

	Autopista Régis Bittencourt 	Código MD-06-116/SP-402-8-G23/501	Revisão A
		Emissão 20/07/2022	Folha 1 de 39
Lote : 06	Rodovia : BR-116 RODOVIA RÉGIS BITTENCOURT	Projetista: 	
Trecho : SÃO PAULO - CURITIBA km 402+800	Concessionária: Autopista Régis Bittencourt		
Objeto : km 399+100 – Estabilização de Talude Relatório técnico do Projeto	ANTT:		

Documentos de Referência:

- Fotos Visita Técnica
- ARB-116-SP-402+800-TAL-OUT-DE-B2-001-R01 – Levantamento topográfico

Documentos Resultantes:

- DE-06-116-SP-402-8-G23-501
- DE-06-116-SP-402-8-G23-502
- DE-06-116-SP-402-8-G23-503
- DE-06-116-SP-402-8-G23-504
- DE-06-116-SP-402-8-H09-501

--	--

A	20/07/2022				
Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT	

FIRMA PROJETISTA: APG Assessoria e Projetos de Geotecnia

Nº INTERNO: MD-06-116/SP-402-8-G23/01

Rev.: A

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	2 de 22

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	3
2.	FOTOS VISITA TÉCNICA.....	4
3.	GEOLOGIA DESCRITIVAE DIAGNÓSTICOS ESTRUTURAIIS.....	6
4.	TALUDE - KM 402+800M -PISTA NORTE	8
5.	PROJETO DE PROTEÇÃO DO TALUDE ROCHOSO KM 402+800	19
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	3 de 22

1. Introdução

O presente Relatório tem por objetivo apresentar o Projeto Executivo para estabilização da talude rochoso do Km 402-800 pista norte, lado direito, no trecho de São Paulo, da rodovia Régis Bittencourt.

2. Fotos da visita técnica - 09/06/2020

A seguir são apresentadas fotos do talude rochoso.



Foto 01- Detalhe da região onde será necessário executar um complemento na proteção do talude, com tela metálica chumbada.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	4 de 22

Foto 02 - Vista geral do talude rochoso



Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	5 de 22



Foto 03 - Detalhe do sistema de drenagem pluvial existente no trecho do talude já tratado. Não será necessário complementar a drenagem deste trecho



Foto 04 - Detalhe do sistema de drenagem pluvial existente no trecho do talude já tratado. Não será necessário complementar a drenagem deste trecho

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	6 de 22

3. Geologia descritiva e diagnósticos estruturais

3.1. Contexto Geológico Regional

A geologia regional presente onde se insere o talude estudado é constituída por rochas metamórficas pré-cambrianas, corpos ígneos intrusivos alcalinos mesozóicos e unidades sedimentares cenozóicas. Trata-se de uma região intensamente afetada por estruturas tectônicas regionais, constituintes da porção meridional do Cinturão Ribeira que trata-se de um largo segmento crustal paralelo a linha costeira do sudeste brasileiro, o qual foi amalgamado, deformado e metamorizado durante a Orogenia Brasiliano-Pan-Africana (Neoproterozóico ao início do Paleozóico) (Faleiros et al. 2013).

As Unidades Litoestratigráficas estão representadas no Mapa Geológico Regional (Figura 1-1).

