

006/2022

OS 046

PROJETOS EXECUTIVOS DE ESTABILIZAÇÃO DE ENCOSTA A MONTANTE E JUSANTE DA RUA PEDRO JOSÉ DE OLIVEIRA NO BAIRRO RETIRO, E A MONTANTE DA RUA DOS SURFISTAS NO BAIRRO PORTA DA ROÇA.

P005B

**RELATÓRIO DE PROJETO DE ESTABILIZAÇÃO DE ENCOSTA
BAIRRO PORTO DA ROÇA
Produto 005B**



RELATÓRIO DE PROJETO

PROJETO EXECUTIVO DE ESTABILIZAÇÃO DE ENCOSTA

RUA 8

BAIRRO PORTO DA ROÇA

Serviços de consultoria especializada para apoio à gestão, contemplando a elaboração de estudos técnicos, relatórios, modelagens e projetos necessários à implantação, operação, manutenção, gerenciamento, supervisão e assessoramento técnico dos programas, projetos e obras da prefeitura municipal de Saquarema, visando o estabelecimento de alianças público-privadas, parcerias público-privadas, concessões, operações urbanas consorciadas com foco no desenvolvimento econômico, urbano e regional no município de Saquarema.



CONTROLE DE REVISÃO

DOCUMENTO: SQ1414-2-1-RLT.001		
DESCRIÇÃO: RELATÓRIO DE PROJETO EXECUTIVO DE ESTABILIZAÇÃO DE ENCOSTA NA RUA 8 A MONTANTE DA RUA DOS SURFISTAS NO BAIRRO PORTO DA ROÇA, ÁREA CONTEMPLADA NA ORDEM DE SERVIÇO (OS) Nº 046/2023, DENTRO DO CONTRATO Nº006/2022, FIRMADO COM A PREFEITURA MUNICIPAL DE SAQUAREMA – RJ, ATRAVÉS DA SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, CEDIDO À SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA.		
REV:	DATA:	DESCRIÇÃO DA REVISÃO:
0	31/10/2023	Emissão inicial
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
OBS:		



RESPONSÁVEL TÉCNICO
MANUEL DA SILVA MACHADO FILHO
CREA/RJ 84105206-0



SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	5
2	RESUMO DAS INTERVENÇÕES PROPOSTAS	6
3	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	7
4	PROJETO EXECUTIVO DE CONTENÇÃO	9
4.1	ANÁLISE GLOBAL DE ESTABILIDADE	10
4.2	PARÂMETROS GEOTÉCNICOS ADOTADOS	11
4.2.1	Estabilidade Local da Cortina	12
4.2.2	Comprimento de Ancoragem dos Tirantes	13
4.2.3	Estabilidade Global Do Talude	14
4.2.4	Fundação da Cortina	16



1 APRESENTAÇÃO

O Relatório de Projeto tem por objetivo apresentar critérios, parâmetros e planilhas de cálculo dos projetos de estabilização de encosta na Rua 08, a montante da Rua dos Surfistas Bairro Porto das Roça – Saquarema – RJ.

Este material foi elaborado pela Equipe Técnica do CONSÓRCIO PRÓ-SAQUAREMA, em atendimento a ORDEM DE SERVIÇO (OS) – NÚMERO 046/2023, dentro do contrato nº 006/2022, firmado com a Prefeitura Municipal de Saquarema – RJ, através da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico, cedido à Secretaria Municipal de Infraestrutura, cujo objeto é “SERVIÇOS DE CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA APOIO À GESTÃO, CONTEMPLANDO A ELABORAÇÃO DE ESTUDOS TÉCNICOS, RELATÓRIOS, MODELAGENS E PROJETOS NECESSÁRIOS À IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO, GERENCIAMENTO, SUPERVISÃO E ASSESSORAMENTO TÉCNICO DOS PROGRAMAS, PROJETOS E OBRAS DA PREFEITURA MUNICIPAL DE SAQUAREMA, VISANDO O ESTABELECIMENTO DE ALIANÇAS PÚBLICO-PRIVADAS, PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS, CONCESSÕES, OPERAÇÕES URBANAS CONSORCIADAS COM FOCO NO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, URBANO E REGIONAL, NO MUNICÍPIO DE SAQUAREMA”.



2 RESUMO DAS INTERVENÇÕES PROPOSTAS

Na localidade, o talude sofreu deformações devido a intempéries climáticas, resultando na deterioração de parte do bordo da plataforma. Para reestabelecimento do fluxo na via, foi indicado a implantação de contenção na encosta com a finalidade de proteger danos a vidas humanas, bens materiais e evitar possíveis deslizamentos.

Foi realizada uma vistoria em campo e verificou-se pontos de deslizamento e erosão, onde parte da calçada e do pavimento ruíram. Os pontos vistoriados encontram-se em eminência de novos desmoronamentos, devido a sua inclinação e falta de proteção.

