Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Civil

ECV 2002 – TCC: Projeto Integrador II

2025/2

Projetos de Engenharia para a Duplicação de um Segmento da Rodovia SC-417 - Trecho: Garuva ao Porto de Itapoá

Alexandre Vitor Morais da Silva
Alisson Eccher
Gabriel Testoni Schmidt
Ian Loss
Rafael Müller Schmitz
Rafael Pontes Bernard

10 de dezembro de 2025

Alexandre Vitor Morais da Silva
Alisson Eccher
Gabriel Testoni Schmidt
Ian Loss
Rafael Müller Schmitz
Rafael Pontes Bernard

Projetos de Engenharia para a Duplicação de um Segmento da Rodovia SC-417 - Trecho: Garuva ao Porto de Itapoá

Trabalho de Conclusão de Curso (Projeto Integrador II) apresentado pelos acadêmicos à banca examinadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.
Orientadores: Prof. Cláudio Cesar Zimmermann, Dr e Prof. Rafael Augusto Dos Reis Higashi, Dr.

Projetos de Engenharia para a Duplicação de um Segmento da Rodovia SC-417 - Trecho: Garuva ao Porto de Itapoá / ALEXANDRE VITOR MORAIS DA SILVA, ALISSON ECCHER, GABRIEL TESTONI SCHMIDT, IAN LOSS, RAFAEL MULLER SCHIMTZ, RAFAEL PONTES BERNARD; orientadores, Cláudio Cesar Zimmermann, Rafael Augusto Dos Reis Higashi, 2025.

363 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Duplicação de rodovias. 2. Projeto geométrico rodoviário. 3. Geotecnia e terraplanagem. 4. Hidrologia e drenagem rodoviária. I. Silva, Alexandre Vitor Morais. II. Eccher, Alisson. III. Schimdt, Gabriel Testoni. IV. Loss, Ian. V. Schimtz, Rafael Muller. VI. Bernard, Rafael Pontes. VII. Higashi, Rafael Augusto dos Reis. VIII. Zimmermann, Cláudio Cesar. IX. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil.

Alexandre Vitor Morais da Silva
Alisson Eccher
Gabriel Testoni Schmidt
Ian Loss
Rafael Müller Schmitz
Rafael Pontes Bernard

Projetos de Engenharia para a Duplicação de Segmento da Rodovia SC-417 - Trecho: Garuva ao Porto de Itapoá

Este Projeto Integrador foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiros(as) Civis e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil.

Florianópolis, Dezembro de 2025

Banca Examinadora:

Prof. Fernanda Fernandes Marchiori, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Jano d' Araujo Coelho Otávio, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Liseane Padilha Thives, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Assis Arantes Júnior
Banca Externa

Eng. Paulo Henrique Wagner.
Banca Externa

Orientadores:



Documento assinado digitalmente
Claudio Cesar Zimmermann
Data: 10/12/2025 13:13:52-0300
CPF: ***.074.459-**
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Prof. Cláudio Cesar Zimmermann, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Rafael Augusto dos Reis Higashi
Data: 10/12/2025 10:11:57-0300
CPF: ***.943.422-**
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Prof. Rafael Augusto Dos Reis Higashi, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Chegar ao final desta jornada acadêmica não seria possível sem o apoio, orientação e paciência de muitas pessoas e instituições que foram fundamentais para nossa formação e para a conclusão deste trabalho.

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ao Centro Tecnológico (CTC) e ao Departamento de Engenharia Civil (ECV), pela sólida formação acadêmica e humana proporcionada ao longo destes anos.

Aos nossos orientadores, **Cláudio Cesar Zimmermann** e **Rafael Augusto Dos Reis Higashi**, nossos sinceros agradecimentos pela guia técnica, pelos valiosos ensinamentos, pela paciência incansável e pela confiança depositada em nosso trabalho. Vossa orientação foi essencial para transformar os desafios deste projeto em aprendizado.

Agradecemos também à empresa Nova Engevix Engenharia, por gentilmente disponibilizar os dados técnicos de partida, que foram a base para a concepção de todos os estudos e projetos aqui apresentados.

Por fim, agradecemos aos nossos familiares, amigos e colegas de curso, que compreenderam nossas ausências, ofereceram apoio incondicional e nos incentivaram nos momentos mais difíceis. Esta conquista também é de vocês.

Alexandre Vitor Morais da Silva:

Agradeço, acima de tudo, aos meus pais, Fábio e Ana. Sei o quanto vocês abdicaram de suas próprias vontades e sonhos para priorizar os meus. Todo o suporte e dedicação de vocês foram a base fundamental nesta caminhada. Serei sempre grato por tudo o que fizeram e continuam fazendo por mim.

Dedico também ao meu avô e engenheiro, Jorge. Mais do que a profissão em comum, valorizo o exemplo de homem que o senhor é. Sua história de vida é a referência que busco para construir a minha. Obrigado pelo seu jeito autêntico (e pelas brincadeiras que só nós conhecemos) e por sempre cuidar dos seus antes de qualquer outra coisa.

Por fim, agradeço aos amigos que fiz ao longo da faculdade. A parceria de vocês tornou os desafios do curso mais leves e a jornada muito mais divertida. Obrigado pela companhia, pelas risadas e por dividirem essa fase da vida comigo.

Alisson Eccher:

Agradeço à minha família, que sempre me apoiou a ingressar e continuar nessa jornada. Aos meus pais, José e Vânia, aos meus irmãos Alexsandro e Angelo, e principalmente à minha irmã Alessandra, que me motivou e incentivou a escolher e permanecer na UFSC. Embora a trajetória tenha sido árdua, foi extremamente gratificante.

Agradeço também aos amigos e colegas que fiz ao longo desses anos, aos meus companheiros de PI, aos professores que contribuíram para o meu aprendizado e às orientadoras que nos auxiliaram durante esses últimos dois semestres de Projeto Integrador.

Gabriel Testoni Schmidt:

Agradeço, primeiramente, à minha família, meu pilar. Em especial, à minha mãe Sabrina e à minha vó Lucia, por nunca medirem esforços e por acreditarem que eu poderia não apenas concluir este curso, mas realizar todos os meus sonhos.

À minha namorada e aos amigos que esta jornada me deu, obrigado pelas memórias inesquecíveis. Cada um de vocês foi fundamental no meu crescimento, e levo o melhor de cada um para me tornar uma pessoa melhor.

Por fim, agradeço a todos os colegas e familiares que me inspiraram profissionalmente, direta ou indiretamente. Levo dessa jornada o propósito de ser não apenas um engenheiro, mas alguém que contribui ativamente para resolver os problemas do mundo.

Ian Loss:

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre me guiar, me dar forças e mostrar o caminho certo ao longo desta caminhada. Estendo minha gratidão à minha família, que esteve comigo em todos os momentos e foi a base para que eu chegasse até aqui. Em especial aos meus pais, Gelson e Simone, meu verdadeiro alicerce, que sempre me incentivaram nos estudos e fizeram tudo o que estava ao alcance deles para apoiar os meus sonhos.

Agradeço ainda à minha irmã, pela companhia constante e pelo apoio que nunca faltou, contribuindo para que essa jornada se tornasse mais leve.

Da mesma forma, agradeço à minha namorada, pela paciência, compreensão e incentivo durante todo o processo. Sua presença e apoio fizeram diferença em cada etapa.

A todos vocês, meu sincero obrigado.

Rafael Müller Schmitz:

Agradeço profundamente à minha família. Aos meus pais, Delso e Janelucia, que abdicaram de tanto de suas próprias vidas para que eu pudesse realizar os meus sonhos e que, mesmo não tendo tido a oportunidade de estudar, sempre me incentivaram a seguir o caminho da educação, transmitindo pelo exemplo o valor do esforço, da honestidade e do amor.

À minha irmã Karina, com quem cresci lado a lado e que sempre foi minha melhor amiga, minha parceira de vida e apoio constante, deixo meu carinho e gratidão por cada conversa, riso e força compartilhada.

Aos meus amigos de Antônio Carlos, especialmente à Alcatéia, que comemoraram comigo minha aprovação no vestibular e marcaram uma infância e juventude inesquecíveis, contribuindo para a pessoa que me tornei, registro meu afeto.

Aos colegas e amigos da faculdade, em especial à turma do Guarani da Padoka, agradeço pela parceria, paciência e leveza que tornaram o percurso acadêmico mais possível.

E aos irmãos do Movimento de Emaús, que foram minha força espiritual e motivacional na reta final, especialmente ao Grupo de Jovens Amigos em Cristo, deixo meu sincero agradecimento pela amizade, presença e oração constante ao longo desta caminhada.

Por fim, estendo minha gratidão a todas as pessoas que me incentivaram, apoiaram e torceram por mim ao longo desse percurso, ainda que não estejam citadas individualmente aqui, pois não caberiam em poucas linhas a importância e o carinho que guardo por cada uma.

Rafael Pontes Bernard:

Chegou o grande momento. Não posso deixar de expressar minha gratidão às pessoas fundamentais nesta jornada, pois poucos sabem os desafios que enfrentei para chegar até aqui. Agradeço imensamente à minha família: Paul, Rosilane e Nathalie. Vocês me apoiaram incondicionalmente, auxiliaram em tudo o que foi possível e nunca duvidaram de que este dia chegaria. Obrigado por cada conversa de apoio, pelo bom humor mesmo nos dias difíceis e por celebrarem cada pequena vitória comigo.

Aos meus amigos, obrigado por tornarem este período mais leve. As melhores memórias destes últimos anos foram construídas com vocês, que têm um lugar cativo em minha história.

Por fim, uma dedicação especial à minha avó, Dona Yedda. Mesmo que o tempo tenha sido longo demais, esta conquista é para a senhora. Sinto sua presença e seu orgulho em cada linha que escrevo.

Muito obrigado, família. Amo vocês.

RESUMO

Este Projeto Integrador apresenta o desenvolvimento dos estudos e projetos de engenharia, em nível de projeto básico, para a duplicação de um segmento de 5,07 km da Rodovia SC-417, compreendido entre a interseção com a SC-416 e o acesso ao Contorno Sul de Garuva, trecho estratégico para o logístico do Porto de Itapoá. A concepção justifica-se pela necessidade de ampliar a capacidade de tráfego e a segurança viária, dado o crescimento exponencial da movimentação de cargas portuárias e o histórico de acidentes na região. A metodologia adotada seguiu as diretrizes da Secretária de Estado da Infraestrutura e Mobilidade de Santa Catarina (SIE-SC) e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), integrando estudos topográficos, de tráfego, geológicos, geotécnicos e hidrológicos para fundamentar as soluções propostas. O projeto geométrico definiu o traçado para uma rodovia de Classe II (Grupo A) com velocidade diretriz de 80 km/h, contemplando a implantação de retorno em nível e passarela para travessia urbana. No âmbito geotécnico, as análises de estabilidade indicaram a necessidade de contenção em solo grampeado e drenos horizontais profundos (DHP) para taludes de corte críticos, bem como o tratamento de solos moles na fundação de aterros através do uso de geodrenos verticais e colchão de areia para aceleração de recalques. O trabalho abrangeu ainda o dimensionamento da terraplenagem, visando o equilíbrio de massas através do diagrama de Brückner, o projeto de drenagem superficial, o plano de monitoramento e instrumentação geotécnica, culminando na estimativa orçamentária dos projetos elaborados.

Palavras-chave: Duplicação de rodovias; Projeto Geométrico; Geotecnia e Terraplenagem; Estudo Hidrológico e Drenagem; Aterro sobre Solo Mole; Instrumentação Geotécnica.

