

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT
SUPERINTENDÊNCIA DE EXPLORAÇÃO DA INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA - SUINF

Rodovia: PR-151

Trecho: rodovias federais BR-153, BR-277 e BR-369 e as estaduais PR-092, PR-151, PR-239, PR-407, PR-408, PR-411, PR-508, PR-804 e PR-855 que percorrem 27 cidades do Estado, incluindo a capital Curitiba

Extensão: 605 km

Código PNV: -

PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE TALUDE
km 234+700 (Pista Oeste)

VOLUME 1 – RELATÓRIO TÉCNICO
(ELP-151PR-234+700-TAL-EXO-RT-V1-001-R00)

MAIO/2025



Código:
ELP-151PR-234+700-TAL-EXO-RT-V1-001

Rev.:
R00

Emissão:
26/05/2025

Folha:
1/44

Lote:

2

Rodovia:

PR-151

Responsável Técnico, CREA e Firma Projetista:

**C. Vinicius Benjamim - CREA: 5061115951/D
ENG Consultoria e Projetos**

Trecho:

Rodovia Estadual PR-151

Concessionária:

EPR – LITORAL PIONEIRO

Objeto:

**Projeto de Recuperação de Talude
km 234+700 (Pista Oeste)
VOLUME 1 – RELATÓRIO TÉCNICO**

ANTT:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

00	26/05/2025	C.V. Benjamim – ENG Consultoria	EPR Litoral Pioneiro	
REV.	Data	Responsável Técnico – Firma Projetista	Concessionária	ANTT

Firma Projetista: **ENG. CONSULTORIA E PROJETOS S/S LTDA.**

Nº Interno: **ELP-151PR-234+700-TAL-EXO-RT-V1-001**

Rev.: **00**

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO	3
2.	MAPA SITUAÇÃO	3
3.	MATERIAL DE REFERÊNCIA.....	5
4.	CARACTERIZAÇÃO LOCAL.....	5
5.	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA	8
6.	PARÂMETROS DE CÁLCULO UTILIZADOS.....	18
7.	SOLUÇÃO TÉCNICA ADOTADA.....	20
8.	INTERFERÊNCIAS	29
9.	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	29
10.	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	31
11.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
	ANEXO - BOLETINS DE SONDAGEM	33

1. APRESENTAÇÃO

A EPR Litoral Pioneiro, empresa do grupo EPR, é a concessionária responsável por administrar os 605 quilômetros de rodovias das regiões do Litoral, Campos Gerais e Norte Pioneiro no Paraná. Estão sob sua administração as rodovias federais BR-153, BR-277 e BR-369 e as estaduais PR-092, PR-151, PR-239, PR-407, PR-408, PR-411, PR-508, PR-804 e PR-855 que percorrem 27 cidades do Estado, incluindo a capital Curitiba.

O presente relatório se refere ao ponto de projeto localizado na PR-151, km 234+700 (Pista Oeste), no município de Piraí do Sul/PR.

Os volumes que integram o presente projeto de estabilização são:

- Volume 1 – Relatório Técnico.
- Volume 2 – Projetos.
- Volume 3 – Esquema Construtivo.

O presente Volume 1 apresenta o memorial descritivo dos estudos e projetos, especificações técnicas e planilhas de quantidades.

2. MAPA SITUAÇÃO

A **Figura 1** apresenta o mapa de situação e localização do ponto de projeto.

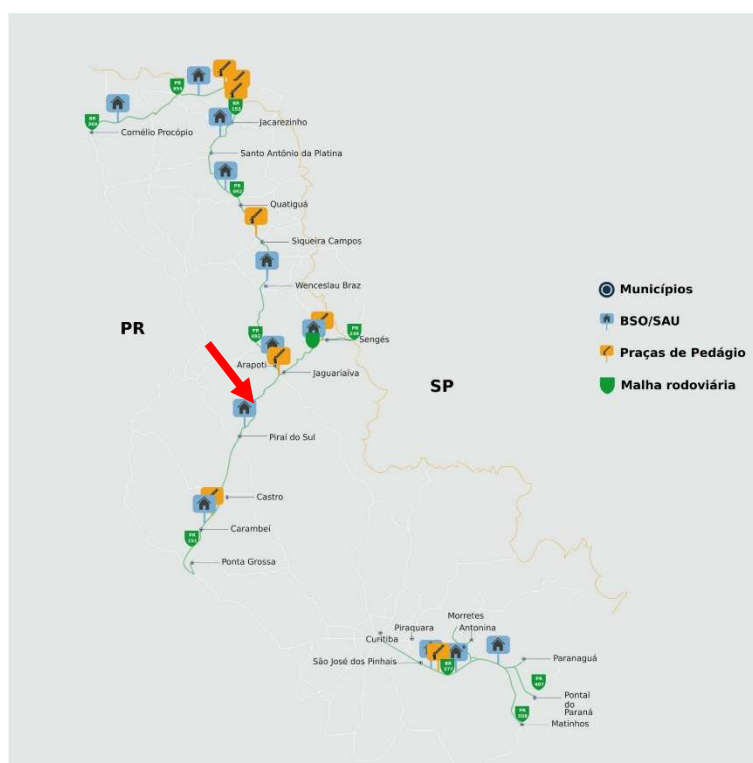
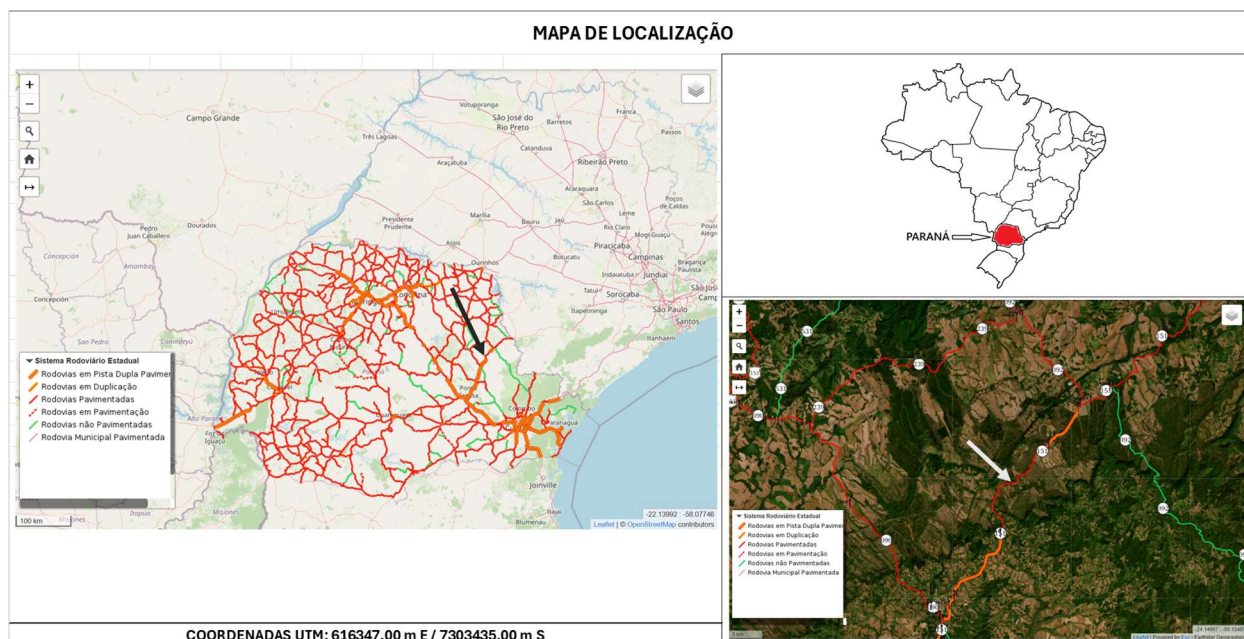


Figura 1. Localização do ponto de projeto.

3. MATERIAL DE REFERÊNCIA

- ✓ Sondagens mistas realizadas pela empresa Suporte, fevereiro de 2025;
- ✓ PL ING 003-25.dwg: Levantamento topográfico.

4. CARACTERIZAÇÃO LOCAL

O sinistro registrado corresponde a ruptura do talude de aterro, a qual foi acompanhada pela falha do sistema de drenagem superficial.

Verificam-se condições de difícil acesso para equipamentos e máquinas na região do pé do talude, em função das limitações impostas pela topografia local.

A origem da ruptura aparenta estar associada à ocorrência de chuvas de alta intensidade no período, fator que possivelmente contribuiu para a instabilização do talude e a sobrecarga dos dispositivos de drenagem existentes.

Como ponto de observação, no local já foram adotadas medidas emergenciais pela concessionária para mitigar os impactos da ruptura e garantir a segurança viária. Sendo instalada uma barreira de proteção provisória, composta por sacarias ou barreiras de CBUQ, com o objetivo de impedir que a água escoe diretamente sobre a região instabilizada. Para minimizar a exposição do talude às intempéries e reduzir o risco de agravamento da situação, foi aplicada uma cobertura de lona plástica, funcionando como uma barreira temporária contra infiltrações. Complementando essas ações, foi implantada sinalização provisória no trecho, alertando os usuários da rodovia sobre a condição da via na região do acostamento e garantindo maior segurança ao tráfego. Essas medidas emergenciais foram implementadas imediatamente após a identificação do sinistro, visando mitigar riscos. O local segue sob monitoramento contínuo até a execução da solução técnica indicada no projeto executivo.

As figuras a seguir apresentam os registros fotográficos realizados durante a vistoria em 22 de janeiro de 2025. Na **Figura 2** a **Figura 11**, são indicados os registros fotográficos da ruptura.



Figura 2. Detalhe do talude vistoriado. **Figura 3.** Detalhe do talude vistoriado.



Figura 4. Detalhe do talude vistoriado. **Figura 5.** Detalhe do talude vistoriado.



Figura 6. Detalhe do talude vistoriado. **Figura 7.** Detalhe do talude vistoriado.



Figura 8. Detalhe do talude vistoriado. **Figura 9.** Detalhe do talude vistoriado.



Figura 10. Detalhe do talude vistoriado.



Figura 11. Detalhe do talude vistoriado.

5. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA

5.1. Contexto geomorfológico

De acordo com o Mapa de Geodiversidade do Estado do Paraná (CPRM, 2015), a obra será executada em área de domínio geológico ambiental de coberturas sedimentares e vulcanossedimentares nesozoicas e paleozoicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise (ambientes deposicionais: continental, marinho, desértico, glacial e vulcânico) – DSMVMP e unidade geológico-ambiental de predomínio de sedimentos arenosos mal selecionados (DSVMPa), de colinas amplas e suaves (23).

A **Figura 12** apresenta o domínio e a unidade geológico-ambiental do local da obra de acordo com o Mapa da Geodiversidade do Estado do Paraná.

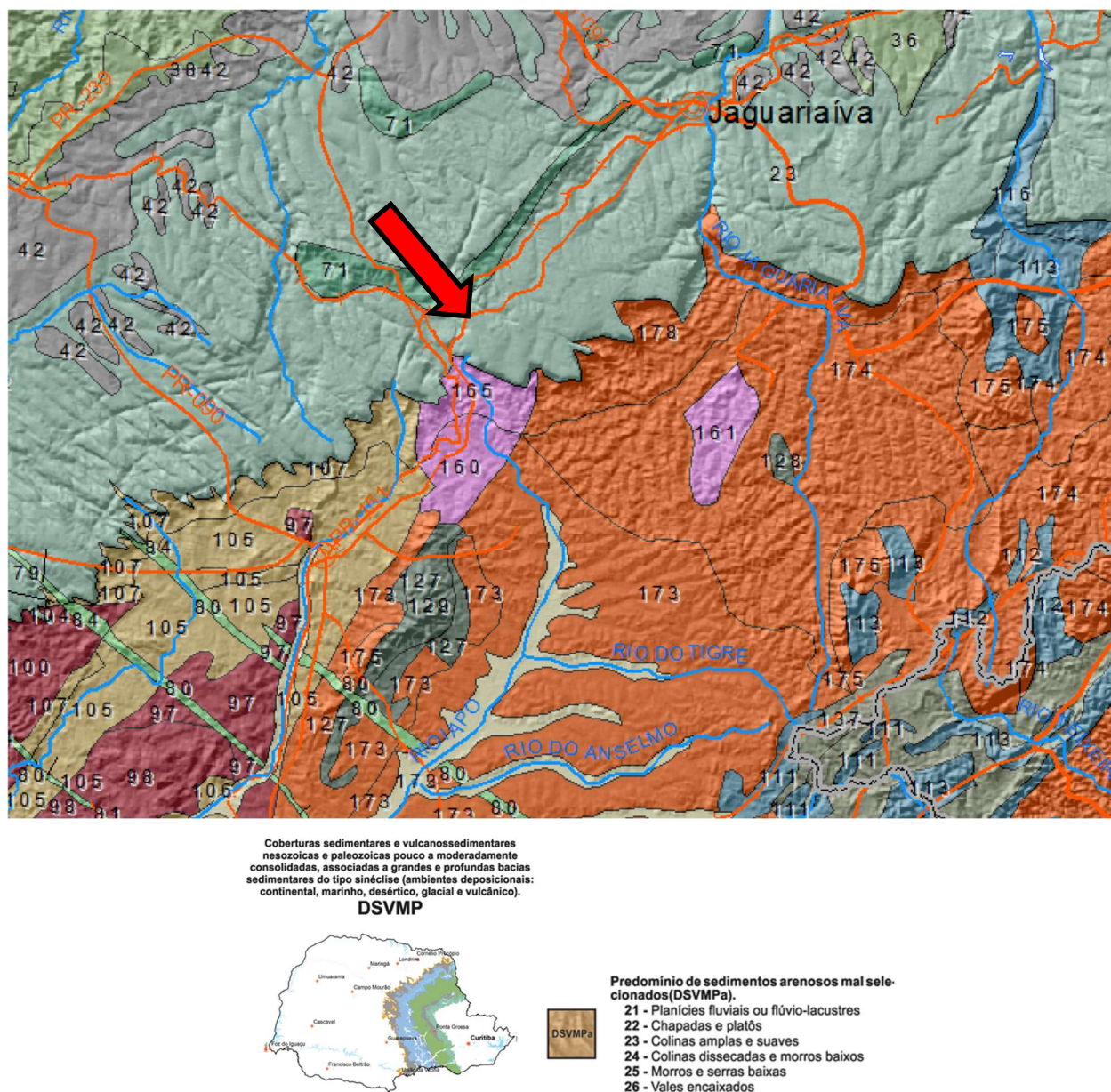


Figura 12. Domínio e Unidade geológico-ambiental da região da obra (Fonte: Extraído e adaptado do Mapa de Geodiversidade do Estado do Paraná - CPRM, 2015).

