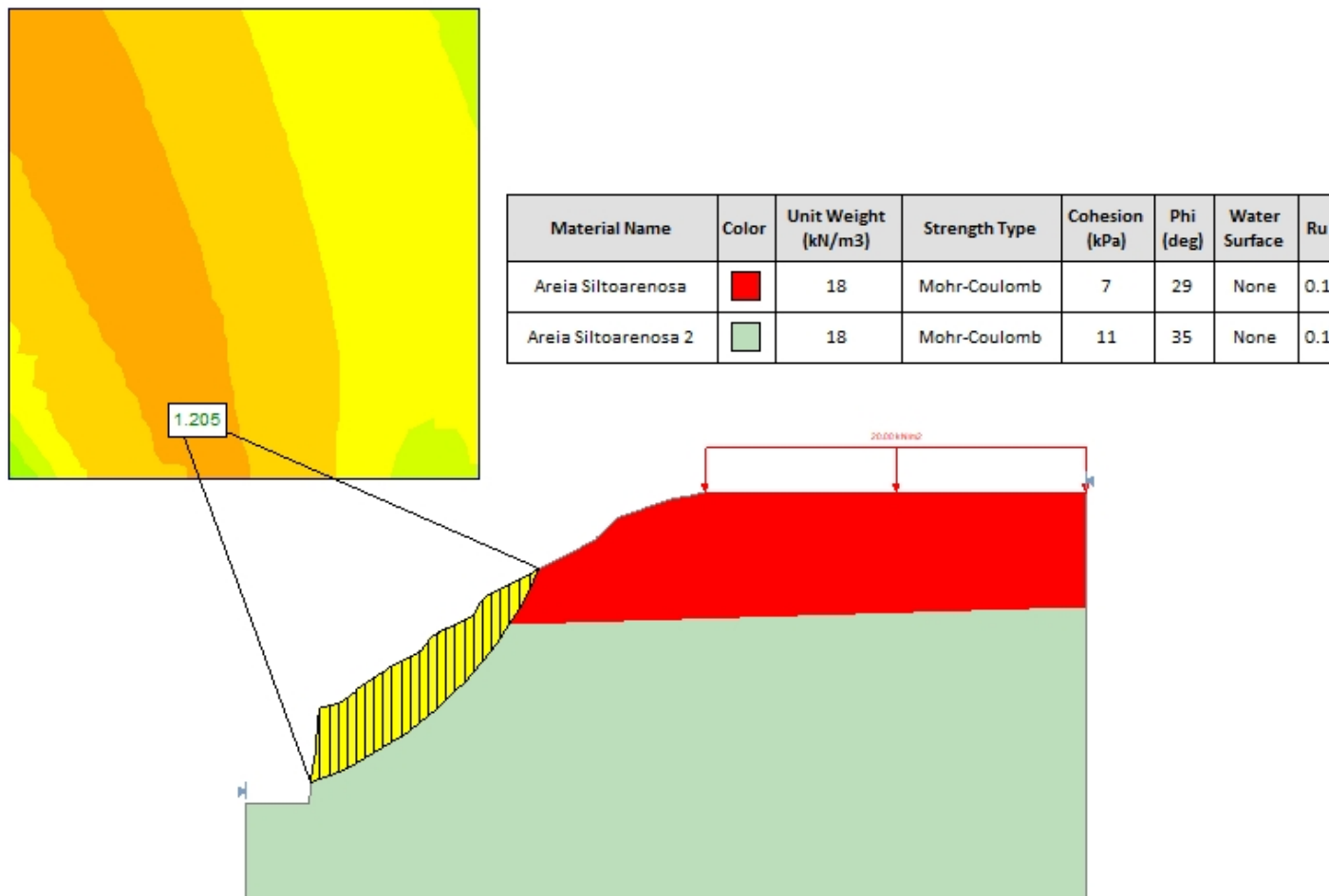


Figura 37: Estabilidade cenário S4-P2

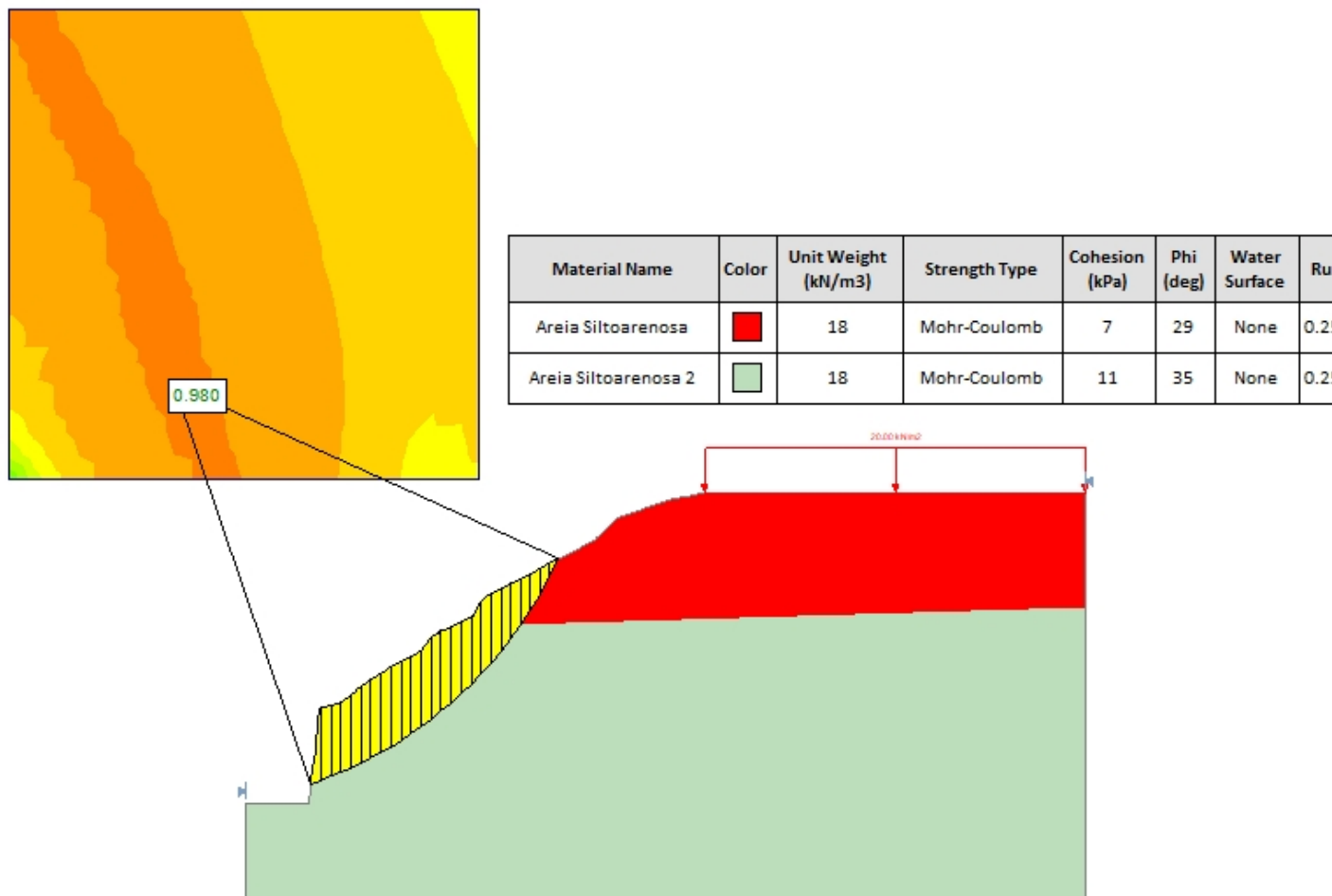


Figura 38: Estabilidade cenário S4-P3