A contenção projetada tem, aproximadamente, 4 m de altura, do tipo cortina atirantada revestida com 4 painéis de concreto armado e sua fundação é composta por 16 estacas raízes com 200 mm de diâmetro cada e duas abas com 1 estaca raiz com 200 mm por aba, totalizando 18 estacas raízes com 5 m de comprimento cada.

Para controle do NA e conter a permeabilidade na contenção, foram projetados drenos do tipo barbacãs e drenos horizontais profundos (DHP).



Figura 1 - Localização da Obra de Contenção

A contenção, que está destacada em amarelo na Figura 1, será implantada na Rua 8 a montante da Rua dos Surfistas, Porto da Roça – Saquarema – RJ, com extensão aproximada de 40m e coordenadas UTM na Zona 23K, 758.578 m E e 7.462.986 m S;

3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Foram identificados defeitos no bordo da via, com deterioração da calçada e de parte do pavimento, que apresenta trincas do tipo “couro de jacaré”, o que indica movimentação de massa de solo e das camadas do pavimento. Pelas sondagens, existe uma camada de aterro sob a rodovia, sendo a porção a jusante não apresentar qualquer contenção de massa de solo na época de implantação da via.

As Figuras de 2 a 4 apresentadas a seguir, mostram as feições do local após os eventos de movimentação das massas de solo. A vegetação impediu a visualização mais precisa das características do talude a jusante e a superfície da erosão que foram confirmadas posteriormente com a topografia.

Constatou-se que há necessidade de se realizar uma obra de estabilização de talude em questão, bem como correção do sistema de drenagem, uma vez que o não tratamento pode acarretar colapso do talude, perigo aos usuários da via e possível interdição da pista que, por sua vez, já se encontra com o fluxo prejudicado. Para a estabilização do talude, foi projetada uma cortina atirantada, drenagem superficial e profunda para conduzir a contribuição da pista, de forma a mitigar os danos ao talude e a estrutura projetada.

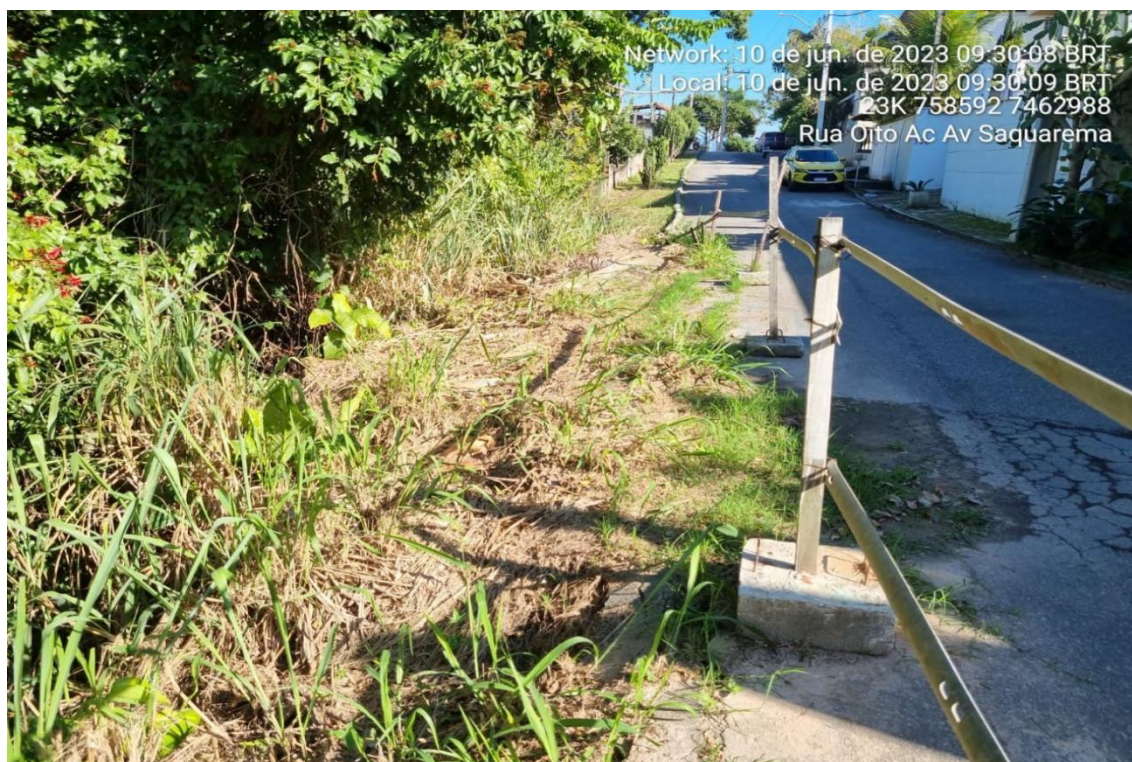


Figura 2 - Foto do local de topo da erosão e das trincas no pavimento. Fonte: Vistoria





Figura 3 - Defeitos no bordo do pavimento. Fonte: Vistoria



Figura 4 - Bordo instável. Fonte: Vistoria

Com base no levantamento, foram elaboradas as seções representativas, com os perfil geológico-geotécnico, análises de estabilidade do talude e o projeto de contenção. Os estudos foram elaborados com o intuito de entender o comportamento do solo frente as camadas ao longo do talude.



fossem deslocados. O solo é composto em suma por solo Silte arenoso e Solo de alteração de rocha muito compacto

Após análise da estabilidade de taludes, a Seção 5 foi considerada a mais desfavorável por representar a situação mais prejudicial do ponto de vista geotécnico da obra.

