

## RELATÓRIO DE ESTABILIDADE RUA JOÃO LUZIA

LOCAL: Rua João Luzia – Bairro Três Moinhos

OBJETO: Relatório de Vistoria Técnica para subsidiar projeto de contenção

CONTRATO:012023.172

### 1. CONTEXTUALIZAÇÃO:

Motivado por movimentações de “terra” ocorridas em uma encosta que possui na região na sua crista a rua João Luzia na cidade de Juiz de Fora-MG, foram realizadas sondagens com finalidade de desenvolver projetos de engenharia visando a estabilização desta área. As necessidades de intervenções foram relatadas no relatório de vistoria, quando foram verificados os problemas relativos a estas instabilidades.

A encosta onde está localizada a rua João Luzia foi indicada pela Defesa Civil de Juiz de Fora, e faz parte do programa de enfrentamento aos desastres nas diversas áreas de risco da cidade.

A rua João Luzia historicamente no enfoque da Defesa Civil, apresentou sempre um quadro de movimentação ao longo dos anos de ocupação desordenada, tendo vários Bos da Defesa Civil, que demonstram este comportamento de instabilidade. Alguns paliativos como colocação de leiras de solo cimento ensacado foram usados para proteger a encosta neste ponto onde hoje se planeja uma solução definitiva tanto por contenção de talude quanto pela drenagem das águas pluviais.



Figura 1: Leira de proteção com lona colocada pela Defesa Civil

## 2. DADOS INICIAIS DO PROJETO:

Proprietário: Prefeitura de Juiz de Fora

Obra: Estabilização de Talude e Projeto de Contenção em Cortina Atirantada

Local da Obra: Rua João Luzia – Bairro Três Moinhos

## 3. OBJETIVOS:

Este memorial tem como objetivo fornecer os elementos utilizados para concepção dos projetos de estabilização da encosta situada na Rua João Luzia , Bairro Três Moinhos na cidade de Juiz de Fora-MG, visando fornecer os elementos básicos do projeto e o seu orçamento executivo de modo a restituir as condições de segurança naquela encosta.

### 3.1 Objetivos específicos:

1. Conceber um modelo geotécnico específico para área de estudo
2. Avaliar a estabilidade do talude nas condições em que ele se encontra
3. Propor soluções de estabilização do talude
4. Avaliar a estabilidade global do talude após a implantação das contenções e das formas de estabilização utilizando solo grampeado com concreto projetado e cortina atirantada
5. Apresentar um projeto executivo e executável de forma a apresentar um coeficiente de segurança de acordo com as normas ,com os detalhes pertinentes
6. Apresentar formas de drenagem, através de um projeto executivo
7. Apresentar um orçamento da obra com cronograma e memória de cálculo.

## 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO:

Num contexto geral o Bairro Três Moinhos fica localizado na zona leste da cidade de Juiz de Fora, município este localizado dentro da Zona da Mata Mineira, sendo que é banhada pelo Rio Paraibuna pertencente a Bacia do Rio Paraíba do Sul e um dos seus tributários.



Figura 2: Mostra área de intervenção na rua João Luzia - Fonte: Google.

#### 4.1 Topografia da região e formação geológica

A topografia da região é acidentada, segundo o projeto topográfico apresentado com inclinação variando entre  $35^\circ$  e  $54^\circ$ . Esta encosta se desenvolve entre as ruas João Luzia e Manoel Clemente. Segundo os levantamentos de sondagens obtidos os solos que compõem o talude é constituído por uma camada de 3 metros de aterro de argila pouco siltoso e pouco arenoso de consistência mole de cor marrom, camada subjacente que se desenvolve de solo argiloso de consistência média a dura de cor com pigmentos variados.

No recorte geológico da região, extraído do mapa geológico Sul de Minas podemos ver a localização da área dentro deste contexto geológico.

