



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

# MEMÓRIA JUSTIFICATIVA E DESCRITIVA DE PROJETO BÁSICO

PROJETO BÁSICO PARA OBRA DE CONTENÇÃO EM CORTINA ATIRANTADA NO  
RIO IMBÚÍ/PAQUEQUER - TERESÓPOLIS – RJ

**JULHO /2025**

**inea** instituto estadual  
do ambiente

Secretaria do  
Ambiente e  
Sustentabilidade



GOVERNO DO ESTADO  
**RIO DE JANEIRO**



Avenida Venezuela, 110 – Praça Mauá – Rio de Janeiro – RJ – CEP: 20081-312  
Tels.: (21) 2332-5302 / 2332-5196  
[www.inea.rj.gov.br](http://www.inea.rj.gov.br)



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>2. LOCALIDADE .....</b>	<b>5</b>
<b>3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....</b>	<b>6</b>
<b>4. MEMÓRIA DESCRITIVA.....</b>	<b>10</b>
4.1 CORTINA ATIRANTADA.....	11
4.1.1 Definição .....	11
4.1.2 Descrição e forma de execução do serviço: .....	11
4.1.3 Limpeza e preparo do local .....	11
4.1.4 Movimento de terra .....	12
4.1.5 As perfurações .....	12
4.1.6 Os tirantes.....	12
4.1.7 As injeções .....	12
4.1.8 Ensaios, protensão e incorporação dos tirantes à cortina. ....	13
4.1.9 Proteção das cabeças das ancoragens .....	14
4.1.10 Execução da cortina de concreto armado .....	14
<b>5. NORMAS UTILIZADAS .....</b>	<b>16</b>
<b>6. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA .....</b>	<b>18</b>
<b>7. ESTUDOS.....</b>	<b>19</b>
7.1 SONDAgens .....	19
7.2 TOPOGRAFIA .....	22



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

<b>8. DEFINIÇÃO DE PROJETO .....</b>	<b>22</b>
8.1 PROJETO DE CONTENÇÃO.....	22
<b>9. METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO TALUDE.....</b>	<b>23</b>
9.1 FATORES DE SEGURANÇA .....	23
9.2 MÉTODO DO EQUILÍBRIO LIMITE .....	25
<b>10. PARÂMETROS GEOTÉCNICOS ADOTADOS.....</b>	<b>26</b>
<b>11. RESULTADO DA ANÁLISE DE ESTABILIDADE .....</b>	<b>27</b>
11.1 CORTINA ATIRANTADA .....	27
<b>12. VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL.....</b>	<b>30</b>
12.1 EXIGÊNCIA DE DURABILIDADE.....	30
12.1.1 CLASSE DE AGRESSIVIDADE.....	30
12.1.2 MATERIAIS .....	30
<b>13. DIMENSIONAMENTOS GEOTÉCNICOS.....</b>	<b>33</b>
13.1 CAPACIDADE DE CARGA DAS ESTACAS .....	33
13.1.1 ESTACAS EM SOLO.....	33
13.2 DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO DE AÇO DOS TIRANTES .....	33
13.3 COMPRIMENTO DO BULBO DE ANCORAGEM .....	34
13.3.1 ADERÊNCIA CALDA-AÇO .....	35
13.3.2 COMPRIMENTO ANCORADO NO SOLO.....	36
13.4 COMPRIMENTO DOS TIRANTES – TRECHO LIVRE .....	37
<b>14. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL.....</b>	<b>38</b>



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

14.1	NORMA E MATERIAIS .....	38
14.2	AÇÕES.....	38
14.3	DADOS GERAIS.....	38
14.4	DESCRIÇÃO DO TERRENO .....	38
14.5	SEÇÃO VERTICAL DO TERRENO .....	41
14.6	GEOMETRIA .....	41
14.7	ESQUEMA DAS FASES.....	41
14.8	CARGAS.....	42
14.9	ELEMENTOS DE APOIO.....	42
14.10	RESULTADOS DAS FASES .....	43
14.11	11. RESULTADOS PARA OS ELEMENTOS DE APOIO .....	43
14.12	DESCRIÇÃO DA ARMADURA .....	44
14.13	VERIFICAÇÕES GEOMÉTRICAS E DE RESISTÊNCIA.....	44
<b>15.</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>46</b>
<b>16.</b>	<b>ANEXO – SONDAGEM.....</b>	<b>48</b>



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

## 1. INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta a MEMÓRIA JUSTIFICATIVA E DESCRITIVA, referente ao PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA contemplando estabilização de taludes para viabilização do Recuperação da Margem do Rio Paqueta.

O desenvolvimento do projeto aqui apresentado foi baseado nas respectivas normas da ABNT e na adoção de soluções compatíveis com a boa prática da engenharia

## 2. LOCALIDADE

A intervenção indicada neste projeto está localizada no Rio Paqueta, Trecho entre as Rua Manoel Madruga e a Avenida Lúcio Meira, nos fundos do Edifício Granado, em Teresópolis- RJ. O projeto se localiza na zona UTM 23K com coordenadas aproximadas E = 709.211,771 e N = 7.520.318,836. A Figura 1 apresenta a localização da intervenção.







Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

**Figura 1 - Localização da intervenção.**

### **3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA**

O trecho analisado trata-se de um canal já canalizado, com seção transversal retangular, paredes em alvenaria de pedra argamassada e fundo em terreno natural. O canal está situado em área urbana estruturada e densamente ocupada, entre a Rua Manoel Madruga e a Avenida Lúcio Meira, nos fundos do Edifício Granado, em Teresópolis.

De acordo com os levantamentos realizados, a seção do canal possui aproximadamente 12 metros de largura, e o trecho analisado tem cerca de 60 metros de extensão, compreendido entre as pontes da Rua Francisco Sá e da Avenida Lúcio Meira. A altura total da seção é de 5,50 metros. No momento da vistoria, a lâmina d'água apresentava cerca de 80 cm de altura. O leito do canal encontrava-se parcialmente ocupado por sedimentos, especialmente próximo ao trecho da ruptura, onde foi executado um aterro provisório para permitir a operação de máquinas pesadas após a ruptura do muro

Conforme observado in loco, ocorreu o tombamento de um trecho do muro de contenção que compõe a canalização das margens desse segmento do Rio Paquequer. As paredes laterais do canal são constituídas por alvenaria de pedra argamassada. Segundo o levantamento topográfico, o trecho rompido do muro corresponde a aproximadamente 13 metros de extensão.

Durante a vistoria, verificou-se a execução de uma solução emergencial, composta por aterro no fundo do canal composto por enrocamento e aplicação de *Rip-Rap*, com o objetivo de estabilizar provisoriamente o terreno.

Além do trecho colapsado, foram identificados pontos onde o muro de contenção apresenta avarias e sinais de degradação. Esses danos podem estar associados tanto à ação do tempo quanto a intervenções humanas, como serviços de dragagem e desassoreamento, que podem ter removido o solo junto à base do muro.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Outros fatores que podem ter contribuído para a instabilidade incluem o ciclo natural de elevação e rebaixamento do nível d'água, tanto na calha do rio quanto no subsolo adjacente, o que pode ter elevado os empuxos hidráulicos atuantes sobre a estrutura.

Embora tenham sido observadas essas condições de instabilidade, não foram verificadas trincas ou rachaduras significativas na estrutura existente, que se encontra apoiada em fundações profundas compostas por estacas.

As Figuras 2 a 6 apresentam registros fotográficos realizados durante a vistoria, ocorrida em junho de 2025, após fortes chuvas, e ilustram o tombamento da estrutura existente.

As principais ocorrências e feições de instabilidade identificadas incluem:

- Ruptura aparente do muro de contenção existente;
- Erosão fluvial no entorno da estrutura;

Além disso, foram observadas as seguintes não conformidades, que podem agravar a condição de instabilidade ao longo do tempo:

- Danos e comprometimento do sistema de drenagem pluvial e esgoto do edifício vizinho;
- Ausência de elementos drenantes (como drenos) na parede existente;
- Infiltrações internas, possivelmente provocadas por vazamentos de redes de água ou esgoto;
- Crescimento de vegetação nas juntas da alvenaria, o que compromete sua integridade.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM



**Figura 2 - Vista geral da ruptura nos fundos do Edifício Granado, com destaque para a intervenção emergencial executada com aterro e aplicação de Rip-Rap.**



**Figura 3 - Perspectiva complementar da intervenção provisória na margem colapsada, evidenciando a ocupação parcial do leito por enrocamento.**





Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM



**Figura 4 – Detalhe do trecho rompido do muro de alvenaria de pedra argamassada, situado na parte posterior do Edifício Granado.**



**Figura 5 – Visualização da fundação profunda em estacas e de elementos do sistema sanitário existente, como possível fossa e tubulações expostas.**



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM



**Figura 6 – Trecho remanescente do muro lateral, apresentando deslocamentos e sinais de instabilidade estrutural.**

A ação antrópica — incluindo cortes com geometria inadequada, escavações nas bases dos muros, vazamentos em redes de abastecimento e o lançamento irregular de resíduos — contribui para a redução da resistência ao cisalhamento dos solos, especialmente nas margens e taludes adjacentes.

Diante do risco de colapso de novos trechos do muro e da necessidade de estabilização do terreno sob o edifício existente, torna-se imprescindível a adoção de medidas corretivas. As obras de recomposição dos trechos instáveis foram concebidas levando em consideração as condicionantes locais, visando evitar rupturas retrogressivas que poderiam causar perdas materiais e humanas, além de maiores prejuízos ao erário público.

#### **4. MEMÓRIA DESCRITIVA**

As obras de estabilização consistem na adequação do meio físico local, por meio da remoção de material terroso instável e da execução de estruturas de contenção. Com o objetivo de garantir a estabilidade das edificações e dos muros existentes, atualmente em



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

condições precárias, será implantada uma cortina atirantada. Essa solução técnica proporciona suporte adicional às estruturas e contribui para a mitigação do risco de novas rupturas nestas estruturas.

#### **4.1 CORTINA ATIRANTADA**

##### **4.1.1 Definição**

Cortinas atirantadas são estruturas feitas de concreto armado que recebem a tração de tirantes para contenção de terrenos. Normalmente, os tirantes são elementos de aço compostos por cabos ou por uma monobarra.

Estes elementos são introduzidos no terreno em perfuração previamente executada. Logo após é feita injeção de calda de cimento ou de outro aglutinante na parte inferior destes elementos, formando o bulbo de ancoragem, que é ligado à parede estrutural, pelo trecho não injetado do elemento resistente à tração e pela cabeça do tirante.

##### **4.1.2 Descrição e forma de execução do serviço:**

- 1) Os trabalhadores, inclusive terceirizados, somente após o treinamento é que podem exercer as tarefas e atividades que envolvem os procedimentos de qualidade, proteção ao meio ambiente, saúde e segurança ocupacional.
- 2) As atividades são executadas pelo pessoal de produção com a supervisão e inspeção do encarregado e/ou engenheiro.

##### **4.1.3 Limpeza e preparo do local**

O trecho onde será executada a cortina em concreto armado deve se escavado junto ao talude existente. A base excluir a cortina terá que ser preparada e escavada na profundidade exigida no projeto gráfico. A obra deverá estar sempre limpa, sendo o entulho transportado para locais licenciados, com a devida ciência da fiscalização. Deverão ser mantidas perfeitas condições de acesso às moradias do entorno e o tráfego local.





Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

#### **4.1.4 Movimento de terra**

O local deverá ser escavado mecanicamente e manualmente e aterrado de acordo com as cotas estabelecidas pelo Projeto Executivo da cortina, sendo que o reaterro deverá ser compactado em camadas de 20 cm de espessura, molhadas e apiloadas de modo a dar rigidez ao conjunto, conforme notas apresentadas em projeto.

#### **4.1.5 As perfurações**

- 1) As perfurações para a execução das ancoragens deverão ser feitas com equipamentos apropriados.
- 2) Os comprimentos e as inclinações dos furos deverão atender as indicações do projeto.