As sondagens não apresentaram nível d'água, por isso o NA não foi avaliado na análise de estabilidade. Os resultados apresentados neste relatório considerando a análise da seção 6, estão de acordo com a NBR 11682 de Estabilidade de Encostas.

4.1 Análise Global de Estabilidade

Foram feitas análises de estabilidade pelo método de equilíbrio limite usando o Software Slide, tanto para a retro análise dos parâmetros geotécnicos estimados, como para verificação do fator de segurança (FS) da contenção escolhida. O FS encontrado (conforme a Tabela 1) foi comparado ao padrão da NBR 11682 – Estabilidade de Encostas.

Nível de Segurança	Critérios
Alto	<ul style="list-style-type: none"> Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego intenso
Médio	<ul style="list-style-type: none"> Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	<ul style="list-style-type: none"> Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido

Tabela 1 – Nível de Segurança desejado contra perda de vidas humanas.



4.2 Parâmetros Geotécnicos Adotados

Com base no levantamento topográfico e resultados das sondagens realizadas no local, foi possível estabelecer as condições de contorno em perfil geológico-geotécnico (Figura 6) e determinar os parâmetros geotécnicos necessários para realizar a análise de estabilidade.

A estimativa dos parâmetros para a modelagem geotécnica de cálculo foi feita a partir dos dados disponíveis nos boletins das sondagens realizadas e a correlação semiempírica do N_{SPT} sugerida por Godoy (1983 apud Cintra; Aoki, 2011), Teixeira (1996). O ângulo de atrito (ϕ') foi calculado para cada um dos valores de N_{SPT} disponíveis das sondagens SP3 e SP4, pois essas sondagens definiram o perfil representativo de um perfil transversal além de ter as informações de golpes NST disponíveis das camadas. Foi utilizada a média entre as duas correlações citadas. A seguir se encontram as equações dos dois métodos citados:

$$\phi' = 28^\circ + 0,4 N_{SPT}$$

$$\phi' = 15^\circ + \sqrt{20 * N_{SPT}}$$

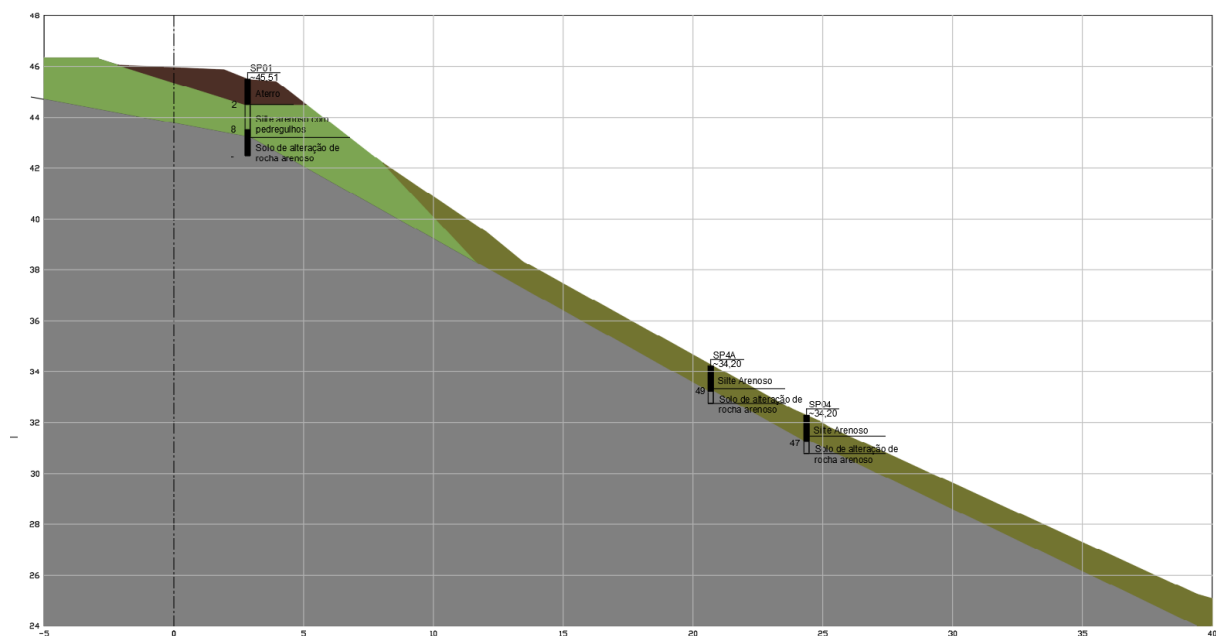


Figura 6 – Perfil Geológico Geotécnico da região, baseado nas sondagens disponíveis.