A geologia da região:

O embasamento no Domínio Juiz de Fora é o Complexo Juiz de Fora, composto por ortognaisses e metabasitos com paragêneses da fácies granulito. Esta unidade compreende, predominantemente, tipos de composição tonalítica (enderbitos) a granítica (charnockitos), com rochas gabróicas e dioríticas (piribolitos e pirigarnitos) subordinadas. Feldspatos, quartzo, hiperstênio e/ou bronzita e diopsídio são minerais essenciais. Hornblenda e biotita são subordinadas e, geralmente, formadas a partir dos piroxênios por retrometamorfismo. Granada almandina ocorre como coronas symplectíticas em piroxênios das rochas básicas. Zircão, monazita, apatita, ilmenita e sulfetos são minerais acessórios. Os ortogranulitos transicionam para gnaisses



bandados com alternância de faixas claras e escuras, em virtude de maior deformação e retrometamorfismo. Nesta folha, o Complexo Juiz de Fora inclui duas suítes magmáticas básicas (toleítica e transicional), com distribuição restrita, e quatro suítes cálcioalcalinas (duas de alto e duas de médio potássio) de ampla ocorrência. As idades U-Pb e Rb-Sr disponíveis indicam que o Complexo Juiz de Fora originou-se no Paleoproterozóico Cobertura Neoproterozóica .

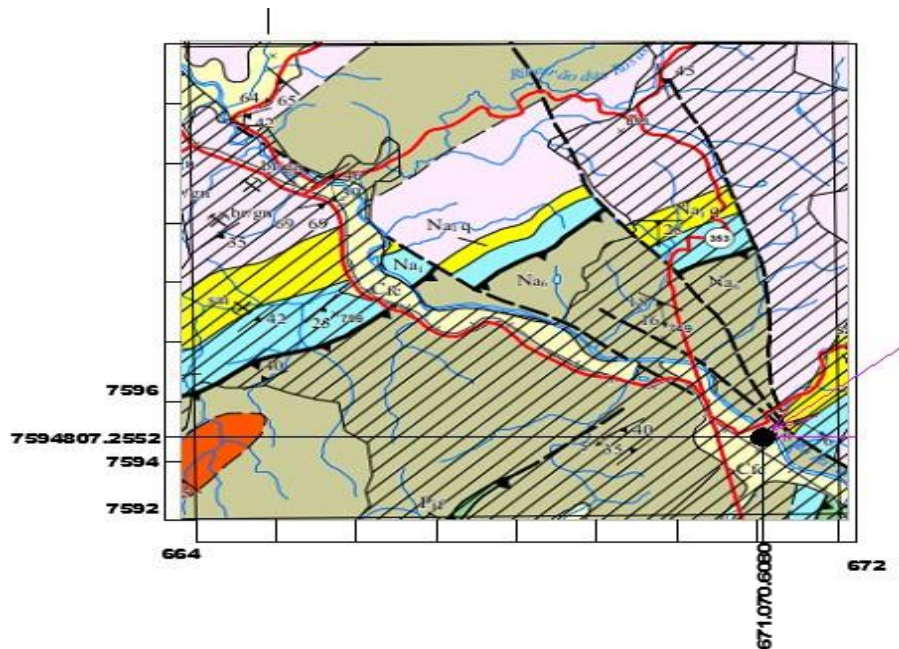


Figura 3: Recorte do Mapa Geológico de Juiz de Fora Coordenadas UTM: E: 671723.9900 ; N:7594657.37

Conforme mapa geológico, Figura 3, a base litológica da região é constituída de (Sillimanita)-granada- biotita gnaiss, com intercalações de quartzito impuro, rocha calcissilicática, anfibolito e gondito. As análises das rochas no bairro São Tarcisio aponta para biotita-gnaiss, sendo o material de intemperismo classificado como autóctone. Predomina na região direções de descontinuidade NO-SE e NE-SO, mergulhando W e E, com ângulos de mergulho de 15° a 20°, aparecendo também em destaque ângulos de mergulho de 35° a 40°.

#### 4.2. Geotecnia:

Conforme laudo de sondagem, na área de estudo , geotecnicaamente, os solos que compõem o talude é constituído por uma camada de 3 metros de aterro de argila pouco siltoso e pouco arenoso de consistência mole de cor marrom SPT médio de 5 , camada subjacente que se desenvolve de solo argiloso de consistencia media a dura de cor com pigmentos variados , num horizonte de 3m a 11,45 apresenta um SPT variavel ao longo da camada de 6 a 52, sendo que após está camada o solo se apresentou impenetrável ao trépano.