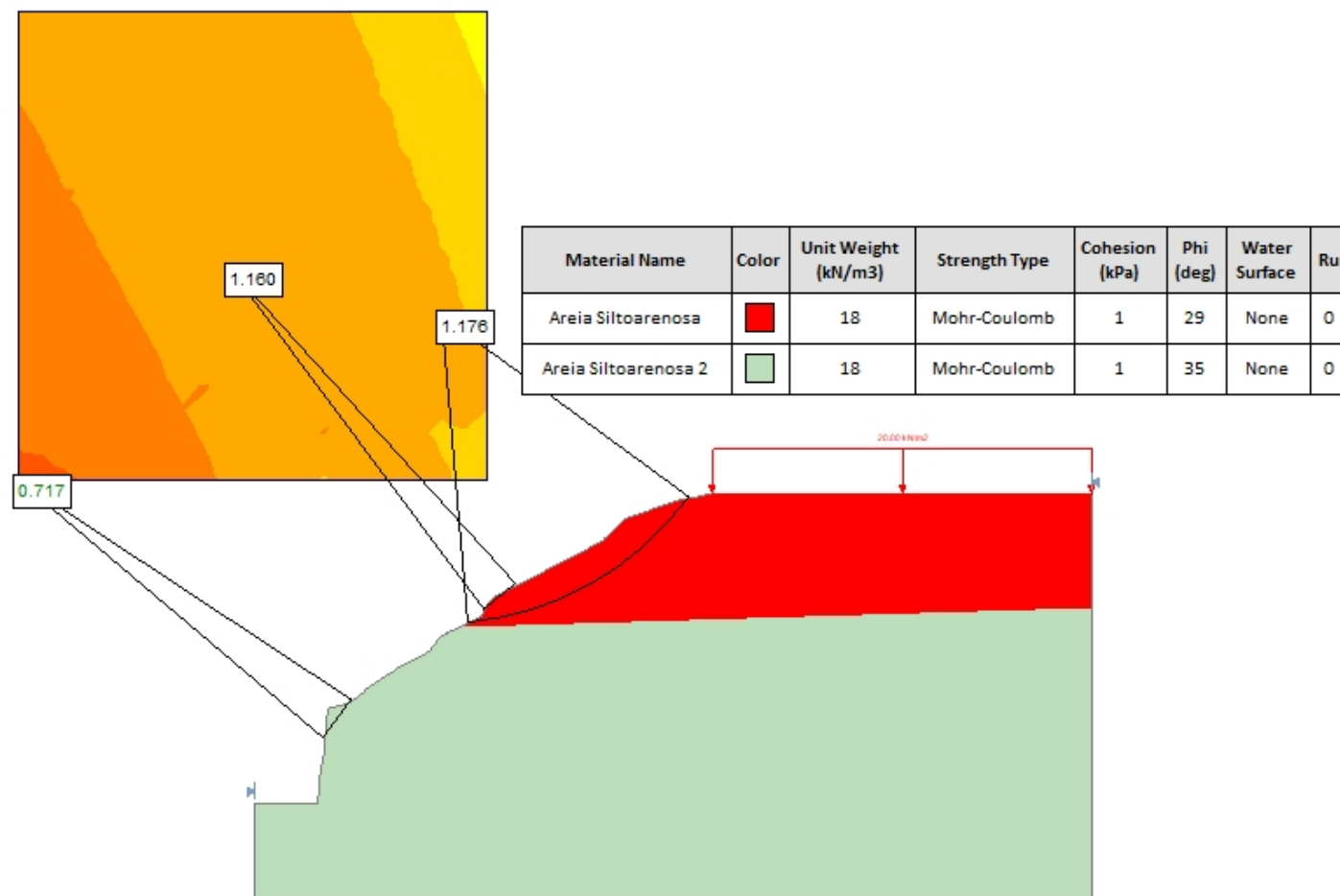


Figura 39: Estabilidade cenário S4-P4

## 16.8 SEÇÃO 4 – COM TRATAMENTO