As unidades geológico-ambientais que compõem o domínio DSVMP são constituídas por coberturas sedimentares e vulcanossedimentares na forma de intercalações de camadas horizontalizadas a sub-horizontalizadas das mais variadas espessuras de sedimentos clastoquímicos, diferentemente consolidados e que foram depositados em diversos ambientes tectonoclimáticos. As rochas sedimentares foram depositadas em ambientes glacial, continental, marinho e desértico desde o Carbonífero, há cerca de 360 milhões de anos, até o Jurássico, cerca de 145 milhões de anos, em uma grande bacia

sedimentar denominada Bacia do Paraná. Essas rochas sedimentares apresentam diferentes composições e tanto podem ocorrer formando espessos e extensos pacotes, com predomínio de uma das litologias, como intercalados irregularmente entre si na forma de finas camadas.

São depósitos que apresentam grande heterogeneidade litológica vertical, podendo haver predomínio de rochas areníticas, siltico-argilosas, folhelhos ou calcários.

A unidade DSVMPa ocorre próximo à área urbana de Lapa, Carambeí, Jaguariaíva, Ponta Grossa, Porto Amazonas e Sengés. Corresponde à associação de rochas areníticas da Formação Furnas da Supersequência Paraná, mais especificamente, arenitos médios a grosseiros, subordinadamente arenitos conglomeráticos e siltitos esbranquiçados.

Na região das unidades DSVMP, predominam áreas em que o relevo possui maiores declividades devido, principalmente, à relação dos litotipos e à história geológico-estrutural, como o domínio de colinas dissecadas e morros baixos, domínio de morros e de serras baixas, escarpas serranas e rebordos erosivos.

Assim, a geomorfologia apresenta-se favorável a que os solos sejam do tipo transportado e com características extremamente variadas, visto que são influenciados pelas litologias existentes nas regiões altas do entorno e mais distantes.

Os diversos comportamentos das litologias das unidades geológico-ambientais frente aos processos de intemperismo e evolução do relevo geraram diversidade de padrões de relevo.

No domínio DSVMP, Argissolos Vermelho-Amarelos ocorrem em 25% em área, predominantemente sobre os relevos de morros e serras baixas, colinas dissecadas e morros baixos e colinas amplas e suaves; Neossolos Regolíticos representam 24,8% em área, predominando nos relevos de morros e serras baixas e colinas dissecadas e morros baixos; Cambissolos Háplicos e Húmicos representam 22,1% em área, ocorrendo, em sua maioria, sobre os relevos de colinas dissecadas e morros baixos e chapadas e platôs; Latossolos Vermelhos representam 18,2% em área, com predomínio sobre os relevos de colinas dissecadas e morros baixos e chapadas e platôs; os demais tipos de solos representam menos de 9,8% em área (EMBRAPA, 2007).

O domínio DSVMP é formado por pacotes sedimentares espessos, com formatos geralmente tabulares e horizontalizados, predominantemente arenosos, apresentando boa homogeneidade geomecânica e hidráulica lateral.

A área do domínio tem um padrão predominante de relevo mais suavizado, o que possibilita múltiplas adequabilidades para o uso e a ocupação territorial, como, por exemplo, atividades urbanas, como construção de infraestrutura do tipo rodovias e loteamentos.

A unidade geológico-ambiental DSVMPa compreende arenitos médios a finos, de coerência variável (desde muito dura até branda), que formam espessos e extensos pacotes com estratificação cruzada de grande porte. As rochas apresentam relativa homogeneidade geomecânica e hidráulica, alta resistência ao intemperismo físico-químico e alta resistência à compressão, com alto grau de diagênese e com boa capacidade de suporte.

As limitações do domínio frente a obras referem-se a escavações e perfurações mais profundas, que podem alcançar litologias das mais variadas e contrastantes características geotécnicas.

Em relevos mais acidentados, como nas formas de relevo domínio montanhoso, escarpas serranas, degraus estruturais e rebordos erosivos e vales encaixados, é elevada a suscetibilidade à erosão e a movimentos de massa. São áreas desaconselháveis para ocupação. Estruturas planares, como planos de acamamento das rochas, fraturas e falhas, atuam como descontinuidades que potencializam rupturas nos taludes das encostas, especialmente, quando apresentam inclinação coincidente com a do terreno.

Tais diferenças litológicas constituem-se em descontinuidades geomecânicas e hidrodinâmicas, o que facilita a ocorrência de surgências de água e desestabilização nos taludes de corte.

Os sedimentos de menor granulometria, silticoargilosos, são finamente laminados ou maciços, rijos, de alta cerosidade. Quanto à escavabilidade, as rochas são classificadas como brandas a médias. As rochas brandas, segundo Redaelli e Cerello (1998), são razoavelmente duras, fáceis de serem britadas e os fragmentos se separam ao longo de diversas fissuras. A rocha alterada desagrega-se em pastilhas, que são muito instáveis em taludes de corte e bastante suscetíveis à erosão. É necessário tratamento para

fundações de grandes obras, envolvendo impermeabilização e aumento da resistência do maciço.

Os solos residuais são argilosos e se comportam como materiais brandos. São constituídos por partículas coesivas facilmente penetráveis por ferramentas e sem resistência à separação. Apresentam baixa consistência e baixa capacidade de suporte em posições topográficas que favorecem a concentração de umidade. Apresentam permeabilidade baixa a muito baixa.

A unidade geológico-ambiental DSVMPa apresenta relevo com variada amplitude, o que influencia no tipo de escoamento superficial. Este poderá ser relativamente rápido e com alto potencial erosivo, acarretando problemas em obras do tipo estradas e pontes em períodos de chuvas intensas. Tal característica do padrão de escoamento hídrico em solo arenoso e de alta declividade deflagra intenso processo de erosão linear, que pode evoluir para o aparecimento de voçorocas. Há predomínio de sedimentos à base de quartzo, bastante abrasivos, que oferecem dificuldade à perfuração com sondas rotativas (as brocas desgastam-se rapidamente), com baixa resistência ao cisalhamento e portadores de muitas fraturas abertas, tornando mais percolativas essas litologias. O padrão de fraturamento dessas litologias facilita a queda de blocos e de placas rochosas em taludes de corte ou em paredões verticais existentes em áreas de relevo mais acidentado.

5.2. Contexto geológico

De acordo com o Mapa Geológico do Estado do Paraná (CPRM, 2021) e o portal do Serviço Geológico do Brasil – CPRM o GeoSGB, a área de interesse está inserida no Grupo Paraná (DPr) - Formação Furnas (D1f) conforme **Figura 13**.

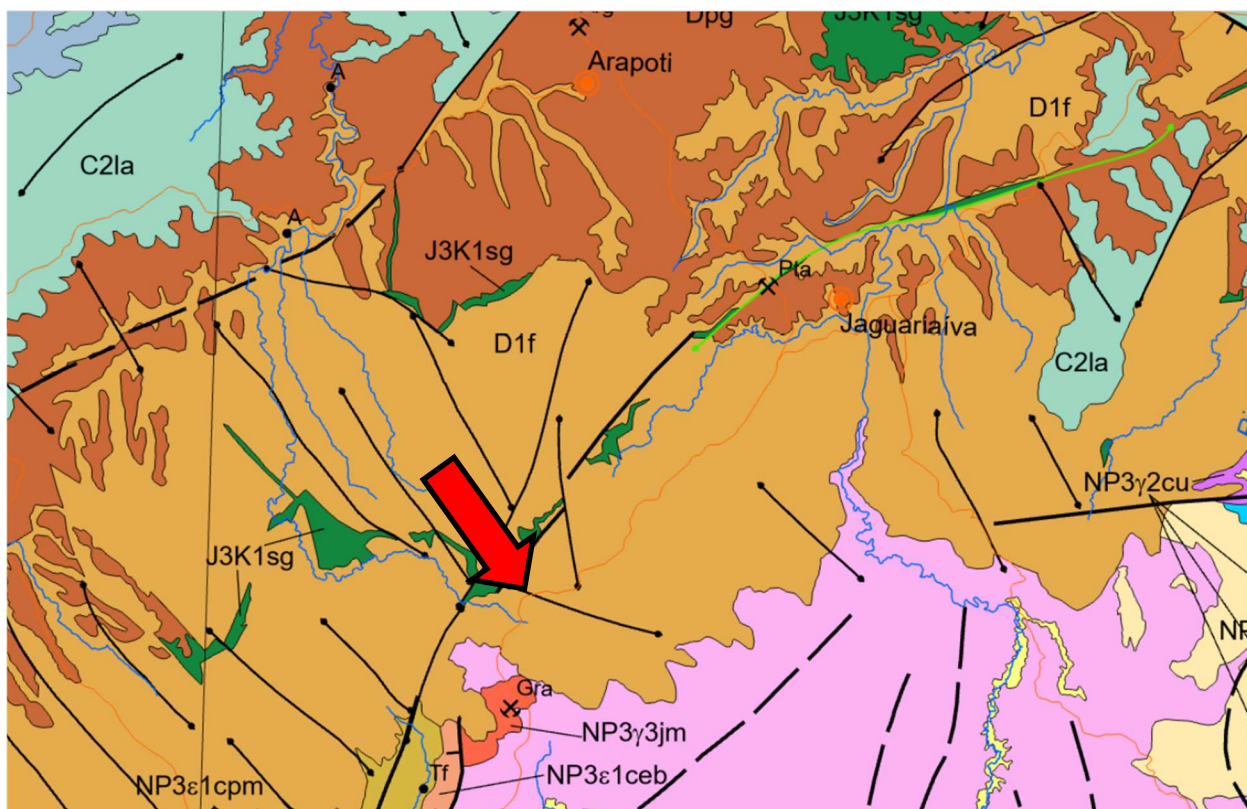


Figura 13. Unidade litoestratigráfica da região da obra (Fonte: Extraído e adaptado do Mapa Geológico do Estado do Paraná - CPRM, 2021).

A região de Piraí do Sul, no estado do Paraná, está inserida na Formação Furnas (D1f), pertencente ao Grupo Paraná (DPr), conforme indicado no Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Paraná, elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em 2021. A Formação Furnas é composta predominantemente por arenitos quartzosos de granulometria média a grossa, com coloração clara devido à presença de caulinita. Esses arenitos exibem estruturas sedimentares como estratificações cruzadas e, em sua base, camadas de conglomerados. A deposição desses sedimentos ocorreu em ambientes que variaram de fluviais a marinhos rasos, com influência de marés, indicando um sistema deposicional complexo e dinâmico.

A geomorfologia da região é marcada por feições distintas, como a Escarpa Devoniana, cânions profundos e morros testemunhos. Essas formas de relevo resultam de processos erosivos intensos e da atuação de lineamentos estruturais associados ao Arco de Ponta Grossa, uma estrutura geológica que influenciou a formação de fraturas e falhas. Essas estruturas controlam o curso dos rios, levando à formação de vales encaixados e

cânions, como o Cânion do Guartelá, esculpido pelo Rio Iapó, com desníveis que podem atingir até 450 m.

Em resumo, a geologia da Formação Furnas em Piraí do Sul é marcada por arenitos depositados em ambientes fluviais e marinhos rasos durante o Devoniano, que, ao longo do tempo, foram esculpidos por processos erosivos e estruturais, resultando em paisagens impressionantes como cânions e furnas.

5.3. Características geológico-geotécnicas

Para caracterização do solo natural foram previstas a realização de quatro sondagens mistas conforme indicado na **Figura 14**.