LISTA DE FIGURAS

1 Fluxograma de trabalho do projeto integrador 25

2 Histórico de movimentações de contêineres no Brasil em 2024 27
3 Movimentações de containers no Brasil no 1° quadrimestre de 2025 28
4 Acidentes no trecho durante 2024 29
5 Mapa de Situação 30
6 Mapa de Localização 31

7 Unidades geomorfológicas da área de estudo 35
8 Legenda das unidades geomorfológicas 35
9 Tipos morfológicos da área de estudo 36
10 Contexto geotectônico regional destacando o Bloco Paranaguá e a localização aproximada da área de estudo. 38
11 Unidades geológicas da área de estudo. 39
12 Legenda das unidades geológicas da área de estudo. 39
13 Unidades Pedológicas da área de estudo 41
14 Legenda das unidades pedológicas da área de estudo. 41
15 Localização das jazidas estudadas 44

16 Modelo de pluviômetro convencional 59
17 Localização das estações investigadas 60
18 Classificação climática de Koppen-Geiser para Santa Catarina 63
19 Temperatura média anual em Santa Catarina 64
20 Precipitação anual em Santa Catarina 65
21 Precipitação diária na Estação Garuva (2648027) 66
22 Dias de chuva na estação Garuva (2648027) 66
23 Precipitação mensal na estação GARUVA (2648027) 68
24 Isozonas no Brasil 72
25 Curva altura de Precipitação X Duração - Estação Garuva 74
26 Curvas I-D-F – Estação Garuva (2648027) 78
27 Folha escolhida (26S495) na articulação 80
28 Delmitação das Bacias Hidrográficas 81

29 Imagem da rodovia existente 93
30 Veículo de projeto SR 95
31 Relação entre raios sequenciais nas estradas do grupo de categoria A 99

32 Distância de visibilidade necessária para paradas D_p . . . 104
33 Escolha prévia da seção transversal . . . 108
34 Área de aplicação de seção transversal padrão . . . 109
35 Inclinações transversais necessárias conforme V_{85} e raio das curvas circulares . . . 111
36 Passarela metálica 25 metros (PL25) . . . 117
37 Dispositivo de retorno antes de interseção . . . 118
38 Dispositivo de retorno após ou entre interseções . . . 118
39 Retorno em "U" tipo A, tipo escolhido para projeto . . . 119
40 Retorno em "U" tipo B . . . 119
41 Retorno em "U" tipo C . . . 119

42 Planta de localização das análises de corte . . . 129
43 Análise de estabilidade do talude de corte no km 7+220,00 . . . 129
44 Análise de estabilidade com DHP – Subtrecho homogêneo 01 . . . 130
45 Altura máxima de corte sem DHP – Subtrecho homogêneo 01 . . . 131
46 Análise de estabilidade do talude de corte no km 9+260,00 . . . 132
47 Análise de estabilidade do talude de corte no km 10+020,00 . . . 132
48 Análise de estabilidade do talude de corte no km 10+340,00 . . . 133
49 Altura máxima de corte com retaludamento – Subtrecho homogêneo 3 . . . 134
50 Análise Talude 1:1,75 . . . 135
51 Volume de corte para retaludamento com inclinação de 1:1,75 . . . 135
52 Memorial de cálculo - Verificação interna - Parte 1 . . . 138
53 Memorial de cálculo - Verificação interna - Parte 2 . . . 139
54 Memorial de cálculo - Verificação interna - Parte 3 . . . 140
55 Fator de segurança – Seção crítica – Reforço com solo grampeado . . . 141
56 Planta de localização das análises de aterro . . . 142
57 Análise de estabilidade do talude de aterro no km 7+080,00 . . . 143
58 Análise de estabilidade do talude de aterro no km 8+920,00 . . . 143
59 Análise de estabilidade do talude de aterro no km 9+040,00 . . . 144
60 Análise de estabilidade do talude de aterro no km 9+660,00 . . . 144
61 Análise de estabilidade do talude de aterro no km 10+140,00 . . . 145
62 Análise de estabilidade do talude de aterro no km 10+180,00 . . . 145
63 Localização e contexto pedológico da área de estudo e do sítio de referência (Grando, 2018). . . 149
64 Seção Esquemática - KM 8+920 . . . 150
65 Seção Esquemática - KM 10+180 . . . 152
66 Dimensões Geométricas do Geodreno . . . 154
67 Colchão Drenante de Areia . . . 156

68 Fluxograma do método adotado . . . 159
69 Cálculo do volume do prisma por duas seções transversais consecutivas . . . 164
70 Diagrama de Brückner . . . 165

71 Diagrama de Brückner do projeto . . . 166
72 Diagrama de Brückner do trecho em equilibrio . . . 167

73 Instrumentos utilizados nas diferentes fases da obra. . . . 174
74 Placa de recalque. . . . 177
75 Marco Superficial. . . . 178
76 Instalação de Extensômetro Magnético Vertical. . . . 179
77 Perfilômetro: Tubulação. . . . 180
78 Perfilômetro: Sensor móvel. . . . 181
79 Cálculo de deslocamento com inclinômetro . . . 182
80 Exemplos de inclinômetro removível e fixo, com tubo vertical e horizontal . . . 183
81 Exemplos de aplicações de inclinômetros em taludes, barragens e estacas . . . 184
82 Exemplo de Inclinômetro . . . 184
83 Strain Gauge ou Extensômetro Elétrico de Corda Vibrante em Uma Barra de Aço. . . . 185
84 Funcionamento do Piezômetro Casagrande . . . 187
85 Esquema de um Piezômetro de Corda Vibrante . . . 188
86 Pluviômetro. . . . 189
87 Arranjo instrumentos a serem instalados . . . 192
88 Disposição Equipamentos Aterro Solo Mole . . . 194

89 Sarjeta Triangular de Concreto (STC 80-15) . . . 201
90 Comprimento crítico da STC 80-15 . . . 202
91 Valeta de proteção de corte – VPCC 120-30 . . . 202
92 Comprimento crítico – Valeta de proteção de corte (VPCC 120-30) . . . 203
93 Comprimento crítico da STC 80-15 (banquetas) . . . 204
94 Descida d'água de corte em degraus – DCD 60-30 . . . 205
95 Dissipador de energia adaptável às sarjetas e valetas (DES) . . . 206
96 Dissipador de energia adaptável às descidas d'água (DED) . . . 206

LISTA DE TABELAS

1 Características dos tipos morfológicos identificados 36

2 Locação das sondagens a trado 48
3 Resumo das sondagens a trado executadas 49
4 Peso específico e umidade ótima dos furos de sondagem 50
5 Expansão e ISC final dos furos de sondagem 51
6 Limite de liquidez dos furos de sondagem 51
7 Limite de plasticidade dos furos de sondagem 52
8 Resultado dos ensaios de análise granulométrica 53
9 Locação das sondagens a percussão 54
10 Profundidade de paralisação e cota do nível d'agua 55

11 Resumo mensal da precipitação e dias de chuva 62
12 Chuva média mensal na estação GARUVA (2648027) 67
13 Dados de precipitação 69
14 Tabela de valores de "K"calculados segundo a Lei de Gumbel 70
15 Altura pluviométrica esperada para cada TR 71
16 Distribuição estatística das isozonas em função de cada TR 73
17 Duração x Tempo de Recorrência 73
18 Intensidade de precipitação para diferentes tempos de retorno e duração 75
19 Parâmetros para equação ajustada 77
20 Valores das curvas I-D-F 79
21 Resumo da delimitação das bacias hidrográficas 82
22 Cálculo da área mínima 89
23 Vazão de projeto (m^3/s) das bacias hidrográficas pelo método racional 90

24 Projeção do tráfego normal do trecho projetado 94
25 Cálculo do raio mínimo 100
26 Raios mínimos e comprimentos mínimos dos arcos de circunferência 100
27 Raios mínimos de curvas circulares para a dispensa de curvas de transição 101
28 Valor mínimo do comprimento da curva de transição 102
29 Raios calculados para o projeto 102
30 Inclinação longitudinal máxima 105
31 Raios mínimos de curvas verticais e distâncias de visibilidade 106
32 Raios mínimos recomendados para baixadas 106
33 Dados das curvas 107

34 Valores de inclinação transversal . . . 111
35 Valores limites do gradiente de inclinação longitudinal . . . 113
36 Cálculo do gradiente longitudinal . . . 114
37 Raios utilizados no projeto . . . 114
38 Valores de superlargura . . . 116

39 Subtrechos Homogêneos - Análise de Estabilidade . . . 125
40 Parâmetros adotados para as análises das seções de corte . . . 127
41 Subtrechos Homogêneos - Análise de Estabilidade . . . 128
42 Localização e características dos DHP – Subtrecho homogêneo 1 . . . 131
43 Síntese dos fatores de segurança obtidos para os taludes de corte . . . 133
44 Segmentos com previsão de contenção – Subtrecho Homogêneo 3 . . . 134
45 Relações semi-empíricas para a obtenção de q_s com base em N_{SPT} . . . 136
46 Subtrechos Homogêneos - Taludes em Aterro . . . 142
47 Síntese dos fatores de segurança obtidos para os taludes de aterro . . . 146
48 Subtrechos Homogêneos - Aterros sobre Solo Mole . . . 146
49 Parâmetros Geotécnicos de Entrada – Subtrecho Homogêneo 2 (KM 8+920) . . . 150
50 Resumo do Cálculo de Recalques – Subtrecho Homogêneo 2 (KM 8+920) . . . 151
51 Análise Temporal do Recalque Primário – Subtrecho Homogêneo 2 (KM 8+920) . . . 151
52 Parâmetros Geotécnicos de Entrada – Subtrecho Homogêneo 6 (KM 10+180) . . . 152
53 Resumo do Cálculo de Recalques – Subtrecho Homogêneo 6 (KM 10+180) . . . 153
54 Análise Temporal do Recalque Primário - Subtrecho Homogêneo 6 (KM 10+180) . . . 153
55 Parâmetros de Entrada - Dimensionamento dos Geodrenos . . . 155
56 Resultados - Dimensionamento dos Geodrenos . . . 155
57 Memória de Cálculo – Quantitativos de Geodreno . . . 157

58 Espessura da camada vegetal por sondagem . . . 160
59 Serviços de destocamento e remoção de árvores . . . 160
60 Subtrechos, sondagens e características . . . 162
61 Resumo dos volumes . . . 165
62 Faixas de DMT e volumes por categoria . . . 169
63 Faixas de DMT e volumes por categoria . . . 170
64 Resumo de terraplenagem . . . 170

65 Simbologia e siglas de instrumentos geotécnicos . . . 191
66 Frequência de medições de instrumentos geotécnicos . . . 192
67 Instrumentação geotécnica mínima recomendada para Classe II . . . 194
68 Instrumentos de Monitoramento e Quantidades Sugeridas . . . 194

69 Memória de Cálculo – Quantitativos de Drenagem Superficial . . . 207

70 Composições e quantitativos utilizados na estimativa de custos . . . 210

71 Composição própria - Grampos 212
72 Composição própria - Carga, manobra e descarga de camada vegetal 214
73 Resumo da estimativa de custos diretors 215