#### **4.1.6 Os tirantes**

- 1) Serão utilizados tirantes de barra, com carga de trabalho definida em projeto.
- 2) Os tirantes serão constituídos por barras de aço definido em projeto.
- 3) Todos os tirantes deverão ter proteção anticorrosiva de fábrica e conferidas previamente a sua instalação.
- 4) As luvas deverão receber tratamento anticorrosivo idêntico ao dos tirantes.
- 5) O preenchimento do espaço entre a barra e o tubo, com calda de cimento, deverá ser feito antes da instalação dos mesmos, vertendo-se calda por uma das extremidades do tubo até observar a saída da mesma na extremidade oposta.
- 6) A estocagem, a pintura e a secagem dos tirantes, luvas e acessórios deverão ser feitas em local apropriado.

#### **4.1.7 As injeções**

- 1) Completada a perfuração, deverá ser procedida à limpeza do furo, colocação dos tirantes e, logo em seguida, preenchimento integral do mesmo com calda de cimento.





Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

- 2) Todas as ancoragens deverão ser tipo reinjetável.
- 3) A calda utilizada deverá ter relação água / cimento de 1:2. As injeções executadas por estágios, iniciando-se pela válvula inferior para confecção da bainha. Após o endurecimento destas as válvulas deverão ser injetadas uma-a-uma, sob pressão.
- 4) O preparo da calda de cimento deverá ser feito em agitadores mecânicos, não sendo permitido a mistura manual.
- 5) Para confecção da calda para injeção, deverá ser usado cimento portland comum.
- 6) As injeções deverão ser feitas com auxílio de bombas capazes de desenvolver pressões conforme definidos em projeto e /ou especificações do órgão.

#### **4.1.8 Ensaios, protensão e incorporação dos tirantes à cortina.**

- 1) Todas as ancoragens deverão ser submetidas a ensaios de recebimento conforme definido em projeto e/ou especificações do órgão contratante, sendo 02 de qualificação e 02 de fluência, sendo que as últimas poderão ser simultaneamente.
- 2) Um dos ensaios de qualificação e fluência deverá logo ser efetuado na primeira ancoragem executada, de modo a permitir a análise dos ensaios de recebimento a serem feitos a seguir.
- 3) Em todos os ensaios, as medições dos deslocamentos deverão ser feitas em relação a uma referência externa, fixada fora da área dos movimentos localizados da cortina.
- 4) As ancoragens que não atenderem as condições de aceitação poderão ser reinjetadas e novamente ensaiadas.
- 5) As ancoragens que suportarem a carga limite de ensaio e cujos alongamentos elásticos observados nos ensaios não atendem aos limites



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

expostos nas normas e/ou especificações poderão ser reavaliadas para verificar se podem ser aceitas mesmo assim.

- 6) O comprimento do trecho poderá ser aumentado, a critério da fiscalização, se não conseguir atingir a carga de ensaio após 03 (três) reinjeções.
- 7) O ensaio e a protensão só poderão ser realizados, no mínimo, quando forem transcorridos 7 (sete) dias após a injeção e 7 (sete) após a concretagem da cortina.

#### **4.1.9 Proteção das cabeças das ancoragens**

- 1) As ancoragens deverão ter suas cabeças protegidas por calda de cimento conforme indicado em projeto e/ou especificações, posteriormente ao ensaio, protensão e pinturas com zarcão e epóxi.
- 2) As placas de ancoragens deverão ser providas com furo de diâmetro de 20 mm, ao lado do furo destinado a passagem do tirante para permitir o preenchimento do espaço entre o tirante e a cortina ou perfuração, após o ensaio e a incorporação da ancoragem. Alternativamente, poderão ser deixados dutos plásticos por ocasião da concretagem com a mesma finalidade.

#### **4.1.10 Execução da cortina de concreto armado**

##### **4.1.10.1 Concreto**

- 1) O concreto a ser empregado na cortina deverá apresentar uma tensão mínima de ruptura aos 28 dias de 30 MPa ou especificações de projeto.
- 2) As juntas de concretagem deverão ser convenientemente tratadas, apicoando-se e removendo toda a nata superficial até expor a superfície do agregado graúdo. As juntas horizontais deverão ser executadas conforme os projetos.
- 3) A cura do concreto deverá prolongar-se por um período mínimo de 7 dias, durante o qual o concreto deverá ser mantido constantemente úmido.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

- 4) Alternativamente a cura poderá ser feita mediante borrifo com produtos para cura (“Curing”), imediatamente após a desforma.

#### **4.1.10.2 Formas, escoramentos e armaduras.**

- 1) As formas e escoramentos deverão ser executados conforme as especificações e/ou projetos.
- 2) As armaduras deverão ser colocadas conforme indicação de projeto e/ou especificações e mantidas nesta posição durante a operação de concretagem.
- 3) O cobrimento mínimo das armaduras deverá ser de 4cm conforme especificado nos desenhos dos projetos.
- 4) As emendas dos ferros corridos deverão ser feitas com transpasso mínimo de 65  $\Phi$  (diâmetro igual ao diâmetro da barra a ser emendada)

#### **4.1.10.3 Drenos rasos (barbacãs)**

- 1) Os drenos rasos serão constituídos de tubos de PVC rígidos, com  $\Phi$  de 50 mm perfurados, cheio de brita zero (0) e areia, inclusive na região do terreno, protegidos no lado exterior com telas de náilon, bucha de arame de latão ou concreto poroso.
- 2) O concreto poroso para vedação da extremidade externa dos drenos deverá ser fabricado com cimento e brita zero sem areia ou apenas com quantidade reduzida de areia. Deverá ser feito um traço experimental que atenda a condição de livre passagem de água.

#### **4.1.10.4 Materiais e equipamentos mínimos recomendados para execução do serviço**

- Betoneira adequada ao volume de concreto a ser lançado;
- Concreto (usinado ou rodado em obra);
- Motores vibradores elétricos e/ou a combustível;
- Mangotes de vibradores elétricos e/ou a combustível;



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

- Argamassa cimento e areia;
- Peças pré-moldadas;
- Tela de aço;
- Barras de aço;
- Formas para corpo de prova e slump teste;
- Brita.

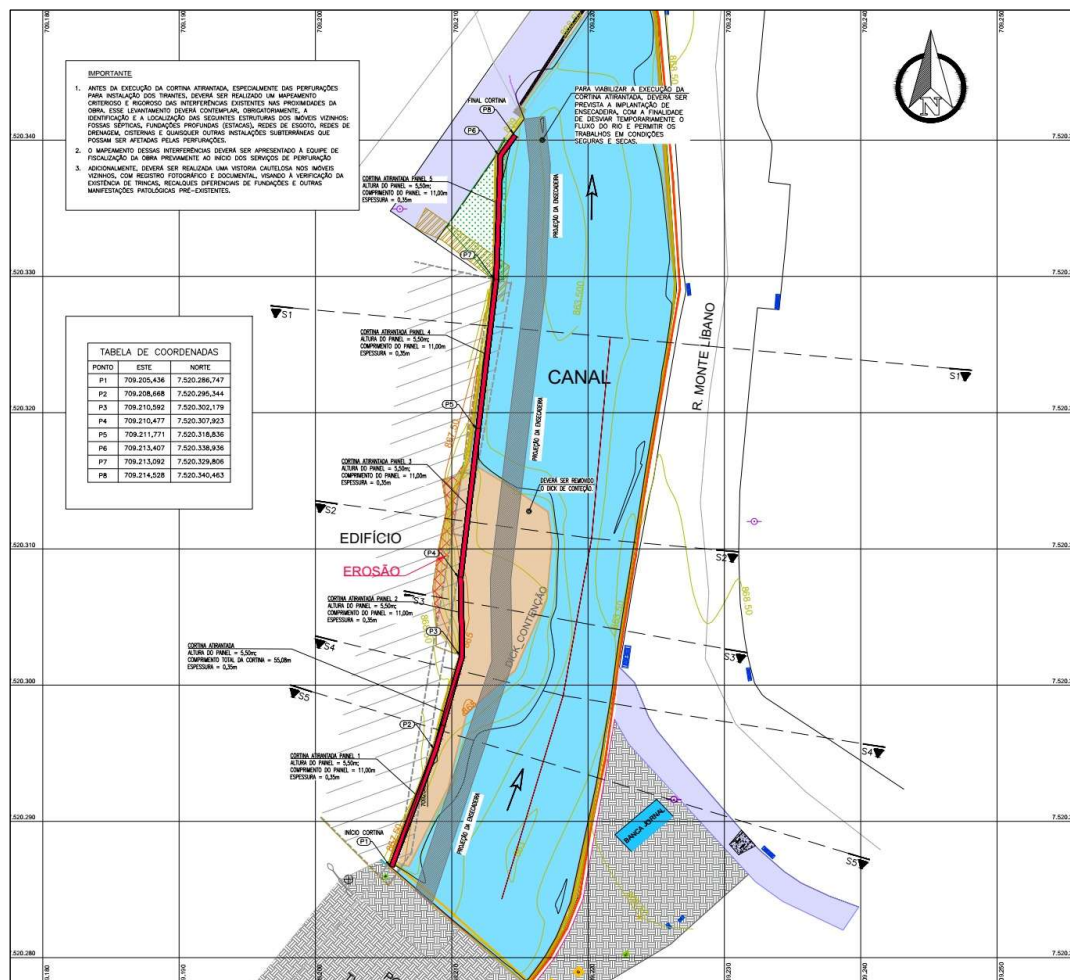


Figura 7 – Implantação geral.

## 5. NORMAS UTILIZADAS

- DNER-ME 051/94 - Solos - Análise granulométrica;





Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

- DNER-ME 091/98 - Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;
- DNER-ME 402/00 - Concreto - amostragem de Concreto fresco;
- DNER-ME 404/00 - Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;
- DNIT 011/2004 – PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias - Procedimento;
- DNIT 016/2006 - ES- Drenagem - Dreno subsuperficial;
- DNIT 088/2006 - ES - Dispositivos de segurança lateral: guarda-rodas, guarda-corpos e barreiras;
- DNIT 092/2006 - ES - Juntas de dilatação;
- DNIT 104/2009 - ES - Terraplenagem-Serviços preliminares - Especificação de Serviço;
- DNIT 105/2009 - ES - Terraplenagem - Caminhos de serviço;
- DNIT 106/2009 - ES - Terraplenagem - Cortes - Serviços preliminares - Especificação de Serviço;
- DNIT 107/2009 - ES - Empréstimos - Cortes - Serviços preliminares - Especificação de Serviço;
- DNIT 164/2013-ME - Solos - Compactação utilizando amostras não trabalhadas;
- DNIT IPR 726, 2018 - Diretrizes Básicas Para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários;
- DNIT IPR 736, 2018 – Álbum de Projetos - Tipo de dispositivos de drenagem;
- DNIT 01 07/2006 - ES - Drenagem - Dreno sub-horizontal;
- ABNT NBR 11682 - Estabilidade de encostas;
- ABNT NBR 12655 - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento;
- ABNT NBR 16697 - Cimento Portland - Requisitos;
- ABNT NBR 16796 - Solo — Método padrão para avaliação de energia em SPT;
- ABNT NBR 16889 - Concreto - determinação do abatimento pelo tronco de cone;
- ABNT NBR 16903 - Solo — Prova de carga estática em fundação profunda;
- ABNT NBR 16916 - Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água;
- ABNT NBR 16917 - Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água;
- ABNT NBR 16920-1 - Muros e taludes em solos reforçados – solos reforçados em aterros;
- ABNT NBR 17054 - Determinação de composição granulométrica dos agregados;
- ABNT NBR 5629 - Execução de Tirantes Ancorados no Terreno.;
- ABNT NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

- ABNT NBR 5741 -Cimento Portland - Coleta e preparação de amostras para ensaios;
- ABNT NBR 6118 - Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 6122 - Projeto e execução de fundações;
- ABNT NBR 6484 - Solo — Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio;
- ABNT NBR 6502 - Solos e rochas - Terminologia;
- ABNT NBR 7191 - Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado;
- ABNT NBR 7211 - Agregados para concreto;
- ABNT NBR 7212 - Concreto dosado em central - Preparo, fornecimento e controle;
- ABNT NBR 7218 - Determinação do teor de argila em torrões agregados;
- ABNT NBR 7250 - Identificação de Descrição de Amostras de solos Obtidas obtidas em Sondagens de Simples Reconhecimentos de solo;
- ABNT NBR 7681-1 - Calda de cimento para injeção - Parte 1: Requisitos;
- ABNT NBR 7681-2 - Calda de cimento para injeção - Parte 2: Determinação do índice de fluidez e da vida útil — Método de ensaio;
- ABNT NBR 7681-3 - Calda de cimento para injeção - Parte 3: Determinação dos índices de exsudação e expansão — Método de ensaio;
- ABNT NBR 7681-4 - Calda de cimento para injeção - Parte 4: Determinação da resistência à compressão — Método de ensaio;
- ABNT NBR 8036 - Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios - Procedimento;
- ABNT NBR 8044 - Projeto geotécnico - Procedimento;
- ABNT NBR 8953 - Concreto - Classificação pela resistência à compressão de concreto para fins estruturais - Classificação;

## 6. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA

Segundo o documento Zoneamento Agroecológico do Estado do Rio de Janeiro (2003) as montanhas e escarpas serranas apresentam solos bastantes lixiviados, compreendendo Cambissolos Háplicos, Neossolos Litólicos e, com ocorrência menos expressiva, Latossolos Vermelho-Amarelos, em geral pouco espessos. Os Cambissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos são encontrados nos interflúvios, enquanto nas várzeas predominam os Gleissolos e os solos aluviais (UERJ/IBGE, 1999).