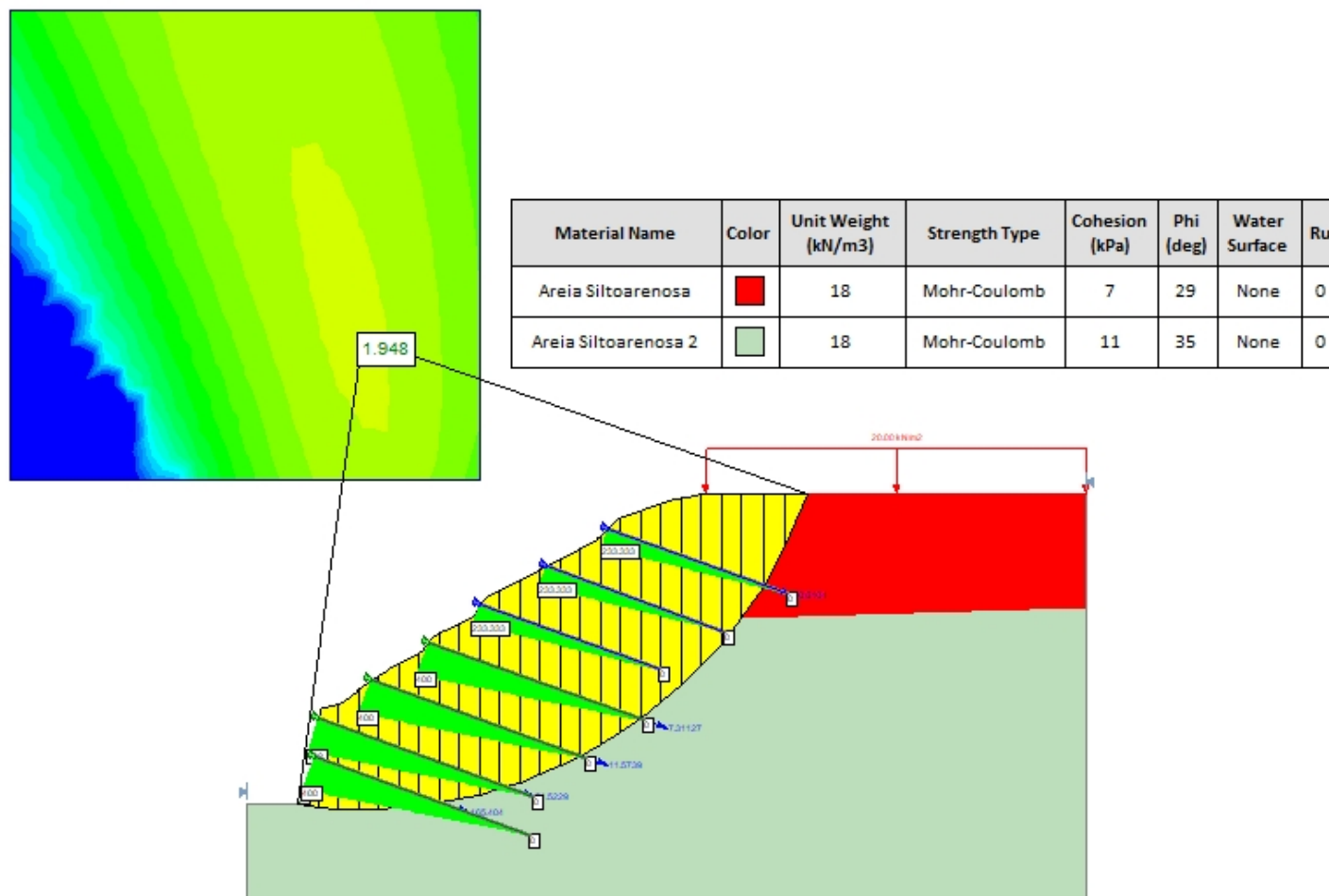


Figura 40: Estabilidade cenário S4-G1

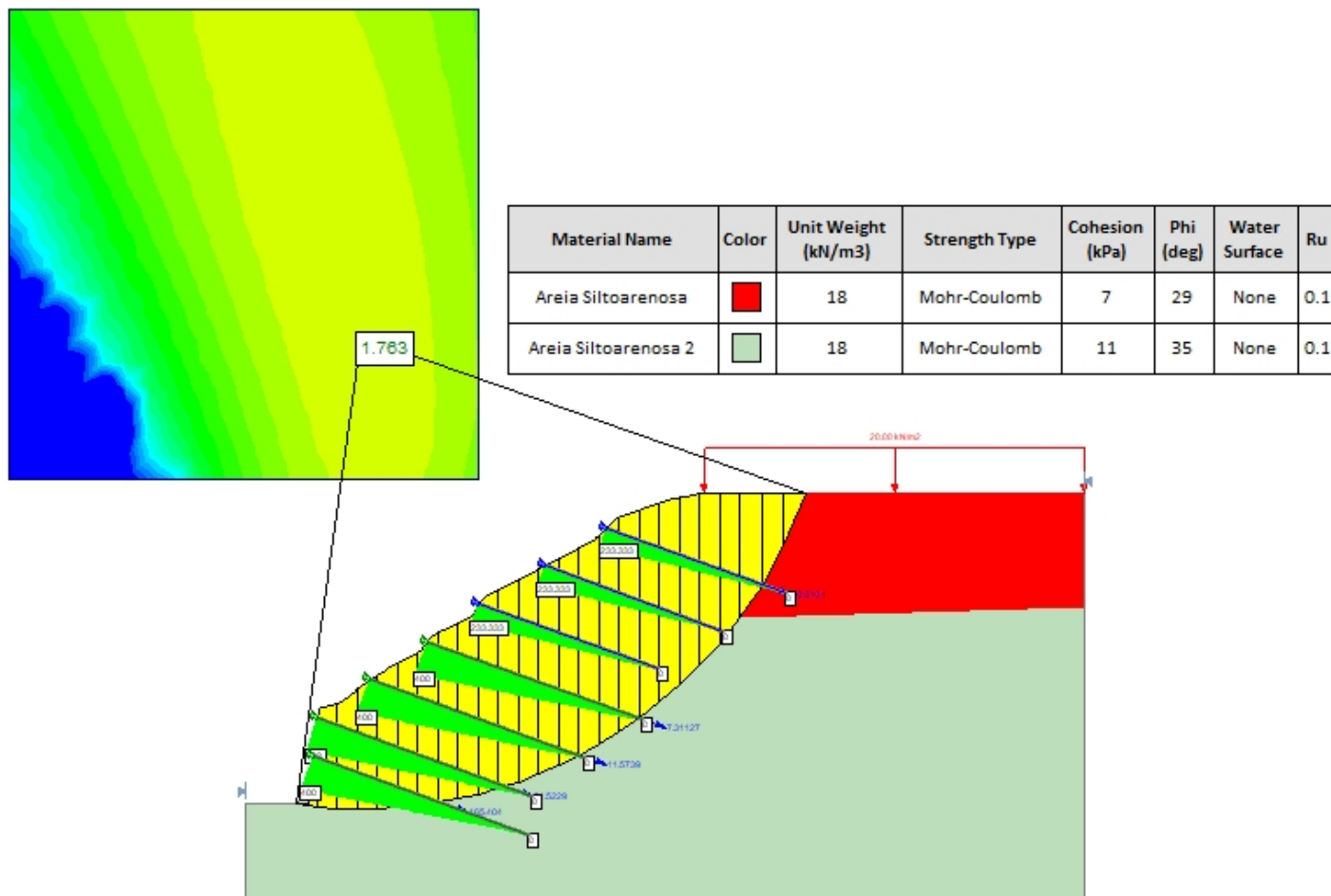


Figura 41: Estabilidade cenário S4-G2