LISTA DE QUADROS

1 Resumo das jazidas de solo . . . 45
2 Resumo das jazidas de cascalho . . . 45
3 Resumo das jazidas de areia . . . 46
4 Estações e características das localidades analisadas . . . 60
5 Informações da estação Garuva . . . 61
6 Tempo de Recorrência . . . 83
7 Coeficiente K em função das características da bacia . . . 84
8 Coeficiente de Runoff em áreas suburbanas e rurais . . . 85
9 Coeficiente de Runoff em áreas urbanas . . . 86
10 Coeficiente de *Runoff* em áreas urbanas por tipo de superfície . . . 86
11 Cálculo das vazões segundo a área das bacias . . . 87
12 Campo de aplicação da DCE . . . 92
13 Classificação das estradas e suas características técnicas e operacionais . . . 96
14 Classificação das estradas e suas características técnicas e operacionais . . . 110
15 Eixos de giro da pista de trânsito . . . 112
16 Valores de (G_L) em função da largura da pista de rolamento em tangente (L_B) . . . 115
17 Dimensões mínimas para retornos em "U" . . . 120
18 Curvas compostas tricentradas para projeto de retornos . . . 120
19 Orientação de medidas da pista do retorno . . . 121
20 Comprimento das faixas de desaceleração . . . 121
21 Comprimento das faixas de aceleração . . . 122
22 Fatores de segurança propostos pela NBR 11682:2009 . . . 125
23 Método de cálculo para definição dos parâmetros geotécnicos . . . 126
24 Classificação do material em função do ISC . . . 161
25 Fatores médios de conversão de volumes para diversos tipos de solos . . . 163
26 Fatores de empolamento e expansão . . . 164
27 Quantidades adicionais . . . 171

SUMÁRIO

1 Introdução **22**

1.1 Introdução . . . 23

1.2 Objetivos . . . 23

1.2.1 Objetivo Geral . . . 23

1.2.2 Objetivos Específicos . . . 23

1.3 Método . . . 24

2 Características do Empreendimento **26**

2.1 Contextualização do projeto . . . 27

2.2 Relevância Econômica do Porto de Itapoá . . . 27

2.2.1 Desempenho operacional . . . 27

2.2.2 Investimentos estratégicos e projeção de crescimento . . . 28

2.2.3 Acidentes na região . . . 28

2.2.4 Justificativa do projeto . . . 29

2.3 Mapa de Situação e Localização . . . 30

3 Estudo Geológico **32**

3.1 Introdução . . . 33

3.2 Método - Estudo Geológico . . . 33

3.3 Geomorfologia . . . 34

3.3.1 Unidades Geomorfológicas . . . 34

3.3.2 Tipos Morfológicos . . . 35

3.4 Geologia Regional . . . 37

3.5 Geologia Local . . . 38

3.6 Pedologia . . . 40

3.6.1 Caracterização dos Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos (PVAd) . . . 42

3.6.2 Implicações para o Projeto de Duplicação . . . 42

3.7 Fontes de Materiais de Construção . . . 43

3.7.1 Jazidas de Solo . . . 44

3.7.2 Jazidas de Cascalho . . . 45

3.7.3 Areias . . . 45

4 Estudo Geotécnico **47**

4.1 Introdução . . . 48

4.2 Sondagens a trado . . . 48

4.3 Ensaio de compactação - Proctor Normal (PN) . . . 49

4.4 Ensaio de ISC . . . 50
4.5 Ensaio do limite de liquidez . . . 51
4.6 Ensaio do limite de plasticidade . . . 52
4.7 Ensaio de análise granulométrica . . . 52
4.8 Sondagens à percussão (SPT) . . . 53
4.8.1 Interpretação dos perfis de sondagem . . . 55

5 Estudo Hidrológico 57
5.1 Introdução . . . 58
5.2 Coleta de dados pluviométricos . . . 58
5.3 Caracterização física e climática do local . . . 62
5.3.1 Classificação climática de Köppen-Geiger . . . 62
5.3.2 Temperatura média anual . . . 63
5.3.3 Precipitação média anual . . . 64
5.4 Processamento de dados pluviométricos . . . 65
5.4.1 Variação pluviométrica . . . 65
5.4.2 Determinação da curva Precipitação x Duração . . . 68
5.4.3 Determinação das curvas de Intensidade – Duração – Frequência . . . 74
5.5 Delimitação das bacias hidrográficas . . . 79
5.5.1 Considerações gerais . . . 79
5.5.2 Coleta de dados altimétricos . . . 79
5.5.3 Delimitação e fontes complementares . . . 80
5.5.4 Resultados . . . 81
5.6 Determinação das vazões das bacias hidrográficas . . . 82
5.6.1 Período de recorrência . . . 83
5.6.2 Tempo de concentração . . . 83
5.6.3 Coeficiente de deflúvio . . . 84
5.6.4 Declividade média e efetiva . . . 87
5.6.5 Métodos de dimensionamento . . . 87

6 Projeto Geométrico 91
6.1 Introdução . . . 92
6.2 Caracterização da área . . . 92
6.3 Veículo de projeto . . . 93
6.4 Projeto do alinhamento horizontal . . . 95
6.4.1 Definições elementos de projeto . . . 97
6.4.2 Parâmetros utilizados . . . 97
6.4.3 Desenvolvimento do alinhamento horizontal . . . 102
6.5 Projeto do alinhamento vertical . . . 103
6.5.1 Definições elementos de projetos . . . 103
6.5.2 Parâmetros utilizados inclinação longitudinal . . . 104

6.5.3 Parâmetros utilizados em curvas verticais . . . 105
6.5.4 Desenvolvimento do alinhamento vertical . . . 106
6.6 Seção transversal . . . 107
6.6.1 Elementos da seção transversal . . . 107
6.6.2 Definição da seção transversal . . . 108
6.7 Superelevação e superlargura . . . 109
6.7.1 Inclinação transversal na tangente . . . 109
6.7.2 Superelevação . . . 110
6.7.3 Transição da superelevação . . . 112
6.7.4 Superlargura . . . 114
6.8 Travessia urbana . . . 116
6.9 Implantação do retorno . . . 117
6.9.1 Parâmetros do retorno . . . 119

7 Projeto Geotécnico 123
7.1 Introdução . . . 124
7.2 Análises de estabilidade . . . 124
7.2.1 Seções de análise . . . 125
7.2.2 Parâmetros Geotécnicos . . . 126
7.2.3 Metodologia de Análise . . . 127
7.3 Análise de Estabilidade dos Taludes em corte . . . 128
7.3.1 Análise de Estabilidade: Seção km 7 + 220,00 . . . 129
7.3.2 Análise de Estabilidade: Seção km 9 + 260,00 . . . 131
7.3.3 Análise de Estabilidade: Seção km 10 + 020,00 . . . 132
7.3.4 Análise de Estabilidade: Seção km 10 + 340,00 . . . 133
7.4 Projeto de Contenção . . . 133
7.5 Solo Grampeado . . . 135
7.5.1 Propriedade dos grampos . . . 136
7.5.2 Verificação interna . . . 137
7.5.3 Geometria e resultados obtidos . . . 141
7.6 Análise de Estabilidade dos Taludes em Aterro . . . 142
7.6.1 Análise de Estabilidade: Seção km 7 + 080,00 . . . 143
7.6.2 Análise de Estabilidade: Seção km 8 + 920,00 . . . 143
7.6.3 Análise de Estabilidade: Seção km 9 + 040,00 . . . 143
7.6.4 Análise de Estabilidade: Seção km 9 + 660,00 . . . 144
7.6.5 Análise de Estabilidade: Seção km 10 + 140,00 . . . 144
7.6.6 Análise de Estabilidade: Seção km 10 + 180,00 . . . 145
7.7 Fundação dos Aterros . . . 146
7.7.1 Adensamento do solo . . . 147
7.7.2 Metodologia para Estimativa dos Recalques . . . 147
7.7.3 Considerações Gerais . . . 149

7.7.4 Quantidades da solução adotada . . . 157

8 Projeto de Terraplenagem 158

8.1 Projeto de Terraplenagem . . . 159
8.2 Método . . . 159
8.3 Serviços preliminares . . . 159
8.4 Classificação dos materiais . . . 161
8.4.1 Características físicas dos materiais adotados . . . 161
8.5 Calculo do volume do material . . . 162
8.5.1 Fator de homogeneização . . . 162
8.5.2 Fator de empolamento . . . 163
8.5.3 Metodologia de cálculo . . . 164
8.6 Diagrama de Brückner e distribuição dos materiais . . . 165
8.6.1 Distância Média de Transporte (DMT) . . . 169
8.7 Levantamento dos quatitativos e quantidades adicionais . . . 170

9 Projeto de Monitoramento 172

9.1 Introdução à Instrumentação Geotécnica . . . 173
9.1.1 Histórico da Instrumentação . . . 174
9.1.2 Limites de Controle . . . 175
9.2 Instrumentos Mais Populares . . . 176
9.2.1 Instrumentos para Medição de Deslocamentos Verticais (Recalques) . . . 176
9.2.2 Instrumentos para Medição de Deslocamentos Horizontais . . . 181
9.2.3 Instrumentos para Medição de Tensão e Deformação . . . 184
9.2.4 Instrumentos de Medição de Pressão e Pluviometria . . . 185
9.3 Instrumentação em Contenção de Solo Grampeado . . . 190
9.3.1 Parâmetros de Monitoramento . . . 190
9.3.2 Limites de Controle . . . 190
9.4 Soluções Adotadas . . . 190
9.5 Sugestão de instrumentação em Aterro de Solo Mole . . . 192
9.5.1 Arranjo dos equipamentos . . . 194
9.5.2 Frequência de leitura . . . 195
9.6 **Análise de Desempenho e Critérios de Segurança Geotécnica Baseados em Dados de Campo** . . . 195
9.6.1 Análise por Distorções e Velocidade de Distorção (Vd) . . . 195
9.6.2 Método dos Volumes Deslocados . . . 195
9.6.3 Relações de Deslocamento e Estabilidade Geotécnica . . . 196
9.6.4 Retroanálise e Ajuste de Parâmetros . . . 196
9.7 Desafios e Implicações do Monitoramento Geotécnico . . . 197

10 Projeto de Drenagem **198**
10.1 Projeto de Drenagem . . . 199
10.2 Metodologia . . . 199
10.2.1 Dimensionamento Drenagem Superficial . . . 199
10.3 Dispositivos Utilizados . . . 201
10.3.1 Sarjeta Triangular de Concreto . . . 201
10.3.2 Valeta de Proteção de Corte . . . 202
10.3.3 Sarjeta de Banqueta . . . 203
10.3.4 Descidas d'Água de Corte em Degraus . . . 204
10.3.5 Dissipadores de Energia . . . 205
10.4 Levantamento dos Quantitativos . . . 207

11 Estimativa de custos **208**
11.1 Metodologia . . . 209
11.2 Quadro de Quantidades . . . 209
11.3 Composições próprias . . . 211
11.3.1 Projeto Geotécnico - Solo Grampeado . . . 211
11.3.2 Projeto de Terraplenagem . . . 213
11.4 Síntese da Estimativa de Custos . . . 215

Referências **217**

APÊNDICES **224**

A Mapa de situação **224**

B Mapa de localização **226**

C Mapa Geológico **228**

D Mapa Pedológico **230**

E Mapa Geomorfológico **232**

F Croqui de localização de jazidas **235**

G Locação de sondagens **245**

H Perfil Geotécnico **250**

I Solo Grampeado **252**

J Mapa de delimitação das Bacias Hidrográficas **254**

K Quadro de características técnicas **256**

L Perfil geral 258

M Planta e perfil - Linha Geral 260

N Planta e perfil - Interseção 269

O Seção transversal tipo 272

P Projeto de Terraplenagem 274

ANEXOS 284

A Boletins de sondagem a percussão 284

B Boletins de sondagem a trado 291

C Ensaios laboratoriais 300

D Estudo de tráfego 341

Capítulo 1

Introdução

1.1 Introdução

O presente documento apresenta os resultados do Projeto Integrador II, um exercício acadêmico que tem por objetivo simular as condições e os desafios de um projeto de engenharia em contexto profissional. Para a realização deste trabalho, foi constituída a **AGRI Engenharia**, empresa de consultoria fictícia composta pelos autores, responsável pela concepção técnica e pelo gerenciamento de todas as etapas do projeto aqui descrito.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O escopo central deste trabalho consiste na elaboração dos Estudos e Projetos de Engenharia, em nível de Projeto Básico, para a duplicação de um segmento de aproximadamente 5,07 km da Rodovia SC-417, compreendido entre a interseção com a SC-416 (Km 5+480) e o acesso ao Contorno Sul de Garuva (Km 10+547,85).