Conforme EMBRAPA (2018), os latossolos são solos profundos, normalmente encontrados no topo de ondulações, com coloração que varia de acordo com a presença



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

de óxido de ferro ou alumínio. Os Cambissolos são solos pouco desenvolvidos, com variação de espessura e coloração entre amarelada e avermelhada. Os Neossolos são solos muito novos, rasos e pouco desenvolvidos. Por fim, os gleissolos são normalmente encharcados por longo período, de coloração acinzentada, encontrados nas proximidades de cursos d'água.

O uso do solo em Teresópolis é fortemente influenciado pelas características geográficas e ambientais do município, que se localiza na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro. A vegetação predominante na área Mata Atlântica, com uma grande diversidade de espécies de flora, incluindo árvores de grande porte, como o jequitibá e o ipê, além de uma rica vegetação arbustiva e herbácea (EMBRAPA, 2018). As áreas protegidas, como o Parque Nacional da Serra dos Órgãos, preservam a vegetação original, que é essencial para a manutenção do ecossistema local.

## 7. ESTUDOS

Com base no levantamento topográfico foram elaboradas as seções, análises de estabilidade e o projeto de contenção. Os dados da topografia e sondagens também foram utilizados para desenhar os perfis geotécnicos, com intuito de entender o comportamento do terreno e as distribuições das camadas de solo nas proximidades do trecho afetado.

### 7.1 SONDAgens

Foram realizadas sondagens a percussão e mistas, com ensaios SPT a cada metro, para que fosse possível a caracterização geotécnica dos taludes. As locações de sondagens podem ser consultadas abaixo, enquanto as sondagens podem ser acessadas no Anexo.

Tabela 1 – Coordenadas e profundidade das sondagens.

SONDAGEM	PROFUNDIDADE (m)	COORDENADAS UTM 23K	
		LATITUDE (S)	LONGITUDE (E)
SP-01	16,45	7.520.335,00	709.213,00
SP-02	17,25	7.520.321,00	709.214,00
SP-03	6,20	7.520.309,00	709.213,00



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

SP-03A	7,10	7.520.309,00	709.213,00
--------	------	--------------	------------





Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

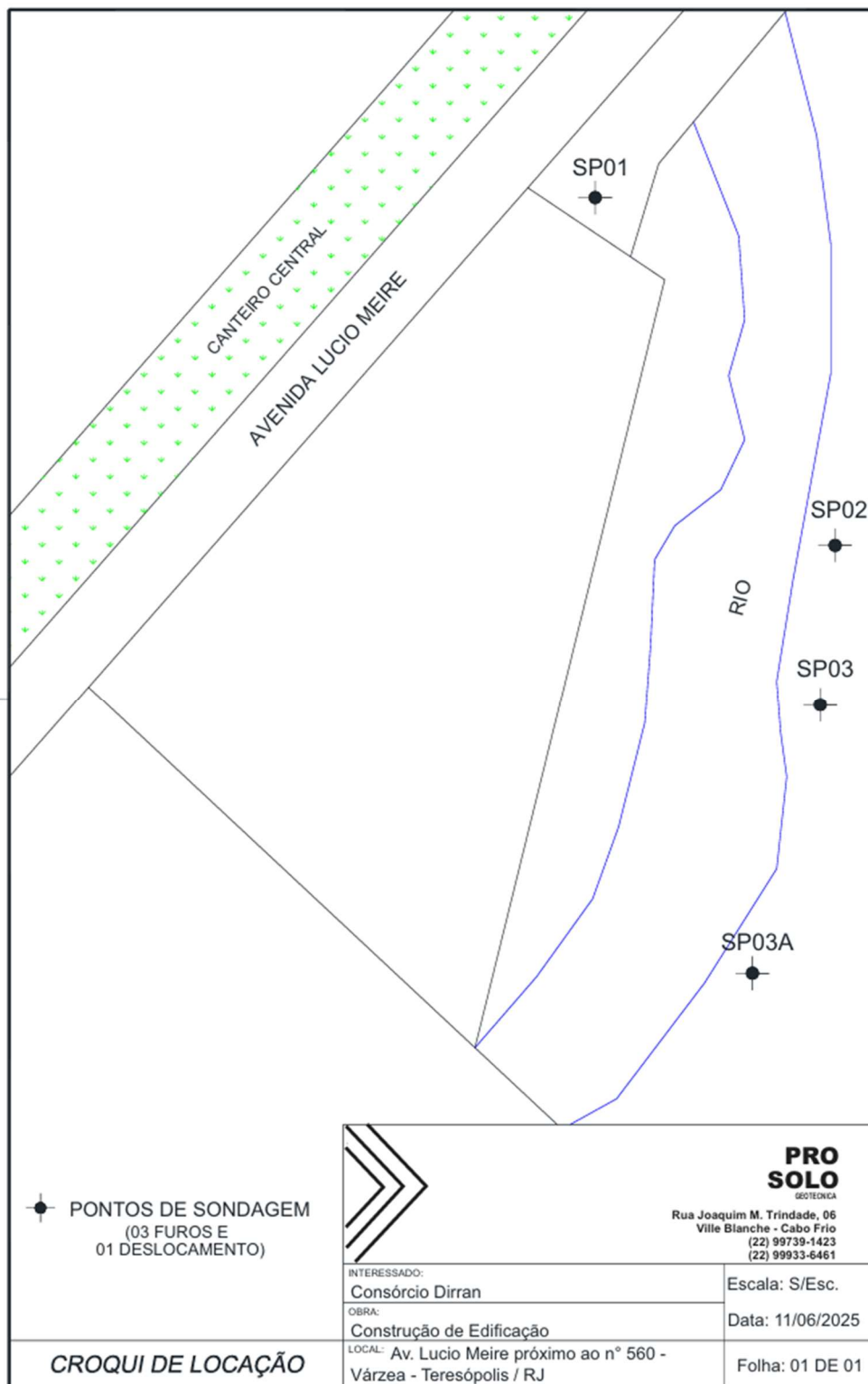


Figura 8 – Locação dos pontos de sondagem.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

## 7.2 TOPOGRAFIA

Foi realizado para estudo, levantamento topográfico contendo curvas de níveis de metro em metro, sendo apresentadas coordenadas UTM.

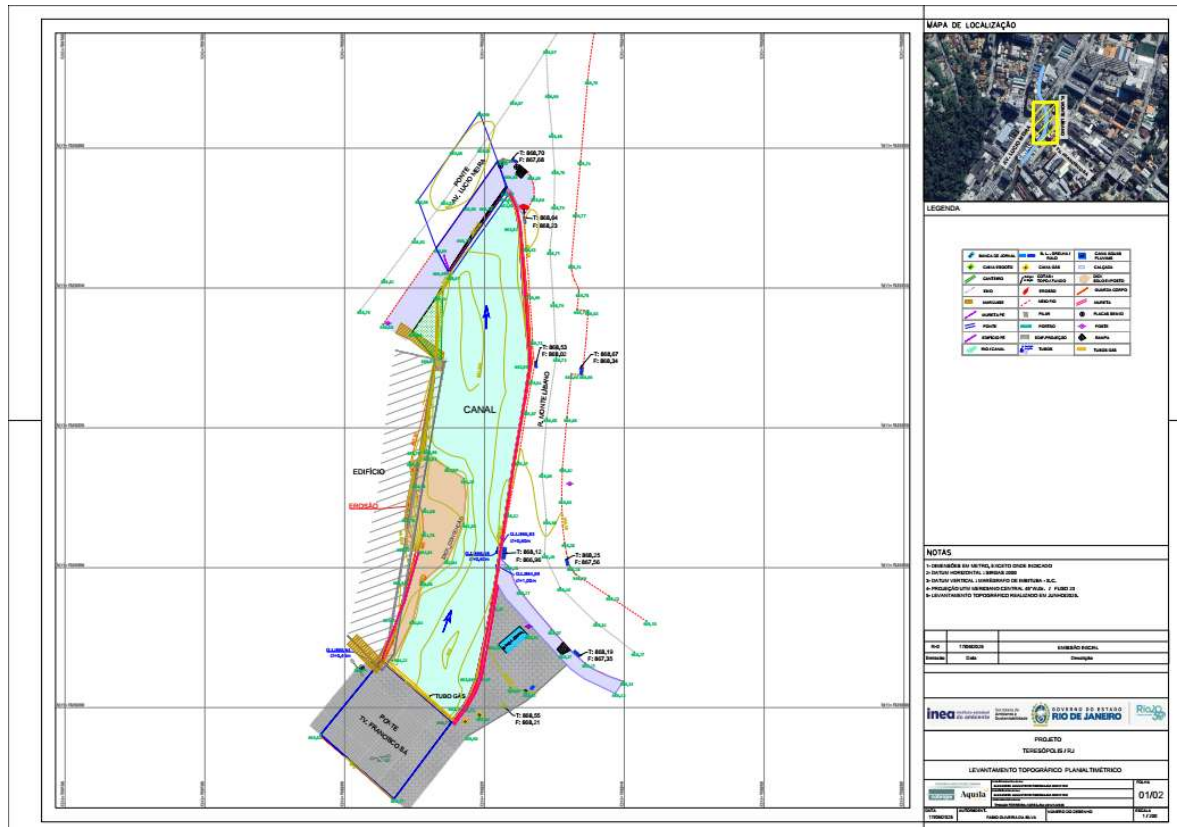


Figura 9 – Levantamento topográfico planialtimétrico.

## 8. DEFINIÇÃO DE PROJETO

### 8.1 PROJETO DE CONTENÇÃO

As obras de estabilização envolvem a adequação do meio físico local através da remoção do material terroso em condições precárias de estabilidade e obras de contenção.

A cortina atirantada terá extensão de 55 metros e altura de 5,50 metros, composta por 3 linhas de tirantes, onde cada tirante possuirá carga de trabalho de 340 kN, o diâmetro dos tirantes será de 32 mm, inclinação de 15° em relação à horizontal, comprimento de



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

20 metros e trecho ancorado limitado a 12,0 metros. A fundação da cortina será composta por estaca raiz de diâmetro de 200mm e comprimento de 15m.