A camada 1 trata-se de um aterro camada de baixa espessura, com N_{SPT} igual a 2, uma vez que parte dessa camada será substituída na implantação da contenção projetada.

$$\phi' = 28^\circ + 0,4 * 2 = 28,8^\circ$$

$$\phi' = 15^\circ + \sqrt{20 * 2} = 21,32^\circ$$

$$\phi'_{\text{adotado}} = 25^\circ$$

Para a camada 2, de Silte arenoso com pedregulhos, adotou-se:

$$\phi' = 28^\circ + 0,4 * 8 = 31,2^\circ$$

$$\phi' = 15^\circ + \sqrt{20 * 8} = 27,65^\circ$$

$$\phi'_{\text{adotado}} = 30^\circ$$

A Camada 3, de Silte arenoso, dotou-se valores de ângulo de atrito igual ao da camada de aterro, por não se obter nas sondagens informações sobre ela.

A Camada 4, de Solo de Alteração de Rocha, adotaram-se valores de ângulo de atrito (ϕ') médios:

$$\phi' = 28^\circ + 0,4 * 46 = 46,4^\circ$$

$$\phi' = 15^\circ + \sqrt{20 * 46} = 45,33^\circ$$

$$\phi'_{\text{adotado}} = 45,9^\circ$$

4.2.1 Estabilidade Local da Cortina

O pré-dimensionamento dos tirantes da cortina foi obtido através de uma análise de estabilidade local utilizando o método de Coulomb adaptado, conforme indicado no Manual Técnico de Encostas da Geo-Rio (2020, p.302). Este método aplica o Fator de Segurança (FS) nos parâmetros geotécnicos e calcula-se a carga nos tirantes para equilibrar o empuxo de terra no tardo da estrutura de contenção.

Para o projeto em questão foi considerada uma cortina com 4 m (quatro metros) de altura e 2 (duas) linhas de tirantes; além de um solo homogêneo e com os parâmetros geotécnicos do material menos resistente (aterro), conforme calculado no item 5.2. A carga de trabalho mínima foi de 96kN, valor este que foi revisado nas análises de estabilidade global do talude.