1.2.2 Objetivos Específicos

A partir disso, o trabalho compreendeu a elaboração dos seguintes estudos e projetos de engenharia:

- **Estudo Geológico:** Busca caracterizar o meio físico da área de intervenção, analisando a geomorfologia, as formações geológicas e os tipos de solo (pedologia) presentes no traçado, bem como identificar as fontes de materiais de construção (jazidas) na região.
- **Estudo Geotécnico:** Determinar as características físicas e de resistência dos solos de fundação dos aterros e dos materiais presentes nos cortes. Isso é feito por meio de investigações geotécnicas, como sondagens a trado e à percussão (SPT), e ensaios laboratoriais, fornecendo subsídios para as análises de estabilidade.
- **Estudo Hidrológico:** Caracterizar o regime de chuvas da região e determinar as vazões de projeto. Isso envolve o processamento de dados pluviométricos, a definição das curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) e a delimitação das bacias hidrográficas que interceptam o traçado.
- **Projeto Geométrico:** Definir o traçado tridimensional da via, estabelecendo os alinhamentos horizontal e vertical, a seção transversal tipo e os parâmetros de superelevação e superlargura. O projeto visa assegurar condições de segurança, conforto e eficiência ao fluxo de tráfego, de acordo com a velocidade de projeto.
- **Projeto Geotécnico:** Tem como objetivo analisar a estabilidade dos taludes de corte e aterro e o comportamento das fundações de aterros, especialmente sobre solos moles. Com base nessas análises, o projeto define as soluções de engenharia (como contenções e melhorias de solo) necessárias para garantir a segurança e a funcionalidade da obra.
- **Projeto de Monitoramento:** Prever a instalação de instrumentos geotécnicos (como inclinômetros, piezômetros e marcos superficiais). Este projeto visa realizar o acompanhamento do desempenho das estruturas de contenção e dos aterros, permitindo a verificação das hipóteses de cálculo e a detecção prévia de instabilidades.

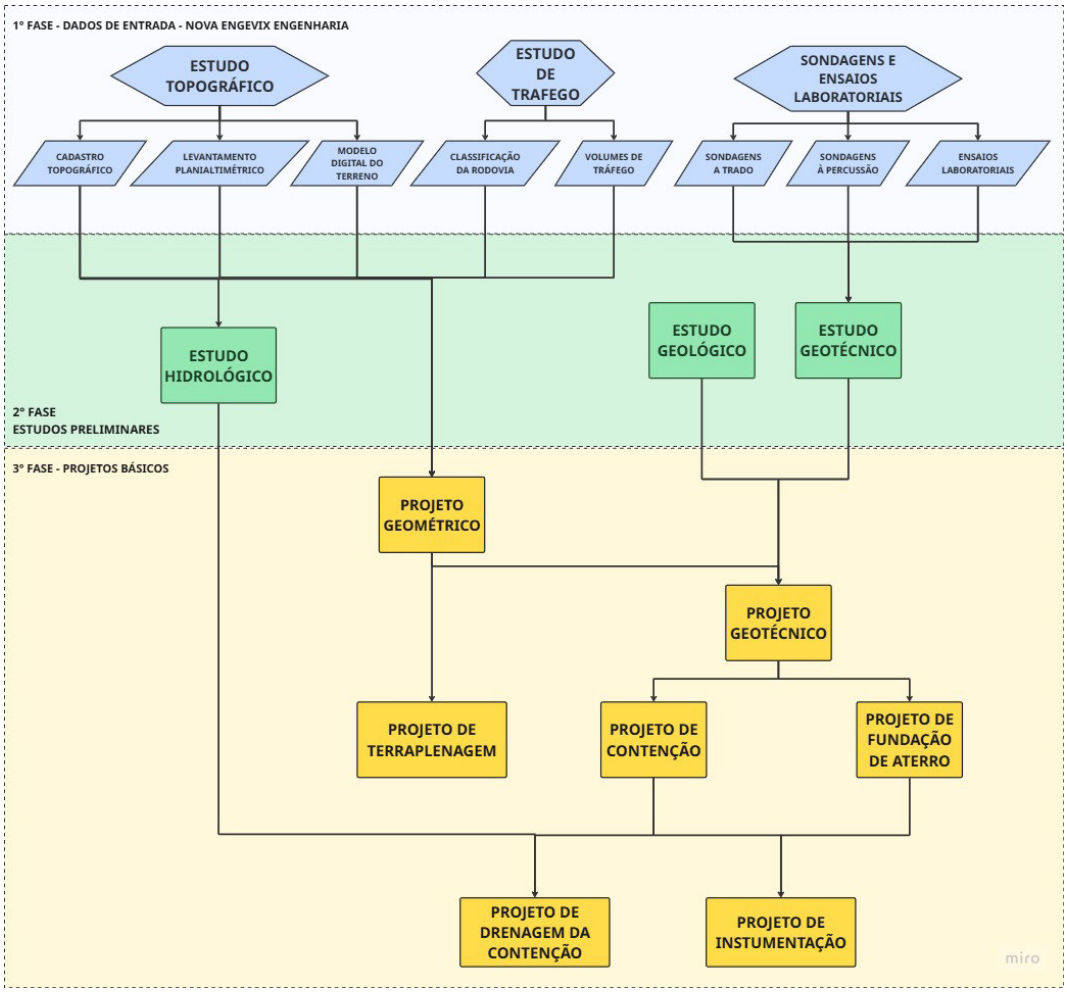
- **Projeto de Terraplanagem:** Quantificar os volumes de corte e aterro e gerenciar a movimentação de materiais. O projeto utiliza o diagrama de Brückner para otimizar a distribuição de massas, definindo as distâncias médias de transporte (DMT) e a necessidade de caixas de empréstimo ou bota-fora.
- **Projeto de Drenagem:** Dimensionar os dispositivos de drenagem superficial (como sarjetas, valetas de proteção e descidas d'água). Este projeto visa captar e conduzir as águas pluviais de forma controlada, protegendo os taludes contra processos erosivos.
- **Orçamento:** Consolidar os quantitativos de serviços e materiais levantados em cada projeto para compor a planilha orçamentária, fornecendo uma estimativa de custo para a execução das soluções propostas.

1.3 Método

O ponto de partida para a elaboração deste anteprojeto foi a disponibilização de dados técnicos essenciais pela empresa **Nova Engevix Engenharia**, oriundos de projetos anteriores desenvolvidos na região de estudo. Esses dados compreenderam o levantamento cadastral e planialtimétrico, utilizado para o detalhamento das condições do terreno natural e do uso e ocupação do solo, o estudo de tráfego, que forneceu os volumes de tráfego necessários para as análises de engenharia e também os relatórios das investigações geotécnicas, incluindo os resultados de sondagens a percussão (SPT), sondagens a trado e ensaios laboratoriais de caracterização dos solos.

A Figura 1 ilustra a sequência lógica, a interdependência e o fluxograma de trabalho adotado no projeto, detalhando como os dados de entrada foram utilizados para fundamentar o desenvolvimento dos estudos e projetos.

Figura 1: Fluxograma de trabalho do projeto integrador



Para a elaboração de todos os estudos e projetos, adotaram-se como diretriz principal as Instruções de Serviço da Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade de Santa Catarina (SIE-SC). Nos casos de omissão ou ausência de especificação nessas diretrizes, foram consultados os manuais e instruções de serviço do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e, de forma complementar, a literatura técnica especializada.

Capítulo 2

Características do Empreendimento

2.1 Contextualização do projeto

Este capítulo estabelece a relevância e a justificativa para o projeto de ampliação de capacidade da SC-417 que integra o corredor logístico da região norte de Santa Catarina, juntamente com a rodovia SC-416.

A análise demonstra a interdependência estratégica entre a infraestrutura rodoviária e o Porto de Itapoá, um ativo de crescente importância para a economia de Santa Catarina e do Brasil. A justificativa do projeto fundamenta-se no paradoxo existente: de um lado, um complexo portuário em franca expansão, com investimentos maciços e recordes operacionais; de outro, uma infraestrutura de acesso terrestre em estado crítico, que representa um gargalo para o crescimento, um risco para a segurança dos usuários e um entrave à competitividade regional.

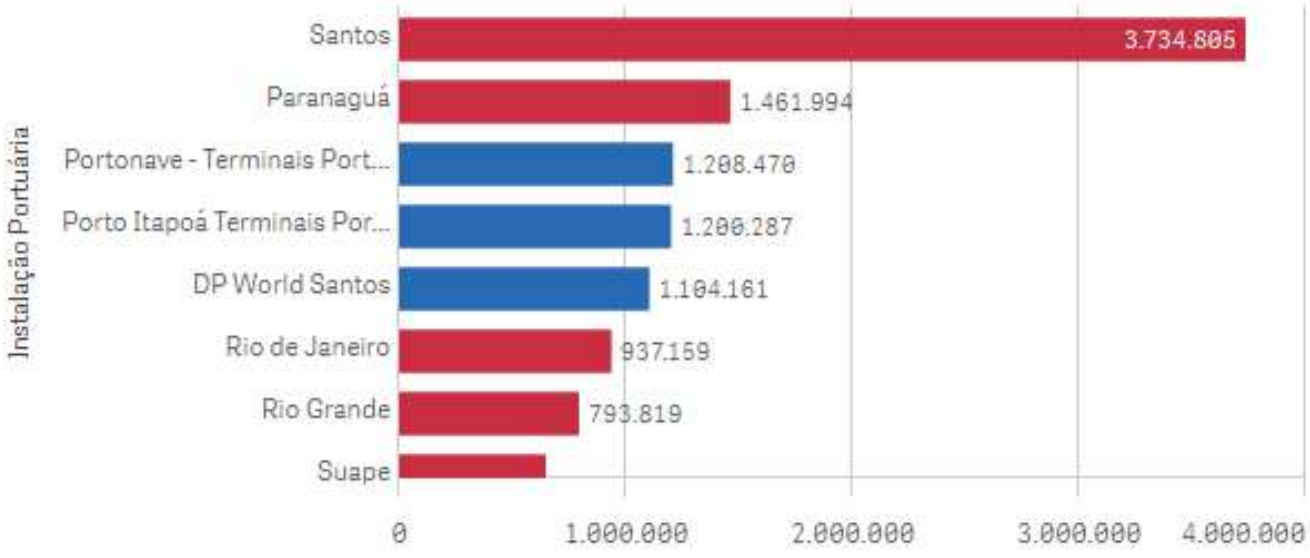
2.2 Relevância Econômica do Porto de Itapoá

O Porto de Itapoá transcendeu sua função logística para se tornar um pilar do desenvolvimento econômico regional, impulsionando o comércio exterior, gerando milhares de empregos e atraindo investimentos estratégicos que o posicionam em um novo patamar de competitividade. Melhorar seu acesso é de extrema importância para suportar esse crescimento da região a longo prazo.