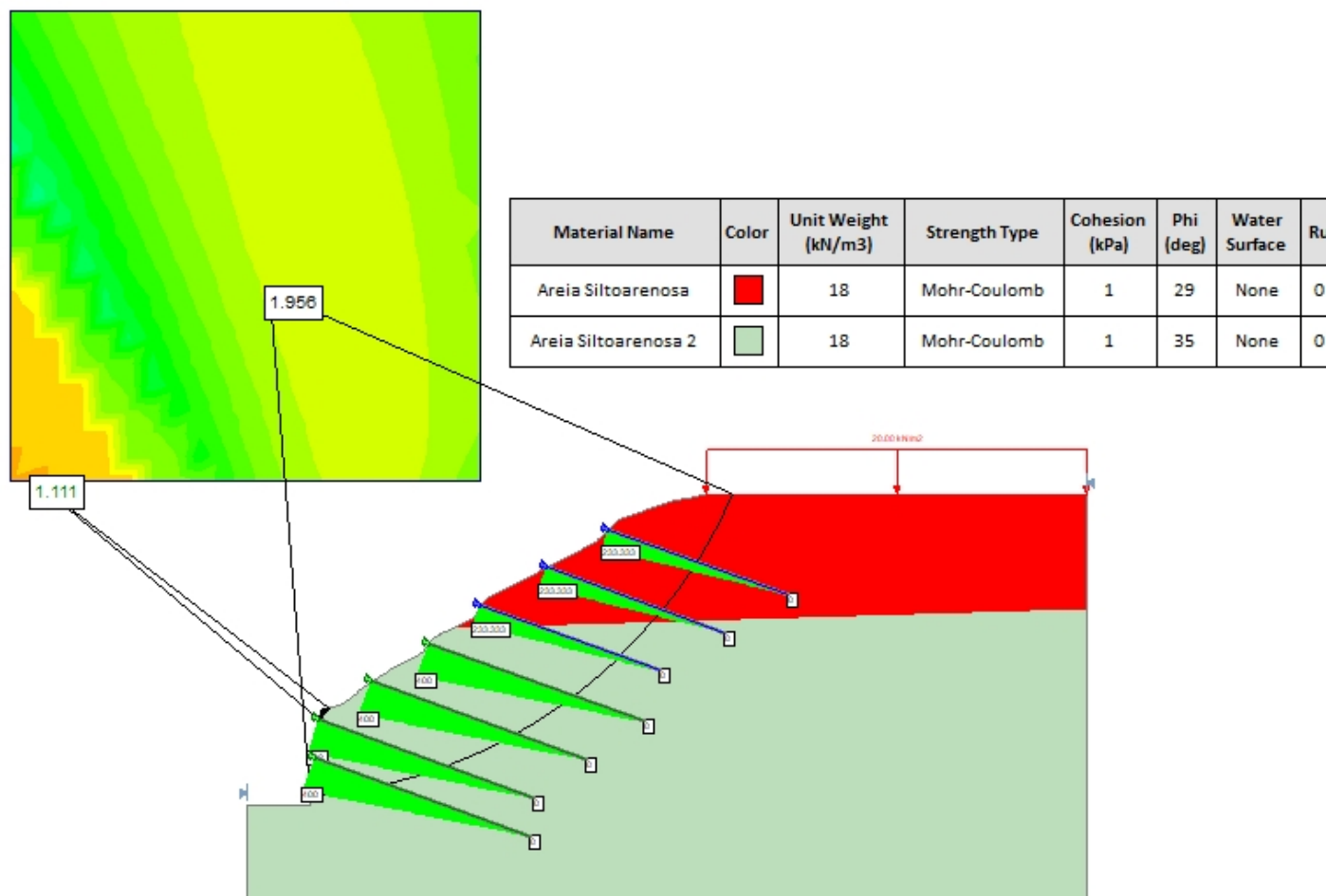


Figura 43: Estabilidade cenário S4-G4

## 16.9 SEÇÃO 5 – SEM TRATAMENTO

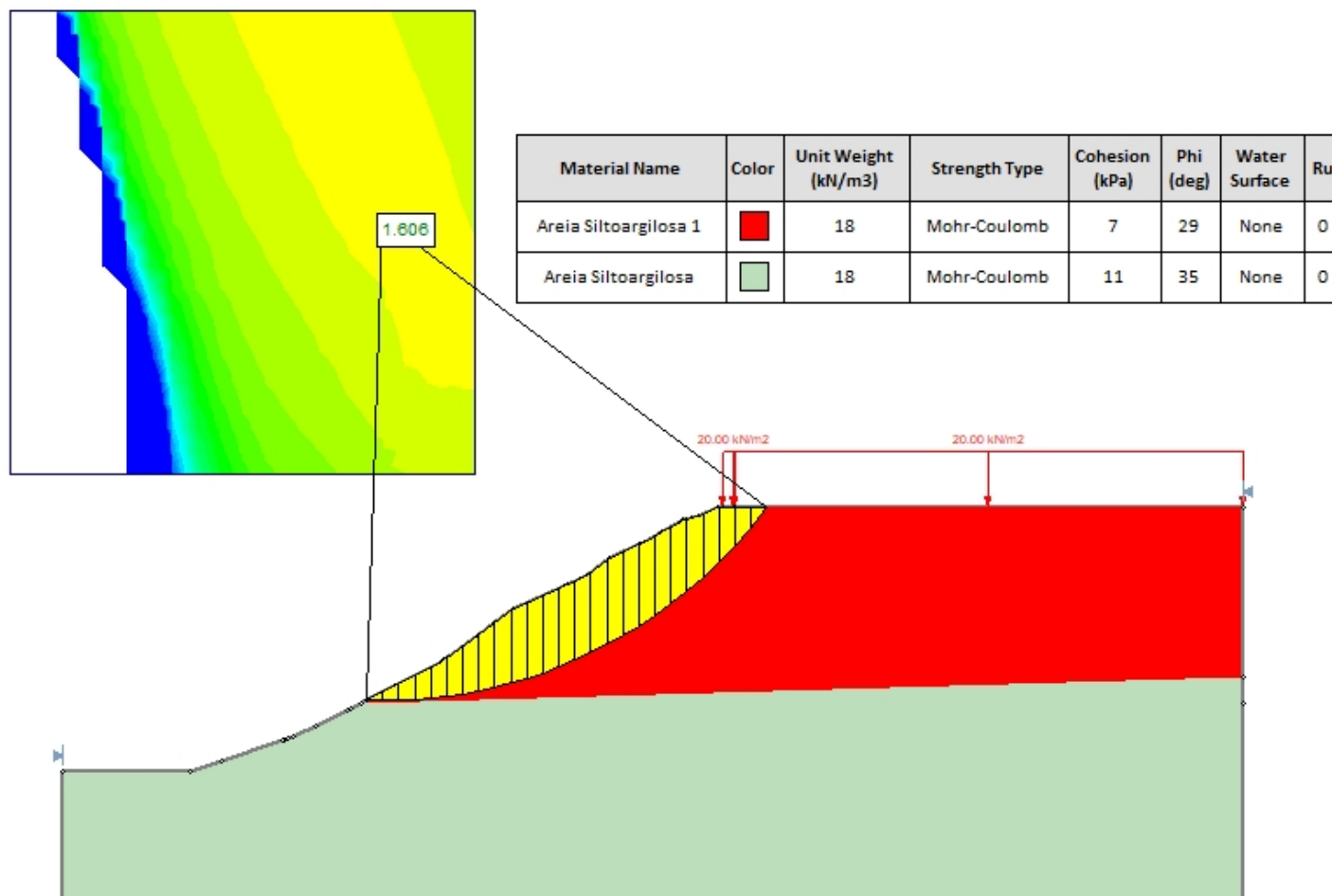