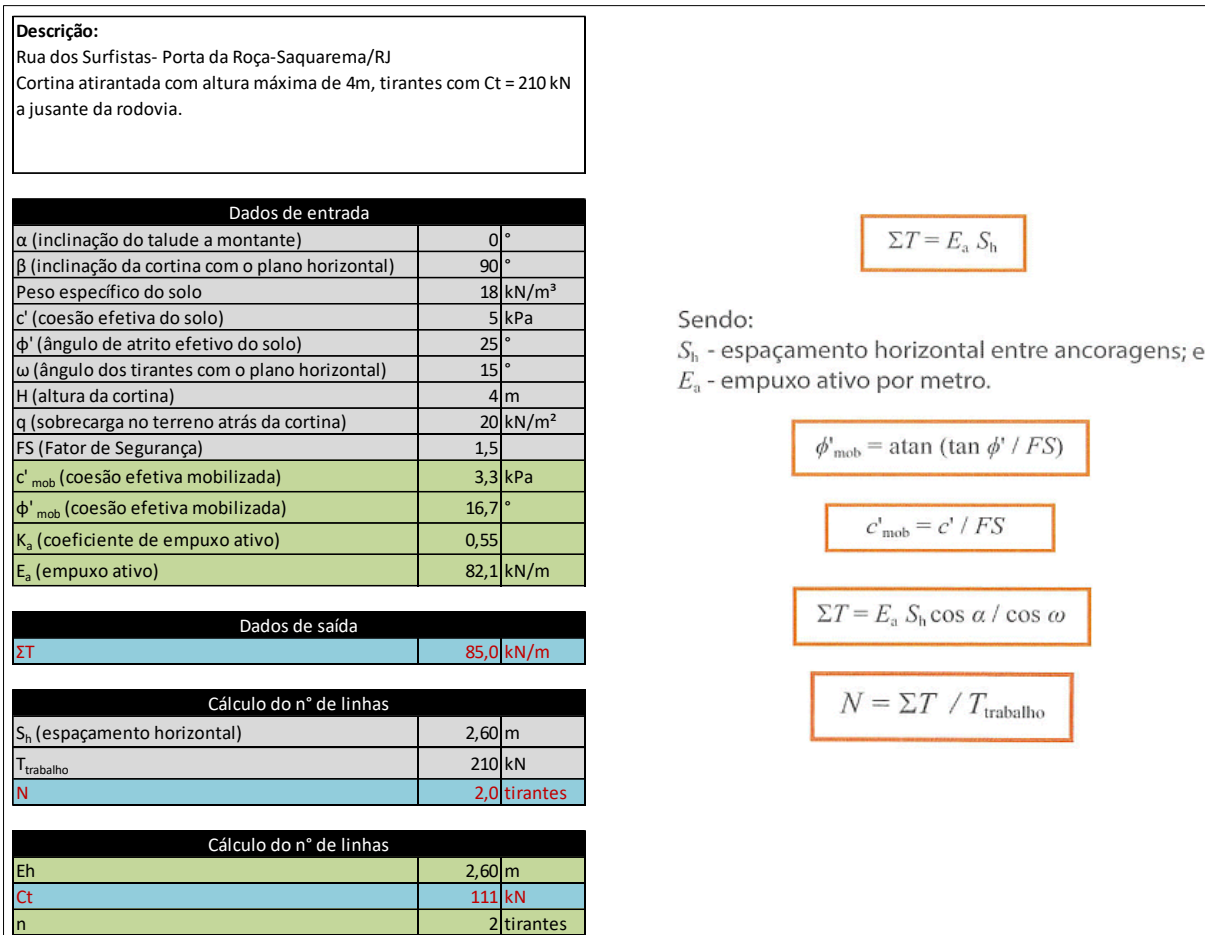


Figura 7 - Análise de estabilidade local da cortina.

4.2.2 Comprimento de Ancoragem dos Tirantes

O comprimento dos tirantes foi estimado para que seu trecho ancorado atingisse completamente na camada de solo de alteração de rocha, abaixo da camada de silte, atingindo valores de N_{SPT} de aproximadamente 46 golpes. Foi utilizada uma margem de segurança, por este valor ultrapassar o limite estabelecido como valor máximo, que consiste em 35 golpes. O atrito unitário foi estimado no contato solo-calda de cimento (qs) a partir do gráfico da Figura 8.

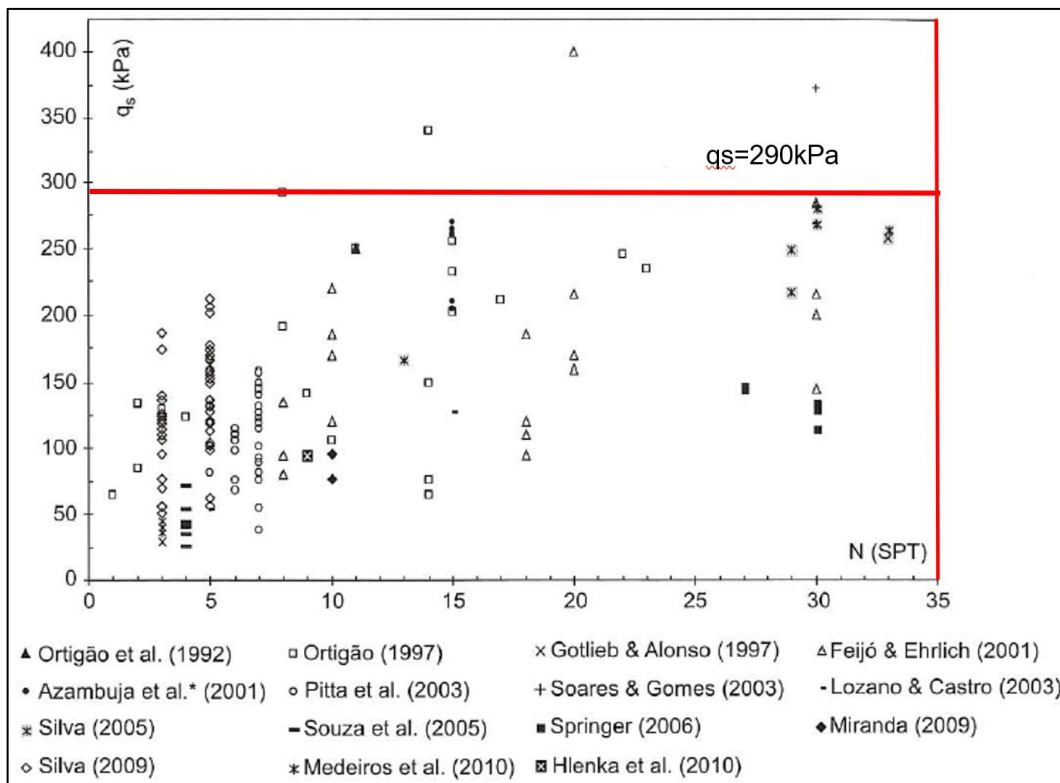


Figura 8 – Resultados de ensaios de arrancamento no Brasil (Ehrlich e Silva, 2012). Fonte Manual GeoRio.