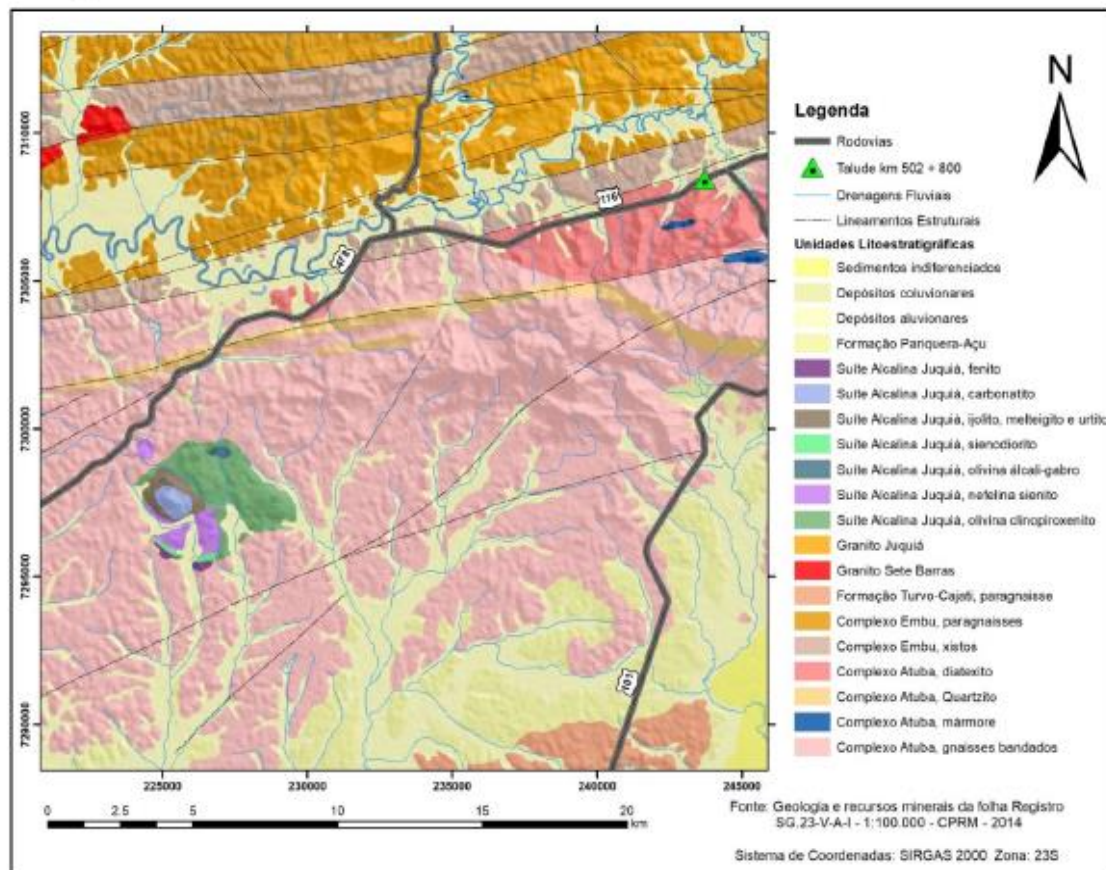


Figura 1-1 - Mapa Geológico Regional

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	7 de 22

Além das unidades litoestratigráficas descritas a seguir, há a ocorrência de outras unidades na região estudada, com uma grande variedade de litotipos e materiais. Ocorrem na também corpos ígneos alcalinos da Suíte Alcalina Juquiá, sedimentos mesozóicos e cenozóicos. Foram apenas descritos, de forma breve no presente trabalho, as unidades regionais que se julgou serem mais relevantes no Contexto Geológico do Talude analisado.

3.2. Complexo Atuba

O Complexo Atuba trata-se de uma unidade paleoproterozóica ocorre na região estudada constituída por rochas metamórficas, na região estudada como gnaisses bandados, mármore, quartzito e diatexito (Brumatti & Almeida, 2014).

Os gnaisses bandados são definidos como biotita e biotita-hornblenda gnaisse bandado migmatítico e milonítico, com lentes de anfibolito, biotita gnaisse porfiroclástico e gnaisse granítico leucocrático.

Entre as rochas metassedimentares do Complexo Atuba estão mármore dolomíticos de cor branca, estrutura maciça e textura granoblástica, quartzitos levemente rosados, com estrutura maciça ou foliada, com granulação média a grossa e presença de grãos de biotita e feldspato,

Há a ocorrência também de diatexitos de composição granodiorítica a tonalítica com agregados máficos, enclaves anfibolíticos e metatexitos localizados.