Por tanto a área é pedologicamente constituída de um solo residual maduro .

## 5. METODOLOGIA E NORMAS:

Para a execução deste memorial foram realizadas as seguintes etapas de investigação: visita técnica a área impactada, análise das sondagens tipo SPT e estudo da topografia da área. Permitindo a definição de um perfil geotécnico de projeto, o desenvolvimento de um projeto de terraplenagem para estabilização da encosta e execução da análise de estabilidade geotécnica do talude com a cortina atirantada proposta onde houve o escorregamento do talude junto a rua João Luzia , bem como da condição global envolvendo o talude já com a cortina atirantada.

Como referência para o desenvolvimento dos estudos utilizou-se os seguintes documentos:

- Levantamentos Topográficos
- Sondagem do Terreno

Ainda visando atender as normas vigentes os documentos gerados foram concebidos com base nas normas relacionadas abaixo e utilizadas na sua revisão mais recente, como base de instruções e procedimentos.

NBR - 6484:2020 - Sondagem de Simples reconhecimentos com SPT –

Método de ensaio NBR - 6502:2022 - Rochas e Solos

NBR - 8044: 2018 - Projeto geotécnico - Procedimento

NBR -11682:2009 - Estabilidade de encosta

NBR - 6122:2019 - Projeto e execução de fundações

NBR - 6118:2019 - Versão Corrigida: 2014 - Projeto de estruturas de concreto  
— Procedimento NBR - 5629:2018 - Tirantes ancorados no terreno — Projeto e execução

Manual Técnico de Encostas da GEO RIO

## 6. AREAS DE DRENAGEM NATURAL

Os processos erosivos indicam as linhas de drenagens naturais onde deverão ser implementadas as soluções de drenagem, reconstituição dos taludes naturais através de cobertura vegetal e equipamentos para condução das águas pluviais como canaletas e caixas de captação lançando-se em escadas dos dois lados da cortina da

rua Augusto Vicente Vieira até a rua São Tarcisio. alimentará essa rede com o excedente que não for infiltrado na encosta através da cobertura vegetal a ser implantada.

## 7. SISTEMAS DE CONTENÇÕES ADOTADAS

Serão projetadas duas linhas de muro de contenção em cortina com tirantes com fundações em sapatas corridas a estabilidade será garantida pelos tirantes. Abaixo da cortina onde o talude se desenvolve a jusante será empregado o solo grampeado com projeção de concreto. Nesses taludes as canaletas longitudinais captarão o excedente de água não infiltrado lançando nas duas escadas hidráulicas que serão projetadas .