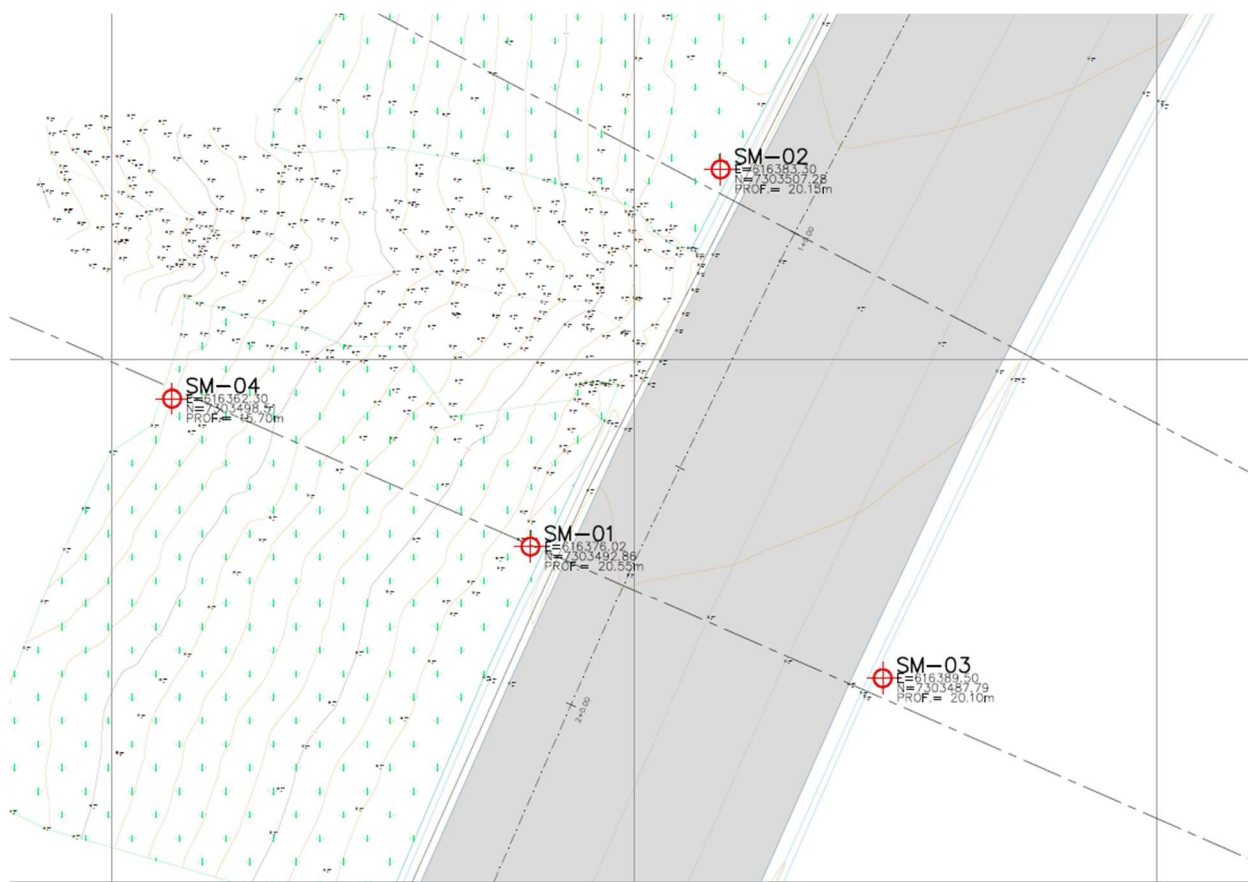


Figura 14. Localização das Sondagens.

A partir principalmente das informações das quatro sondagens executadas (somadas ao serviço de campo e dados bibliográficos do local foi possível citar as características geológico-geotécnicas.

Em relação as caraterísticas geológico-geotécnicas identificadas nas sondagens executadas é possível afirmar que ocorrem as unidades geológico-geotécnicas abaixo, cujo critério de divisão foi baseado em Vaz (1996), conforme indicado na **Figura 15**.

A **Figura 16** apresenta as seções geotécnicas.

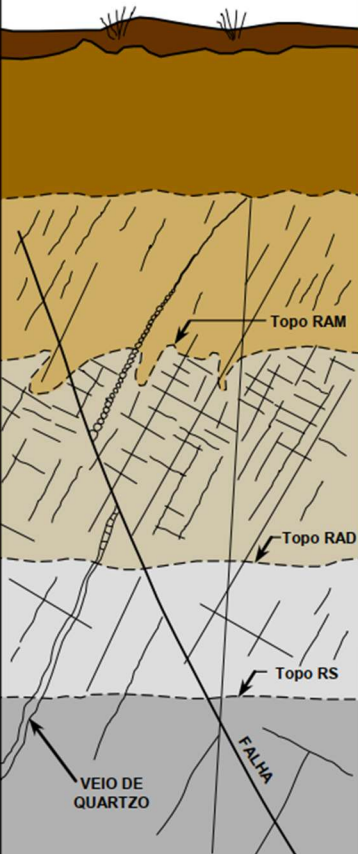
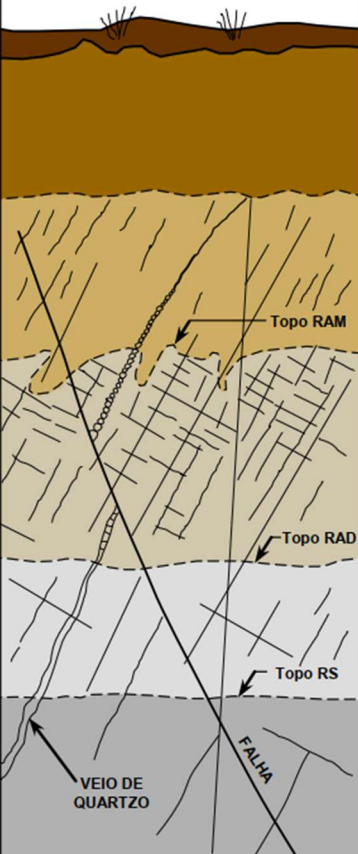
CLASSIFI- CAÇÃO		CLASSES ALTERAÇÃO	PERFIL DE INTEMPERISMO	PROCESSOS	MÉTODOS DE		COMPOR- TAMENTO
					ESCAVAÇÃO	PERFURAÇÃO	
SOLO RESIDUAL	SOLO VEGETAL			PEDOLÓGICOS	LÁMINA DE AÇO ("SCRAPER", ENXADÃO, FACA) 1ª	À PERCUSSÃO COM TRADO OU LAVAGEM ↓ IMPENETRÁVEL AO SPT	HOMOGÊNEO ISOTRÓPICO
	SOLO DE ALTERAÇÃO (SA)	A4		INTEMPÉRICOS QUÍMICOS			HETEROGÊNEO ANISOTRÓPICO
ROCHA	ROCHA ALTERADA MOLE (RAM)	A3		INCIPIENTES OU AUSENTES	ESCARIFICADOR (PICARETA) 2ª	À PERCUSSÃO COM LAVAGEM ↓ IMPENETRÁVEL A LAVAGEM POR TEMPO	DEPENDE DO TIPO DE ROCHA
	ROCHA ALTERADA DURA (RAD)	A2					
	ROCHA SÃ (RS)	A1					

Figura 15. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais.

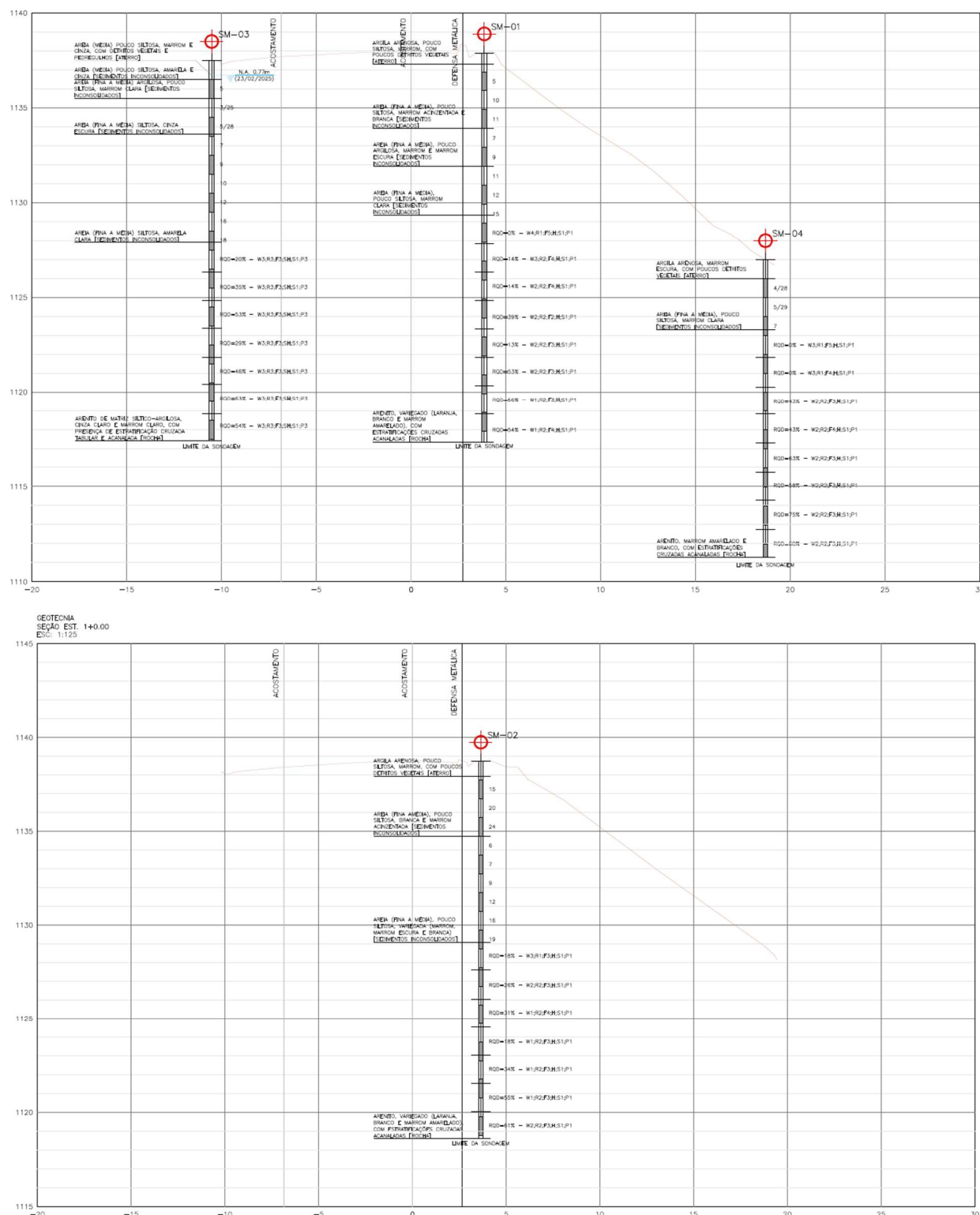


Figura 16. Seções geotécnicas.

A sondagem SM-01 inicia-se com uma camada de aterro superficial de argila arenosa, pouco siltosa, marrom, com detritos vegetais, até aproximadamente 0,60 m de profundidade. De 1,00 até 4,00 m, ocorre areia de granulometria fina a média, pouco siltosa, marrom acinzentada e branca, composta por sedimentos inconsolidados, com NSPT variando entre 5 e 11 golpes. Entre 4,00 m e 6,00 m, a caracterização indica areia de mesma granulometria (fina a média), pouco argilosa, marrom, com sedimentos inconsolidados, com NSPT variando entre 7 e 9 golpes. Na sequência, entre 6,00 m e 8,55 metros, o perfil se mantém com areia pouco siltosa, marrom clara, ainda inconsolidada, com NSPT variando entre 11 e 15 golpes. A partir de 8,55 m, até o limite da sondagem (próximo a 21 metros), observa-se um arenito variegado, com coloração laranja, branco e marrom-amarelado, apresentando estratificações cruzadas acanaladas. Não foi observado nível d'água.

A sondagem SM-02 apresenta na sua camada superficial de aterro até aproximadamente 0,80 m de profundidade, material composto por argila arenosa, pouco siltosa, de coloração marrom, com presença de poucos detritos vegetais. De 1,00 m até 4,00 m, observa-se uma camada de areia de granulometria fina a média, pouco siltosa, com coloração marrom acinzentada, composta por sedimentos inconsolidados, com NSPT variando entre 15 e 24 golpes. Na sequência, entre 5,00 m e 9,65 m de profundidade, predomina uma areia de granulometria fina a média, pouco siltosa, de coloração variegada, ainda classificada como sedimento inconsolidado, mantendo características de material não coesivo e altamente permeável, com NSPT variando entre 6 e 19 golpes. A partir de 9,65 m até 20,15 m, limite da sondagem, encontra-se um arenito variegado, com coloração laranja, branco e marrom-amarelado, apresentando estratificações cruzadas acanaladas. Não foi observado nível d'água.

A sondagem SM-03 apresenta na sua camada superficial de aterro até aproximadamente 0,80 m de profundidade, material composto por areia pouco siltosa, marrom e cinza com detritos vegetais e pedregulhos. Entre 1,00 m e 2,00 m, foi caracterizado material composto por areia de granulometria fina ou média, pouco siltosa ou areia argilosa, marrom claro, com NSPT igual a 5 golpes, caracterizando um material inconsolidado. Entre 2,00 m e 3,90 m, observa-se uma areia fina, siltosa, cinza escura, ainda classificada como sedimento inconsolidado, com NSPT variando entre 3 e 5 golpes. Na sequência, até a profundidade de 9,60 m, há uma areia fina a média, siltosa, de coloração

amarela clara, ainda composta por sedimentos inconsolidados, com NSPT variando entre 7 e 18 golpes. Entre 9,00 m e 20,10 m, profundidade final da sondagem, há um arenito de matriz siltico-argilosa, cinza-claro e marrom-claro, apresentando princípios de estratificação cruzada tabular e acanalada. Nível d'água foi observado na profundidade de 0,77 m.

E a sondagem SM-04 apresenta uma camada superficial de argila arenosa marrom, escura, com poucos detritos vegetais, em aterro, até aproximadamente 1,00 m de profundidade. De 1,00 até 3,70 m, areia de granulometria fina a média, pouco siltosa, marrom clara, composta por sedimentos inconsolidados, com NSPT variando entre 4 e 7 golpes. E entre 3,70 m e 15,70 m, profundidade final, ocorre um arenito de coloração marrom, amarelado e branco, apresentando estratificações cruzadas acanaladas. Não foi observado nível d'água.

6. PARÂMETROS DE CÁLCULO UTILIZADOS

6.1. Definição de parâmetros geotécnicos

Para a determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos, a serem utilizadas nas análises, serão utilizados os parâmetros identificados por meio de correlações obtidas por meio dos ensaios de SPT.