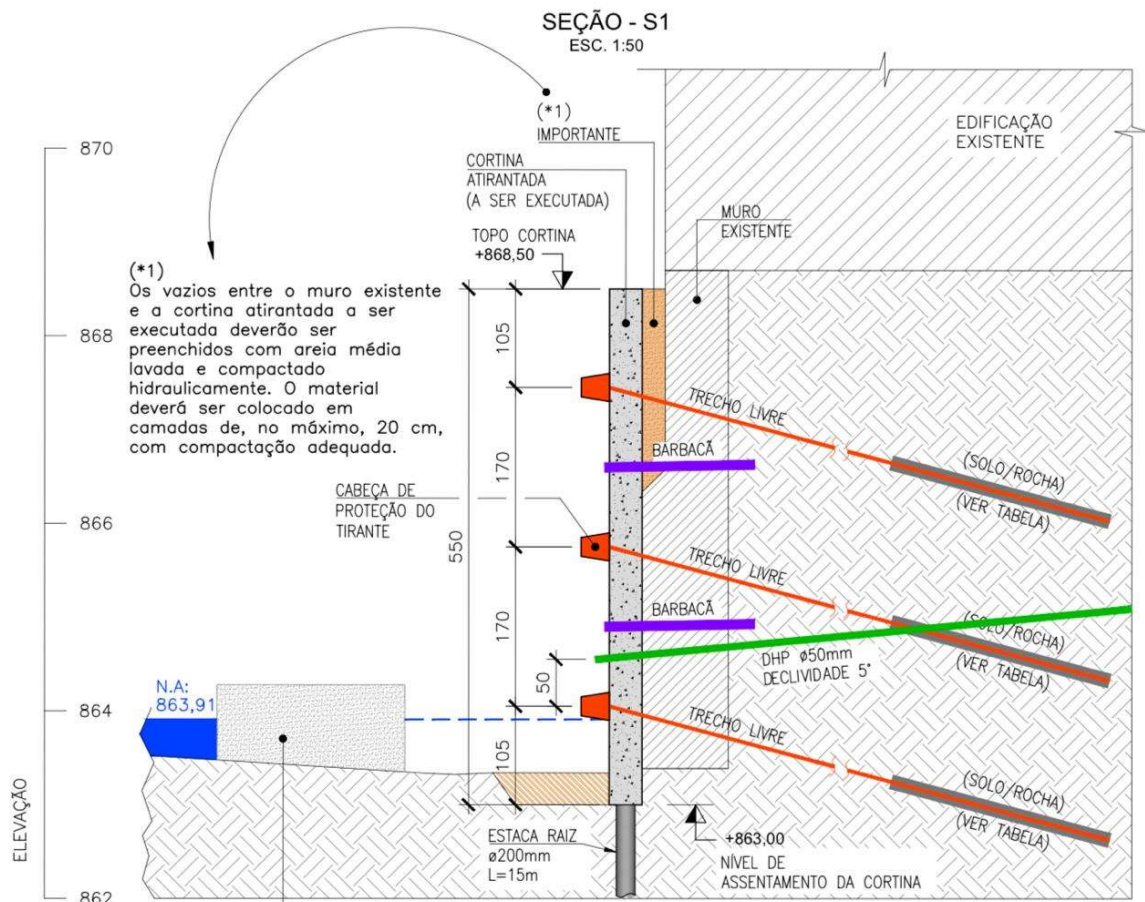


Figura 10 – Seção típica cortina.

## 9. METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO TALUDE

### 9.1 FATORES DE SEGURANÇA

Na metodologia recomendada a seguir pela NBR 11682, admite-se que o valor de FS pode variar em função da situação potencial de ruptura do talude, no que diz respeito ao perigo de perda de vidas humanas e à possibilidade de danos materiais e de danos ao meio ambiente. Devem ser consideradas as situações atuais e futuras, previstas ao longo da vida útil do talude estudado.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Os fatores de segurança considerados nesta Norma têm a finalidade de cobrir as incertezas naturais das diversas etapas de projeto e construção. Dependendo dos riscos envolvidos, deve-se inicialmente enquadrar o projeto em uma das seguintes classificações de segurança, definidas a partir da possibilidade de perdas de vidas humanas, conforme Tabela 2 e de danos materiais e ambientais, conforme Tabela 3.

**Tabela 2 – Nível de segurança desejado contra perda de vidas humanas.**

<b>Nível de segurança</b>	<b>Critérios</b>
Alto	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	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego moderado.
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido.

**Tabela 3 – Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.**

<b>Nível de segurança</b>	<b>Critérios</b>
Alto	Danos materiais: Locais próximos e prosperidades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos.
Médio	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados.
Baixo	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos.





Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

O fator de segurança mínimo a ser adotado no projeto, levando-se em conta os níveis de segurança preconizados nas Tabela 2 e Tabela 3 deve ser estipulado de acordo com a Tabela 4.

**Tabela 4 – 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		1,5	1,5	1,4
Médio		1,5	1,4	1,3
Baixo		1,4	1,3	1,2

A obra em questão pode ser classificada como Nível de segurança alto contra danos materiais e ambientais e alto contra danos a vidas humanas, portanto, requerem fator de segurança 1,5.

## 9.2 MÉTODO DO EQUILÍBRIO LIMITE

As análises de estabilidade global foram feitas com o software Slide2 da Rocscience. O Slide2 é um programa de estabilidade de talude de equilíbrio limite 2D para avaliar o fator de segurança ou probabilidade de falha de superfícies de falha circulares ou não circulares em taludes de solo ou rocha. O software analisa a estabilidade de superfícies de deslizamento usando Métodos de Equilíbrio de Limite (MEL) de fatia vertical ou não vertical.

Nas análises de estabilidade foram adotados os Métodos de Morgenstern-Price, por meio do programa Slide da Rocscience considerando superfícies de rupturas circulares.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

As análises de estabilidade foram realizadas em seções onde foram realizadas sondagens, ou seja, mais representativos do ponto de vista da matriz geológico-geotécnica sendo possível definir uma estratigrafia para se realizar as análises de estabilidade apresentadas.

## 10. PARÂMETROS GEOTÉCNICOS ADOTADOS

Com base no levantamento topográfico e resultados das sondagens realizadas no talude, foi possível estabelecer as condições de contorno e determinar os parâmetros geotécnicos necessários para a análise de estabilidade.

Os parâmetros utilizados para o dimensionamento estão apresentados na Tabela 5. Tais parâmetros tomaram como base os resultados do ensaio de campo NSPT e correlações já estabelecidas e utilizadas no meio geotécnico, além da experiência prévia em demais obras e projetos.

As correlações do ângulo de atrito com o índice N do SPT foi realizada utilizando a média dos resultados fornecidos e comparando as estimativas fornecidas por Peck, Hanson e Thornburn (1976), Godoy (1973 apud Cintra; Aoki, 2011) e Teixeira (1996).

$$\text{Godoy (1983)} \quad \varphi' = 28^\circ + 0,4N_{\text{spt}}$$

$$\text{Teixeira (1996)} \quad \varphi' = 15^\circ + \sqrt{20N_{\text{spt}}}$$

Tabela 5 – N<sub>SPT</sub> e valor aproximado de ângulo de atrito ( $\varphi'$ ).

N <sub>spt</sub> (sem correção de energia do ensaio SPT)	Valor aproximado do ângulo de atrito ( $\varphi'$ )
5	28°
10	30°
15	31°
20	33°
25	34°
30	36°
Fonte: Peck, Hanson e Thornburn (1976)	




Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Os valores de peso específico ( $\gamma$ ) dos solos foram adotados a partir de Godoy (1972) para solos argilosos e solos arenosos. Para determinação dos parâmetros foram adotados valores médios ( $\bar{N}$ ) do ensaio SPT de cada camada identificada nas sondagens.

**Tabela 6 – Parâmetros do solo adotados para análise de estabilidade.**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Water Surface	Hu Type	Hu
Aterro		17	Mohr-Coulomb	10	25	Water Table	Custom	1
silte arenoso pouco compacto		17	Mohr-Coulomb	10	25	Water Table	Custom	1
Silte argiloso médio		17	Mohr-Coulomb	10	28	Water Table	Custom	1
Argila arenosa média a mole		16	Mohr-Coulomb	5	24	Water Table	Custom	1
Areia média pouco a mediantemente compacta		18	Mohr-Coulomb	0	28	Water Table	Custom	1
Argila siltosa rija		18	Mohr-Coulomb	15	31	Water Table	Custom	1
Argila arenosa rija a dura		18	Mohr-Coulomb	15	33	Water Table	Custom	1
Areia siltosa compacta a muito compacta		18	Mohr-Coulomb	5	37	Water Table	Custom	1
Impenetrável		18	Mohr-Coulomb	15	41	Water Table	Custom	1
Concreto		25	Mohr-Coulomb	400	40	Water Table	Custom	1

**Tabela 7 – Parâmetros das ancoragens adotados para análise de estabilidade.**

Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing (m)	Tensile Capacity (kN)	Plate Capacity (kN)	Shear Capacity (kN)	Compression Capacity (kN)	Bond Length (m)	Bond Strength (kN/m)	Material Dependent	Force Orientation
TIRANTE 340KN		Grouted Tieback	Active (Method A)	2.2	340	340	0	0	12	28	No	Parallel to Reinforcement

## 11. RESULTADO DA ANÁLISE DE ESTABILIDADE

### 11.1 CORTINA ATIRANTADA

A concepção do projeto compreende execução de cortina atirantada conforme descrito a seguir.

A cortina atirantada, a ser executada na margem do canal, possui 5,5 metros de altura, 3 linhas de tirantes com diâmetro de 32 mm, inclinação de 15° com a horizontal e



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

carga de trabalho de 34 toneladas. O espaçamento entre tirantes é entre 1,70m na vertical e 2,20m na horizontal. O comprimento total dos tirantes é de 20 metros.

A seção foi traçada com base na sondagem mais próxima, sendo está a SP-01. Para a sondagem de análise, foram identificadas camadas estratigráficas de destaque, conforme explicitado na Figura 12, o destaque foi realizado avaliando a caracterização tátil visual e o número de golpes referente aos últimos 30 centímetros da sondagem.

Complementarmente, foi adicionado a sobrecarga de 30 kPa conforme recomendação da norma vigente.

As análises foram realizadas, por meio de métodos rigorosos, sendo eles: Morgenstern-Price e Spencer. Foi adotado como valor do fator de segurança o menor valor dentre os mencionados.

Com base nas análises realizadas, os seguintes resultados foram obtidos para a seção após o tratamento, conforme a geometria descrita e apresentada nas próximas imagens. A seguir são apresentados os resultados das análises.

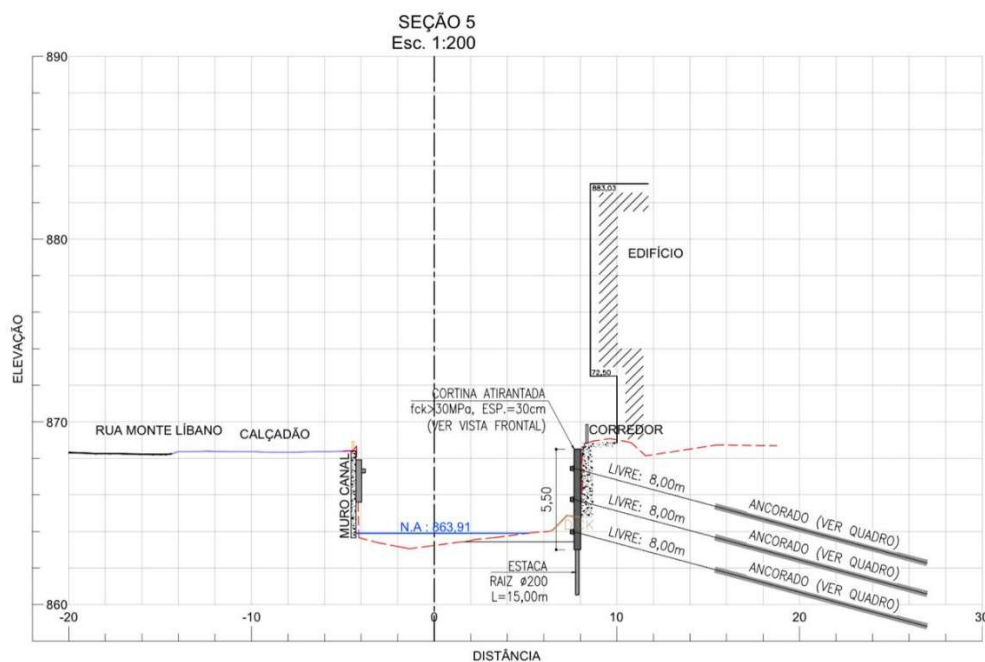


Figura 11 – Seção típica para análise de estabilidade – cortina atirantada.





Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

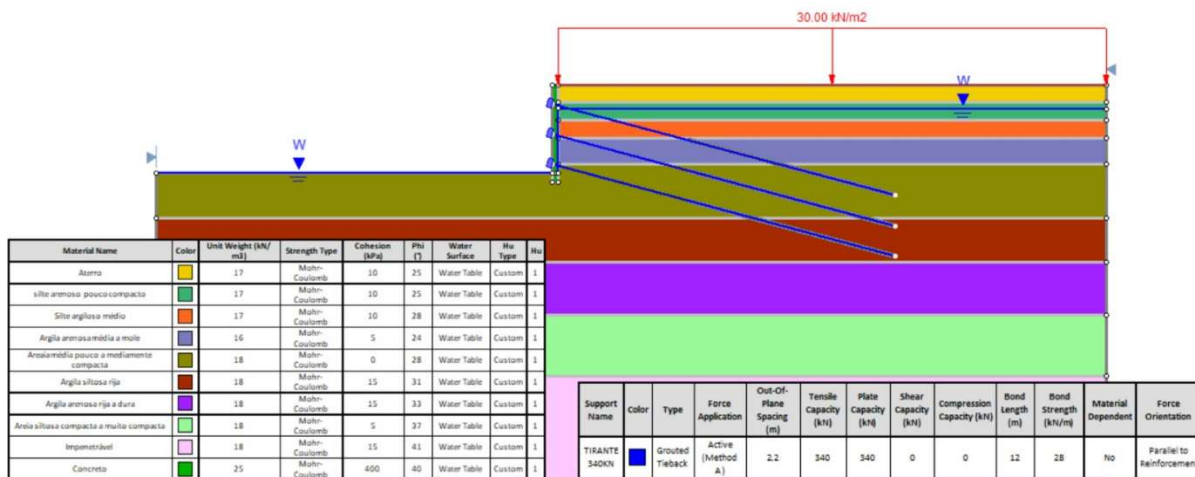


Figura 12 – Geometria final da intervenção.

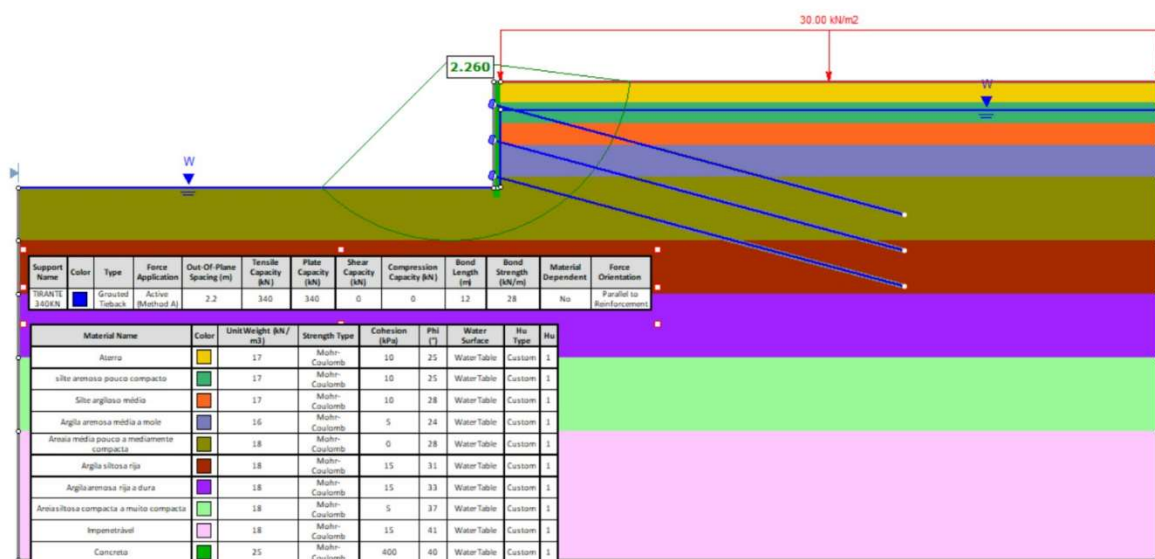


Figura 13 – Resultado da análise de estabilidade com FS=2,26 pelo Método Spencer considerando superfície de ruptura circular.

De acordo com as análises de estabilidade a solução proposta em projeto atende aos preceitos normativos das normas vigentes. Na análise, tendo como métodos expressos, o menor fator de segurança foi pelo método de Spencer, sendo de 2,26.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

## 12. VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL

### 12.1 EXIGÊNCIA DE DURABILIDADE

#### 12.1.1 CLASSE DE AGRESSIVIDADE

Conforme prescrição da NBR6118 a classe de agressividade ambiental (CAA) está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independente das ações mecânicas etc.

Tabela 8 – Classes de agressividade ambiental, da ABNT NBR 6118:2023

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a,b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a,b</sup>	
IV	Muito Forte	Industrial <sup>a,c</sup>	Elevado
		Respingos de Maré	

<sup>a)</sup> pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>b)</sup> pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

<sup>c)</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes e indústrias químicas.

Visto que as estruturas em concreto armado se encontrarão em uma rodovia, a classe de agressividade considerada será a CAA II.

#### 12.1.2 MATERIAIS

##### 12.1.2.1 CONCRETO



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Foram estabelecidas as seguintes características para o concreto:

**Tabela 9 – Estruturas de Concreto.**

Propriedade	Contenções
Resistência característica (fck)	$\geq 30$ MPa
Consumo mínimo de cimento	$\geq 350$ kg/m <sup>3</sup>
Fator água cimento	0,50

**Tabela 10 – Estacas de Fundação do Projeto.**

Propriedade	Contenções
Resistência característica (fck)	$\geq 20$ MPa
Consumo mínimo de cimento	$\geq 600$ kg/m <sup>3</sup>
Fator água cimento máximo	0,6

Os valores de fck foram estimados considerando também os níveis de esforços atuantes nas estruturas, e não somente aos valores mínimos exigidos pelas normas.

**Tabela 11 – Correspondência entre a classe de agressividade e qualidade do concreto.**

Concreto <sup>a</sup>	Tipo <sup>b, c</sup>	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe do concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
Consumo de cimento Portland por metro cúbico de concreto (kg/m <sup>3</sup> )	CA e CP	$\geq 260$	$\geq 280$	$\geq 320$	$\geq 360$

<sup>a</sup> O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

<sup>b</sup> CA corresponde a elementos estruturais de concreto armado.

<sup>c</sup> CP corresponde a elementos estruturais de concreto protendido.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Tabela 12 – Valores estimados de módulo de elasticidade em função da resistência característica à compressão do concreto, da ABNT NBR 6118:2023.

Classe de resistência	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C60	C70	C80	C90
Eci (GPa)	25	28	31	33	35	38	40	42	43	45	47
Ecs (GPa)	21	24	27	29	32	34	37	40	42	45	47
$\alpha_i$	0,85	0,86	0,88	0,89	0,9	0,91	0,93	0,95	0,98	1	1

#### 12.1.2.2 AÇO

Nas armaduras da cortina atirantada será empregado aço CA-50.

#### 12.1.2.3 COBRIMENTOS

O cobrimento das armaduras das estacas é de 5 cm e está de acordo com o mínimo para uma CAAII correspondente a elementos em contato com o solo. Já as demais estruturas em concreto armado terão cobrimento de 4,0 cm, conforme especificado em notas de projeto.

Tabela 13 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para  $\Delta c = 10\text{mm}$ .

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto Armado	Laje b	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
	Elementos Estruturais em contato com o solo d	30		40	50
Concreto Protendido <sup>a</sup>	Laje	25	30	40	50
	Viga/Pilar	30	35	45	55

<sup>a</sup>) Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.





Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

- b) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contra piso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal  $\geq 15$  mm.
- c) Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.
- d) No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45$  mm.

### 13. DIMENSIONAMENTOS GEOTÉCNICOS

#### 13.1 CAPACIDADE DE CARGA DAS ESTACAS

##### 13.1.1 ESTACAS EM SOLO

Para o Cálculo da Capacidade de Carga, foram utilizadas metodologias semiempíricas consagradas na literatura, com base nas sondagens executadas.

Os métodos utilizados para o cálculo de capacidade de carga foram: Pedro Paulo Costa Velloso, Aoki – Velloso, Decourt Quaresma, Alberto Teixeira e Urbano Alonso. O valor adotado como carga admissível, será a média obtida pelos cinco métodos citados anteriormente, caso o desvio-padrão entre as metodologias se mostre tolerável.

Tabela 14 – Capacidade de carga e comprimentos

INTERVENÇÃO	Ø ESTACAS (cm)	COMPRIMENTO DA ESTACA (m)	CARGA ADM. GEOTÉCNICA CALCULADA (tf)
Cortina 1	20	15	60

#### 13.2 DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO DE AÇO DOS TIRANTES

Serão utilizados tirantes com diâmetro de 32mm (DYWIDAG ST 67/85), sendo que a carga máxima dimensionada segundo as recomendações da NBR-5629 – “Tirantes



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

ancorados no terreno – Projeto e Execução” é apresentada na sequência abaixo. As cargas de trabalho são apresentadas na Tabela 15.

O esforço máximo  $T_{max}$  em que os tirantes permanentes podem ser submetidos:

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \times 0,9$$

$f_{yk}$  = resistência característica do aço ao escoamento

$\sigma_{adm}$  = tensão admissível

$\gamma_s = 1,75$  (coeficiente de ponderação da resistência do aço de tirante permanente).

Para tirantes em situação provisória (1,50) ou ensaio (1,20), os ponderadores são diferentes.

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

$$S_{aço,32mm} = \frac{\pi \times D_{efet}^2}{4} = \frac{\pi \times (3,2)^2}{4} = 8,04cm^2$$

$$T_{max} = \sigma_{adm} \times S_{aço}$$

Tabela 15 – Carga máxima dos tirantes.

Diâmetro nominal da barra (mm)	Tensão de escoamento - $f_y$ (MPa)	Tensão de ruptura - $f_u$ (MPa)	Carga de Trabalho (kN)	Carga Máxima de Ensaio (kN)
32	950	1050	340	595

### 13.3 COMPRIMENTO DO BULBO DE ANCORAGEM

Foram feitos dois dimensionamentos, sendo o primeiro para aderência entre a calda de cimento e o aço, conforme procedimento e prescrições da NBR 6118, e o segundo para aderência entre a calda e o solo.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Para dimensionamento das ancoragens os requisitos para os materiais empregados na execução dos tirantes são:

- Aço: CA 50A ou superior, diâmetro de 32mm – ABNT NBR 7480;
- Calda de cimento: Fator água cimento igual ou inferior a 0,5 resistência aos 7 dias igual ou superior a 25 MPa – ABNT NBR 7681.

### 13.3.1 ADERÊNCIA CALDA-AÇO

Para as barras de 32mm de diâmetro: (950/1050)

- $L_b = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}} \geq 82\phi \rightarrow$  Comprimento necessário para ancoragem da barra;
- $f_{yd} = 950/1,15 = 826 \text{ MPa}$
- $f_{bd} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 f_{ctd}$ 
  - $\eta_1 = 2,25$  para barras nervuradas (ver Tabela 8.3 da NBR 6118:2014)
  - $\eta_2 = 0,7$  para situações de má aderência (ver 9.3.1 da NBR 6118)
  - $\eta_3 = \frac{132-\phi}{100} = \frac{132-32}{100} = 1,0$ , para  $\phi \geq 32\text{mm}$
- $f_{ctd} = f_{ctk,inf}/\gamma_c$
- $f_{ctk,inf} = 0,7 f_{ct,m}$
- $f_{ct,m} = 0,3 f_{ck}^{2/3}$
- $f_{ct,m} = 0,3 \times 30^{2/3} = 2,90 \text{ MPa}$
- $f_{ctk,inf} = 0,7 \times 2,90 = 2,03 \text{ MPa}$
- $f_{ctd} = 2,03/1,4 = 1,45 \text{ MPa}$
- $f_{bd} = 2,25 \times 0,7 \times 1,0 \times 1,45 = 2,28 \text{ MPa}$



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

- $$L_b = \frac{32\,826}{4 \cdot 2,28} = 2898 \text{ mm} = 2,9 \text{ m}$$

### 13.3.2 COMPRIMENTO ANCORADO NO SOLO

O dimensionamento do trecho ancorado contra o arrancamento da ancoragem, é baseado na seguinte expressão:

- $T_{\text{bulbo}} = T_{\text{máx}} = q_s \pi D L_b$
- $D$  = Diâmetro do trecho ancorado – 100 mm;
- $L_b$  – Comprimento ancorado;
- $q_s$  – Atrito unitário no contato calda/solo;

A carga de trabalho considerada no projeto geotécnico é de 340 kN. As cargas máximas de ensaio ( $T_{\text{ensaio}}$ ) e de trabalho ( $T_{\text{trabalho}}$ ) são obtidas pelas seguintes equações:

$$T_{\text{ensaio}} = 0,9 f_{yk} A_s \text{ (até 90\% de sua carga de escoamento característica do aço).}$$

$$T_{\text{trabalho}} = T_{\text{ensaio}} / FS \quad (FS = 1,75)$$

Onde:  $f_{yk}$  é a tensão de escoamento característica do aço,  $A_s$  é a área da seção transversal útil da barra, descontando-se a parcela perdida pela rosca no caso de seção reduzida e FS o fator de segurança. Os fatores 0,9 e 1,75, aplicados nas equações anteriores, correspondem aos fatores de segurança para as ancoragens permanentes prescritos pela norma ABNT NBR 5629.