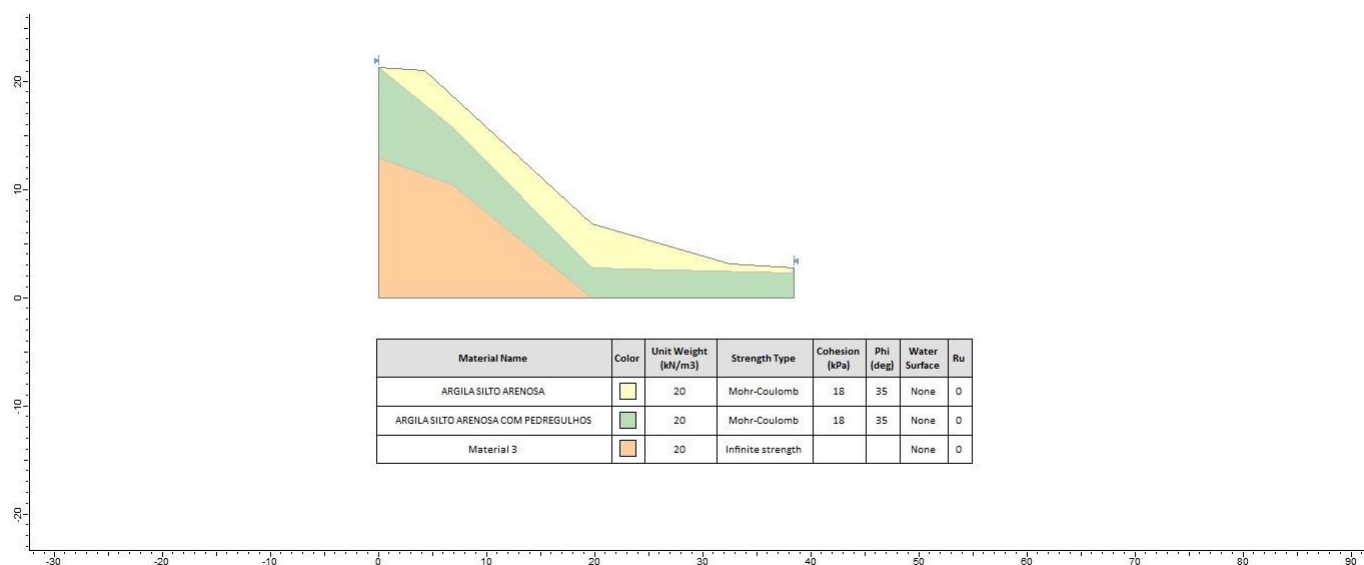


Figura 4: Perfil 13 do talude com características geotécnicas das camadas de solo

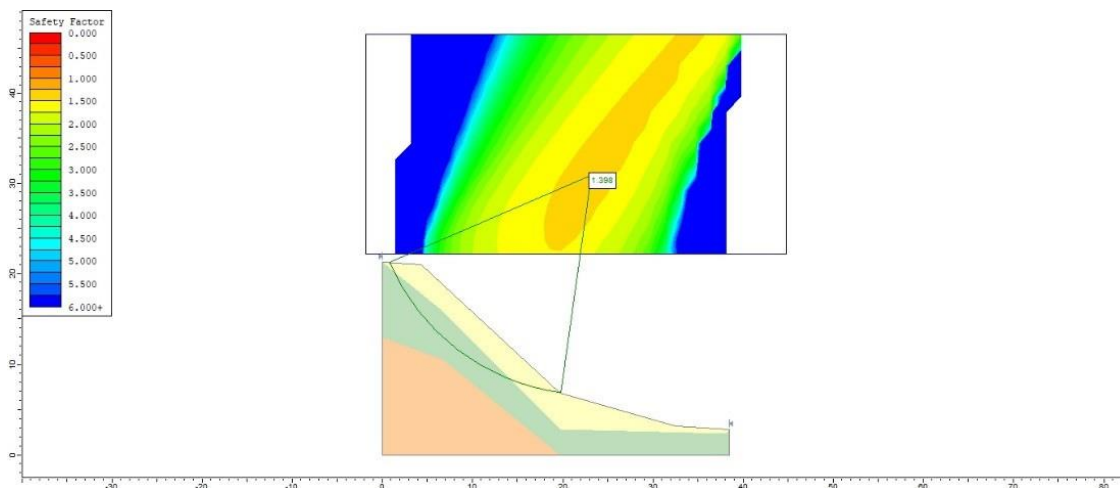


Figura 5: Caracterização geotécnica dos solos e coeficiente segurança encontrado antes da solução de contenção . Perfil 3: Coeficiente de segurança 1,398