Em função do espaçamento entre as sondagens executadas, poderá ocorrer uma mudança no perfil do subsolo não prevista através da interpolação entre sondagens.

Desta forma, conforme definido na norma da NBR 11.682/2009, item 4 – “Condições Gerais”, no texto “...No caso de obras lineares, tais como estradas, ferrovias, dutovias e outras, os estudos e projetos devem levar em conta a geologia e geomorfologia ao longo do traçado, direção e mergulho das rochas, presença de colúvios e outras situações críticas. As investigações devem ser definidas pelo projetista, caracterizando os taludes específicos nos quais devem ser realizados os estudos...”.

A metodologia a ser adotada depende da regionalidade e da experiência de cada projetista. Desta forma, foram utilizados parâmetros com base na experiência desta Consultoria.

6.2. Métodos e softwares adotados nas análises

As análises de estabilidade foram processadas utilizando-se o método de equilíbrio limite de Bishop, utilizado para a determinação do coeficiente de segurança para taludes contra a ruptura em uma superfície de ruptura cilíndrica.

No caso do programa de cálculo Slide2, ele computa um coeficiente de segurança para o equilíbrio dos momentos (F_m) e um segundo com respeito ao equilíbrio das forças horizontais (F_f), realizando um processo iterativo até que F_m e F_f sejam aproximadamente os mesmos. O polígono de forças neste método é praticamente perfeito, indicando que as forças aplicadas em cada lamela ajustam cada lamela em um quase-perfeito equilíbrio de forças.

O resultado da análise foi expresso em coeficiente de segurança, que é a relação entre os esforços resistentes, proporcionados pela resistência ao cisalhamento dos materiais e os esforços instabilizantes, que impulsionam o talude ao escorregamento.

Para avaliação da estabilidade dos taludes, o coeficiente de segurança obtido na análise foi comparado com o valor mínimo recomendado pela NBR 11682 – Estabilidade de Taludes, da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas conforme **Tabela 1**, ou seja, $FS=1,5$, admitindo o grau de segurança mínimo.

Tabela 1. Fatores de segurança mínimo para deslizamentos (ABNT NBR 11682:2009 – Tabela 3).

Tabela 3 — Fatores de segurança mínimos para deslizamentos

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais \ Nível de segurança contra danos a vidas humanas	Alto	Médio	Baixo
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

NOTA 1 No caso de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10 %. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semiprobabilístico indicado no Anexo D.

NOTA 2 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.

NOTA 3 Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

7. SOLUÇÃO TÉCNICA ADOTADA

7.1. Estudo de alternativas

Para a solução da recuperação do sinistro, foram analisadas três alternativas técnicas, levando-se em consideração tanto as condicionantes geométricas do terreno, as características geológica-geotécnicas e custo.

A **Alternativa 1** considerou-se a implantação de um reaterro, buscando recompor o talude na sua configuração original. No entanto, essa solução mostrou-se inviável do ponto de vista geométrico, uma vez que a região do pé do talude apresenta um desnível acentuado no terreno natural. Tal configuração impossibilita a execução de um aterro estável, pois não há espaço suficiente para atender a inclinação mínima recomendada de 1:1,5 (V:H).

Na **Alternativa 2**, foi considerada a execução de uma contenção em gabião tipo caixa, implantada no pé do talude. Embora essa solução apresente a vantagem de ser tecnicamente simples e de rápida execução em terrenos favoráveis, também se mostrou limitada devido ao mesmo desnível acentuado no terreno natural na região do pé do

talude. A ausência de uma base estável inviabiliza o apoio adequado das estruturas de gabião, comprometendo sua eficiência e durabilidade.

A **Alternativa 3** apresentou-se como a mais viável do ponto de vista técnico e geométrico. Ela consiste na execução de uma contenção composta por estacas metálicas associadas a tirantes, solução que permite vencer o desnível acentuado do terreno, mantendo o alinhamento da pista, além de possibilitar a reconstrução do acostamento e da drenagem superficial. Trata-se de uma solução de contenção com capacidade para suportar esforços elevados, adequada para situações em que não há possibilidade de apoio no terreno natural e que exige ocupação mínima da base do talude.

A seguir são apresentados os detalhes e dimensionamento da alternativa técnica escolhida.

7.2. Dimensionamento – Contenção com estacas metálicas e tirantes

A solução técnica proposta contempla a reconstrução da drenagem superficial danificada, e recuperação da região rompida. Para isso, será implantado um sistema de contenção composto por estacas metálicas associadas a tirantes, capaz de garantir a estabilidade global do talude frente às condições geométricas e geotécnicas locais. Complementarmente, será executado o revestimento do talude, com o objetivo de controlar possíveis processos erosivos ao longo dos anos.

A **Figura 17**, **Figura 18** e **Figura 19** apresentam os detalhes de projeto executivo.

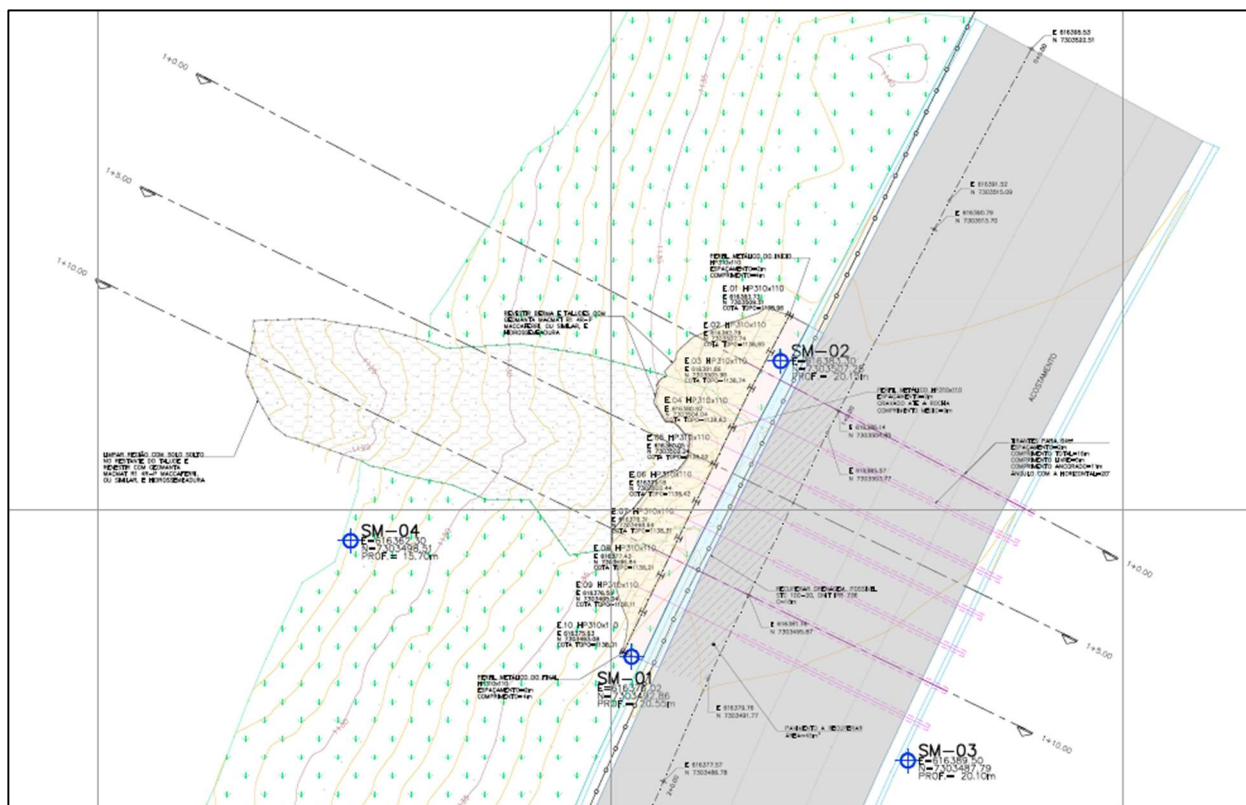


Figura 17. Solução técnica - Planta.

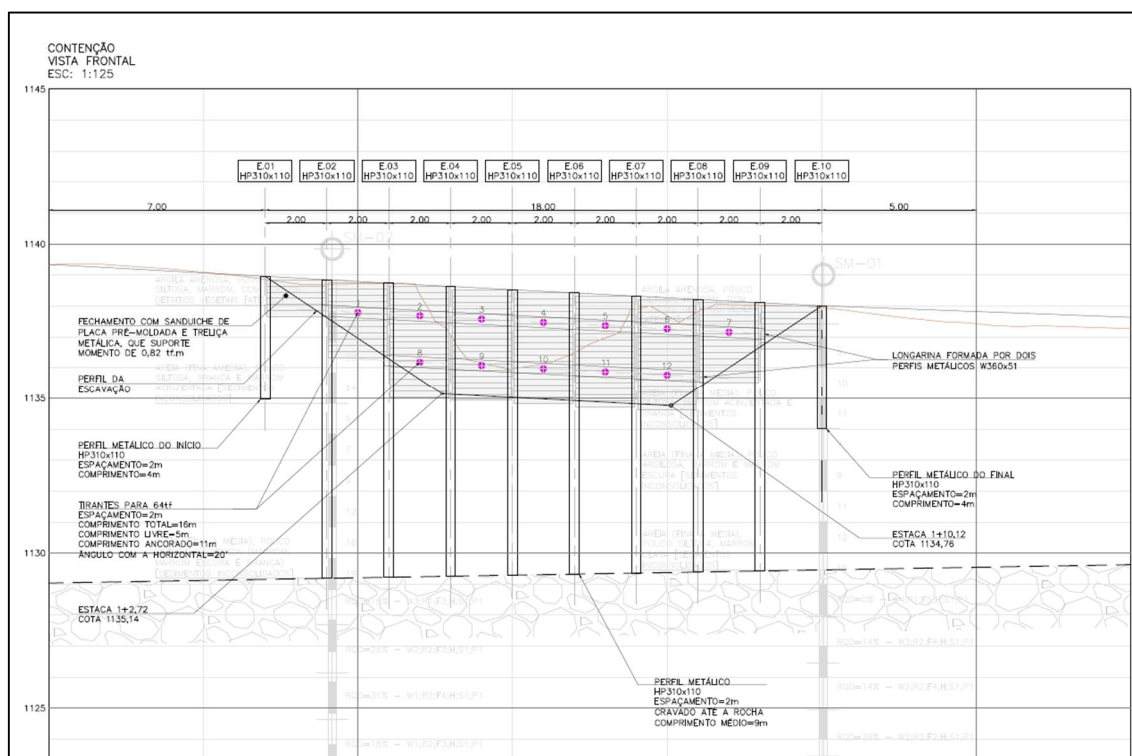


Figura 18. Solução técnica – Vista frontal.

Figura 20. Distribuição das camadas consideradas nas análises.

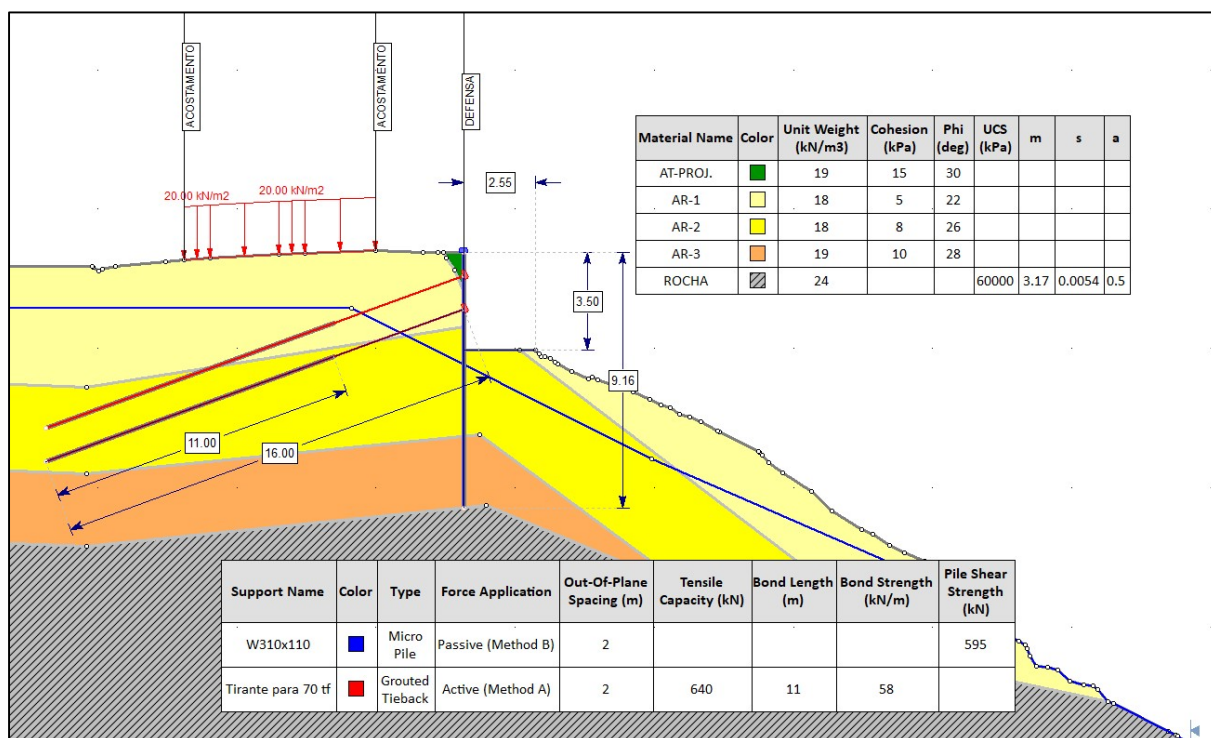


Figura 21. Modelo de análise de estabilidade.