No dimensionamento de tirantes, a serem utilizados como medidas mitigadoras para estabilização do talude instável, foram analisadas as sondagens realizadas no local para estabelecer valores unitários do atrito solo-tirante ( $q_s$ ). Esse valor foi estimado utilizando formulação retirada do Manual da GEORIO – Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro:

$$q_s = \sigma'_z \cdot K_f \text{ (em kPa)}$$





Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Os valores dos comprimentos de ancoragem mínimos podem ser conferidos abaixo.

**Tabela 16 – Coeficiente de ancoragem Kf.**

Solo	Compacidade		
	Fofa	Compacta	Muito Compacta
Silte	0,1	0,4	1,0
Areia fina	0,2	0,6	1,5
Areia média	0,5	1,2	2,0
Areia grossa e pedregulho	1,0	2,0	3,0

**Tabela 17 – Tirantes: Valores do comprimento de ancoragem Lb - solo**

Solução	Kf	qs (kPa)	T <sub>máx</sub> (kN)	Lb (m)
Cortina	1,0	150	595	12,0

**Tabela 18 – Tirantes: Valores do comprimento de ancoragem Lb - alteração**

Solução	Kf	qs (kPa)	T <sub>máx</sub> (kN)	Lb (m)
Cortina	-	230	595	8,0

**Tabela 19 – Tirantes: Valores do comprimento de ancoragem Lb - rocha**

Solução	Kf	qs (kPa)	T <sub>máx</sub> (kN)	Lb (m)
Cortina	-	370	595	5,0

### 13.4 COMPRIMENTO DOS TIRANTES – TRECHO LIVRE

Foi utilizada a NBR5629 para a definição do trecho livre. De acordo com a norma, é caracterizado como: Distância entre o ponto de aplicação da carga até o início do comprimento ancorado.

Para este projeto de estabilização, a definição do trecho livre se baseou em dois objetivos: avançar o limite da superfície de ruptura de modo a garantir o bulbo em trecho estável e bulbo de ancoragem em rocha.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Através dos resultados das análises de estabilidade e dos perfis geológico-geotécnicos, os dois critérios estão sendo atendidos quando possíveis.

Deve-se apenas levar em consideração o comprimento mínimo exigido pela norma para a fixação por rosca, definido em no mínimo 3,0m.

## **14. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL**

### **14.1 NORMA E MATERIAIS**

- Norma de concreto: ABNT NBR 6118:2023 (Brasil);
- Concreto: C30, em geral;
- Aço: CA-50;
- Tipo de ambiente: Tipo III;
- Cobrimento: 4,5 cm;
- Tamanho máximo agregado: 20 mm.

### **14.2 AÇÕES**

- Majoração esforços em construção: 1,40;
- Majoração esforços em serviço: 1,40;
- Sem análise sísmica;
- Sem considerar ações térmicas nas escoras.

### **14.3 DADOS GERAIS**

- Cota do Térreo: 23,50 m;
- Altura do muro sobre a rasante: 0,00 m;
- Tipologia: Parede de concreto armado.

### **14.4 DESCRIÇÃO DO TERRENO**

- Percentagem de atrito interno entre o terreno e o tardo da cortina: 0,0 %;
- Percentagem de atrito interno entre o terreno e o intradorso da cortina: 0,0 %;



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

- Profundidade do nível freático: 3,00 m.

Tabela 20 – Estratos.

Referências	Cota superior	Descrição	Coefficientes de empuxo
1 - silte argiloso	23.50 m	Densidade aparente: 1.7 kg/dm <sup>3</sup> Densidade submersa: 1.0 kg/dm <sup>3</sup> Ângulo atrito interno: 28 graus Coesão: 1.00 t/m <sup>2</sup> Coef. de recalque empuxo ativo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Coef. de recalque empuxo passivo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Gradiente Coef. de recalque: 0.0 t/m <sup>4</sup>	Ativo tardoz: 0.36 Repouso tardoz: 0.53 Passivo tardoz: 2.77 Ativo intradorso: 0.36 Repouso intradorso: 0.53 Passivo intradorso: 2.77
2 - argila arenosa	20.50 m	Densidade aparente: 1.7 kg/dm <sup>3</sup> Densidade submersa: 1.0 kg/dm <sup>3</sup> Ângulo atrito interno: 24 graus Coesão: 0.50 t/m <sup>2</sup> Coef. de recalque empuxo ativo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Coef. de recalque empuxo passivo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Gradiente Coef. de recalque: 0.0 t/m <sup>4</sup>	Ativo tardoz: 0.42 Repouso tardoz: 0.59 Passivo tardoz: 2.37 Ativo intradorso: 0.42 Repouso intradorso: 0.59 Passivo intradorso: 2.37
3 - areia média	19.00 m	Densidade aparente: 1.8 kg/dm <sup>3</sup> Densidade submersa: 1.0 kg/dm <sup>3</sup> Ângulo atrito interno: 28 graus Coesão: 0.00 t/m <sup>2</sup> Coef. de recalque empuxo ativo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Coef. de recalque empuxo passivo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Gradiente Coef. de recalque: 0.0 t/m <sup>4</sup>	Ativo tardoz: 0.36 Repouso tardoz: 0.53 Passivo tardoz: 2.77 Ativo intradorso: 0.36 Repouso intradorso: 0.53 Passivo intradorso: 2.77
4 - argila siltosa	16.00 m	Densidade aparente: 1.8 kg/dm <sup>3</sup> Densidade submersa: 1.0 kg/dm <sup>3</sup> Ângulo atrito interno: 31 graus Coesão: 1.50 t/m <sup>2</sup> Coef. de recalque empuxo ativo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Coef. de recalque empuxo passivo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Gradiente Coef. de recalque: 0.0 t/m <sup>4</sup>	Ativo tardoz: 0.32 Repouso tardoz: 0.48 Passivo tardoz: 3.12 Ativo intradorso: 0.32 Repouso intradorso: 0.48 Passivo intradorso: 3.12
5 - argila arenosa	13.50 m	Densidade aparente: 1.8 kg/dm <sup>3</sup> Densidade submersa: 1.0 kg/dm <sup>3</sup> Ângulo atrito interno: 33 graus Coesão: 1.50 t/m <sup>2</sup> Coef. de recalque empuxo ativo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Coef. de recalque empuxo passivo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Gradiente Coef. de recalque: 0.0 t/m <sup>4</sup>	Ativo tardoz: 0.29 Repouso tardoz: 0.46 Passivo tardoz: 3.39 Ativo intradorso: 0.29 Repouso intradorso: 0.46 Passivo intradorso: 3.39



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Referências	Cota superior	Descrição	Coefficientes de empuxo
6 - areia siltosa	10.50 m	Densidade aparente: 1.8 kg/dm <sup>3</sup> Densidade submersa: 1.0 kg/dm <sup>3</sup> Ângulo atrito interno: 37 graus Coesão: 0.50 t/m <sup>2</sup> Coef. de recalque empuxo ativo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Coef. de recalque empuxo passivo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Gradiente Coef. de recalque: 0.0 t/m <sup>4</sup>	Ativo tardoz: 0.25 Repouso tardoz: 0.40 Passivo tardoz: 4.02 Ativo intradorso: 0.25 Repouso intradorso: 0.40 Passivo intradorso: 4.02
7 - impenetrável	7.00 m	Densidade aparente: 1.8 kg/dm <sup>3</sup> Densidade submersa: 1.0 kg/dm <sup>3</sup> Ângulo atrito interno: 41 graus Coesão: 1.50 t/m <sup>2</sup> Coef. de recalque empuxo ativo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Coef. de recalque empuxo passivo: 1000.0 t/m <sup>3</sup> Gradiente Coef. de recalque: 0.0 t/m <sup>4</sup>	Ativo tardoz: 0.21 Repouso tardoz: 0.34 Passivo tardoz: 4.81 Ativo intradorso: 0.21 Repouso intradorso: 0.34 Passivo intradorso: 4.81





Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

#### 14.5 SEÇÃO VERTICAL DO TERRENO

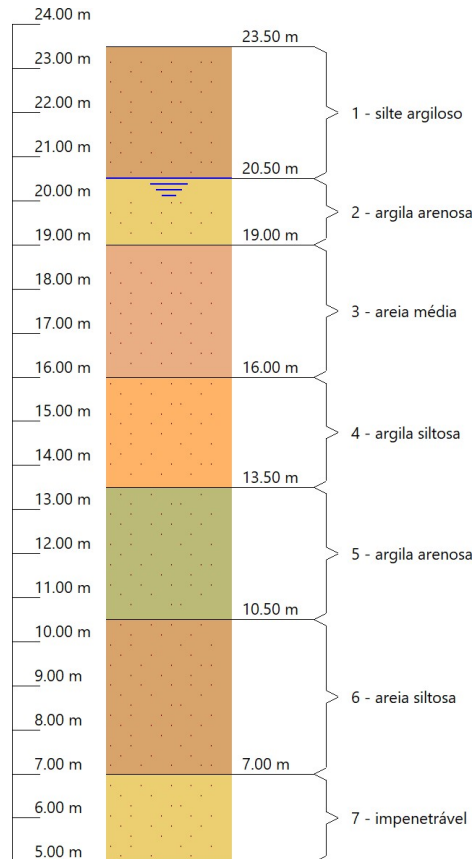


Figura 14 – Seção vertical do terreno.

#### 14.6 GEOMETRIA

- Altura total: 5,50 m;
- Espessura: 35 cm;
- Comprimento tramo: 10,00 m.

#### 14.7 ESQUEMA DAS FASES





Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

**Tabela 22 – Ancoragens ativas.**

Descrição	Fase inicial	Fase final
Cota: 22.50 m Rigidez axial: 10000 t/m Carga: 34.00 t Ângulo: 15 graus Distância: 3.50 m	Fase	Fase
Cota: 20.80 m Rigidez axial: 10000 t/m Carga: 34.00 t Ângulo: 15 graus Distância: 3.50 m	Fase	Fase
Cota: 19.10 m Rigidez axial: 10000 t/m Carga: 34.00 t Ângulo: 15 graus Distância: 3.50 m	Fase	Fase

## 14.10 RESULTADOS DAS FASES

Esforços sem majorar.