Figura 44: Estabilidade cenário S5-P1

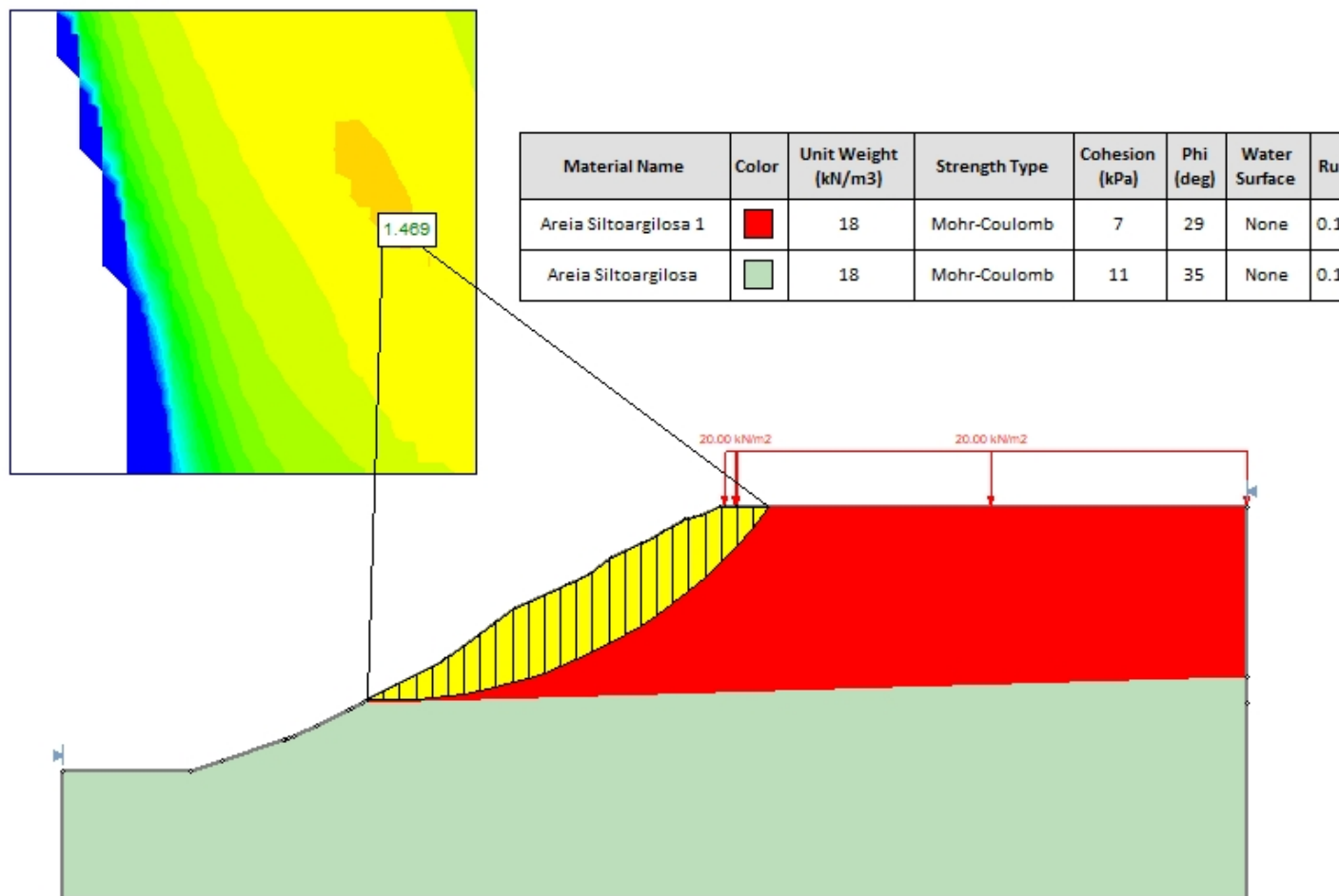


Figura 45: Estabilidade cenário S5-P2

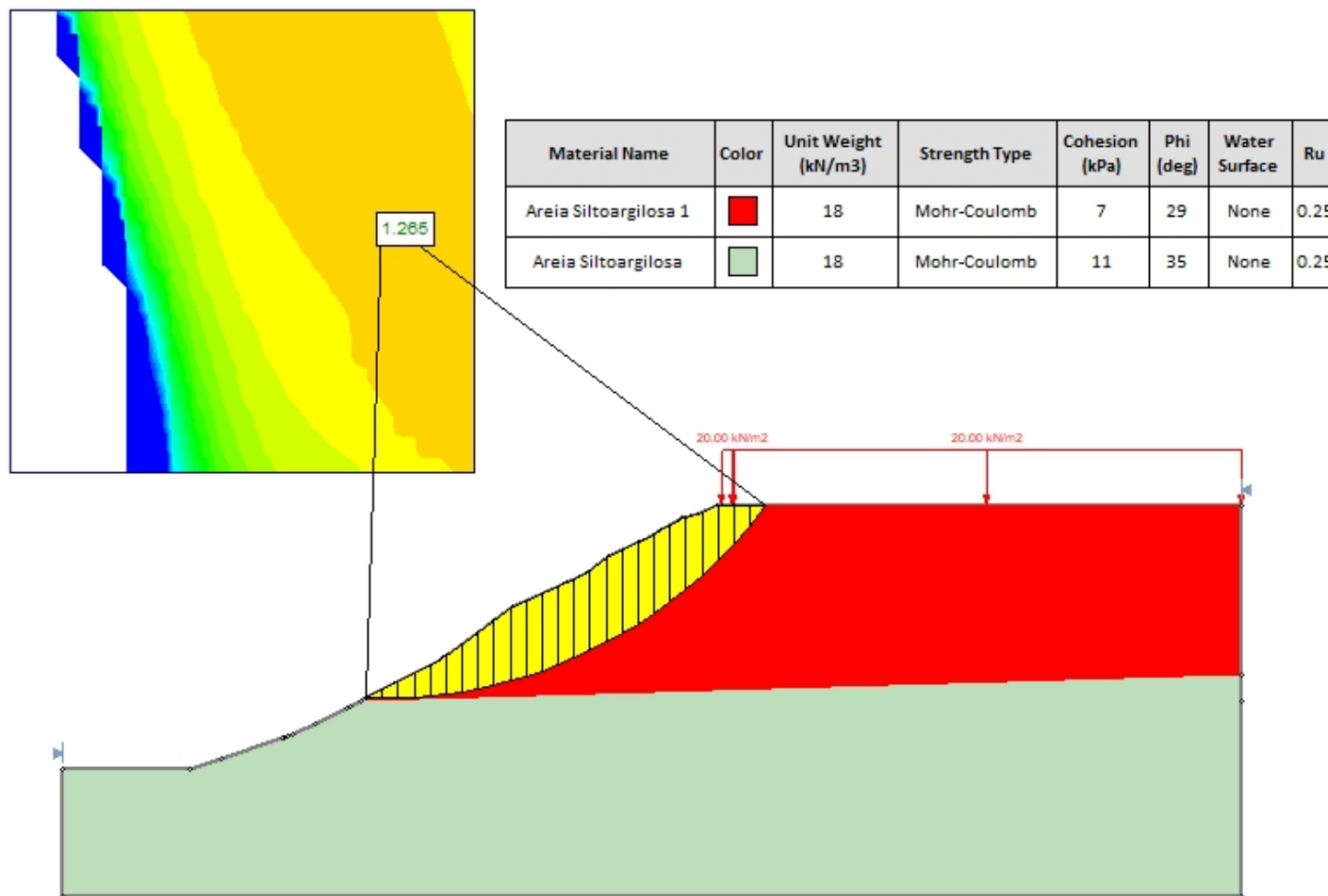