A execução dos tirantes da cortina e os seus ensaios devem seguir o preconizado pela norma da ABNT, NBR 5629:2018. O comprimento ancorado (L_b) foi obtido a partir da equação apresentada a seguir, que foi retirada do Manual Técnico de Encostas da Fundação Geo-Rio (2020, p.274):

$$T_{bulbo} = q_s * \pi * D * L_b$$

Onde T_{bulbo} é a força resistida pelo trecho ancorado (carga máxima de ensaio) e D é o diâmetro do furo do tirante.

$$T_{bulbo} = q_s * \pi * D * L_b \therefore L_b = \frac{T_{bulbo}}{q_s * \pi * D}$$

$$L_b = \frac{1,75 * 280}{290 * \pi * 0,1} = 5,38 \sim 6,0m$$

4.2.3 Estabilidade Global Do Talude

A estrutura de contenção foi projetada com altura de 4 (quatro) metros e execução ascendente, está representada na Figura 9. Foi constatado, em análises de estabilidade



global preliminares, que a carga de trabalho dos tirantes de 210 kN foi suficiente para alcançar o fator de segurança do projeto

Foi estimada uma sobrecarga de 20 kN/m² tanto gerada pelo tráfego na rodovia, como simulando as residências a montante.

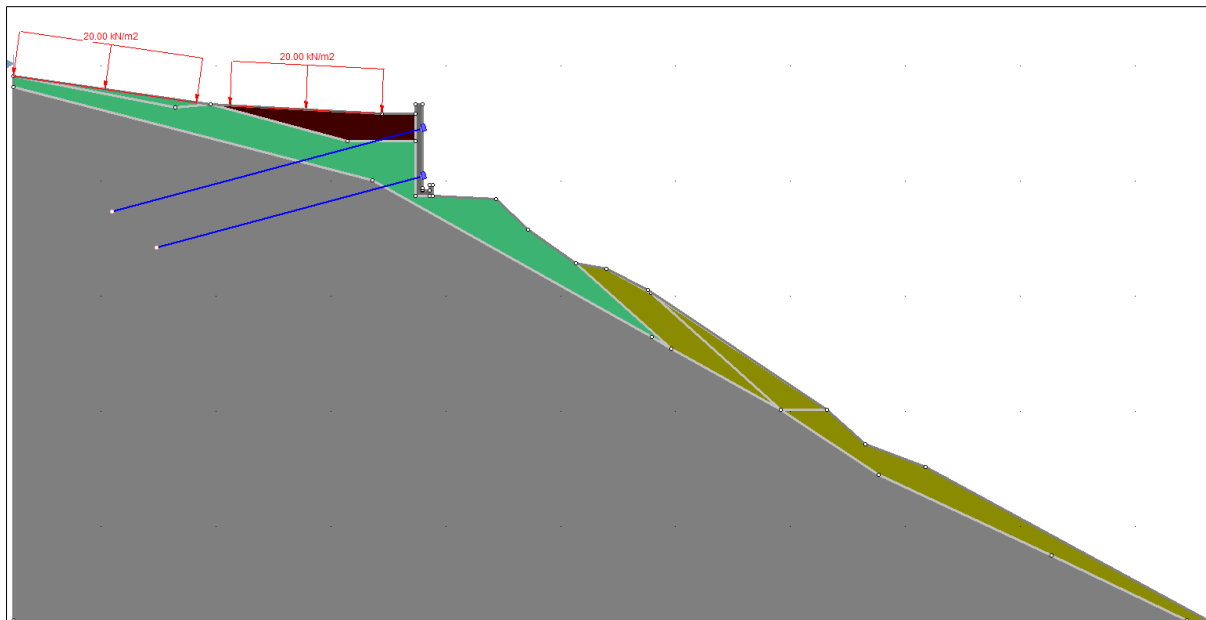


Figura 9 – Análise de seção crítica. Ponto 2 – Superfície circular, método de Bishop.

Observando a Tabela 2, consideraram-se os fatores de segurança mínimos para deslizamentos da norma NBR 11682:2009 e estimou-se que o risco de danos materiais, ao meio ambiente e o risco à vida de pessoas é alto, assim sendo, o FS mínimo a ser atendido igual a 1,5.

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Nível de Segurança contra danos a vida humanas</div> <div>Nível de Segurança contra danos materiais e ambientais</div> </div>	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Tabela 2 – Fatores de segurança mínimos para projeto de estabilidade.

- No caso de grande variabilidade dos resultados geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima deverão ser majorados em 10%. Alternativamente, poderá ser usado enfoque semi-probabilístico.