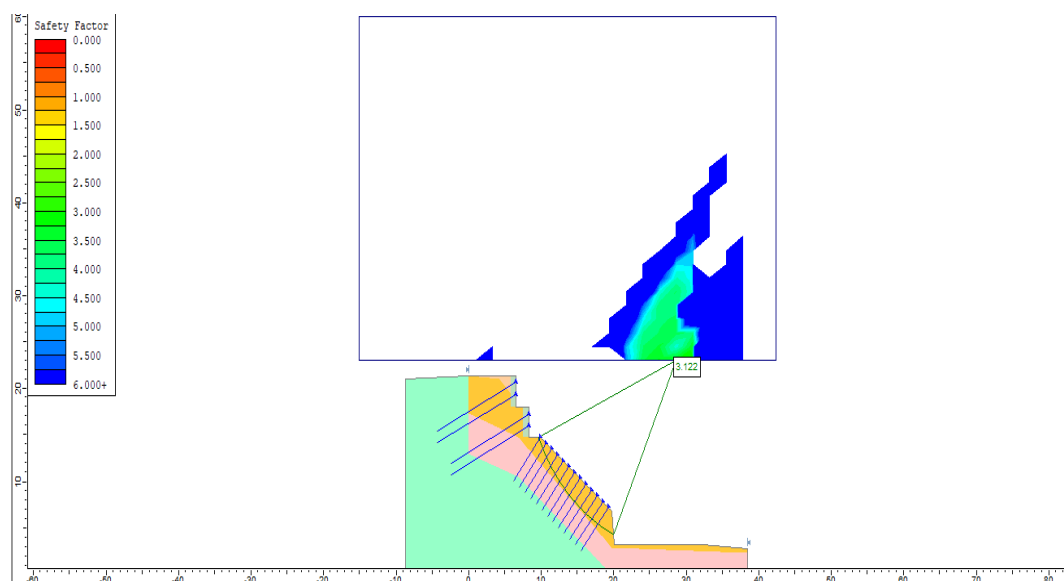


Figura 6: Caracterização geotécnica dos solos e coeficiente segurança depois da solução da contenção e o solo grampeado . Perfil 3: Coeficiente de segurança 3,122

## 8. SOLUÇÕES ENCONTRADAS:

### 8.1.Descrição do Projeto

Visando atender a melhoria da estabilidade e por se tratar de movimentações ligeiramente planares de camadas de solo, residual, foi dada a solução de uma cortina atirantada no talude junto a rua Augusto Vicente Vieira e mais abaixo desta, devido a inclinação do talude e para diminuir a altura da cortina, outra cortina, que serão construídas em duas etapas conforme é descrito no projeto. Abaixo da segunda cortina será aplicado um solo grampeado com concreto projetado no restante do talude.