Figura 46: Estabilidade cenário S5-P3

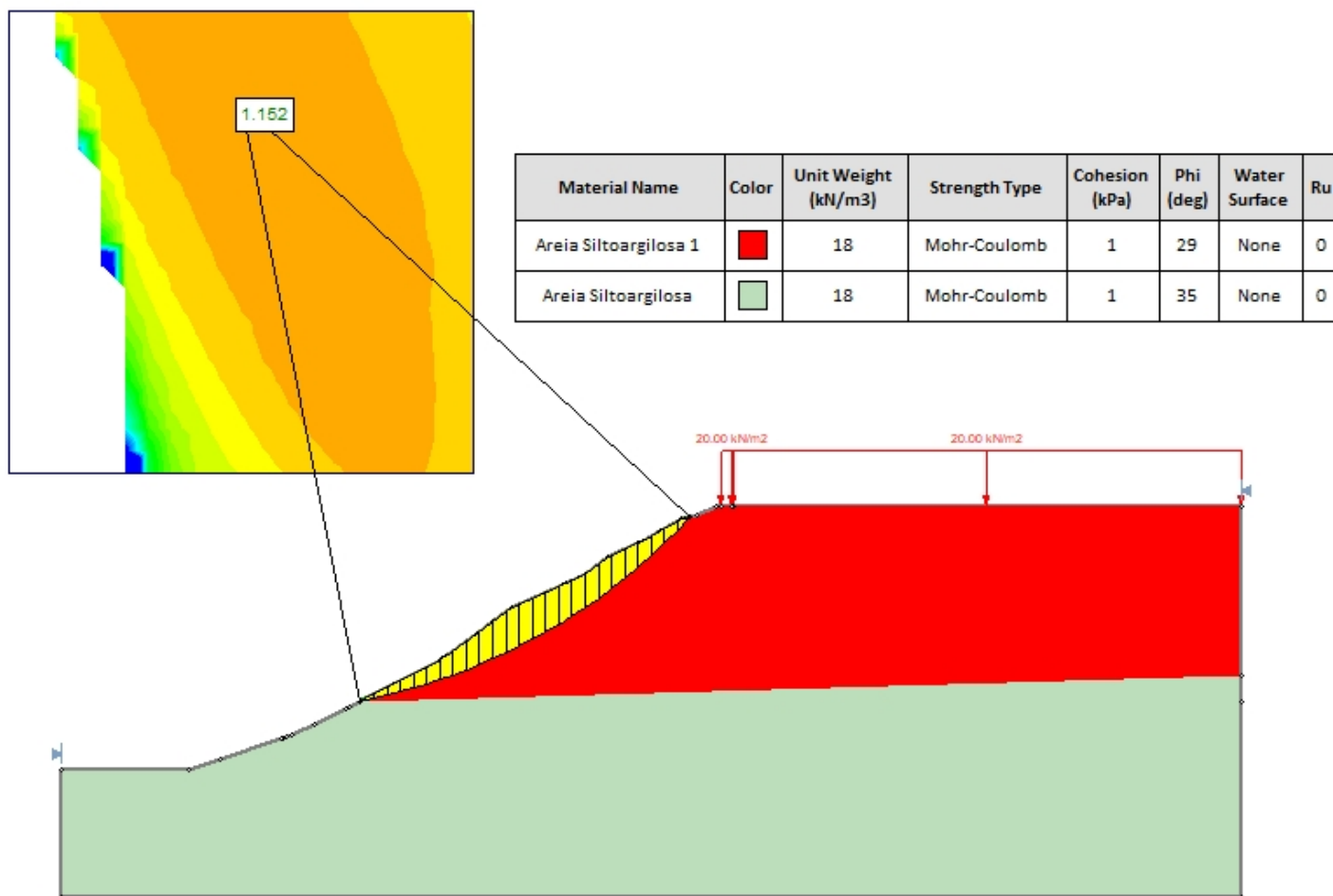


Figura 47: Estabilidade cenário S5-P4