Dd =	0,1 m	Diâmetro médio de perfuração.
nd =	1	Coefficiente de aumento do diâmetro pela pressão de injeção.
n1 =	1	Coefficiente de redução do comprimento do bulbo devido à pressão não uniforme sobre o mesmo.
nh =	1	Fator de redução da profundidade quando esta for superior a 9 m.
np =	5	Fator de acréscimo da tensão confinante natural devido à pressão de injeção. Deve ficar entre 5 e 10.
h =	4,46 m	Profundidade medida do bulbo de ancoragem.
La =	11 m	Comprimento de ancoragem.
gama =	18 kN/m3	Peso específico do solo em cima do tirante.
c =	6,5 kN/m2	Coesão média do solo.
Ø =	24 °	Ângulo de atrito médio do solo.
sr' =	321 kN/m2	Pressão residual de injeção, estimada em 50% da pressão de injeção aplicada.
qs =	185 kN/m2	Adesão do tirante.
Tr =	640 kN	Resistência final do tirante.
Bond Strenth =	58 kN/m	Resistência por metro de bulbo.

Figura 22. Cálculo da adesão do tirante por Costa Nunes.

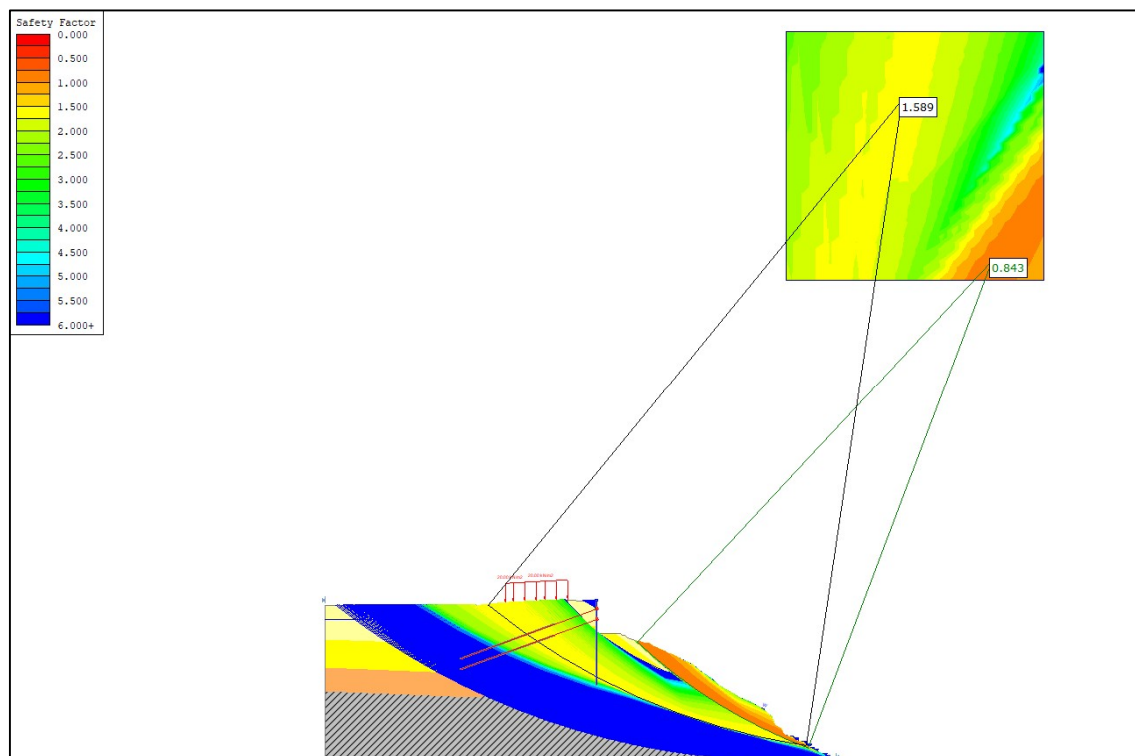


Figura 23. Resultado da análise de estabilidade – FS = 1,59.

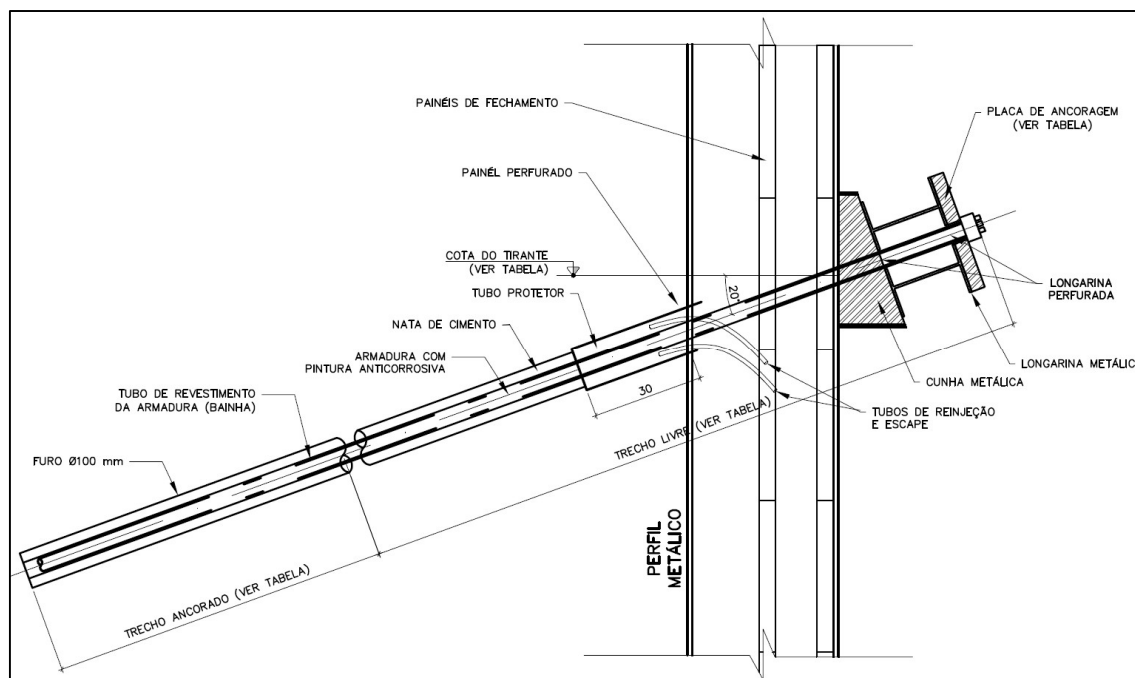


Figura 24. Detalhe do tirante e viga longitudinal metálica.

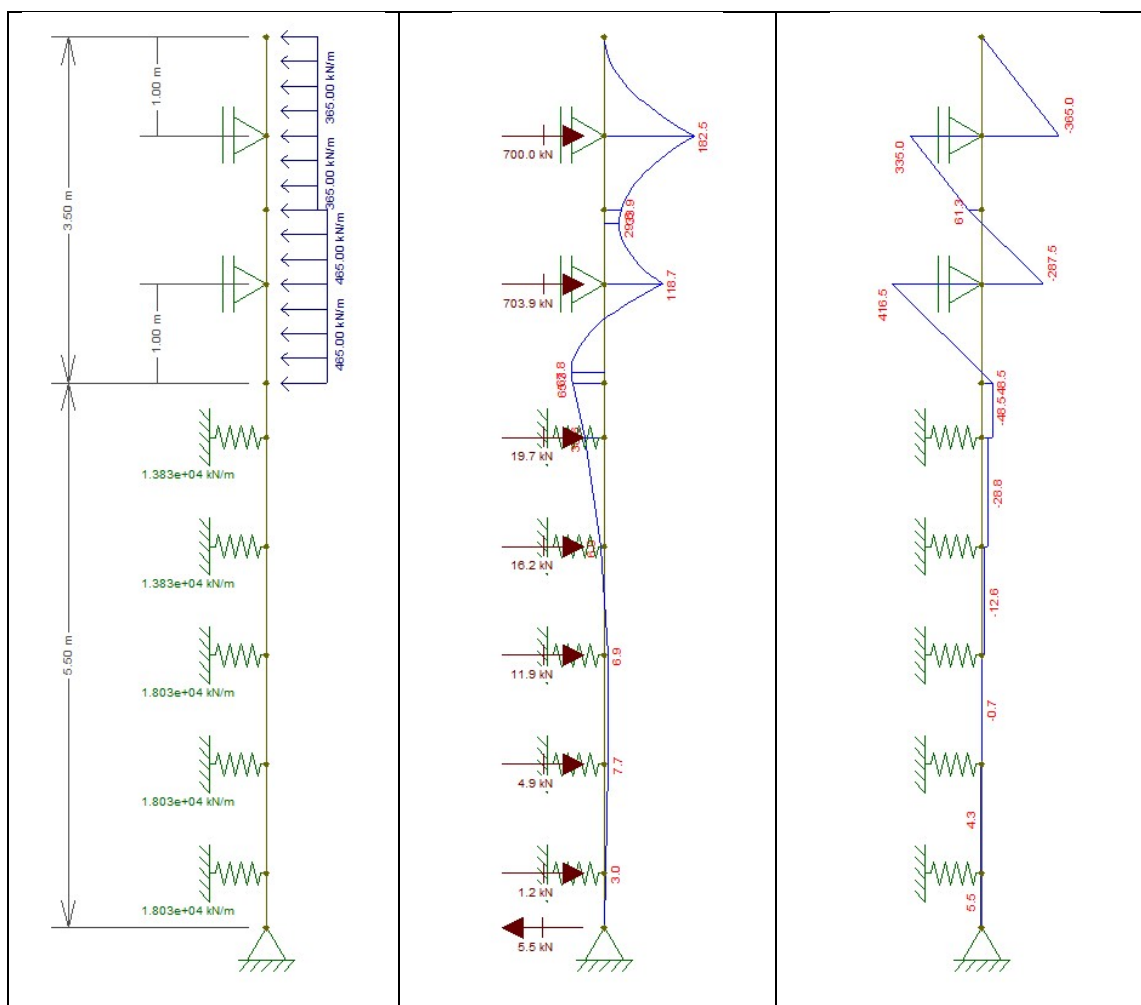


Figura 25. Esforços no perfil de contenção.

Verificação do perfil com sobrecarga (1 x H - HP310x110,0)				
$\sigma = \frac{M}{W}$	$= \frac{18,30 \cdot 100000}{1539}$	$= 1189 \text{ kgf/cm}^2$	< 2029	(OK)
$\tau = \frac{V}{(Hw \cdot B)}$	$= \frac{41,70 \cdot 1000}{(27,70 \cdot 1,54)}$	$= 977,5 \text{ kgf/cm}^2$	< 1150	(OK)
$\sigma_1 = \sigma \cdot \frac{Hw}{H}$	$= 1189,0 \cdot \frac{277}{308}$	$= 1069 \text{ kgf/cm}^2$		
$\tau_{red} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau^2}$	$= \sqrt{1069,3^2 + 3 \cdot 977,5^2}$	$= 2003 \text{ kgf/cm}^2$	< 2300	(OK)

Figura 26. Dimensionamento do perfil de contenção.

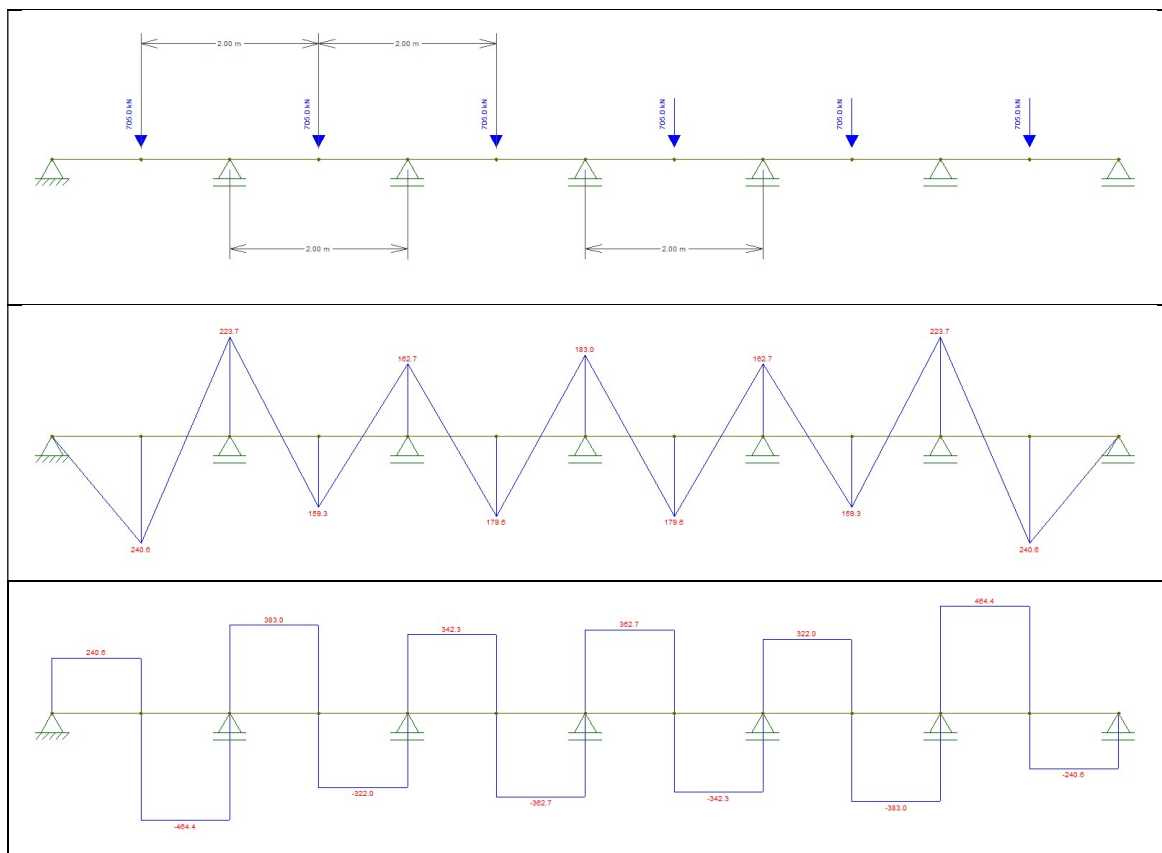


Figura 27. Esforços na longarina metálica.