- No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ , Φ , c , em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico.
- Esta tabela não se aplica para os casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

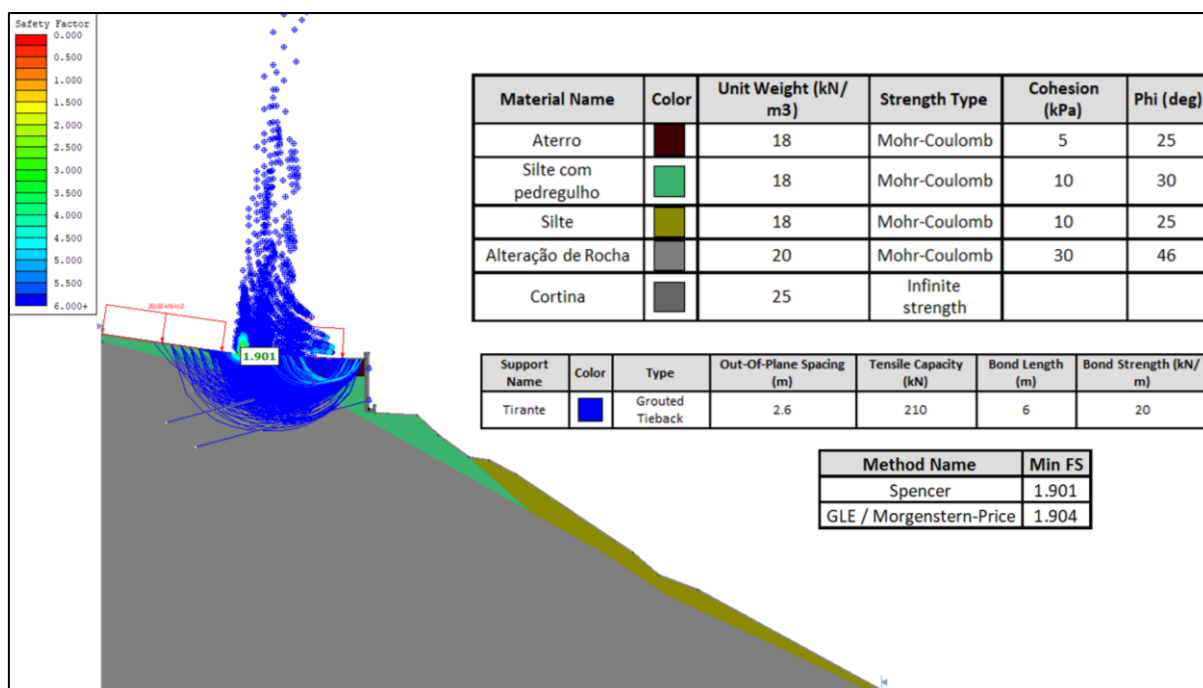


Figura 10 – Análise de seção crítica Ponto – Superfície não circular.

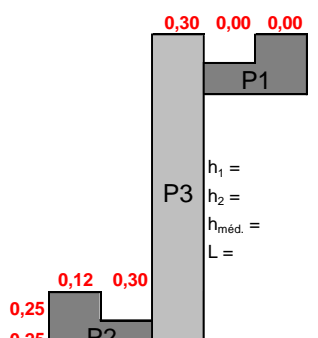
A análise de estabilidade resultou em um fator de segurança maior que 1,5, a solução então, atendeu a este requisito da norma.

4.2.4 Fundação da Cortina

Como solicitações, foram considerados o peso próprio dos painéis de concreto armado e a componente vertical dos tirantes da cortina. Estes cálculos foram feitos em planilha do programa Excel e o resultado foi apresentado abaixo.

A estimativa do comprimento das 4 (quatro) estacas raízes de diâmetro de 200 mm por painel, foi feita a partir de duas metodologias de cálculo: Décourt-Quaresma e Aoki-Velloso (com contribuição de Monteiro, 1997); o comprimento escolhido foi de 5 metros.

PAINEL 1 a 4

DADOS DA CORTINA ATIRANTADA			
	CONCRETO		
	PESO ESP.	=	25,0 kN/m³
	TIRANTES		
	Nº DE TIRANTES (N)	=	2 un.
$h_1 =$ $h_2 =$ $h_{méd.} =$ $L =$	INCLINAÇÃO (α)	=	15 °
	CARGA DE TRAB. (Ct)	=	210 kN
	ÂNGULO DE ATRITO (δ)	=	0 °
	$F_H = N \times Ct \times \cos(\alpha)$	=	406 kN
	$\tau = F_H \times \tan(\delta)$	=	0,0 kN

EMPUXO DE SOLO E ÁGUA												
Sobrecarga na crista		=	20 kPa									
Inclinação a montante (i)		=	0 °									
N.A.: - m		SP-03										
CAMADA	γ (kN/m³)	φ' (°)	K _A	PROF. (m)		σ' _v (kN/m²)		σ' _h (kN/m²)		U (kN/m)	E _A (kN/m)	h _x (m)
				Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim			
1	18,0	32,0	0,31	3,00	5,00	20,0	56,0	6,1	17,2	0,0	23,4	2,67
2	18,0	35,0	0,27	5,00	7,00	56,0	92,0	15,2	24,9	0,0	40,1	0,67
			1,00			92,0	92,0	92,0	92,0	0,0	0,0	7,00
			1,00			92,0	92,0	92,0	92,0	0,0	0,0	7,00
TOTAL:										0,0	63,5	140