## 16.10 SEÇÃO 5 – COM TRATAMENTO

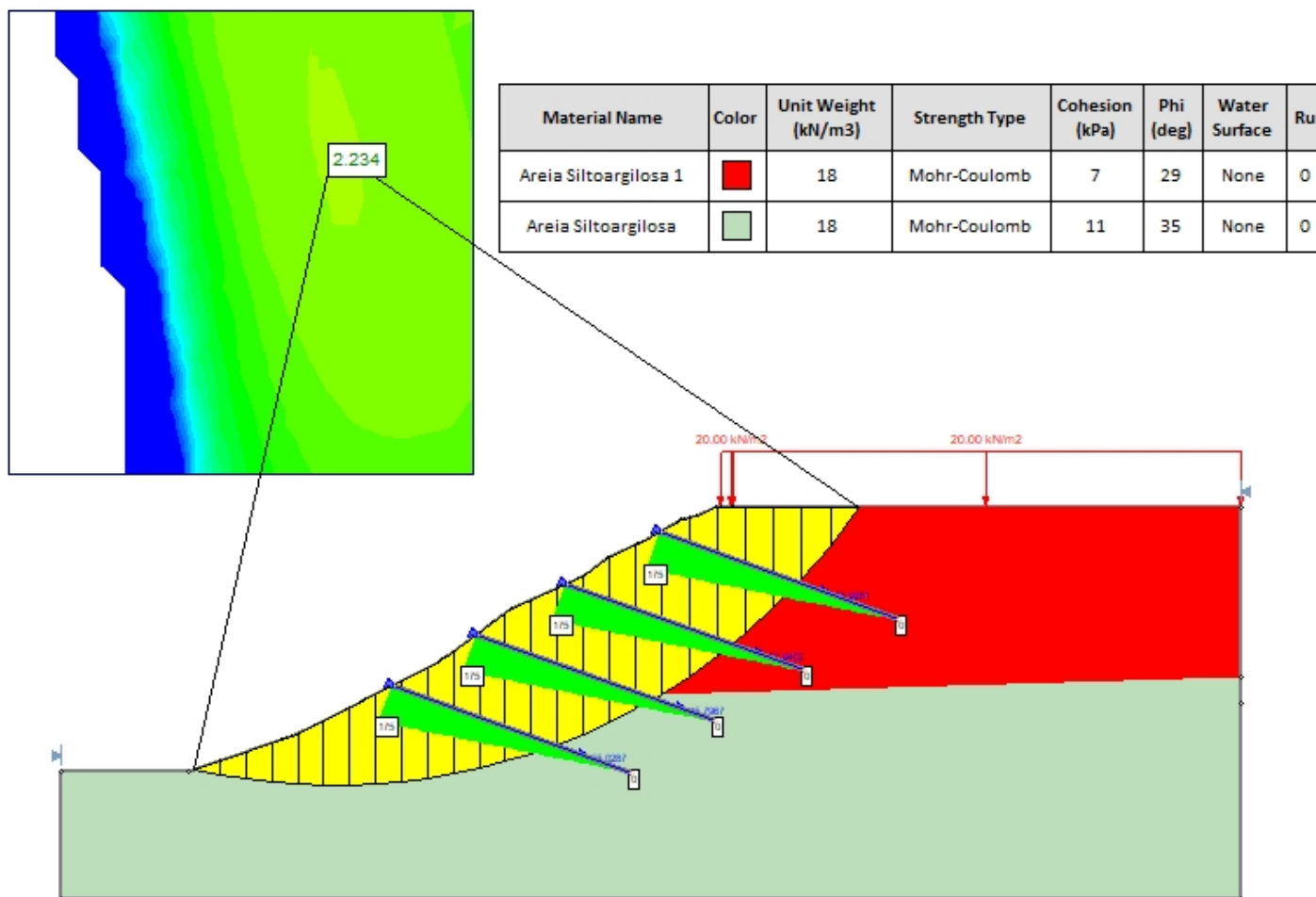
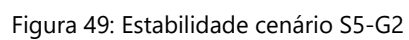
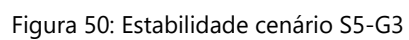