3.3. Complexo Embu

O Complexo Embu trata-se de uma unidade litoestratigráfica datada do início do Neoproterozóico composta por rochas metassedimentares subdivididas em duas sub-unidades: unidade de paragnaisse, constituída por granada-sillimanita-biotita paragnaisse migmatítico, localmente milonítico, com leucossomas graníticos e lentes de anfibolito, micaxisto e rochas calciossilicáticas e unidade de xisto formada por sericita xisto, muscovita-biotita-quartzo xisto com cianita, estauroлита, granada, sillimanita e quartzo xisto com muscovita, biotita, granada e plagioclásio, alternados ritmicamente, com intercalações de rochas calciossilicática e metaultramáfica (Brumatti & Almeida, 2014).

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	8 de 22

3.4. Formação Turvo-Cajati

A Formação Turvo-Cajati também definida por Complexo Turvo-Cajati e trata-se de uma unidade composta por rochas metassedimentares datadas do Mesoproterozóico que são divididas nas seguintes unidades litológicas Unidade Paragnáissica, Unidade de Micaxisto e Unidade de Filito (Faleiros et al. 2013).

3.5. Granito Sete Barras e Granito Juquiá

Tratam-se de unidades intrusivas neoproterozóicas, deformadas por influência de grandes zonas de cisalhamento regionais, ocorrem dentre rochas do Complexo Embu e possuem as seguintes classificações petrográfica, de acordo com Brumatti & Almeida (2014):

Granito Juquiá, muscovita-biotita granito milonítico com porfiroclastos centimétricos de feldspato orientados.

Granito Sete Barras, muscovita-biotita granito milonítico, inequigranular médio a grosso, anisotrópico.

4. Talude – km 402 + 800 m - Pista Norte

4.1. Geologia Local

O talude “km 402 + 800” (Pista Norte) trata-se de um corte em um maciço rochoso (Figura 2.1-1) constituído essencialmente por rocha metamórfica ortoderivada classificada como Gnaiss Bandado de composição granítica a granodiorítica, associado aos gnaisses bandados paleoproterozóicos da unidade geológica regional Complexo Atuba (Item 1.1.), constituído por granulação média a grossa, apresentando evidentes segregação mineral e bandamento gnáissico em todo o afloramento rochoso (Figura 2.1-2), com intercalação de bandas compostas por minerais máficos (anfíbólio e biotita) e bandas com minerais félsicos (feldspato potássico, plagioclásio e quartzo).

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	9 de 22



Figura 2.1-1 – Panorama geral do Talude “km 402 + 800 m”.



Figura 2.1-2 - Gnaiss com bandamento evidente.

A Foliação ou bandamento gnáissico presente nesta rocha é notável e trata-se de uma estrutura formada em regime dúctil, é possível notar também dobras intrafoliais (Figura 2.1-3). Pode-se observar porções do maciço com indícios de migmatização, havendo a presença de melanossomas e leucossomas. Há a presença em algumas porções com estiramento maior de minerais indicando uma provável milonitização o que é típico de rochas adjacentes à zonas de cisalhamento e consequentemente foliação milonítica. Há a presença no maciço rochoso de estruturas formadas em já em regime rúptil, como juntas ou fraturas por todo o maciço.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	10 de 22



Figura 2.1-3 -Dobras Intrafoliais

De maneira geral a porção rochosa do talude encontra-se sã a pouco alterada (Figura 2.1-4), sendo que na parte mais alta e nos limites laterais do afloramento rochoso encontra-se material mais alterado (Figura 2.1-5). Acima do corpo rochoso pode-se notar a presença de solo residual, com vegetação já desenvolvida, presença de matacões e solo saprolítico (Figura 2.1-6 e 2.1-7).