**Tabela 23 – Fase 1: Fase Básica.**

Cota (m)	Deslocamentos (mm)	Diagrama de esforços axiais (t/m)	Diagrama de esforços cortantes (t/m)	Diagrama de momentos fletores (t·m/m)	Diagrama de empuxos (t/m <sup>2</sup> )	Pressão hidrostática (t/m <sup>2</sup> )
23.50	4.26	-0.00	0.66	-0.00	5.32	0.00
23.00	3.83	0.44	2.00	0.67	5.34	0.00
22.50	3.38	0.88	4.67	2.67	5.34	0.00
22.00	2.85	3.83	-2.05	1.31	5.26	0.00
21.50	2.28	4.26	0.56	1.26	5.14	0.00
21.00	1.67	4.70	3.12	2.50	4.98	0.00
20.75	1.34	7.43	-5.02	3.13	4.88	0.00
20.25	0.59	7.87	-2.51	1.55	4.95	0.25
19.75	-0.20	8.31	0.10	1.27	4.46	0.75
19.25	-1.03	8.75	2.70	2.30	3.92	1.25
19.00	-1.47	11.48	-5.39	2.36	3.10	1.50
18.50	-2.42	11.92	-3.00	0.55	3.29	2.00
18.00	-3.38	12.36	-0.51	-0.00	2.08	2.00
Máximos	4.26 Cota: 23.50 m	12.36 Cota: 18.00 m	4.67 Cota: 22.50 m	3.38 Cota: 20.80 m	5.34 Cota: 22.75 m	2.00 Cota: 18.50 m
Mínimos	-3.38 Cota: 18.00 m	-0.00 Cota: 23.50 m	-5.39 Cota: 19.00 m	-0.00 Cota: 18.00 m	2.08 Cota: 18.00 m	0.00 Cota: 23.50 m

## 14.11 11. RESULTADOS PARA OS ELEMENTOS DE APOIO

Esforços sem majorar.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

**Tabela 24 – Ancoragens ativas.**

Cota: 22.50 m	
Fase	Resultado
Fase	Carga concentrada (Na direção da ancoragem): 34.00 t Carga linear (Na direção da ancoragem): 9.71 t/m Carga concentrada (Em projeção horizontal): 32.84 t Carga linear (Em projeção horizontal): 9.38 t/m

Cota: 20.80 m	
Fase	Resultado
Fase	Carga concentrada (Na direção da ancoragem): 34.00 t Carga linear (Na direção da ancoragem): 9.71 t/m Carga concentrada (Em projeção horizontal): 32.84 t Carga linear (Em projeção horizontal): 9.38 t/m

Cota: 19.10 m	
Fase	Resultado
Fase	Carga concentrada (Na direção da ancoragem): 34.00 t Carga linear (Na direção da ancoragem): 9.71 t/m Carga concentrada (Em projeção horizontal): 32.84 t Carga linear (Em projeção horizontal): 9.38 t/m

## 14.12 DESCRIÇÃO DA ARMADURA

**Tabela 25 - Descrição da armadura.**

Armadura vertical tardo	Armadura vertical intradorso	Armadura base horizontal	Enrijecedor vertical	Enrijecedor horizontal
Ø10c/10	Ø10c/10	Ø10c/10	6Ø12.5	6Ø12.5

## 14.13 VERIFICAÇÕES GEOMÉTRICAS E DE RESISTÊNCIA

**Tabela 26 – Verificações.**

Referência: novo		
Verificação	Valores	Estado
Cobrimento: <i>J. Calavera, "Manual de Detalles Constructivos en Obras de Hormigón Armado"</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Passa
Espaçamento livre mínimo armaduras horizontais: <i>Norma Brasileira ABNT NBR 6118:2014. Artigo 18.3.2.2</i>	Mínimo: 2.4 cm Calculado: 9 cm	Passa
Espaçamento máximo armaduras horizontais: <i>Norma EC-2. Artigo 9.3.1.1 (3)</i>	Máximo: 40 cm Calculado: 10 cm	Passa



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Referência: novo		
Verificação	Valores	Estado
Taxa geométrica mínima horizontal por face: <i>Norma EHE-08. Artigo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0016 Calculado: 0.00224	Passa
Quantidade mínima mecânica horizontal por face: <i>Critério J. Calavera. "Muros de contención y muros de sótano". (Quant. horizontal &gt; 20% Quant. vertical)</i>	Mínimo: 0.00044 Calculado: 0.00224	Passa
Comprimento de dobra horizontal: <i>O comprimento da dobra deve ser, no mínimo, 12 vezes o diâmetro. Critério de J. Calavera, "Manual de Detalles Constructivos en Obras de Hormigón Armado".</i>	Mínimo: 12 cm Calculado: 16 cm	Passa
Quant. mínima geométrica vertical face tracionada: <i>Norma EHE-08. Artigo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0009	
- Tardoz:	Calculado: 0.00224	Passa
- Intradorso:	Calculado: 0.00224	Passa
Quant. mínima geométrica vertical face comprimida: <i>Norma EHE-08. Artigo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.00027	
- Tardoz:	Calculado: 0.00224	Passa
- Intradorso:	Calculado: 0.00224	Passa
Quantia mínima mecânica vertical face tracionada: - Tardoz: <i>Norma EHE-08. Artigo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00131 Calculado: 0.00224	Passa
Quant. mínima mecânica vertical face comprimida: - Intradorso: <i>Norma EHE, artigo 42.3.2 (Flexão simples ou composta)</i>	Mínimo: 6e-005 Calculado: 0.00224	Passa
Quantidade máxima geométrica de armadura vertical total: <i>Norma EC-2. Artigo 9.6.2 (1)</i>	Máximo: 0.04 Calculado: 0.00448	Passa
Espaçamento livre mínimo armaduras verticais: <i>Norma Brasileira ABNT NBR 6118:2014. Artigo 18.3.2.2</i>	Mínimo: 2 cm	
- Tardoz, vertical:	Calculado: 9 cm	Passa
- Intradorso, vertical:	Calculado: 9 cm	Passa
Espaçamento máximo entre barras: <i>Norma EC-2. Artigo 9.3.1.1 (3)</i>	Máximo: 25 cm	
- Armadura vertical Tardoz, vertical:	Calculado: 10 cm	Passa
- Armadura vertical Intradorso, vertical:	Calculado: 10 cm	Passa
Verificação à flexão composta: <i>Verificação realizada por módulo de parede</i>		Passa





Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Referência: novo		
Verificação	Valores	Estado
Verificação ao cortante: <i>Artigo 19.4 (norma NBR 6118:2014)</i>	Máximo: 100 t Calculado: 86.23 t	Passa
Enrijecedores horizontais:  - Diâmetro mínimo: <i>Critério da CYPE. O diâmetro do enrijecedor deve ser no mínimo igual ao maior diâmetro da armadura base vertical.</i>	Mínimo: 10 mm Calculado: 10 mm	Passa
- Espaçamento máximo: <i>Critério NTE. Condicionamento do Terreno. Fundações.</i>	Máximo: 2.5 m Calculado: 0.78 m	Passa
Enrijecedores verticais:  - Diâmetro mínimo: <i>Critério da CYPE. O diâmetro do enrijecedor deve ser no mínimo igual ao maior diâmetro da armadura base vertical.</i>	Mínimo: 10 mm Calculado: 12 mm	Passa
- Espaçamento máximo: <i>Critério NTE. Condicionamento do Terreno. Fundações.</i>	Máximo: 1.5 m Calculado: 1.42 m	Passa
Todas as verificações foram cumpridas		
Informação adicional: - Seção crítica à flexão composta: Cota: 20.80 m, Md: 54.03 t·m, Nd: 0.00 t, Vd: 69.80 t, Tensão máxima do aço: 2.882 t/cm <sup>2</sup> - Seção crítica ao esforço cortante: Cota: 19.00 m - A verificação do estado limite de fissuração não se realizou, porque não se definiu nenhuma fase de serviço - Os esforços estão majorados e correspondem à largura total do tramo definido. (Comprimento tramo: 10.00 m)		

## 15. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nas análises de estabilidade global realizadas para as soluções propostas, verifica-se que as obras previstas para o local apresentam fatores de segurança adequados, conforme os critérios estabelecidos pela NBR 11682.

O método executivo deverá ser compatível com as condicionantes e características geotécnicas locais, de modo a garantir a segurança durante a execução das intervenções.

As obras deverão ser preferencialmente executadas em períodos de estiagem, com o objetivo de minimizar os riscos de agravamento das erosões existentes e evitar



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

complicações decorrentes do escoamento superficial ou do fluxo da drenagem natural e urbana.

Antes da instalação da cortina atirantada — especialmente no que se refere às perfurações para inserção dos tirantes —, deverá ser realizado um mapeamento criterioso das interferências presentes nas imediações da obra. Este levantamento deverá, obrigatoriamente, identificar e localizar:

- Fossas sépticas;
- Fundações profundas (como estacas);
- Redes de esgoto e drenagem;
- Cisternas e quaisquer outras estruturas ou instalações subterrâneas que possam ser afetadas pelas perfurações.

O resultado do mapeamento deverá ser apresentado à equipe de fiscalização da obra previamente ao início dos serviços.

Adicionalmente, recomenda-se a realização de vistoria cautelosa nos imóveis vizinhos, com registro fotográfico e documentação técnica detalhada, visando à constatação de trincas, recalques diferenciais de fundações ou outras manifestações patológicas pré-existent.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

16. ANEXO – SONDAAGEM

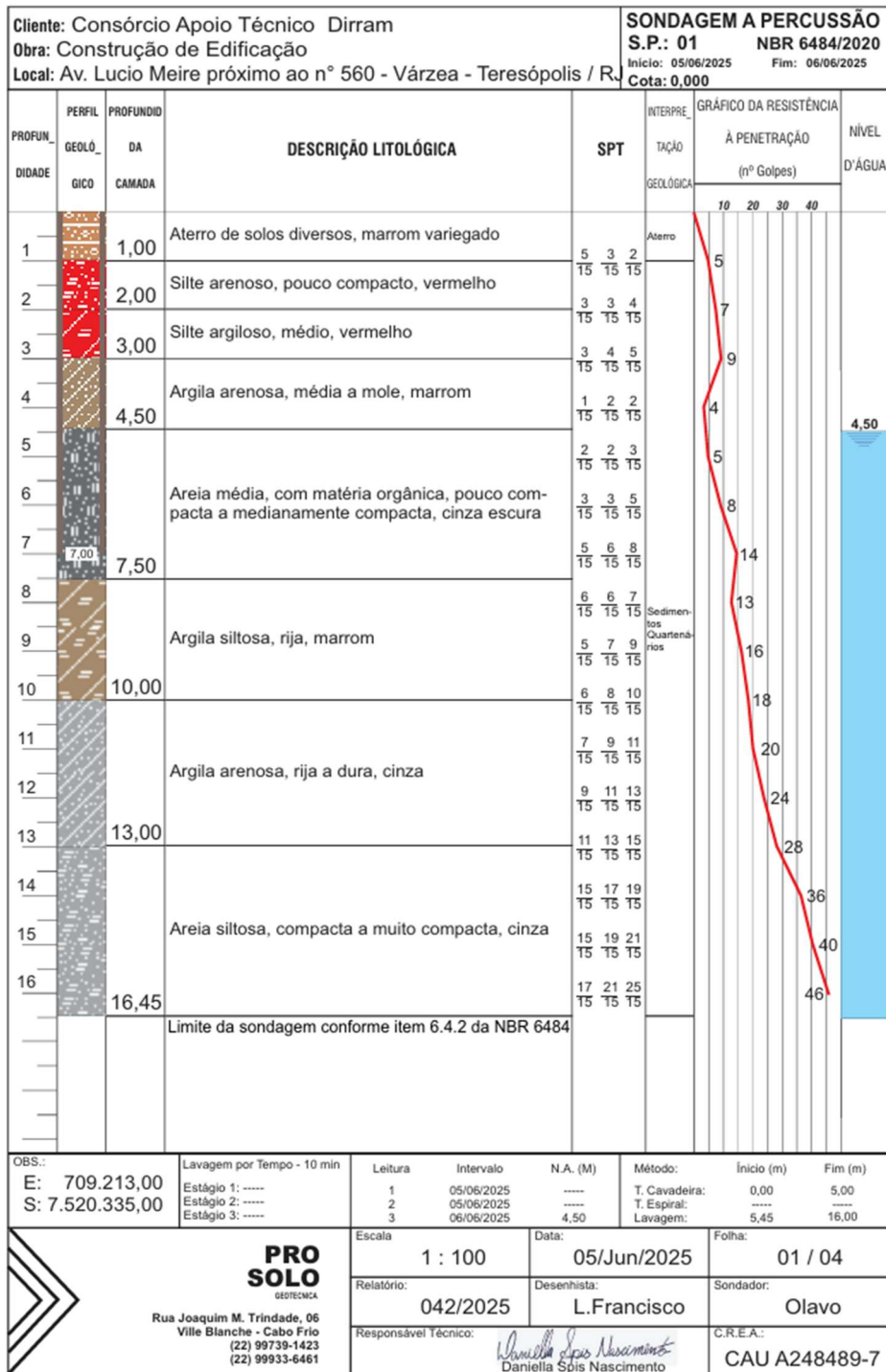


Figura 16 – Boletim de sondagem – SP-01.