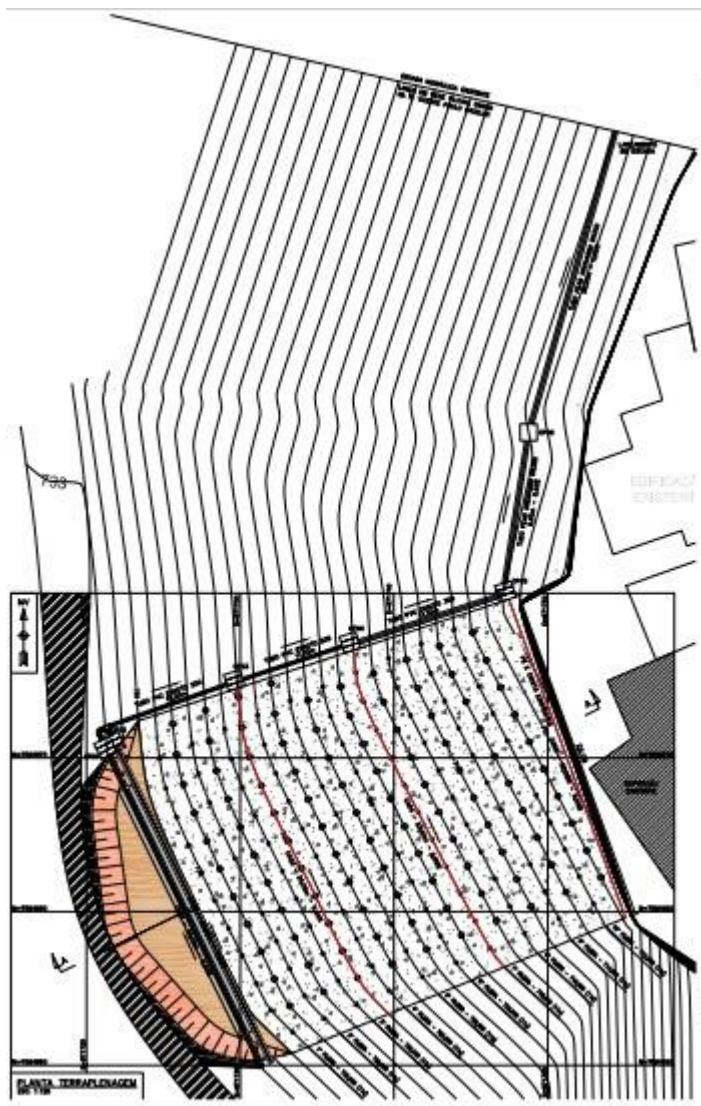


Figura 7: Representação em planta das soluções projetadas

As cortinas deverão dispor de drenos horizontais profundos (DHP's) para drenar eventuais sistema de infiltração pluviométrica e ou níveis d'água não levantados pela sondagem e que possam comprometer o funcionamento da estrutura, também deverá compor o sistema de drenagem barbacãs. O projeto conta com 01 cortina projetada em concreto armado e com altura em relação a vertical de 3 metros medindo 22.60 metros.

As análises de estabilidade foram realizadas limitando-se a seção mais crítica da região, analisando a estabilidade localmente do talude e da cortina bem como a estabilidade global da encosta. O projeto elaborado buscou soluções que atendessem os critérios de estabilidade de acordo com a ABNT NBR 5629:2018 – Tirantes ancorados no terreno – Projeto e Execução. A cortina em concreto armado foi projetada conforme critérios estabelecidos na ABNT NBR 6118:2018 e deverá ser executada com concreto com fck de 30 MPa com armadura CA-50. Na Figura 3 é ilustrada o arranjo geral do projeto..