Figura 2.1-4 - Maciço Rochoso pouco alterado, notável presença de descontinuidades

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	11 de 22



Figura 2.1-5 - Interface rocha e solo saprolítico, material mais alterado no topo do alforamento rochoso.



Figura 2.1-6 - Presença de matacão e vegetação na parte superior do talude.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	12 de 22



Figura 2.1-6 - Solo Saprolítico na porção superior do talude.

4.2. Diagnóstico Estrutural

Um diagnóstico estrutural neste trabalho torna-se essencial, pois é através das diferentes disposições, condições e orientações de estruturas presentes no afloramento analisado que são ocasionados possíveis riscos geológicos-geotécnicos.

Como anteriormente citado, o presente talude rochoso é constituído por rocha deformada, com a presença de estruturas formadas em regime dúctil como as foliações gnáissicas e estruturas rúpteis como as juntas ou fraturas.

Foram identificadas 4 famílias de discontinuidades principais neste talude, suas principais características estão dispostas na tabela a seguir de acordo com alguns parâmetros de Beniaowski (1979 apud Junior & Ojima, 1998) e Barton et al. (1974 apud Junior & Ojima, 1998).

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	13 de 22

Família	Atitude Média	Espaçamento	Rugosidade	Preenchimento	Abertura
F1	290/50	50 cm a 2 m	Plano Rugosa	Sem Preenchimento	Fechada/ 2-3 cm
F2	110/40	30 cm a 1 m	Plano Rugosa	Sem Preenchimento	Fechada
F3 (Subvert)	010/80	-	Plano Rugosa	Sem Preenchimento	Fechada
F4 (Subhor.)	160/20	40 cm a 1 m	Plano Rugosa	Sem Preenchimento	Fechada
Parede do Talude	350/80	-	Plano Rugosa	Sem Preenchimento	Fechada

A Figura 2.2-1 ilustra e destaca planos representativos das quatro famílias de descontinuidades identificadas durante a vistoria de campo no talude “Km 402 + 800 m”.



Figura 2.2-1 - Planos representativos das Diferentes famílias de estruturas

As orientações médias dos planos das estruturas de quatro das cinco famílias identificadas, medidas com auxílio de bússola tipo “Clar”, indicam os sentidos dos mergulhos e os ângulos de mergulhos dos planos, foram plotadas em software “Stereonet” e estão dispostas na Figura 2.2-2 (a) e (b), em projeções estereográficas apresentadas em duas e três dimensões, respectivamente, também foi plotada a orientação geral da parede do talude. É possível notar através dos estereogramas apresentados, como os planos de descontinuidades das diferentes famílias de fraturas identificadas estão dispostos.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	14 de 22