2.2.1 Desempenho operacional

O desempenho operacional do Porto de Itapoá o posiciona como uma das principais instalações portuárias do Brasil. Em 2024, o terminal totalizou 1,2 milhão de TEUs (*Twenty-foot Equivalent Unit*) movimentados, sendo o 4° colocado no ranking (Figura 2).

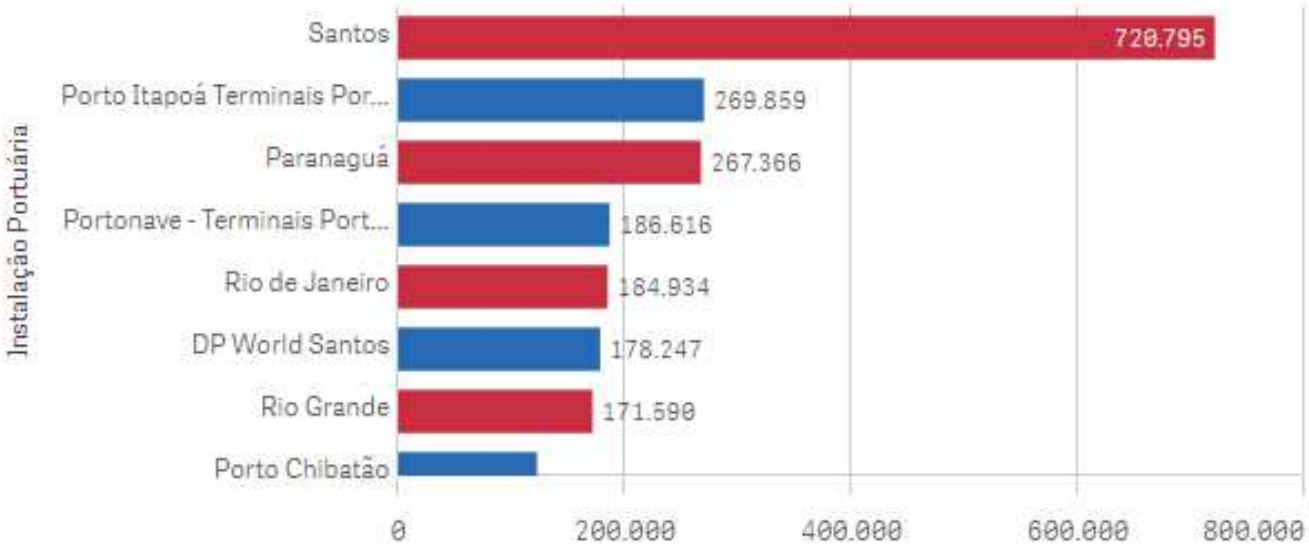
Figura 2: Histórico de movimentações de contêineres no Brasil em 2024



Fonte: Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2025)

Essa trajetória de ascensão se consolidou em 2025, quando o terminal alcançou a posição de segunda maior instalação do país em movimentação de contêineres, conforme dados do primeiro quadrimestre (Figura 3).

Figura 3: Movimentações de containers no Brasil no 1° quadrimestre de 2025



Fonte: Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2025)

Além disso, ressalta-se que o impacto socioeconômico é direto, com a geração de 7.500 empregos diretos e indiretos (BRASIL, 2024), fator determinante para o desenvolvimento do município de Itapoá, que em 2021, alcançou a marca do maior produto interno bruto (PIB) per capita do Brasil (IBGE, 2021).

2.2.2 Investimentos estratégicos e projeção de crescimento

Aliada aos resultados positivos dos últimos anos, a projeção de crescimento é reforçada por investimentos estratégicos que visam antecipar as demandas do comércio global. O projeto mais significativo, divulgado pela Secretária de Portos, Aeroportos e Ferrovias do Estado de Santa Catarina (SPAF, 2025), é a dragagem de aprofundamento do canal de acesso da Baía da Babitonga, uma Parceria Público-Privada (PPP) com um investimento de R$ 300 milhões. Essa obra permitirá a atracação de navios de até 366 metros, o que eleva a capacidade de carga das embarcações de 10 mil para 16 mil TEUs.

A SPAF (2025) estima que a modernização do acesso marítimo possa gerar um acréscimo de até 130 mil contêineres movimentados por mês. Esta projeção de aumento exponencial no volume de cargas evidencia que a capacidade da infraestrutura terrestre se tornará um fator ainda mais crítico, o que justifica a urgência de sua adequação.

2.2.3 Acidentes na região

A duplicação do referido trecho da SC-417 em Garuva próximo ao porto de Itapoá trará importantes benefícios para a segurança viária, sobretudo na redução de acidentes graves e fatais. Atualmente, a rodovia registra acidentes frequentes, muitos envolvendo veículos de carga pesada, automóveis de passeio e até pedestres, resultando em fatalidades e grandes transtornos no trânsito.

No município de Garuva são registrados, em média, 450 acidentes por ano (DETRAN/SC, 2025). A Figura 4 apresenta os acidentes ocorridos apenas em 2024, no trecho de estudo estão representados através de um mapa de calor.

Figura 4: Acidentes no trecho durante 2024



Fonte: DETRAN/SC (2025)

Os estudos e projetos desenvolvidos no presente trabalho buscam proporcionar uma melhoria substancial na segurança e funcionalidade da rodovia, com foco nos seguintes benefícios:

- Separação dos fluxos de tráfego em pistas distintas, o que reduz consideravelmente o risco de colisões frontais e acidentes graves típicos de pistas simples.
- Construção de passagens elevadas que eliminam pontos de conflito, facilitando o trânsito seguro para veículos leves, pesados e pedestres.
- Implantação de dispositivos de controle e redução de velocidade, sinalização adequada, drenagem eficiente, e áreas de escape, que juntos aumentam a capacidade de resposta e segurança dos usuários.

2.2.4 Justificativa do projeto

A duplicação desse trecho da Rodovia SC-417 é justificada tendo em vista que a eficiência e o potencial de crescimento do Porto de Itapoá são diretamente limitados pela qualidade de seu acesso terrestre, onde o trecho estudado desempenha um papel central. A permanência das condições atuais da rodovia representa um risco inaceitável à segurança dos usuários e um freio ao desenvolvimento econômico, limitando o retorno sobre os vultosos investimentos realizados no complexo portuário. Portanto, o projeto não se caracteriza como uma mera obra de manutenção, mas como um investimento estratégico essencial para:

- Garantir a segurança e a integridade física dos milhares de motoristas que trafegam diariamente pela rodovia;

- Destravar o pleno potencial econômico do Porto de Itapoá, permitindo que o aumento da movimentação de cargas se traduza em maior competitividade para a indústria catarinense e brasileira;
- Assegurar a eficiência e a resiliência de um dos mais importantes corredores logísticos do Sul do Brasil, solidificando a posição de Santa Catarina como um polo de excelência no comércio exterior.

2.3 Mapa de Situação e Localização

Os mapas de situação e de localização apresentados neste trabalho têm o objetivo de contextualizar espacialmente a área de intervenção do projeto. O Mapa de Situação (Figura 5) fornece uma visão macro da posição do trecho da Rodovia SC-417 no contexto do estado de Santa Catarina.

Figura 5: Mapa de Situação

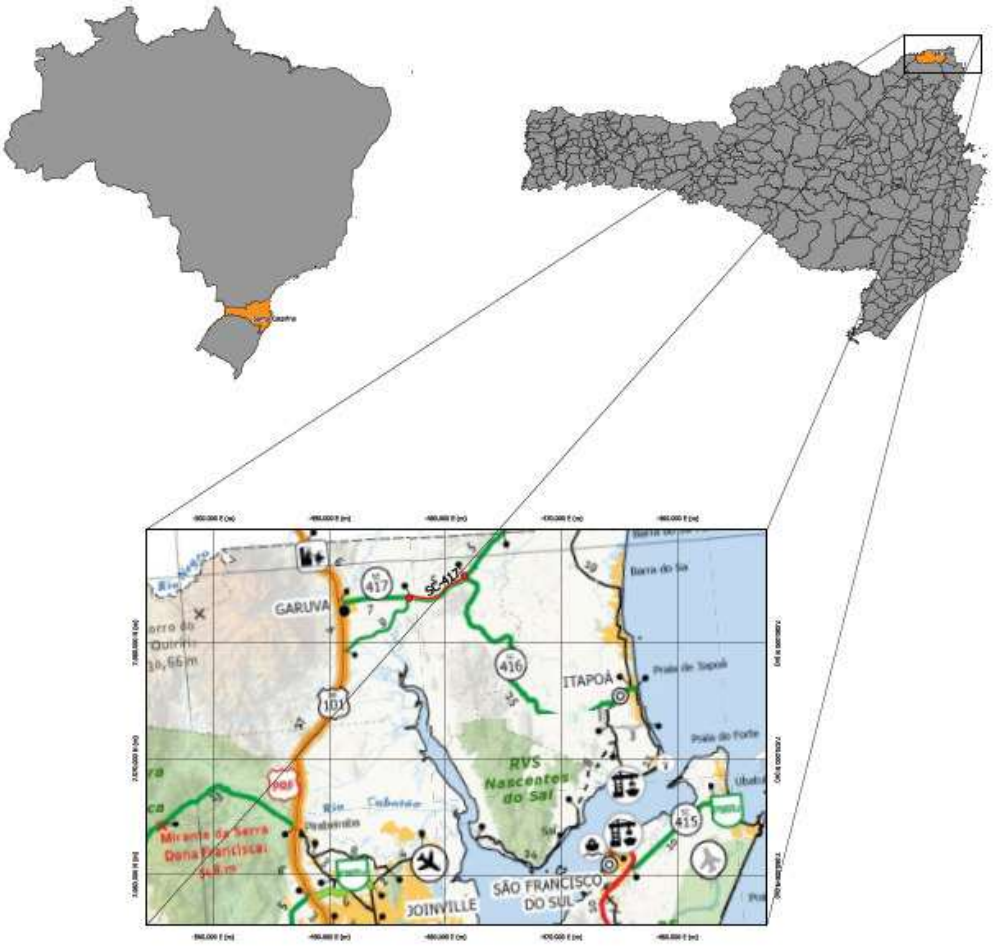
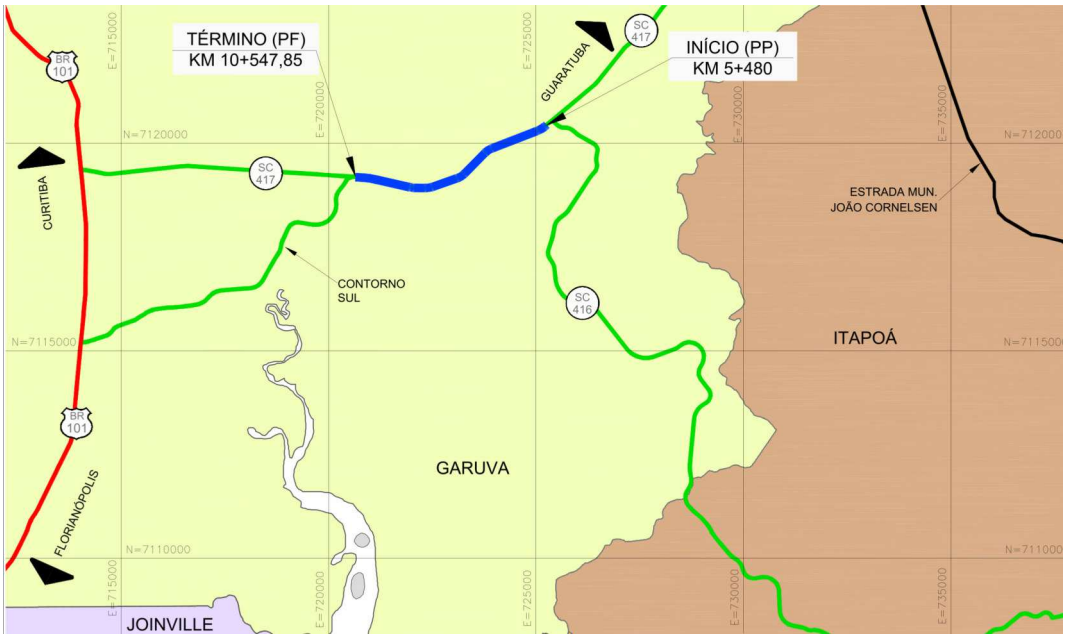


Figura 6: Mapa de Localização



O Mapa de Localização (Figura 6) detalha a área específica de estudo, indicando o trecho da rodovia contemplado pela proposta de duplicação e sua proximidade com o Porto de Itapoá. Ambos os mapas podem ser consultados integralmente nos respectivos Apêndices A e B, onde são apresentados com maior escala e nível de detalhamento.