ESFORÇOS NAS ESTACAS (kN)	
P1	= 0,00
P2	= 33,75
P3	= 300,00
P1+P2+P3	= 333,75
$N \times C_T \times \sin(\alpha)$	= 108,70
$(E_A + U) \times L \times \sin(i)$	= 0,00
Atrito solo-cortina (τ)	= 0,00
TOTAL	= 442,45

QUANTIDADE E ESPAÇAMENTO DAS ESTACAS	
Carga nominal da estaca (kN)	= 350
Número de estacas calculado	= 1,3
Número de estacas adotado	= 4
Carga de trabalho média (kN)	= 111
Carga admissível média (kN)	= 222
Espaçamento calculado (m)	= 2,67
Espaçamento adotado (m)	= 2,60

Tabela 2.3 - Proposta de BOWLES (1997) para valores de δ .

Tipos de interface	δ (°)
Concreto massa	
Rocha sã	35
Pedregulho a areia grossa	29-31
Areia fina a areia média, silte médio a grosso, pedregulho siltoso	24-29
Areia fina siltosa ou argilosa, silte e arenoso	19-24
Silte arenoso	17-19
Argila rija a dura ou pré-adensada	22-26
Argila medianamente rígida	17-19
Aço	
Pedregulho a areia grossa	22
Areia fina a areia média, silte médio a grosso, pedregulho siltoso	17
Silte arenoso a areia fina siltosa ou argilosa, silte arenoso	14
Concreto moldado com forma	
Pedregulho a areia grossa	22-26
Areia fina a areia média, silte médio a grosso, pedregulho siltoso	17-22
Silte arenoso a areia fina siltosa ou argilosa, silte arenoso	14-17
Madeira em solo	
	14-16

Obs.: Para aço, concreto e madeira com uma tensão normal de mais ou menos 100 kPa.

Figura 11 - Cálculo das cargas nas estacas da Cortina Atirantada.

Furo de sondagem utilizado: SP01											
Método de Decourt-Quaresma											
$Q_{ADM.} =$		222 kN						COMPRIMENTO (m) =			
$D =$		0,200 m						5,00			
Prof. (m)	Solo	N_{SPT}	N_p	α	β	C (kPa)	Ql/m (kN)	Ql (kN)	Ql adm (kN)	Qp (kN)	Qu (kN)
-4	Areia	35	0,0	0,60	1,5	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-5	Areia	35	35,0	0,60	1,5	200	119,4	119,4	59,7	131,9	125,7
-6	Areia	35	35,0	0,60	1,5	200	119,4	238,8	119,4	131,9	185,4
-7	Areia	35	35,0	0,60	1,5	200	119,4	358,1	179,1	131,9	245,0
-8	Areia	35	35,0	0,60	1,5	200	119,4	477,5	238,8	131,9	304,7
-9	Areia	35	35,0	0,60	1,5	200	119,4	596,9	298,5	131,9	364,4
Método de Aoki-Velloso, com contribuição de Monteiro (1997)											
$Q_{ADM.} =$		222 kN						COMPRIMENTO (m) =			
$D =$		0,200 m						5,00			
Tipo de estaca:		Raiz									
Prof. (m)	Solo	N_{SPT}	K (kgf/cm ²)	α	F1	F2	Ql/m (kN)	Ql (kN)	Ql adm (kN)	Qp (kN)	Qu (kN)
-4	Areia	35	7,3	2,1%	2,2	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-5	Areia	35	7,3	2,1%	2,2	2,4	140,5	140,5	70,2	364,9	252,7
-6	Areia	35	7,3	2,1%	2,2	2,4	140,5	280,9	140,5	364,9	322,9
-7	Areia	35	7,3	2,1%	2,2	2,4	140,5	421,4	210,7	364,9	393,1
-8	Areia	35	7,3	2,1%	2,2	2,4	140,5	561,9	280,9	364,9	463,4
-9	Areia	35	7,3	2,1%	2,2	2,4	140,5	702,3	351,2	364,9	533,6

Tabela 3 – Dimensionamento do comprimento das Estacas.

O resumo dos resultados se encontra resumidos na

Cortina	Diâmetro:	Carga Normal:	Quantidade	Total	Comprimento por estaca
Painéis de 1 a 4	200 mm	350kN	4 estacas por painel	16 estacas	5 m
Abas 1 e 2	200 mm	350kN	1 estaca por aba	2 estacas	5 m

Tabela 4 a seguir.

Cortina	Diâmetro:	Carga Normal:	Quantidade	Total	Comprimento por estaca
Painéis de 1 a 4	200 mm	350kN	4 estacas por painel	16 estacas	5 m
Abas 1 e 2	200 mm	350kN	1 estaca por aba	2 estacas	5 m

Tabela 4 – Resumo do dimensionamento das estacas raiz.