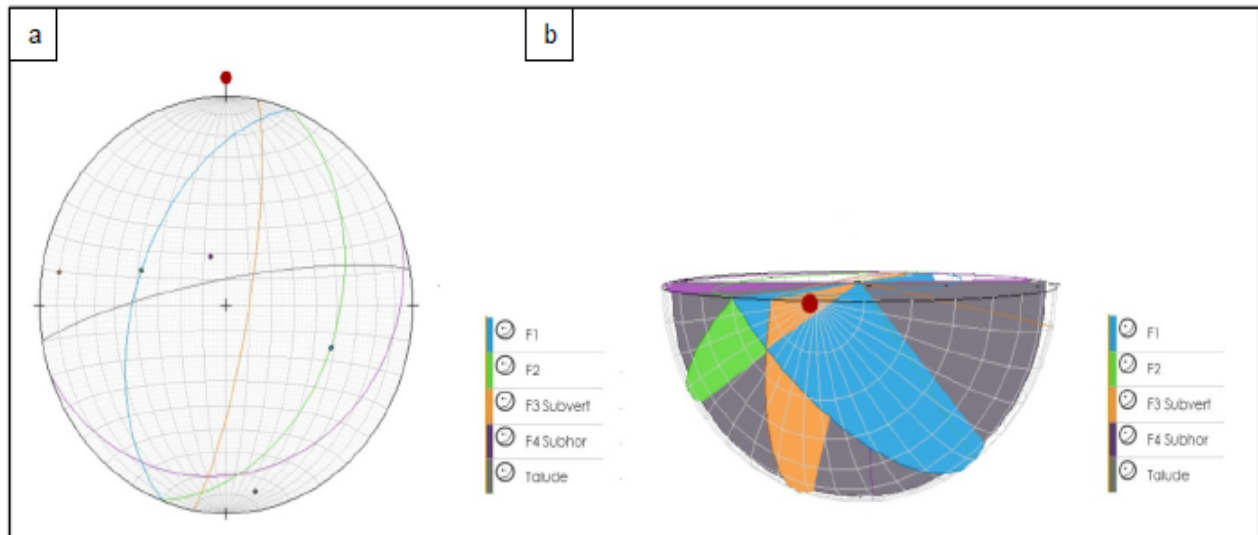


Figura 2.2-2 - Projeções Estereográficas dos Planos das Famílias de Descontinuidades em 2D (a) e em 3D (b).

4.3. Interpretação e Possíveis Riscos

Através da análise das estruturas e condições gerais do maciço rochoso, foi possível constatar que dentre os riscos presentes no talude “km 402 + 800 m” está a formação de blocos rochosos e consequente instabilidade dos mesmos, potencializando quedas e rolamento destes blocos, além do avançado intemperismo nas porções mais altas do talude, potencializando também processos erosivos.

A formação e consequente instabilidade dos blocos se dão pela intersecção dos planos de descontinuidades no talude (Figura 2.3-1), aliados a processos intempéricos e erosivos, o que é mais recorrente nas cotas mais altas do afloramento rochoso (Figura 2.3-2). Há a também a presença de juntas de alívio na parte superior do maciço, estas juntas são também condicionantes para a formação de blocos rochosos instáveis (Figura 2.3-3).

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	15 de 22



Figura 2.3-1 - Bloco formado na intersecção de planos de fraturas em cotas mais altas do talude.



Figura 2.3-2 - Região intemperizada do afloramento, com a formação de blocos rochosos.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	16 de 22



Figura 2.3-3 - Junta de alívio no topo do maciço havendo formação de blocos.

Foi possível observar, através de análises dos planos em projeções estereográficas (Figura 2.2-2), que há uma favorabilidade aceitável da família de descontinuidades F1 em relação orientação da parede do talude uma vez o sentido da direção dos planos de descontinuidades desta família excede 20 graus em relação ao rumo de mergulho da face do talude, sendo assim não há indicação clara para a possibilidade da ocorrência de escorregamentos planares neste maciço e não se observam cicatrizes, feições ou rupturas aparentes que indiquem escorregamentos planares pretéritos, tampouco escorregamentos ou rupturas em cunha. Cabe ressaltar que a família F1 está associada a foliação presente na rocha gnáissica e também é responsável pela formação de sucessivas superfícies de fraqueza no maciço que junto à processos intempéricos e erosivos, são gerados blocos rochosos instáveis (Figura 2.3-2).

Como já citado, a parte mais alta do talude há a presença de solo residual, saprolítico (Figura 2.1-6) e presença de matacões (Figura 2.3-4), havendo também a presença de solo exposto (Figura 2.3-5) na porção esquerda do talude, o que favorece a processos erosivos, visto que também não há nenhum sistema de drenagem de água superficial.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	17 de 22



Figura 2.3-4 – Matacão na parte superior do talude.



Figura 2.3-5 – Solo exposto favorecendo processos erosivos.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	18 de 22

Regiões do talude com blocos em situação de possível instabilidade ou de propensão a formação de blocos instáveis estão ilustradas nas Figura 2.3-6. Destaca-se que processos intempéricos e consequente instabilização de blocos rochosos ocorrem de forma contínua, ou seja com o passar do tempo novos blocos estarão suscetíveis a instabilização, sendo necessário um monitoramento sistemático deste talude, bem como a implantação de medidas para retirada e/ou contenção destes blocos.