Verificação da longarina (2 x I - W360x51,0)									
$\sigma = \frac{M}{(W \cdot n)} + \frac{N}{A} = \frac{24,00 \cdot 100000}{(801,2 \cdot 2)} + \frac{0 \cdot 1000}{64,8} = 1498 \text{ kgf/cm}^2 < 2029 \text{ (OK)}$									
$\tau = \frac{V}{(Hw \cdot B \cdot n)} = \frac{46,40 \cdot 1000}{(33,20 \cdot 0,72 \cdot 2)} = 970,5 \text{ kgf/cm}^2 < 1150 \text{ (OK)}$									
$\sigma_l = \frac{M}{(W \cdot n)} \times \frac{Hw}{H} + \frac{N}{A} = \frac{24,00 \cdot 100000}{(801,2 \cdot 2)} \times \frac{332}{355} + \frac{0 \cdot 1000}{64,8} = 1401 \text{ kgf/cm}^2$									
$\tau_{red} = \sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{1401^2 + 3 \cdot 970,5^2} = 2188 \text{ kgf/cm}^2 < 2300 \text{ (OK)}$									

Figura 28. Dimensionamento do perfil da longarina.

A seguir são apresentados os esforços e dimensionamento do fechamento considerado entre os perfis metálicos.

- Empuxo de solo: 1,56 tf/m².
- Sobrecarga: 0,78 tf/m².

Cálculo dos pranchões									
$q =$	$\sigma_s + \sigma_{sc}$	$=$	$1,56 + 0,78$	$=$	$2,34$	tf/m^2			
$q' =$	$0,7 \cdot q$	$=$	$0,7 \cdot 2,34$	$=$	$1,638$	tf/m^2	(considerando 30% de arqueamento direto)		
$M_{\max} =$	$\frac{q' \cdot e^2}{8}$	$=$	$\frac{1,64 \cdot 2,00^2}{8}$	$=$	$0,82$	tf.m/m			

Resultado: Momento atuante de 0,82 tf.m.

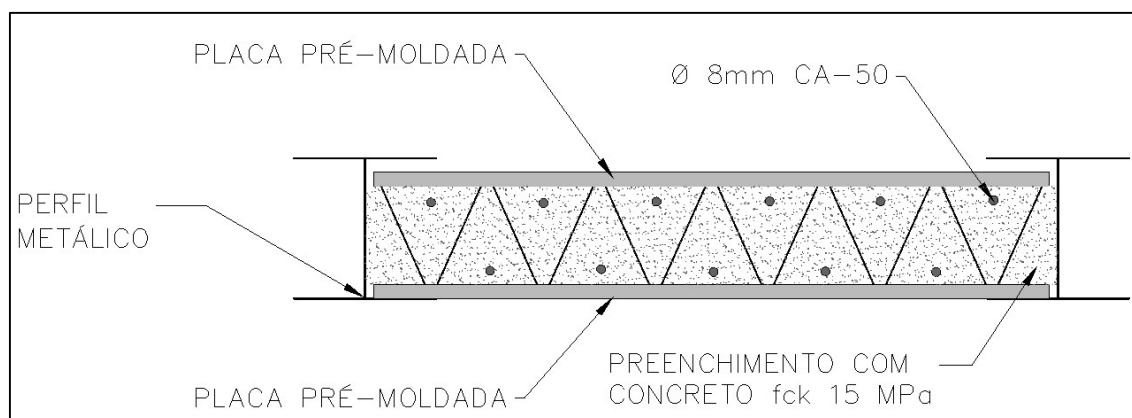


Figura 29. Detalhe da placa de fechamento.

A seguir são apresentados os resumos dos cálculos:

- ✓ Perfis W310x110 a cada 2,00 m, com profundidade variando, pois, terão que ser cravados até a rocha. Comprimento médio de 9,00 m.
- ✓ Duas longarinas metálicas, cada uma feita com dois perfis W360x51,0, localizados a 1,00 m do topo da contenção e a 1,00 m da base da contenção, com distância entre as longarinas de cerca de 1,50 m. Quando a contenção tiver menos de 2,50 m, utilizar apenas uma linha de tirantes.
- ✓ Tirantes para 64 tf (8 cordoalhas de 12,70 mm) espaçados a cada 2 m, com 16,00 m de comprimento total e 11 m de bulbo. Inclinação de 20 graus com a horizontal.

- ✓ Fechamento com sanduiche de placa pré-moldada e treliça metálica, que suporte momento de 0,82 tf.m.

8. INTERFERÊNCIAS

Antes da execução dos serviços, recomenda-se uma consulta e vistoria do local para verificação/confirmação de todas as interferências existentes no local de recuperação indicado em projeto.

9. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

As quantidades de materiais apresentadas em conjunto do projeto executivo poderão sofrer variações de acordo com as condições reais do local.

Fica a cargo do empreiteiro o cadastro e levantamento de todas as eventuais interferências identificadas no local.

Deverá ser feito um mapeamento do talude e validação da solução técnica indicada em projeto para verificação antecipada da necessidade de ajustes frente as condições reais do local.

Caso sejam encontradas divergências com relação as informações indicadas no projeto executivo, o projetista deverá ser informado.

Deverão ser observadas as especificações técnicas e demais normas brasileiras (NBR's) conforme exigidas pela Fiscalização.

Deverá ser consultado o manual do fabricante da geomanta Macmat R1 no que diz respeito ao manuseio e instalação do material.

Os tirantes deverão ser executados conforme ABNT NBR 5629:2018 – Tirantes ancorados no terreno — Projeto e execução, inclusive no que se refere a proteção contra corrosão e aos testes de protensão/incorporação.

Considerar proteção dos tirantes: proteção classe 1 (tirantes permanentes) e ensaios nos tirantes (permanentes), 10% dos tirantes: carga de ensaio = $1,75 \times q$ (para carga da tabela), 90% dos tirantes: carga de ensaio = $1,40 \times q$ (para carga da tabela) e métodos e critérios para faseamento do ensaio conforme Anexo D da ABNT NBR 5629:2018.

O diâmetro mínimo de perfuração será de 10 cm, podendo ser utilizado valor maior, a critério da executora.

As armações (cordoalhas) dos tirantes deverão ser introduzidas no furo após o preenchimento da bainha.

Na região do bulbo, os tirantes deverão ser dotados de manchetes a cada 0,5 m permitindo injeção em estágios sucessivos e manchete por manchete através de obturador duplo.

Resumo do dimensionamento dos tirantes:

GRAMPO	ESTACA	COTA	TIPO	INCLINAÇÃO COM A HORIZONTAL	COMPRIMENTOS			CARGA DE TRABALHO Q (tf)	CARGA DE INCORPORAÇÃO (tf)	PERMANENTE OU PROVISÓRIO
					LIVRE (m)	BULBO (m)	TOTAL (m)			
1	1+0.00	1137.79	8 cordoalhas de 12,7 mm CP-190-RB	20°	5	11	16	64	57,6	PERMANENTE
2	1+2.00	1137.68								
3	1+4.00	1137.58								
4	1+6.00	1137.47								
5	1+8.00	1137.37								
6	1+10.00	1137.26								
7	1+12.00	1137.16								
8	1+2.00	1136.18								
9	1+4.00	1136.08								
10	1+6.00	1135.97								
11	1+8.00	1135.87								
12	1+10.00	1135.76								

É indispensável o acompanhamento de todas as fases da obra por engenheiro especializado, que deverá fornecer orientações executivas e proceder às devidas liberações em Livro Diário de Obras, assim como a verificação em campo das condições da qualidade dos serviços executados

10. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

10.1. Introdução

Para execução das obras de recuperação dos taludes, foram elaboradas especificações técnicas de execução constantes no Volume 3.

Independentemente das especificações técnicas adotadas, os serviços a realizar deverão atender, ainda, o que está especificado nas plantas do Projeto Final de Engenharia. Também do que consta no item relativo as medições e pagamentos em todas as especificações técnicas, os preços unitários propostos para cada serviço deverão incluir, de forma direta e indireta, todos os insumos (materiais e mão-de-obra), os custos de todos equipamentos e aparelhagens a serem empregados e despesas com atividades especializadas ou não, necessárias para executar os serviços correspondentes.

10.2. Especificações prevalentes

Os trabalhos de execução das obras de estabilização deverão obedecer à ordem de prevalência, a seguir apresentada, toda a vez que houver conflitos de Especificações:

- 1º Especificações Técnicas constantes das Plantas dos Projetos;
- 2º Especificações Técnicas complementares, constantes do Relatório de Projeto e Especificações Técnicas do Grupo EPR;
- 3º Especificações Técnicas do DNIT;
- 4º Normas da ABNT.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro, 2009.
- ✓ ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5629:2018 – Tirantes ancorados no terreno — Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2018.
- ✓ CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa da geodiversidade do estado do Paraná. Escala 1:650.000. Brasília: CPRM, 2015.
- ✓ CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Geodiversidade do estado do Paraná. Organização: Deyna Pinho. Goiânia: CPRM, 2021. 287 p.
- ✓ CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa geológico do estado do Paraná. Escala 1:600.000. Brasília: CPRM, 2021.
- ✓ VAZ, Luiz Ferreira. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. 1996.



Carlos Vinicius dos S. Benjamim

Engenheiro Civil | Doutor em Geotecnia

ANEXO - BOLETINS DE SONDAGEM

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM MISTA (SM)

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/20 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: **EPR Litoral Pioneiro**

Obra: Erosão de Talu

Local: Rodovia PR-151 - km 234,700

Data: Início: 14/02/2025
Fim: 16/02/2025

Furo: SM-01

Folha:
1 / 2

Cota(m): 1138,000

Coordenadas: N= 7303492,8550

$$E = 616376.0174$$

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO (S.P.T.) 30cm FINAIS					N-SPT	NUMERO DE GOLPES	RECUPERAÇÃO (%)	Ø DO FURO:				ALTERAÇÃO	RESISTÊNCIA	FRATURAMENTO	ORIENTAÇÃO DAS FRATURAS	SUPERFÍCIE DAS FRATURAS	PREENCHIMENTO DAS FRATURAS	ESCALA (m)	PROF. CANALADA (m)	PERFIL GEOLOGICO	INTER. GEOL.	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	COMPACTAÇÃO DE CONSISTÊNCIA	N.A. (m)
RQD (%)																								
0	10	20	30	40	50																			
						5	2/15	2/15	3/15												AT	ARGILA ARENOSA, POUCO SILTOSA, MARROM, COM POUCOS DETRITOS VEGETAIS	POUCO COMPACTA(O)	
						10	3/15	5/15	5/15												SI	AREIA (FINA A MÉDIA), POUCO SILTOSA, MARROM ACINZENTADA E BRANCA	MEDIANA MENTE COMPACTA(O)	
						11	4/15	5/15	6/15														MEDIANA MENTE COMPACTA(O)	
						7	3/15	3/15	4/15												SI	AREIA (FINA A MÉDIA), POUCO ARGILOSA, MARROM E MARROM ESCURA	POUCO COMPACTA(O)	
						9	3/15	4/15	5/15														MEDIANA MENTE COMPACTA(O)	
						11	4/15	5/15	6/15												SI	AREIA (FINA A MÉDIA), POUCO SILTOSA, MARROM CLARA	MEDIANA MENTE COMPACTA(O)	
						12	5/15	5/15	7/15														MEDIANA MENTE COMPACTA(O)	
						15	5/15	6/15	7/15														MEDIANA MENTE COMPACTA(O)	
						37					W4	R1	F5	H	S1	P1								
						47	14				W3	R2	F4	H	S1	P1								
						57	14				W2	R2	F4	H	S1	P1								
						53	39				W2	R2	F2	H	S1	P1					RC	ARENITO, VARIEGADO (LARANJA, BRANCO E MARROM AMARELADO), COM ESTRATIFICAÇÕES CRUZADAS ACANALADAS		
						45	13				W2	R2	F3	H	S1	P1								
						45	53				W2	R2	F3	H	S1	P1								
						77	56				W1	R2	F3	H	S1	P1								
						81	54				W1	R2	F4	H	S1	P1								

LEGENDA DAS ABREVIACOES PRESENTES DA COLUMA DE INTERPRETACAO GEOLÓGICA

MEDIDAS DOS NIVEIS D'ÁGUA

	OBSERVAÇÃO:
--	-------------

AT = Aterro; AL = Aluvião; CO = Colúvio; MT = Matacão; RC = Rocha; SAR = Solo de Alteração de Rocha; SDL = Sedimentos Detrito Lateríticos; SFM = Sedimentos Flúvio Marinhos; SI = Sedimentos Inconsolidados; SR = Solo Residual; ST = Sedimentos Terciários.