Figura 48: Estabilidade cenário S5-G1





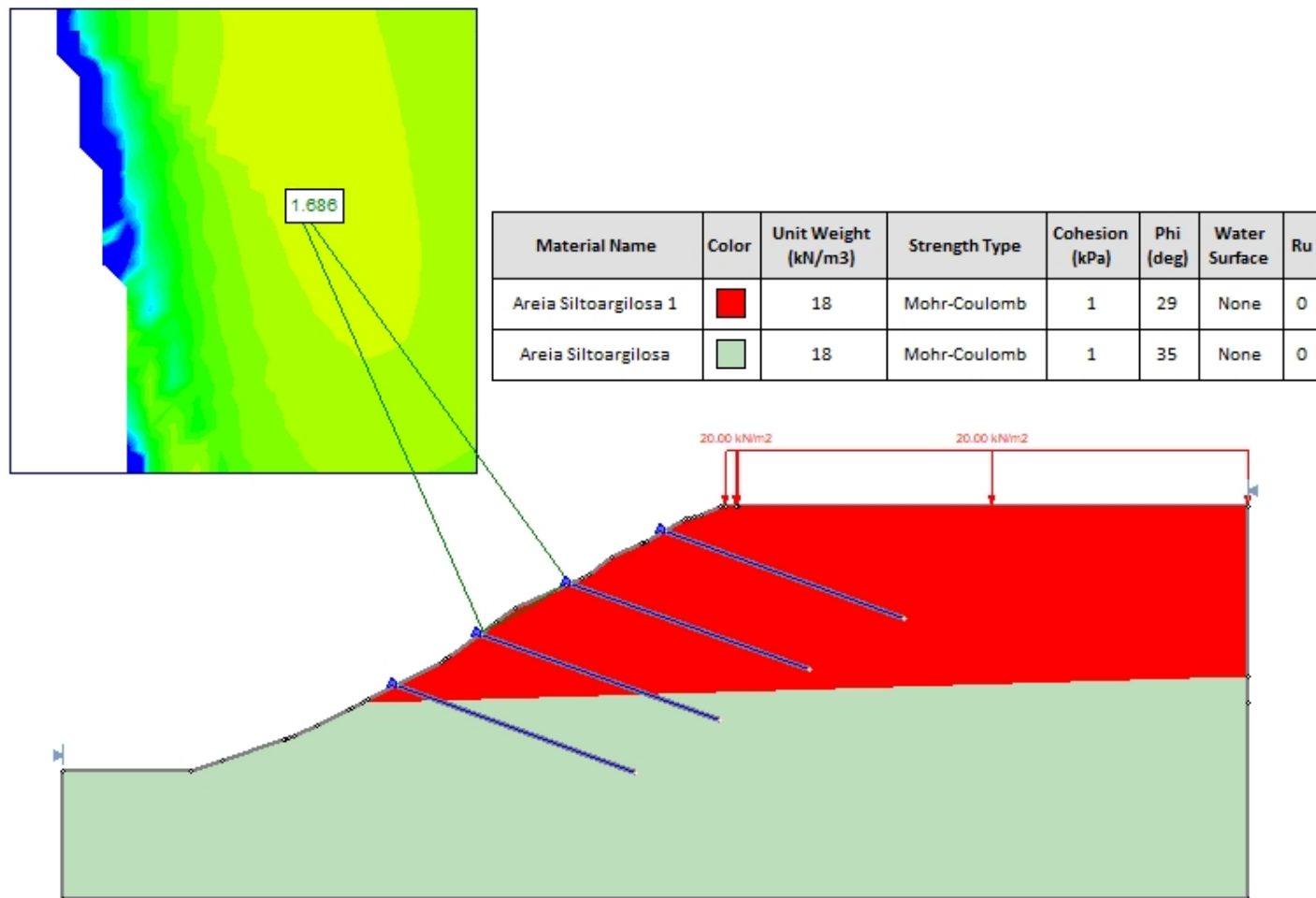


Figura 51: Estabilidade cenário S5-G4

## 17. REFERÊNCIAS

Marques, J. A. F. ; Marques, A.G. . Prática de Fundações no Estado de Alagoas. In: ABMS - Núcleo Nordeste. (Org.). Geotecnia no Nordeste. Recife: Universitária da UFPE, 2005, v. único, p. 247-264.

Marques, J. A. F. ; Marques, A.G. ; Marques, R.F. . Estudos Sobre Escorregamentos de Encostas da Formação Barreiras de Maceió-AL. In: XVI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica - COBRAMSEG, 2012, Porto de Galinhas - PE. COBRAMSEG 2012, 2012.

MARQUES, R. F. ; COUTINHO, R. Q. ; Marques, A.G. . Caracterização Geotécnica de um Perfil de Solo Não Saturado da Formação Barreiras da Cidade de Maceió-AL. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2006, Curitiba-PR. COBRAMSEG'2006, 2006. v. 1. p. 367-372.

  
**Rafael Araújo Guillou**  
Engº Civil  
CREA. 021.081.852-2