Capítulo 3

Estudo Geológico

3.1 Introdução

O mapeamento das características do meio físico foi realizado por meio da compilação e tratamento de dados cartográficos oficiais. Foram utilizadas as bases de dados geoespaciais fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023) para a caracterização geológica e pedológica, e pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) (2024) para a análise geomorfológica.

As características geológicas deste trecho apresentam particularidades importantes para o dimensionamento adequado das estruturas viárias, especialmente considerando as variações litológicas presentes e seu comportamento frente às solicitações mecânicas impostas pela duplicação.

Com base na caracterização geológica e pedológica regional, foram identificados e catalogados os aspectos geológico-geotécnicos relevantes que possam exercer influência significativa na avaliação da viabilidade técnica da intervenção proposta.

Os procedimentos metodológicos e as investigações relativas ao trecho da SC-417 que liga Garuva ao porto de Itapoá, objeto deste projeto, foram integralmente desenvolvidos em observância às diretrizes técnicas da Secretaria de Estado da Infraestrutura, adotando como referência a Instrução de Serviço **IS-04** (SIE, 2023a).

3.2 Método - Estudo Geológico

A abordagem metodológica adotada para este componente do anteprojeto fundamentou-se em um processo integrado de compilação e análise de informações, com base em pesquisa documental aprofundada e no processamento de dados geoespaciais.

O escopo investigativo incluiu o processamento de dados geológico-geotécnicos com ênfase em parâmetros fisiográficos regionais, propriedades mecânicas dos materiais constituintes e requisitos técnicos para terraplenagem do sistema rodoviário. Foram elaborados mapeamentos temáticos (geológico, pedológico e geomorfológico) que integram tanto aspectos gerais quanto elementos particulares do traçado existente, contemplando variáveis determinantes para a análise de viabilidade do empreendimento. Para a elaboração destes mapas, foram utilizados dados geoespaciais em formato shapefile (SHP) das seguintes fontes:

- **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023):** para as análises geológica e pedológica.
- **Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) (2024):** para a análise geomorfológica.

A concepção do traçado considerou a premissa de aproveitamento máximo da infraestrutura existente, com ajustes pontuais necessários para adequação aos parâmetros normativos vigentes e para contornar restrições ambientais, geotécnicas ou jurídicas identificadas por meio da análise documental e de dados.

A base documental consultada incluiu fontes bibliográficas convencionais e estudos técnicos correlatos, com destaque para o trabalho de referência de Cury (2009), que aborda os Domínios Geotectônicos das Microplacas Curitiba e Luís Alves, Terreno Paranaguá e Sul do Domínio Apiaí, contribuindo para a caracterização e compreensão da geologia regional.

Para a prospecção de áreas de empréstimo foram considerados os cadastros das jazidas no SIGMINE (Sistema de Informações Geográficas de Mineração), sistema disponibilizado pela ANM - Agência Nacional de Mineração (2025). O levantamento no SIGMINE contemplou materiais essenciais à execução da obra, com foco em areias, cascalho e saibro, provenientes de áreas de exploração licenciadas e cadastradas na ANM.

3.3 Geomorfologia

A configuração topográfica do território catarinense destaca-se no cenário nacional pela predominância de terrenos elevados, apresentando indicadores expressivos que o posicionam entre as unidades federativas com relevo mais acentuado do Brasil. Análises altimétricas revelam que aproximadamente 77% da superfície estadual encontra-se acima da cota de 300 metros, enquanto 52% ultrapassa os 600 metros de altitude em relação ao nível médio do mar.

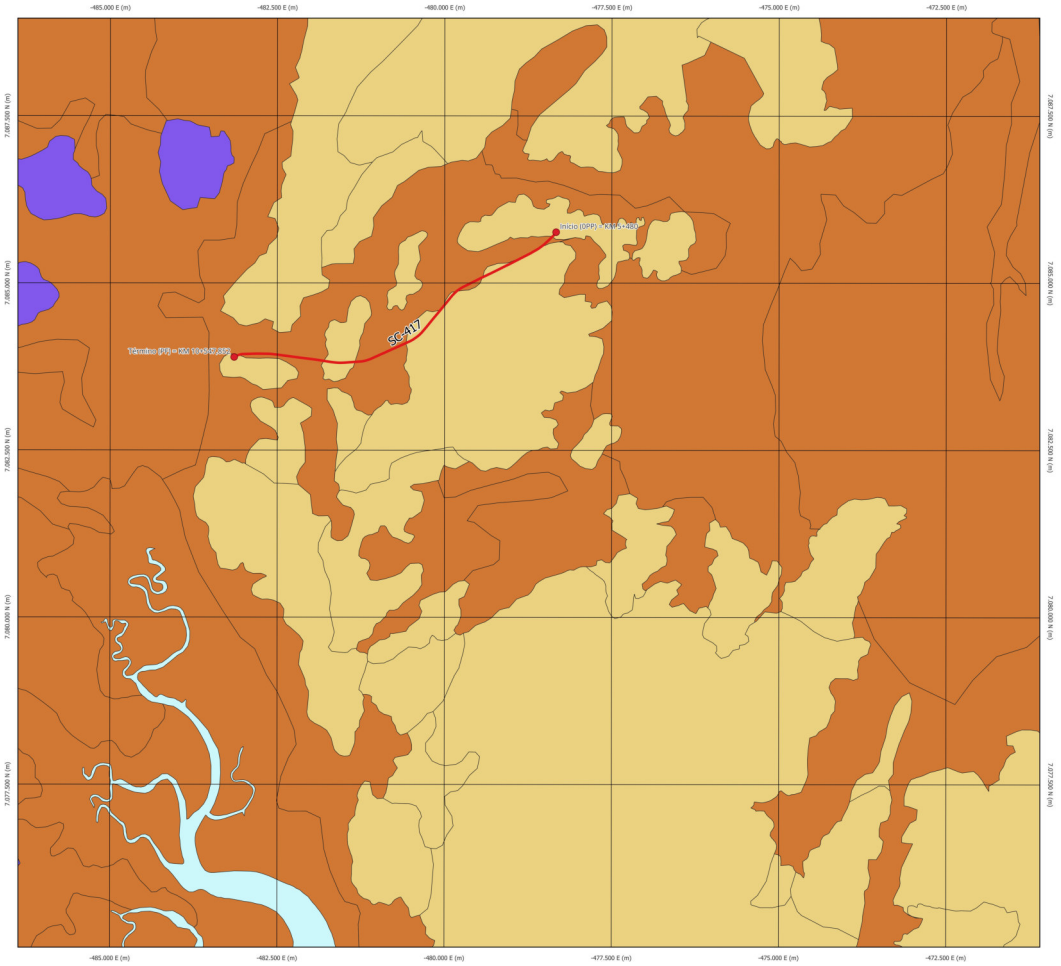
A estruturação morfológica do estado caracteriza-se pela presença de um sistema orográfico disposto predominantemente em arranjo paralelo à linha costeira, constituindo uma barreira natural que segmenta claramente o compartimento planáltico interior das planícies litorâneas.

3.3.1 Unidades Geomorfológicas

O trecho da área de estudo desenvolve-se sobre duas unidades geomorfológicas principais (Figura 7), cujas características e convenções são detalhadas na legenda apresentada na Figura 8. Estas unidades foram identificadas com base na Carta Geomorfológica do Estado de Santa Catarina (Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), 2024). O traçado inicia-se na **Serrania da Península de Itapoã** e progride em direção à **Planície Costeira Norte-Catarinense / Planícies dos rios Itajaí e Itapocu**.

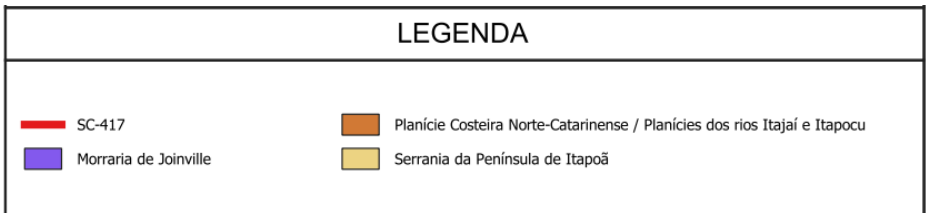
À medida que a rodovia avança em direção leste/nordeste, ingressa na unidade **Planície Costeira Norte-Catarinense / Planícies dos rios Itajaí e Itapocu**. Esta unidade predomina no segmento final da diretriz, onde a morfologia se suaviza consideravelmente. Apresenta superfícies de baixa declividade, formadas por processos de deposição sedimentar recentes (fluviais, lagunares e marinhos), caracterizando a paisagem da baixada litorânea na região.

Figura 7: Unidades geomorfológicas da área de estudo



Fonte: Adaptado de Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) (2024).