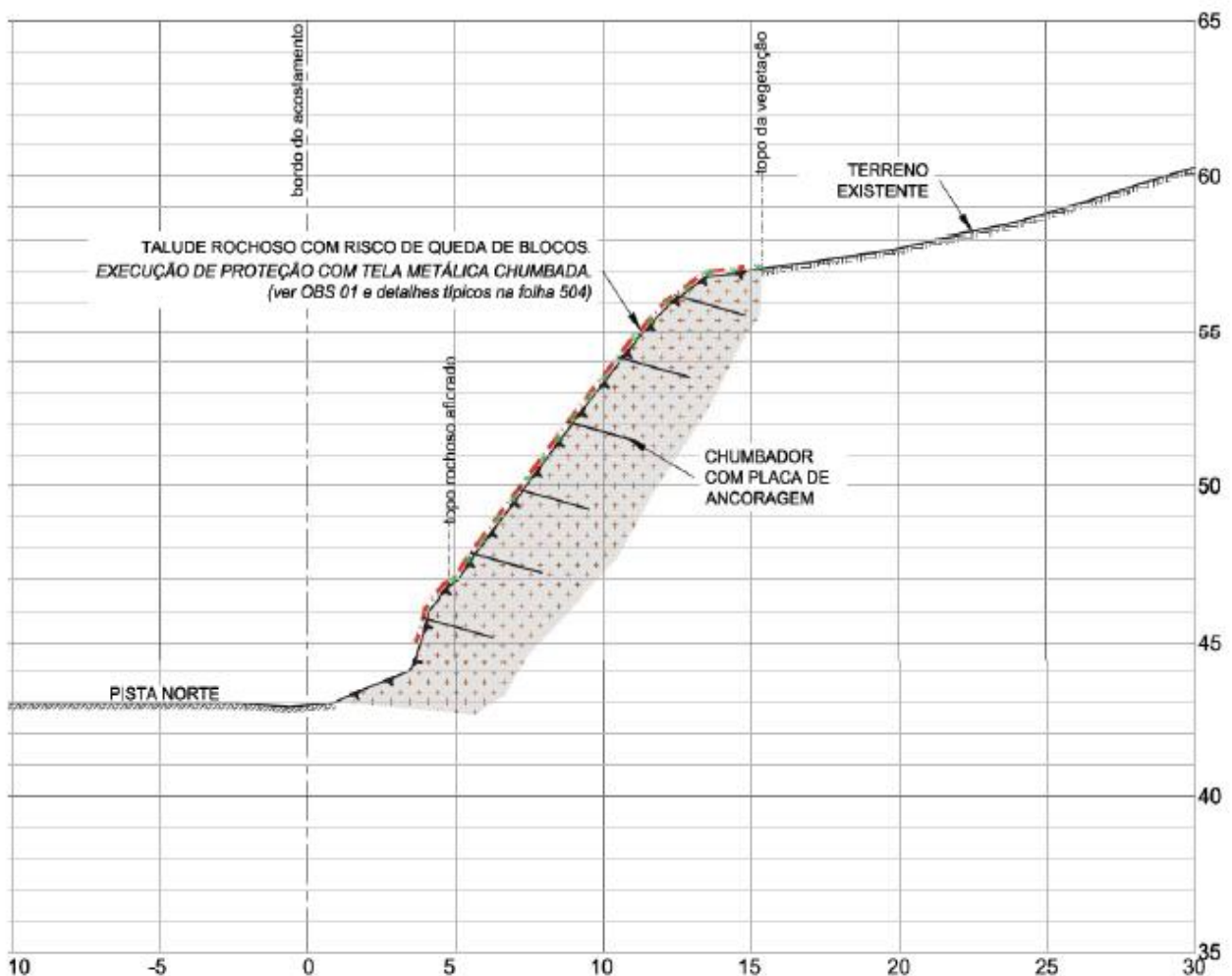
Figura 2.3-6 - Regiões com formação de blocos rochosos instáveis no Talude “km 402 + 800 m”.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	19 de 22

5. Projeto de proteção do talude rochoso km 402+800

O talude rochoso apresenta instabilidade, com risco de quedas e rolamento de blocos. Como solução, para estabilização do mesmo, foi projetada uma proteção com tela metálica chumbada para a face do talude.