LEGENDA GRÁFICA DE SOLOS

LEGENDA GRÁFICA DE ROCHAS

AREIA	AREIA SILTOSA	ARENITO	GRANITO
AREIA ARGILO-SILTOSA	GRAMA VEGETAL	GRANDIOFOLIO	
AREIA ARGILOSA	PEDREGULHO	BASALTO	HORNIFELS
AREIA SILTO-ARGILOSA	SILTE	CARBONATO	MARMORE
AREIA SILTOSA	SILTE ARENO-ARGILOSO	DACITO	META CARBON
ARGILA	SILTE ARENOSO	DIABÁSIO	QUARTZITO
ARGILA ARENO-SILTOSA	SILTE ARGILO-ARENOSO	DIORITO	ROLITO
ARGILA ARENOSA	SILTE ARGILOSO	FILOTO	SLENTO
ARGILA SILT-ARENOSA		GNARRO	SILTITO
		GRANFEL	VITRO

LEITURA	DATA	HORA	N.A. (m)	
1	16/02/2025	21 00	SECO	
2				
3				
4				
LAVAGEM POR TEMPO - 30 MIN		MÉTODOS DE PERFURAÇÃO		
PROF. DE INÍCIO (m)		MÉTODO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)
ESTÁGIO 1 (m):		T.CAVADERA:		
ESTÁGIO 2 (m):		T. ESPIRAL:		
ESTÁGIO 3 (m):		LAVAGEM:		
		ROTATIVO:	0.00	20.55

GRAU DE ALTERAÇÃO - (ISRM)	GRAU DE RESISTÊNCIA (ISRM)	GRAU DE FRATURAMENTO (Frat.m)	ORIENTAÇÃO / INCLINAÇÃO	SUPERFÍCIE DAS FRATURAS	PREENCHIMENTO DAS FRATURAS
W1 - ROCHA SÁ	R6 - ROCHA EXTREM. RESISTENTE	F1 - <1 - OCASION. FRATURADA	I - HORIZONTAL (P A 10°)	S1 - RUGOSA	P0 - COM CONSPIUA DE PREENCHIMENTO
W2 - ROCHA MUITO ALTERADA	R5 - ROCHA MUITO RESISTENTE	F2 - 1 A 5 - POUCO FRATURADA	I - INCLINADA (21° A 29°)	S2 - SUBHORIZONTAL	P1 - GRAU 1
W3 - ROCHA MODER. ALTERADA	R4 - ROCHA RESISTENTE	F3 - 6 A 10 - MEDIAN. FRATURADA	I - INCLINADA (31° A 70°)	S3 - PLANA	P2 - MISTO
W4 - ROCHA MUITO ALTERADA	R3 - ROCHA MEDIAN. RESISTENTE	F4 - 11 A 20 - MUITO FRATURADA	SV - SUBVERTICAL (71° A 90°)	S4 - SEDOSA	P3 - AREIOLAS
W5 - ROCHA EXTREM. ALTERADA	R2 - ROCHA BRANDA	F5 - >20 - EXTREM. FRATURADA			P4 - PARÓIS OXIDADAS
W6 - SOLO RESIDUAL	R1 - ROCHA MUITO BRANDA				
	R0 - ROCHA EXTREM. BRANDA E SOLOS COSMÉTOS				

São Paulo, 18 Fevereiro, 2025

Contrato nº: 15925-25

Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva

Verificação: Daniel Vitta Hanson

Resp. Técnico:
Maurício Malanconi
CREA: 50630786/30



④ Suporte

NOTA: Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

SUIPORTE - SONDAGENS E ENSAIOS GEOTÉCNICOS

SEDE - Av. Camélia Borges Narciso, 582 - Bela São Pedro - São Pedro/SP - CEP 13.524-486

<http://www.suportesolos.com.br>
contato@suportesolos.com.br

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/20 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Folha:

Cota(m): 1138,000

2 / 2

Cota(m): 1138,000

Coordenadas: N= 7303492.8550

E= 616376.0174

LEGENDA DAS ABBREVIACÖES PRESENTES DA COLUNA DE INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

MEDIDAS DOS NIVEIS D'ÁGUA

OBSERVAÇÃO:

LEGENDA GRÁFICA DE SOLOS

LEGENDA GRÁFICA DE ROCHAS

GRAU DE ALTERAÇÃO - (ISRM)

GRAU DE RESISTÊNCIA (ISRM)

GRAU DE FRATURAMENTO (Frat./m)

ORIENTAÇÃO / INCLINAÇÃO

SUPERFÍCIE DAS FRATURAS

PREENCHIMENTO DAS FRATURAS

P0 - COM SUSPEITA DE PREENCHIMENTO
P1 - GRANULAR
P2 - MISTO
P3 - ARGILOSO
P4 - PAREDES OXIDADAS

Resp. Técnico:
Maurício Malanconi
CREA: 5063078630

Verificação: Daniel Vitta Hanson

Mark Zeller

Resp. Técnico:
Maurício Malanconi
CREA: 5063078630


Suporte

NOTA: Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

SEDE - Av. Camélia Borges Narciso, 582 - Bela São Pedro - São Pedro/SP - CEP 13.524-486

<http://www.suportesolos.com.br>
contato@suportesolos.com.br

QUADRO DE FOTOS DE SONDAGEM MISTA

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/01 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro	Furo: SM-01	Folha: 1 / 1
Obra: Erosão de Talude	Cota(m): 1138	
Local: Rodovia PR-151 - km 234,700	Coordenadas: N=7303492,8550	
Data: Início: 14/02/2025 Fim: 16/02/2025	E=616376,0174	



São Paulo, 18 Fevereiro, 2025
Contrato nº: 15925-25
Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva
Verificação: Daniel Vitta Hanson

[Assinatura]

Resp. Técnico:
Maurício Malancor
CREA: 0663079630

Suporte

NOTA: As fotos apresentadas no presente documento referem-se exclusivamente à amostra coletada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

E= 616383.2950

<http://www.suportesolos.com.br>
contato@suportesolos.com.br

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM MISTA (SM)

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/20 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro

Obra: Erosão de Talude

Local: Rodovia PR-151 - km 234,700

Data: Início: 11/02/2025

Fim: 13/02/2025

Furo: SM-02

Cota(m): 1139,000

Coordenadas: N= 7303507,2800

E= 616383.2950

Folha:

2 / 2

[illegible]

LEGENDA DAS ABREVIACOES PRESENTES DA COLUMNA DE INTERPRETACAO GEOLÓGICA

AT = Aterro; AL = Aluvião; CO = Colúvio; MT = Matacão; RC = Rocha; SAR = Solo de Alteração de Rocha; SDL = Sedimentos Detrito Lateríticos; SFM = Sedimentos Flúvio Marinhos; SI = Sedimentos Inconsolidados; SR = Solo Residual; ST = Sedimentos Terciários.

LEGENDA GRÁFICA DE SOLOS.

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| ☐ | A REIA |
| ☐ | A REIA ARGILO-SILTOSA |
| ☐ | A REIA ARGILOSA |
| ☐ | A REIA SILTO-ARGILOSA |
| ☐ | A REIA SILTOSA |
| ☐ | A RGILA |
| ☐ | A RGILA ARENO-SILTOSA |
| ☐ | A RGILA ARENOSA |
| ☐ | A RGILA SILTO-ARENOSA |

LEGENDA GRÁFICA DE ROCHAS

- | ELEGIR UNA FORMA DE PIEDRA | |
|------------------------------------|---|
| ☐ ARENITO | ☐ GRANITO |
| ☐ ARGILITO | ☐ GRANODIORITO |
| ☐ BASALTO | ☐ HORNFELS |
| ☐ CARBONATO | ☐ MÁRMORE |
| ☐ DACITO | ☐ META CARBONATO |
| ☐ DIABÁSIO | ☐ QUARTZITO |
| ☐ DIORITO | ☐ RIOLITO |
| ☐ FLUTO | ☐ SIENITO |
| ☐ GABRO | ☐ SILTITO |
| ☐ GNAISE | ☐ VISTO |

MEDIDAS DOS NIVEIS D'ÁGUA

LEITURA	DATA	HORA	N.A. (m)
1	14/02/2025	08:00	SECO
2			
3			
4			
LAVAGEM POR TEMPO - 30 MIN		MÉTODOS DE PERFURAÇÃO	
		METODO	PROF. INICIAL (m) PROF. FINAL (m)
PROF. DE INICIO (m):		T.CAVADERA:	
ESTÁGIO 1 (m):		T. ESPIRAL:	
ESTÁGIO 2 (m):		LAVAGEM:	
ESTÁGIO 3 (m):		ROTATIVO:	0,00 20,15

	OBSERVAÇÃO:
--	-------------

GRAU DE ALTERAÇÃO - (ISRM)

W1 - ROCHA Sã
W2 - ROCHA Pouco Alterada
W3 - ROCHA Moder. Alterada
W4 - ROCHA Muito Alterada
W5 - ROCHA Extrem. Alterada
W6 - SOLO RESIDUAL

GRAU DE RESISTÊNCIA (ISRM)

R6 - ROCHA EXTREM. RESISTENTE
R5 - ROCHA MUITO RESISTENTE
R4 - ROCHA RESISTENTE
R3 - ROCHA MEDIAN. RESISTENTE
R2 - ROCHA BRANDA
R1 - ROCHA MUITO BRANDA
R0 - ROCHA EXTREM. BRANDA E SOLOS COESIVOS

GRAU DE FRATURAMENTO (Frat./m)

F1 - <1 - OCASION. FRATURADA
F2 - 1 A 5 - POUCO FRATURADA
F3 - 6 A 10 - MEDIAN. FRATURADA
F4 - 11 A 20 - MUITO FRATURADA
F5 - >20 - EXTREM. FRATURADA

ORIENTAÇÃO / INCLINAÇÃO

H - HORIZONTAL (0° A 10°)
SH - SUBHORIZONTAL (11° 20°)
I - INCLINADA (21° A 70°)
SV - SUBVERTICAL (71° A 90°)

SUPERFÍCIE DAS FRATURAS
S1 - RUGOSA
S2 - ESTRIADA
S3 - PLANA
S4 - SEDOSA

PREENCHIMENTO DAS FRATURAS
P0 - COM SUSPEITA DE PREENCHIMENTO
P1 - GRANULAR
P2 - MISTO
P3 - ARGILOSO
P4 - PAREDES OXIDADAS

São Paulo, 18 Fevereiro, 2025

Contrato n.º: 15925-25

Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva

Verificação: Daniel Vitta Hanson

Resp. Técnico:
Maurício Malanconi
CREA: 5063078630

Maurício Malanconi
CREA: 5063078630



4-Suporte

NOTA: Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

SUORTE - SONDAENS E ENSAIOS GEOTÉCNICOS

SEDE - Av. Camélia Borges Narciso, 582 - Bela São Pedro - São Pedro/SP - CEP 13.524-486

<http://www.suportesolos.com.br>
contato@suportesolos.com.br

QUADRO DE FOTOS DE SONDAGEM MISTA

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/01 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro

Obra: Erosão de Talude

Local: Rodovia PR-151 - km 234,700

Data: Início: 11/02/2025

Fim: 13/02/2025

Furo: SM-02

Cota(m): 1139,000

Coordenadas: N= 7303507,2800

E= 616383,2950

Folha:

1 / 1



São Paulo, 18 Fevereiro, 2025

Contrato nº: 15925-25

Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva

Verificação: Daniel Vitta Hanson

Resp. Técnico:
Maurício Malancor
CREA: 0663079630



Suporte

NOTA: As fotos apresentadas no presente documento referem-se exclusivamente à amostra coletada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

SUPORTE - SONDAGENS E ENSAIOS GEOTÉCNICOS

SEDE - Av. Camélia Borges Narciso, 582 - Bela São Pedro - São Pedro/SP - CEP 13.524-486

<http://www.suportesolos.com.br>
contato@suportesolos.com.br

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM MISTA (SM)																		
Ensaio realizado conforme a NBR 6484/20 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.																		
Cliente: EPR Litoral Pioneiro Obra: Erosão de Talude Local: Rodovia PR-151 - km 234,700 Data: Início: 20/02/2025 Fim: 22/02/2025										Furo: SM-03 Cota(m): 1138,000 Coordenadas: N= 7303487,7920 E= 616389,5021								
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO (SPT), 30cm FINAIS	N SPT	NUMERO DE GOLPES	RECUPERAÇÃO (%)	Ø DO FURO	ROD (%)	ALTERAÇÃO	RESISTÊNCIA	FRATURAMENTO	ORIENTAÇÃO DAS FRATURAS	SUPERFÍCIE DAS FRATURAS	PREENCHIMENTO DAS FRATURAS	ESCALA (m)	PROF. CAMADA (m)	PERFIL GEOLOGICO	INTER. GEOL.	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	COMPACTAÇÃO E CONSISTÊNCIA	N.A. (m)
0 10 20 30 40 50				20								20	20,10		RC	ARENITO DE MATRIZ SILTICO-ARGILOSA, CINZA CLARO E MARROM CLARO, COM PRESENÇA DE ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA TABULAR E ACANALADA Critério Especificado pelo Cliente		
												25						
												30						
												35						
												40						