Govorno do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

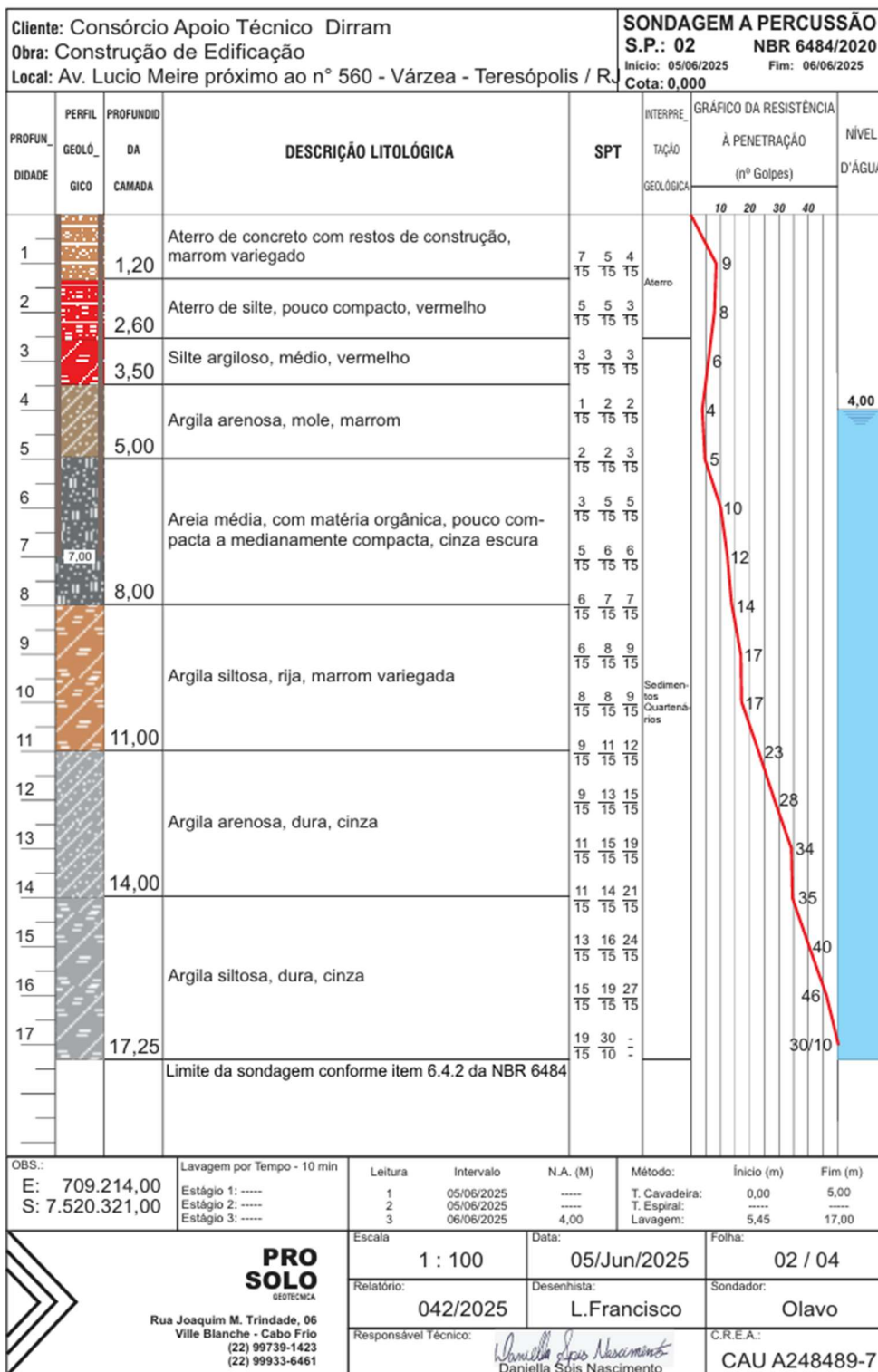


Figura 17 – Boletim de sondagem – SP-02.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

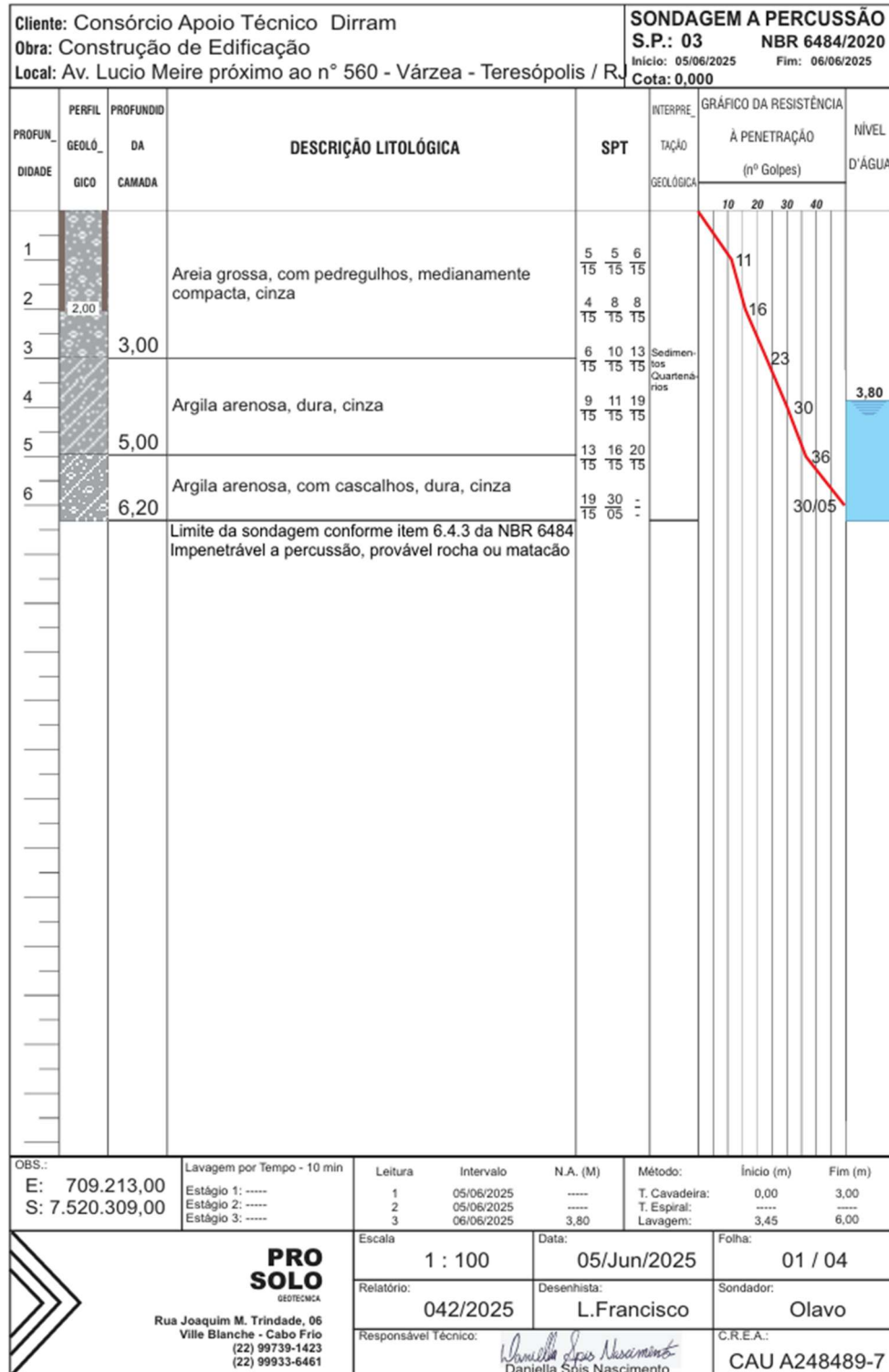


Figura 18 – Boletim de sondagem – SP-03.





Govorno do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS  
Instituto Estadual do Ambiente - INEA  
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

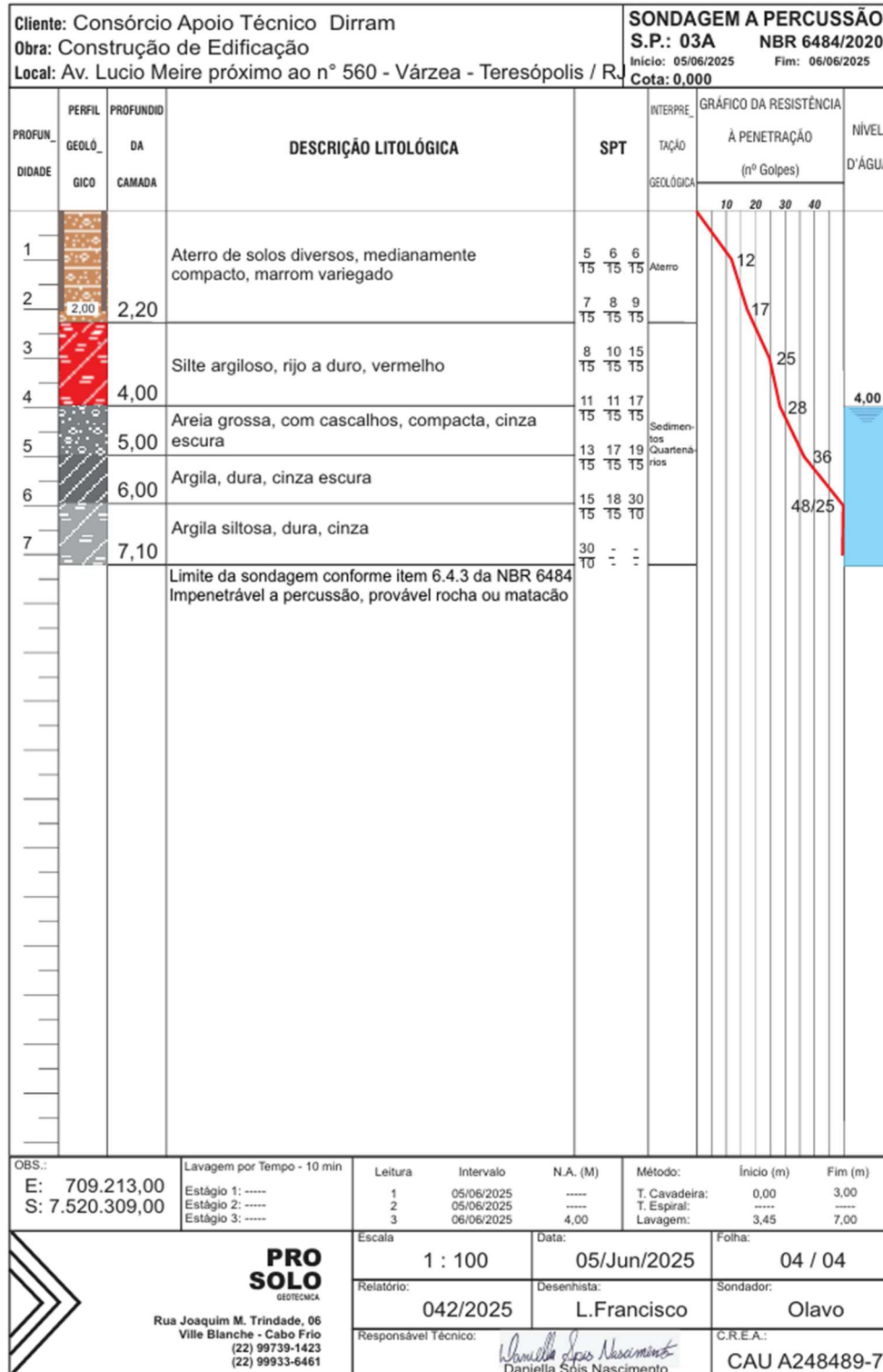


Figura 19 – Boletim de sondagem – SP-03A.