A seguir, é apresentada uma seção típica com os chumbadores e a proteção com tela.



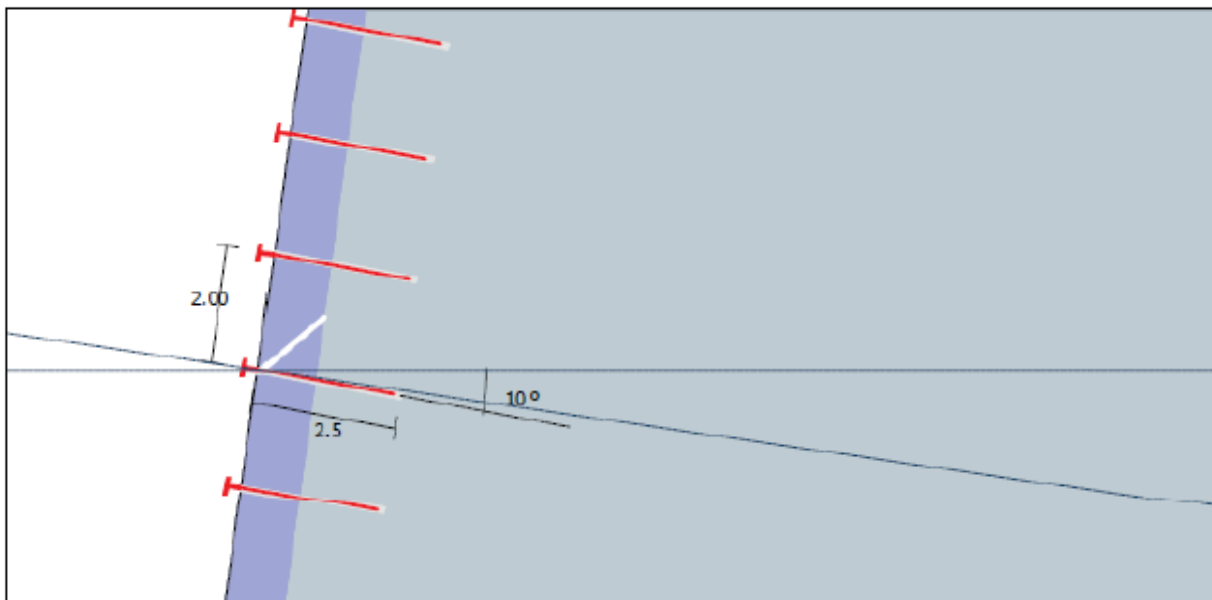
Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	20 de 22

5.1. Dimensionamento do sistema de proteção

● Project Information

Title: BR 116, KM 402+800	Description:
Number: B00150629	
Client: AutoPista Régis	
Designer:	

● Input Data



Rock Slope

Inclination of the slope [°]	62
Thickness of the surficial instability [m]	1.00
Density of the rock [kN/m ³]	27.00
Assumed plasticization between rock and anchor [m]	0.50

Most critical set of joints

Dip of the set of joints [°]	40
Compressive strength of the critical joint [MPa]	10.00
Roughness Coefficient of the critical joint	5.00

Seismicity

Horizontal seismic coefficient	0.00
Vertical seismic coefficient	0.00

External Loads

External load [kN]	0.00
Inclination of the force to the horizontal [°]	90.00

Anchor Bar

Geometry

Horizontal spacing between the anchors [m]	2.00
Vertical spacing between the anchors [m]	2.00
Inclination of bar to the horizontal [°]	10