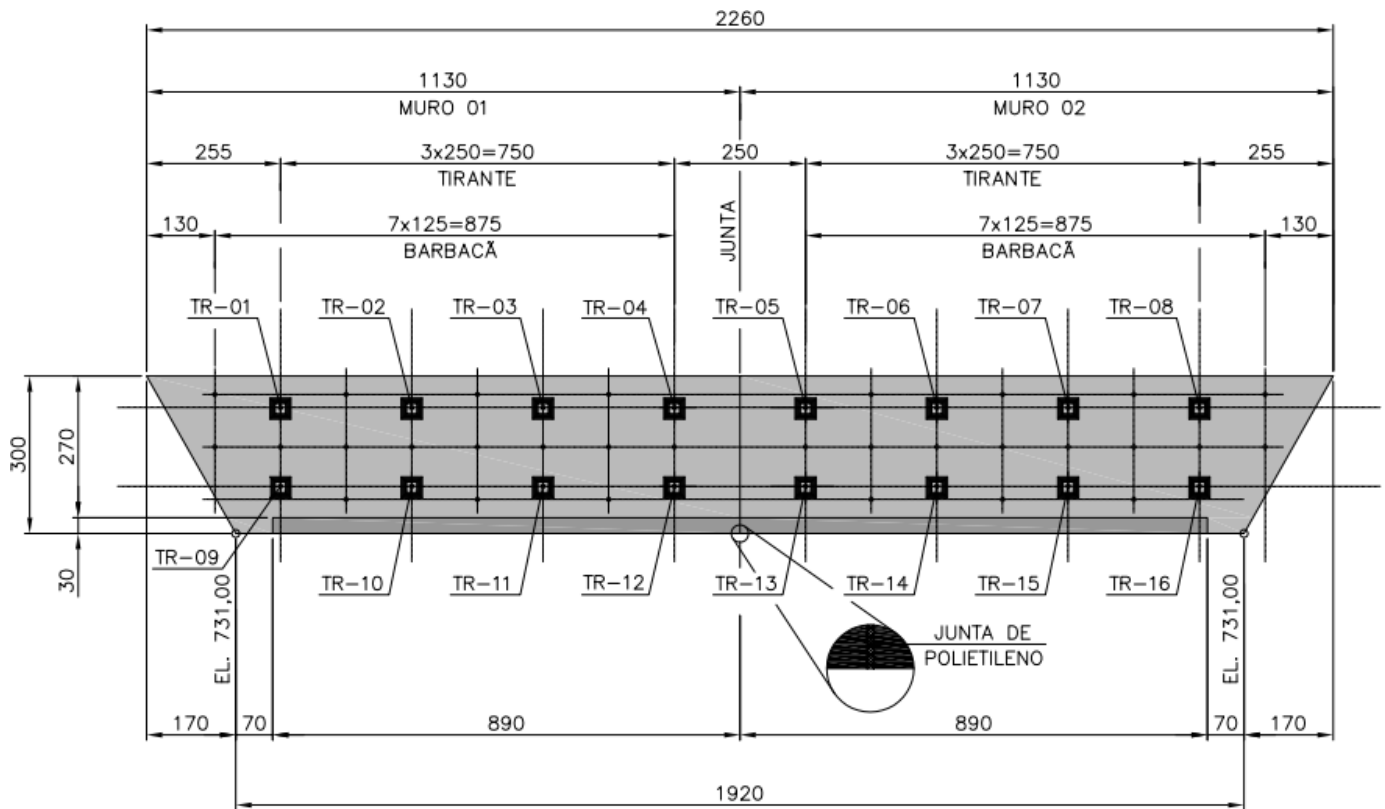


Figura 8: Representação da cortina projetada

#### 9. TIRANTES:

Os tirantes deverão ser executados conforme detalhes executivos apresentados nos desenhos de projeto. Devem ser realizados ensaios de recebimento em todos os tirantes. Em relação aos ensaios de qualificação, devem ser realizados a execução em no mínimo 1% dos tirantes da obra.

Dessa forma para o presente projeto, deve ser realizado um total de 2 (dois) ensaios de qualificação. Os procedimentos devem seguir aos critérios estabelecidos na ABNT NBR 5629:2018. O diâmetro estabelecido do furo é de 100 mm.

#### 10. MEMORIAL DESCRITIVO DOS CÁLCULOS :

O projeto elaborado buscou soluções que atendessem os critérios de estabilidade de acordo com a NBR ABNT 5629:2018 – Tirantes ancorados no terreno – Projeto e Execução. Para o presente projeto, as análises de estabilidade foram realizadas limitando-se a seção mais crítica, analisando inicialmente a condição natural da estabilidade global da encosta, conforme pode ser vislumbrado pela Figura 10 cujo resultado demonstra que na condição atual o talude encontra-se instável, com fator de segurança abaixo do recomendado. Os fatores de segurança foram estabelecidos conforme os critérios apresentados na NBR

ABNT 5629:2018 norma esta que estabelece os critérios mínimos para as análises local e global. Para o caso de obras permanentes, caso do projeto em questão é estabelecido que O fator de segurança adotado FS:1,5 devido a existencia de casas abaixo.

## 10.1 CÁLCULO DOS TIRANTES

### 10.1.1. Dimensionamento dos Tirantes

Conforme estabelecido na NBR 5629:2018 a seção do tirante deve ser calculada a partir do esforço máximo no qual será submetido. Para tirantes permanentes a norma estabelece a Equação 1

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{1,75} \times 0,9 \quad (1)$$

Onde:

$\sigma_{adm}$ : é igual à tensão admissível no aço expresso em MPa; e

$f_{yk}$ : é igual à resistência característica do aço ao escoamento expresso em MPa.

Para o presente projeto foi estabelecido o Tirante com barra de aço CA-50 com  $\varnothing=32$  mm. O mesmo poderá ser substituído por barra do tipo DYWIDAG ou similar, desde que atenda aos requisitos mínimos para os fatores de segurança. Dessa forma, têm-se os seguintes resultados:

-  $\sigma_{adm} = 500 \times 0,9 / 1,75 = 257,14$  MPa; e

- Carga do Tirante =  $\sigma_{adm} \times \text{Área transversal do Tirante} = 206,81$  KN.