LEGENDA DAS ABREVIATURAS PRESENTES DA COLUNA DE INTERPRETAÇÃO GEOLOGICA AT = Aterro; AL = Aluvião; CO = Colúvio; MT = Matação; RC = Rocha; SAR = Solo de Alteração de Rocha; SDL = Sedimentos Detrito Lateríticos; SFM = Sedimentos Flúvio Marinhos; SI = Sedimentos Inconsolidados; SR = Solo Residual; ST = Sedimentos Terciários.										MEDIDAS DOS NÍVEIS D'ÁGUA <table border="1"> <tr> <th>LEITURA</th> <th>DATA</th> <th>HORA</th> <th>N.A. (m)</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>22/02/2025</td> <td>08:30</td> <td>7,40</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>23/02/2025</td> <td>06:58</td> <td>0,77</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				LEITURA	DATA	HORA	N.A. (m)	1	22/02/2025	08:30	7,40	2	23/02/2025	06:58	0,77	3				4				OBSERVAÇÃO: Parede do furo colapsada com 0,77 metros no dia seguinte ao término da sondagem. Diferença entre as leituras de nível d'água pode corresponder a provável infiltração																																																										
LEITURA	DATA	HORA	N.A. (m)																																																																																									
1	22/02/2025	08:30	7,40																																																																																									
2	23/02/2025	06:58	0,77																																																																																									
3																																																																																												
4																																																																																												
LEGENDA GRÁFICA DE SOLOS <table border="1"> <tr> <td>☐ AREIA</td> <td>☐ ARGILA SILTOSA</td> <td>☐ ARENITO</td> <td>☐ GRANITO</td> </tr> <tr> <td>☐ AREIA ARGILO-SILTOSA</td> <td>☐ CAMADA VEGETAL</td> <td>☐ ARGILITO</td> <td>☐ GRANODIORITO</td> </tr> <tr> <td>☐ AREIA ARGILOSA</td> <td>☐ PEDREGULHO</td> <td>☐ BASALTO</td> <td>☐ HORNFELS</td> </tr> <tr> <td>☐ AREIA SILTO-ARGILOSA</td> <td>☐ SILTE</td> <td>☐ CARBONATO</td> <td>☐ MARMOLE</td> </tr> <tr> <td>☐ AREIA SILTOSA</td> <td>☐ SILTE ARENO-ARGILOSO</td> <td>☐ DACITO</td> <td>☐ META-CARBONATO</td> </tr> <tr> <td>☐ ARGILA</td> <td>☐ SILTE ARENOSO</td> <td>☐ DIABÁSIO</td> <td>☐ QUARTZITO</td> </tr> <tr> <td>☐ ARGILA ARENO-SILTOSA</td> <td>☐ SILTE ARGILO-ARENOSO</td> <td>☐ GIBRITO</td> <td>☐ XISTO</td> </tr> <tr> <td>☐ ARGILA ARENOSA</td> <td>☐ SILTE ARGILOSO</td> <td>☐ FILITO</td> <td>☐ SLENITO</td> </tr> <tr> <td>☐ ARGILA SILTO-ARENOSA</td> <td></td> <td>☐ SILTO</td> <td>☐ GABRIO</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>☐ GNAISSE</td> <td>☐ SILTO</td> </tr> </table>										☐ AREIA	☐ ARGILA SILTOSA	☐ ARENITO	☐ GRANITO	☐ AREIA ARGILO-SILTOSA	☐ CAMADA VEGETAL	☐ ARGILITO	☐ GRANODIORITO	☐ AREIA ARGILOSA	☐ PEDREGULHO	☐ BASALTO	☐ HORNFELS	☐ AREIA SILTO-ARGILOSA	☐ SILTE	☐ CARBONATO	☐ MARMOLE	☐ AREIA SILTOSA	☐ SILTE ARENO-ARGILOSO	☐ DACITO	☐ META-CARBONATO	☐ ARGILA	☐ SILTE ARENOSO	☐ DIABÁSIO	☐ QUARTZITO	☐ ARGILA ARENO-SILTOSA	☐ SILTE ARGILO-ARENOSO	☐ GIBRITO	☐ XISTO	☐ ARGILA ARENOSA	☐ SILTE ARGILOSO	☐ FILITO	☐ SLENITO	☐ ARGILA SILTO-ARENOSA		☐ SILTO	☐ GABRIO			☐ GNAISSE	☐ SILTO	LEGENDA GRÁFICA DE ROCHAS <table border="1"> <tr> <td>☐ ARENITO</td> <td>☐ GRANITO</td> </tr> <tr> <td>☐ ARGILITO</td> <td>☐ GRANODIORITO</td> </tr> <tr> <td>☐ BASALTO</td> <td>☐ HORNFELS</td> </tr> <tr> <td>☐ CARBONATO</td> <td>☐ MARMOLE</td> </tr> <tr> <td>☐ DACITO</td> <td>☐ META-CARBONATO</td> </tr> <tr> <td>☐ DIABÁSIO</td> <td>☐ QUARTZITO</td> </tr> <tr> <td>☐ GIBRITO</td> <td>☐ XISTO</td> </tr> <tr> <td>☐ FILITO</td> <td>☐ SLENITO</td> </tr> <tr> <td>☐ SILTO</td> <td>☐ GABRIO</td> </tr> <tr> <td>☐ SILTO</td> <td>☐ SILTO</td> </tr> </table>				☐ ARENITO	☐ GRANITO	☐ ARGILITO	☐ GRANODIORITO	☐ BASALTO	☐ HORNFELS	☐ CARBONATO	☐ MARMOLE	☐ DACITO	☐ META-CARBONATO	☐ DIABÁSIO	☐ QUARTZITO	☐ GIBRITO	☐ XISTO	☐ FILITO	☐ SLENITO	☐ SILTO	☐ GABRIO	☐ SILTO	☐ SILTO	MÉTODOS DE PERFURAÇÃO <table border="1"> <tr> <th>MÉTODO</th> <th>PROF. INICIAL (m)</th> <th>PROF. FINAL (m)</th> </tr> <tr> <td>T.CAVADEIRA:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>T.ESPIRAL:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LAVAGEM:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ROTATIVO:</td> <td>0,00</td> <td>20,10</td> </tr> </table>				MÉTODO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	T.CAVADEIRA:			T.ESPIRAL:			LAVAGEM:			ROTATIVO:	0,00	20,10
☐ AREIA	☐ ARGILA SILTOSA	☐ ARENITO	☐ GRANITO																																																																																									
☐ AREIA ARGILO-SILTOSA	☐ CAMADA VEGETAL	☐ ARGILITO	☐ GRANODIORITO																																																																																									
☐ AREIA ARGILOSA	☐ PEDREGULHO	☐ BASALTO	☐ HORNFELS																																																																																									
☐ AREIA SILTO-ARGILOSA	☐ SILTE	☐ CARBONATO	☐ MARMOLE																																																																																									
☐ AREIA SILTOSA	☐ SILTE ARENO-ARGILOSO	☐ DACITO	☐ META-CARBONATO																																																																																									
☐ ARGILA	☐ SILTE ARENOSO	☐ DIABÁSIO	☐ QUARTZITO																																																																																									
☐ ARGILA ARENO-SILTOSA	☐ SILTE ARGILO-ARENOSO	☐ GIBRITO	☐ XISTO																																																																																									
☐ ARGILA ARENOSA	☐ SILTE ARGILOSO	☐ FILITO	☐ SLENITO																																																																																									
☐ ARGILA SILTO-ARENOSA		☐ SILTO	☐ GABRIO																																																																																									
		☐ GNAISSE	☐ SILTO																																																																																									
☐ ARENITO	☐ GRANITO																																																																																											
☐ ARGILITO	☐ GRANODIORITO																																																																																											
☐ BASALTO	☐ HORNFELS																																																																																											
☐ CARBONATO	☐ MARMOLE																																																																																											
☐ DACITO	☐ META-CARBONATO																																																																																											
☐ DIABÁSIO	☐ QUARTZITO																																																																																											
☐ GIBRITO	☐ XISTO																																																																																											
☐ FILITO	☐ SLENITO																																																																																											
☐ SILTO	☐ GABRIO																																																																																											
☐ SILTO	☐ SILTO																																																																																											
MÉTODO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)																																																																																										
T.CAVADEIRA:																																																																																												
T.ESPIRAL:																																																																																												
LAVAGEM:																																																																																												
ROTATIVO:	0,00	20,10																																																																																										
GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM) W1 - ROCHA SÁ W2 - ROCHA POUCO ALTERADA W3 - ROCHA MODER. ALTERADA W4 - ROCHA MUITO ALTERADA W5 - ROCHA EXTREM. ALTERADA W6 - SOLO RESIDUAL				GRAU DE RESISTÊNCIA (ISRM) R6 - ROCHA EXTREM. RESISTENTE R5 - ROCHA MUITO RESISTENTE R4 - ROCHA RESISTENTE R3 - ROCHA MEDIAN. RESISTENTE R2 - ROCHA BRANDA R1 - ROCHA MUITO BRANDA R0 - ROCHA EXTREM. BRANDA E SOLOS COESIVOS				GRAU DE FRATURAMENTO (Frat./m) F1 - <1 - OCASION. FRATURADA F2 - 1 A 5 - POUCO FRATURADA F3 - 6 A 10 - MEDIAN. FRATURADA F4 - 11 A 20 - MUITO FRATURADA F5 - >20 - EXTREM. FRATURADA				ORIENTAÇÃO / INCLINAÇÃO H - HORIZONTAL (0° A 10°) SH - SUBHORIZONTAL (11°-20°) I - INCLINADA (21°-70°) SV - SUBVERTICAL (71°-90°)				SUPERFÍCIE DAS FRATURAS S1 - RUGOSA S2 - ESTRIADA S3 - PLANA S4 - SEDOSA				PREENCHIMENTO DAS FRATURAS P0 - COM SUSPEITA DE PREENCHIMENTO P1 - GRANULAR P2 - MISTO P3 - ARGILOSO P4 - PAREDES OXIDADAS																																																																								

São Paulo, 26 Fevereiro, 2025 Contrato nº: 15925-25 Revisão: R0	Sondador: João Lenon Ferreira da Silva Verificação: Murilo de Oliveira Martins	Resp. Técnico: Maurício Marconini CREA: 506307/86-30	
---	---	--	--

NOTA: Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

SUPORTE - SONDAJENS E ENSAIOS GEOTÉCNICOS
SEDE - Av. Camélia Borges Narciso, 582 - Bela São Pedro - São Paulo/SP - CEP 13.524-486

<http://www.suportesolos.com.br>
contato@suportesolos.com.br

QUADRO DE FOTOS DE SONDAGEM MISTA

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/01 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro	Furo: SM-03	Folha: 1 / 1
Obra: Erosão de Talude	Cota(m): 1138	
Local: Rodovia PR-151 - km 234,700	Coordenadas: N=7303487,7920	
Data: Início: 20/02/2025 Fim: 22/02/2025	E=616389,5021	



São Paulo, 26 Fevereiro, 2025
Contrato nº: 15925-25
Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva
Verificação: Murilo de Oliveira Martins

[Handwritten Signature]

Resp. Técnico:
Maurício Malancor
CREA: 0663079630

Suporte

NOTA: As fotos apresentadas no presente documento referem-se exclusivamente à amostra coletada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/20 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

E= 616362.2988

LEGENDA DAS ABREVIACOES PRESENTES DA COLUMA DE INTERPRETACAO GEOLÓGICA

MEDIDAS DOS NIVEIS D'ÁGUA

OBSERVAÇÃO:

LEITURA	DATA	HORA	N.A. (m)	
1	19/02/2025	08:20	SECO	
2	19/02/2025	13:35	SECO	
3				
4				
LAVAGEM POR TEMPO - 30 MIN		MÉTODOS DE PERFURAÇÃO		
		MÉTODO	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)
PROF. DE INÍCIO (m):		T.CAVADEIRA:		
ESTÁGIO 1 (m):		T. ESPIRAL:		
ESTÁGIO 2 (m):		LAVAGEM:		
ESTÁGIO 3 (m):		ROTATIVO:	0.00	15.70

GRAU DE ALTERAÇÃO - (ISRM)	GRAU DE RESISTÊNCIA (ISRM)	GRAU DE FRIATURAMENTO (Frat.m)	ORIENTAÇÃO / INCLINAÇÃO	SUPERFÍCIE DAS FRIATURAS	PREENCHIMENTO DAS FRIATURAS
W1 - ROCHA Sã	R6 - ROCHA EXTREM. RESISTENTE	F1 - <1 - OCASION. FRIATURADA	H - HORIZONTAL (0° A 10°)	S1 - RUGOSA	P0 - COM SUSPEITA DE PREENCHIMENTO
W2 - ROCHA MUITO ALTERADA	R7 - ROCHA MUITO RESISTENTE	F2 - 1 - POUCA FRIATURADA	S1 - SUBHORIZONTAL (10° A 20°)	S2 - SUBHORIZONTAL	P1 - GESSO
W3 - ROCHA MODER. ALTERADA	R8 - ROCHA RESISTENTE	F3 - 6 A 10 - MEDIAN. FRIATURADA	I - INCLINADA (21° A 70°)	S3 - PLANA	P2 - MISTO
W4 - ROCHA MODER. ALTERADA	R9 - ROCHA MODER. RESISTENTE	F4 - 10 A 20 - MUITA FRIATURADA	SV - SUBVERTICAL (71° A 90°)	S4 - SEDOSA	P3 - ARGILOSO
W5 - ROCHA EXTREM. ALTERADA	R2 - ROCHA BRANDA	F5 - >20 - EXTREM. FRIATURADA			P4 - PAREDES OXIDADAS
W6 - SOLO RESIDUAL	R1 - ROCHA MUITO BRANDA	R0 - ROCHA EXTREM. BRANDA E SOLOS COSMÉTOS			


Suporte

NOTA: Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

QUADRO DE FOTOS DE SONDAGEM MISTA

Ensaio realizado conforme a NBR 6484/01 - Sondagens de simples reconhecimento com SPT e DNER-PRO102-97 - Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

Cliente: EPR Litoral Pioneiro	Furo: SM-04	Folha: 1 / 1
Obra: Erosão de Talude	Cota(m): 1127	
Local: Rodovia PR-151 - km 234,700	Coordenadas: N=7303498,5110	
Data: Início: 17/02/2025 Fim: 18/02/2025	E=616362,2988	



São Paulo, 21 Fevereiro, 2025
Contrato nº: 15925-25
Revisão: R0

Sondador: João Lenon Ferreira da Silva
Verificação: Daniel Vitta Hanson

[Assinatura]

Resp. Técnico:
Maurício Malancor
CREA: 0663079630

Suporte

NOTA: As fotos apresentadas no presente documento referem-se exclusivamente à amostra coletada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.