Figura 8: Legenda das unidades geomorfológicas

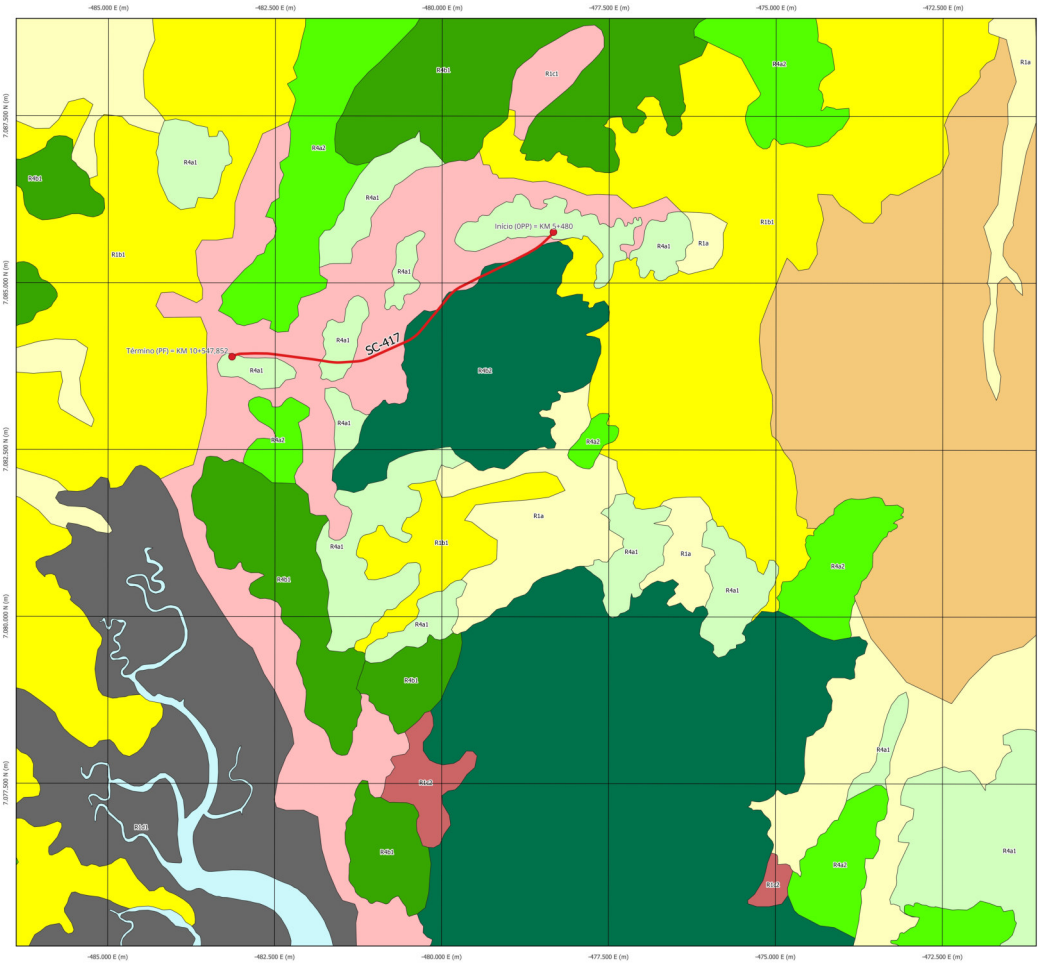


Fonte: Adaptado de Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) (2024).

3.3.2 Tipos Morfológicos

A análise dos padrões de relevo da região, baseada na Carta Geomorfológica do Estado de Santa Catarina (Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), 2024), é apresentada na Figura 9. Especificamente ao longo do traçado estudado, identificam-se três tipos morfológicos principais que são diretamente atravessados pela rodovia, além de um tipo adicional em área adjacente ao trecho inicial, cujas características são detalhadas na Tabela 1.

Figura 9: Tipos morfológicos da área de estudo



Fonte: Adaptado de Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) (2024).

Tabela 1: Características dos tipos morfológicos identificados

Padrão Relevo	Foto Ilustrativa	Características Predominantes	Amplitude (m)	Declividade Graus	Declividade %
R1b1 Terraços Fluviais		Superfícies sub-horizontais constituídas de depósitos arenosos ou areno-argilosos a argilosos, bem selecionados, situados nos flancos dos atuais fundos de vales. Consistem de superfícies bem drenadas, de relevo plano a levemente ondulado, acima do nível das cheias sazonais.	2 a 20 m	0-3°	0-5%
R1c1 Rampas de Alúvio - Colúvio		Superfícies deposicionais inclinadas constituídas por depósitos de encosta, areno-argilosos a argilo-arenosos, mal selecionados, em interdigitação com depósitos praticamente planos das planícies fluviais. Ocorrem, de forma disseminada, em meio ao domínio de mar-de-morros.	Variável	5-10°	9-18%
R4a1 Colinas		Relevo constituído de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexas ou convexo-côncavas e topos amplos, de morfologia alongada ou arredondada, com vertentes de gradiente suave e baixas amplitudes de relevo. Apresenta, em geral, baixa densidade de drenagem com padrão dendrítico.	20 a 50 m	3-10°	5-18%
R4b2 Cristas isoladas e serras baixas		Relevo constituído por serras isoladas, com vertentes retilíneas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, que se destacam topograficamente relevo circunjacente. Amplitudes de relevo e gradientes elevados (superiores a 45o) e paredões rochosos subverticais (60 a 90o).	100 a 300 m	20-45°	36-100%

Fonte: Adaptado de Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) (2024).

Do ponto de vista da implantação viária, os três tipos morfológicos que são diretamente atravessados pelo trecho em questão apresentam condições geotécnicas e construtivas distintas.

Nos trechos onde predominam as **rampas de alúvio-colúvio (R1c1)**, observam-se condições favoráveis para a implantação da rodovia, com declividades baixas a moderadas (5-10°) e deposição de materiais sedimentares que facilitam os trabalhos de terraplenagem.

Os segmentos em **colinas (R4a1)** representam condições intermediárias, com declividades moderadas (3-10°) e amplitudes de até 50 metros, o que demanda soluções de engenharia convencionais para cortes e aterros.

O maior desafio construtivo concentra-se nas áreas de **cristas isoladas e serras baixas (R4b2)**, onde as declividades acentuadas (20-45°) e amplitudes elevadas (100-300m) podem exigir obras de arte especiais, contenções e cuidados específicos com a estabilidade de taludes.

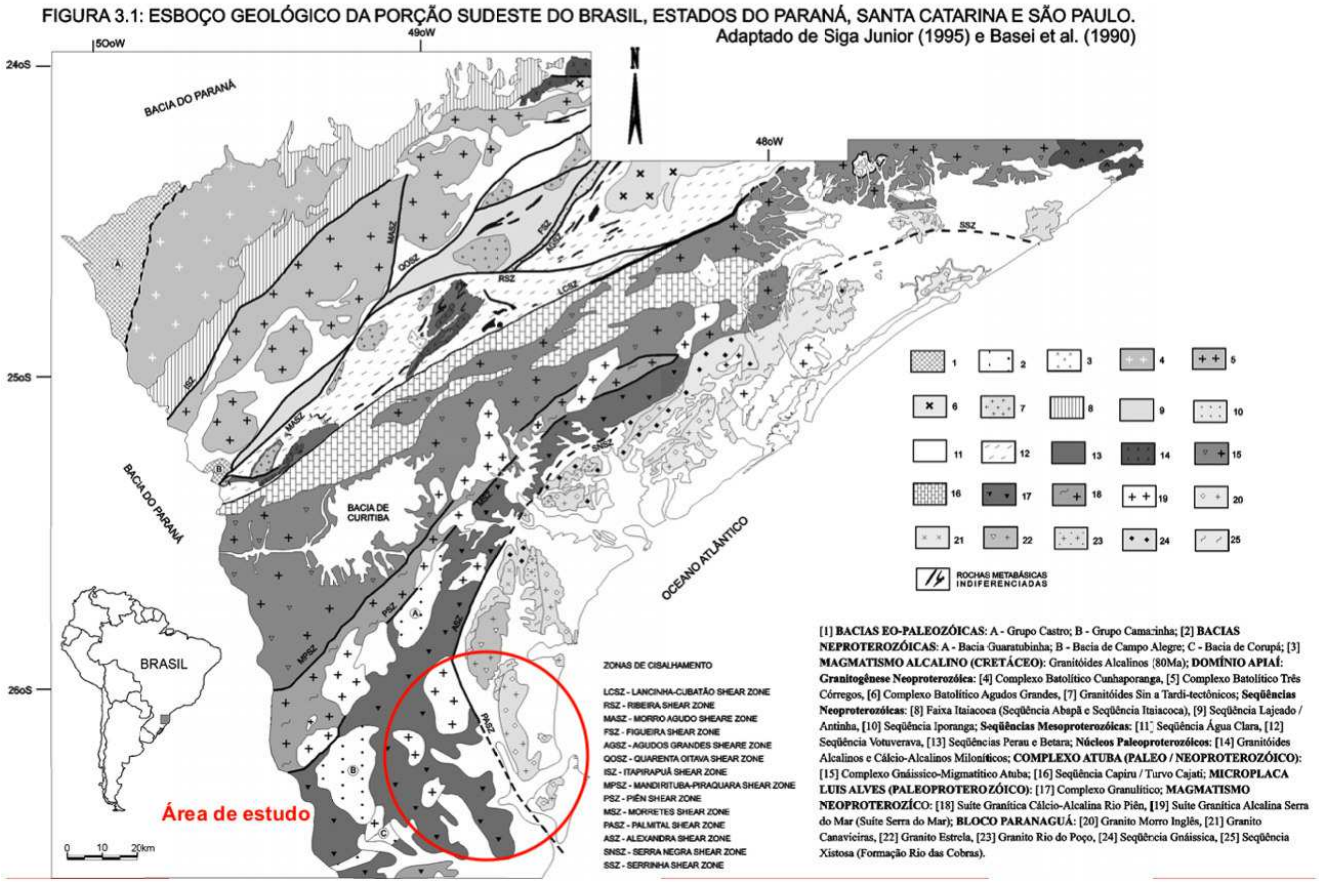
Nas proximidades do trecho inicial, encontram-se também **terraços fluviais (R1b1)**, que apresentam as condições mais favoráveis com declividades muito baixas (0-3°), constituindo áreas de referência para as melhores condições geotécnicas da região.

3.4 Geologia Regional

O contexto geológico da área em estudo está inserido no Domínio Geotectônico do Bloco Paranaguá, uma entidade geológica que se estende do sudeste do estado de São Paulo, perpassa a porção oriental do Paraná e alcança o nordeste de Santa Catarina. Este bloco configura-se como uma faixa alongada com orientação predominante Nordeste-Sudoeste (NE-SW), com dimensões aproximadas de 250 km de extensão por 30 km de largura (CURY, 2009) (Figura 10).

Segundo Cury (2009), a compartimentação litoestratigráfica do Bloco Paranaguá engloba associações rochosas diversificadas, que incluem gnaisses e migmatitos pertencentes ao Complexo São Francisco do Sul (referido pelo autor como Complexo Atuba em trabalhos anteriores à redefinição), sequências metassedimentares da Formação Rio das Cobras (originalmente parte do Grupo Açungui), além de corpos graníticos das suítes intrusivas Morro Inglês, Rio do Poço e Canavieiras-Estrela. A Figura 10 ilustra a disposição dessas unidades e as principais zonas de cisalhamento que caracterizam este domínio tectônico. A área de estudo específica deste projeto localiza-se na porção sul deste bloco.

Figura 10: Contexto geotectônico regional destacando o Bloco Paranaguá e a localização aproximada da área de estudo.