### 10.1.2 Comprimento do trecho ancorado

Conforme estabelecido na NBR 5629:2018 o comprimento do trecho ancorado do tirante foi estabelecido em projeto, cujo desempenho deve ser verificado por meio de ensaios e ajustado conforme necessidade. Para o dimensionamento da capacidade de carga do bulbo dos tirantes foi utilizado a equação proposta por Porto (2015), que correlaciona a resistência ao cisalhamento do bulbo com solo ( $q_s$ ), utilizando o valor do NSPT médio na região de ancoragem. O autor propõe a Equação 3 para estimativa do valor de resistência

ao cisalhamento ( $q_s$  em  $\text{kN/m}^2$ ). Em relação a capacidade de carga do bulbo (TL em kN), foi adotado a Equação 2, conforme segue a seguir:

$$TL = \pi \cdot D_s \cdot L_a \cdot q_s \quad (2)$$

Onde:

$D_s$ : é o diâmetro médio do bulbo (m); e

$L_a$ : é o comprimento do bulbo de ancoragem em (m)

E  $q_s$  é o resultado da expressão  $q_s = 10k \cdot \left( \frac{NSPT}{3} + 1 \right)$

Onde:

$k$ : é o coeficiente de ancoragem de acordo com o tipo de solo (argila siltosa: 1,97); e NSPT: média do NSPT na região do bulbo de ancoragem.

Foi considerado o NSPT médio de 20 para o dimensionamento da capacidade de carga do bulbo no qual os tirantes estarão ancorados. Através da Equação 3 proposta por Porto (2015) obteve-se um  $q_s$  igual a  $151 \text{ kN/m}^2$  e a capacidade de carga do Bulbo aproximadamente igual a 284 kN, por tanto com um comprimento ancorado igual a 6 metros e diâmetro médio do bulbo igual a 100 mm, têm-se a capacidade de carga do bulbo por metro TL/m igual a 31,6 kN/m ao aplicar um fator de segurança igual a 1,5 sobre o resultado final. Entretanto de modo conservador, em função da geologia local que apresenta estruturas relíquias na forma de descontinuidades planares, foi adotado um valor de TL/m igual a 15 kN/m, até por que as análises foram realizadas apenas com dados de SPT.

## 11..ANÁLISE DA ESTABILIDADE:

As análises de estabilidade foram realizadas considerando rupturas não circulares com FS calculado pelo método de Spencer para região não ancorada, Bishop simplificado (mais conservador) para a região com os tirantes, critério de ruptura de Mohr-Coulomb, materiais homogêneos e isotrópicos e demais critérios e premissas apresentados anteriormente.

Os resultados das análises, para a condição após a execução da cortina e terraplenagem estão apresentados nas Figuras 5 e 6, que atenderam ao fator mínimo de segurança adotado no projeto igual a 1,5.

Para região com a implantação de uma malha de tirantes, de 1,0 m na vertical x 1,5 m na horizontal, com 12,0 metros de profundidade dos quais 6,0 metros constitui o bulbo de ancoragem, instalados a 15° de inclinação com a horizontal, obteve-se localmente um fator de segurança igual 3,122 atendendo os requisitos mínimos estabelecidos pela norma.

## 12. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL:

O dimensionamento estrutural das cortinas foi realizado com base na NBR 6118:2014, adotando-se um concreto da classe 30 (C30), e armadura CA-50. Visando simplificar os calculos, mas a favor da segurança, a estrutura foi dimensionada nessas condições: o valor máximo da força de cisalhamento foi de 58kN/m e o Momento máximo igual 10 kNm/m. Conforme pode ser visto nos diagramas da Figura 9, a seguir:

A cortina foi armada de acordo com dimensionamento estrutural suportar 74,27 kN.m/m (MRd) e uma força de cisalhamento última de cálculo (VRd) igual a 367,8 kN/m. Como pode ser visto as solicitações maximas para momento (18,99 kN.m/m) e cortante (77,31 kN.m/m) são inferiores as capacidades de resistência calculadas com armaduras na parte interna de 16mm e na parte externa de 12,5 mm. Ainda visando redução da fissuração deverá ser disposta na mesma direação da armadura de 16 mm. Foi adotado cobertura de 50 mm considerando uma classe de agressividade igual a IV.