Anchor Type

Anchor type	CA 50 - 20mm
Inner diameter of the anchor bar [mm]	0
External diameter of the anchorbar [mm]	20
Thickness of the crown of corrosion [mm]	0.00
Yield tensile stress of the anchor [MPa]	500
Bond stress between grout and rock [MPa]	0.30

Mesh

Mesh type	Steelgrid HR 50
Nominal tensile resistance in lab test [kN/m]	130.00
Maximum design displacement [m]	0.308

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	21 de 22

• Results / Check

Analysis of sliding of the surficial zone

FOS_R	1.20
Anchor working rate	62.51 %

Analysis of sliding of the surficial zone

Sum of the stabilizing forces, design value [kN]	154.00
Sum of the driving forces, design value [kN]	126.31
Factor of resistance	1.20

Anchor

Sum of the driving forces, design value [kN]	42.78
Capacity of the anchor, design value [kN]	68.44
Anchor working rate	62.51

Bar design

Angle between anchor axis and horizontal [°]	10
Yield stress, design value [MPa]	434.78
Effective area of the anchor bar [mm ²]	314.16
Sliding plane stabilizing forces - per anchorage [kN]	68.44
Nominal diameter of drilling [mm]	75.00
Pullout force related to the mesh [A] [kN]	12.74
Pullout force related to the sliding of the surficial zone [B] [kN]	1.49
Maximum pullout force (greater between A and B) [kN]	12.74
Length of the anchor in the stable zone [m]	0.32
Length of the anchor in the unstable zone [m]	1.20
Minimum length of the anchor [m]	2.50

Safety Coefficients

Safety coefficient to reduce stabilizing forces	1.25
Safety coefficient to increase the driving forces	1.20

Mesh Analysis

	Tensile Stress	Punching
FOS_R	1.26	1.01
Working rate	79.42	98.82 %

Mesh

Tensile Stress

Tensile resistance of the mesh, design value [kN/m]	52.00
Tensile stress acting on the mesh, design value [kN/m]	41.30
Factor of resistance of the mesh	1.26

Punching

Punch resistance of the mesh, design value [kN]	13.42
Punch force acting on the mesh [kN]	13.26
Factor of resistance for the deflection of the mesh	1.01

Mesh design

Rock volume that can slide among the anchors [m ³]	2.85
Rock weight that can slide among anchors [kN]	77.07
Sum of acting on the sliding plane, design value [kN]	59.45
Sum of resistances on the sliding plane, design value [kN]	39.63
Punch force acting on the mesh [kN]	13.26
Maximum displacement before maintenance [m]	0.354

Mesh

Coefficient applied on the tensile resistance of the mesh	2.50
Coefficient applied on the mesh deflection	1.30

Anchor type

Coefficient applied on the yield stress of the bar	1.15
Coefficient applied on bond stress	1.80

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
MD-06-116/SP-402-8-G23/501	A	20/07/2022	22 de 22

6. Referências bibliográficas

Brumatti M., Almeida, V. V., 2014. **Rochas Alcalinas: Áreas de Registro, Iguape e Cerro Azul. Anexo II: Atualização da cartografia geológica da Folha Registro SG.23-V-A-I.** Estado de São Paulo. São Paulo: CPRM, 2014, 1 - Escala 1:100.000;

Faleiros, F. M. [et al.]. **Geologia e recursos minerais da folha Eldorado Paulista – SG.22-X-B-VI**, estado de São Paulo, Escala 1:100.000– São Paulo: CPRM, 2013. 128 p;
Fiori, A. P.. **Estabilidade de Taludes : exercícios práticos**. São Paulo. Oficina de Textos. 2016;

Junior, E. S. & Ojima, L. M.. **Caracterização e Classificação de Maciços Rochosos**. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 18, p.211-226.