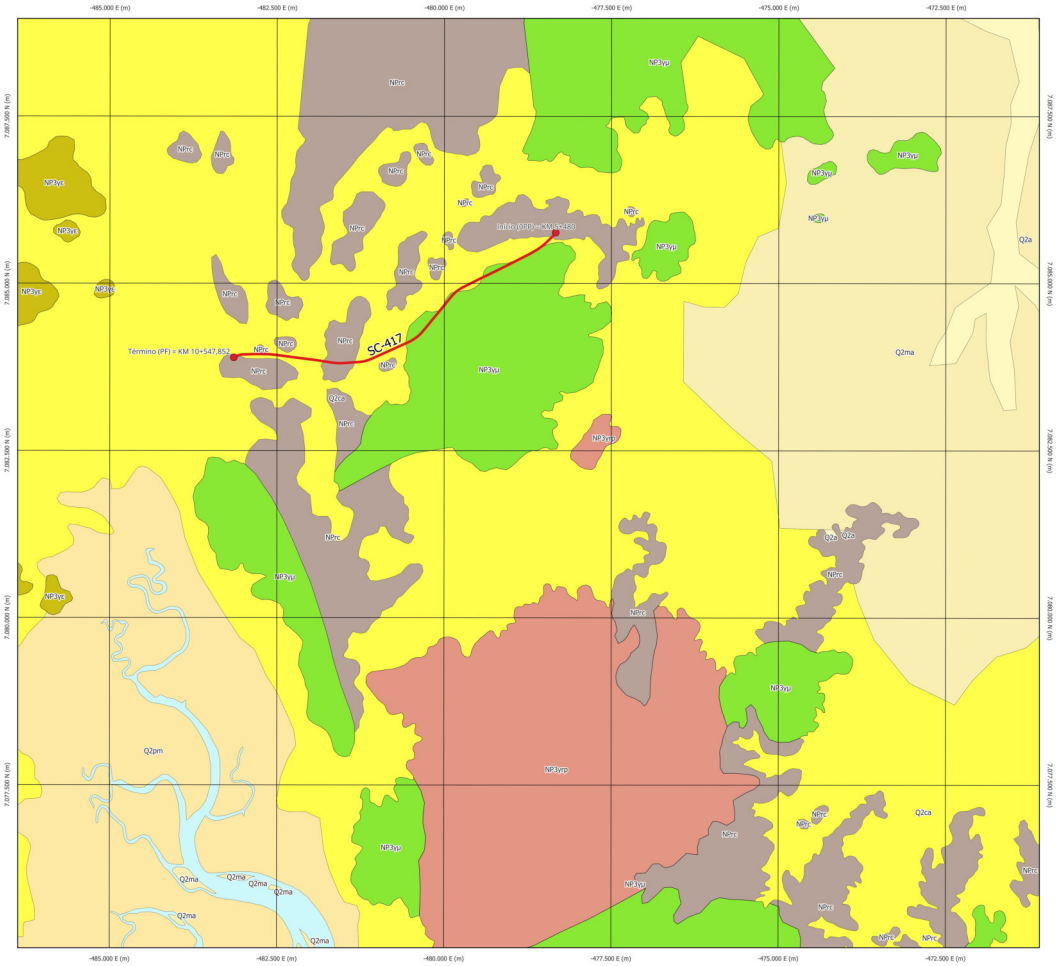
Fonte: Adaptado de Cury (2009).

A geologia regional influencia diretamente as características das formações encontradas no traçado da SC-417, cujas unidades litológicas específicas serão detalhadas na seção subsequente.

3.5 Geologia Local

A caracterização geológica local ao longo do trecho estudado, com as unidades litológicas que interceptam o corredor da rodovia, é apresentada no mapa da Figura 11. A legenda correspondente é exibida na Figura 12. Estas unidades foram identificadas com base nos dados geoespaciais de geologia fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023).

Figura 11: Unidades geológicas da área de estudo.



Fonte: Adpatado de IBGE (2023).

Figura 12: Legenda das unidades geológicas da área de estudo.



Fonte: Adpatado de IBGE (2023).

Conforme ilustrado no mapa geológico (Figura 11), o corredor viário intercepta três unidades geológicas principais, cujas descrições são apresentadas a seguir:

- **Formação Rio das Cobras (NPrc):** Representa a unidade predominante no trecho inicial (oeste) do segmento analisado. É constituída por um pacote metassedimentar neoproterozoico que inclui biotita-quartzo xistos, sericita-quartzo xistos, biotititos, clorita xistos, clorita-quartzo xistos, xistos calcissilicáticos

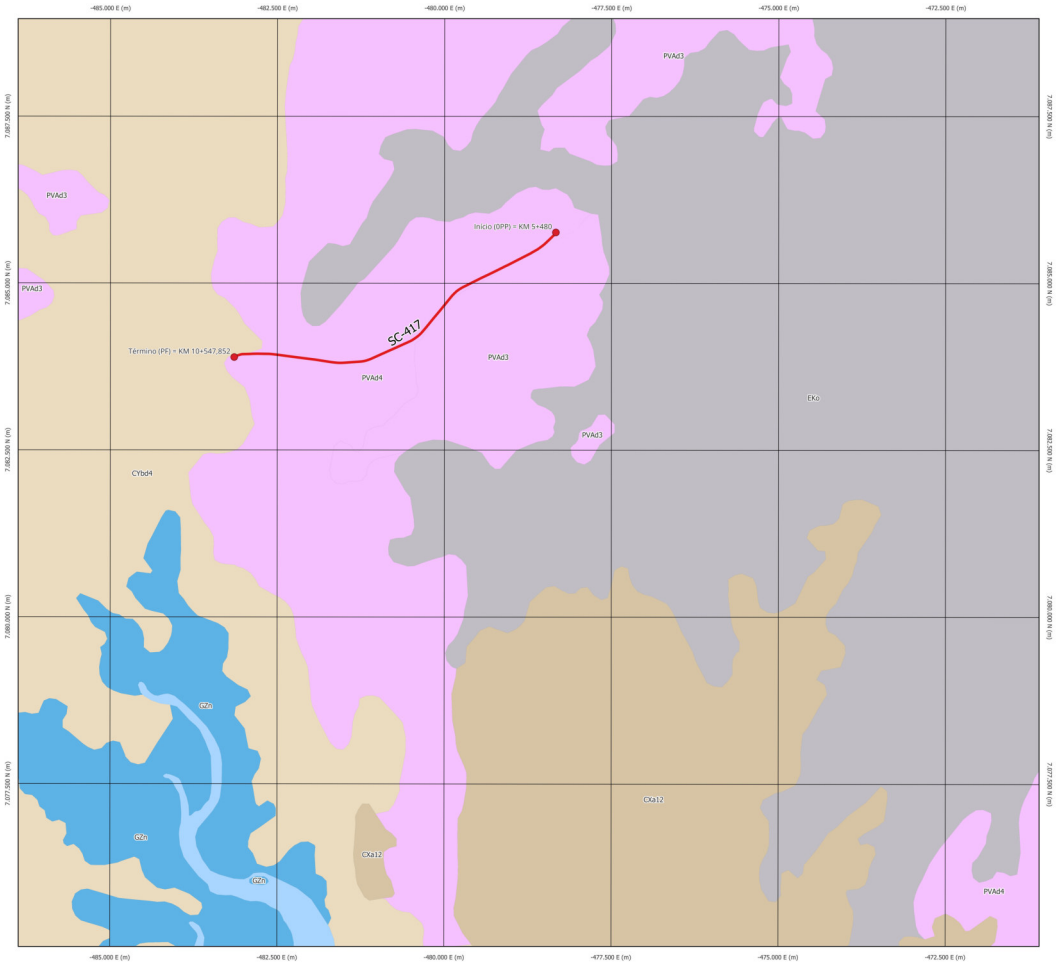
e granada xistos. Essas rochas foram submetidas a metamorfismo que varia da fácies xisto-verde à fácies anfibolito. Texturalmente, predominam granulações médias a grossas, sendo que os sericita xistos apresentam-se frequentemente dobrados e crenulados, com intercalações delgadas de material cinzento, possivelmente grafitoso, além de horizontes quartzíticos subordinados. Análises geocronológicas U-Pb em zircões de gnaisses de alto grau associados a esta formação indicam idades entre 1,8 e 2,1 Ga (CURY, 2009), refletindo eventos tectônicos mais antigos que foram retrabalhados durante o Ciclo Brasiliano/Pan-Africano.

- **Suíte Intrusiva Morro Inglês (NP3γmi):** Esta unidade é interceptada pela rodovia em um segmento mais a leste. Conforme contextualizado por Cury (2009), engloba monzogranitos porfiríticos, granodioritos, sienogranitos, tonalitos e dioritos, com coloração variando de cinza-clara a cinza-escura. Essas rochas ígneas intrusivas neoproterozoicas exibem, em geral, granulação grossa a muito grossa, contendo fenocristais de microclínio, plagioclásio e quartzo. Estruturalmente, variam entre fácies maciças e foliadas, com intensidade de deformação que vai de incipiente a pronunciada. Geoquimicamente, são classificadas como cálcio-alcalinas de alto potássio a shoshoníticas, com elevadas concentrações de Ba, Nb, Zr, Rb, Sr, Th e K_2O, apresentando assinatura típica de arco magmático maduro, com evidências de contaminação crustal (CURY, 2009).
- **Depósitos Colúvio-aluvionares (Q2ca):** Conforme exposto em Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) (2024), ocorrem em faixas associadas às drenagens e sopés de encostas ao longo do traçado, recobrindo as unidades rochosas mais antigas. São depósitos sedimentares inconsolidados de idade quaternária, compostos por uma mistura de materiais (argila, silte, areia, cascalho) transportados por gravidade (colúvios) e pela ação fluvial (alúvios). Nas zonas topograficamente rebaixadas e nos sopés de encostas, são constituídos por areias, cascalhos e sedimentos síltico-argilosos acumulados em planícies de inundação, terraços fluviais, leques aluviais e depósitos de encosta. Este pacote sedimentar pode apresentar dois conjuntos faciológicos distintos: (i) cascalheiras de tonalidade marrom a amarelada, formadas por clastos e matriz arenosa fina a grossa, com estruturas maciças ou exibindo estratificações cruzadas acanaladas de médio porte, relacionadas a ambientes de canal fluvial ou leques; e (ii) depósitos lamosos de coloração preta a cinza-escura, maciços, contendo fragmentos vegetais e restos de artrópodes, associados a ambientes de planície de inundação ou porções distais de leques e colúvios mais finos.

3.6 Pedologia

A análise dos mantos pedológicos ao longo do traçado rodoviário, com base no mapeamento pedológico mais recente elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023), revela a predominância expressiva de uma classe taxonômica principal na área de estudo, conforme representado no Mapa Pedológico (Figura 13) e detalhado na respectiva legenda (Figura 14).

Figura 13: Unidades Pedológicas da área de estudo



Fonte: Adpatado de IBGE (2023).

Figura 14: Legenda das unidades pedológicas da área de estudo.



Fonte: Adpatado de IBGE (2023).

A caracterização pedológica da região onde se desenvolve o corredor da área de estudo apresenta homogeneidade notável, sendo dominada quase integralmente pelos Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos (PVAd), que ocupam praticamente toda a extensão do traçado analisado.

A gênese e desenvolvimento destes perfis pedológicos estão intrinsecamente relacionados à composição mineralógica do substrato rochoso subjacente, representado principalmente pelas rochas metassedimentares da Formação Rio das Cobras e pelos granitos da Suíte Intrusiva Morro Inglês (cuja distribuição foi apresentada

na Figura 11 da seção Geologia Local), bem como aos processos intempéricos intensos atuantes na região. A interação entre fatores climáticos característicos do domínio Cfa (Subtropical Úmido), condições biológicas e geomorfológicas resultou na formação de horizontes com espessuras significativas, particularmente expressivas nas zonas de maior elevação topográfica e áreas de encosta.

3.6.1 Caracterização dos Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos (PVAd)

Os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, classe taxonômica predominante na área de estudo, caracterizam-se pela presença do horizonte diagnóstico B textural (Bt), onde se evidencia acentuada acumulação de argila por processo de iluviação. Esta característica confere relação textural marcante entre os horizontes A e B, com gradiente textural que pode variar de moderado a abrupto.

3.6.1.1 Características morfológicas e físicas

- **Horizonte A:** Apresenta espessura variável entre 20 e 40 cm, textura franco-arenosa a franco-argilosa, estrutura granular moderada a forte, coloração bruno-escura a bruno-amarelada (10YR 3/3 a 10YR 4/4).
- **Horizonte Bt:** Espessura expressiva (80 a 150 cm), textura argilosa a muito argilosa, estrutura em blocos angulares a subangulares moderada a forte, coloração vermelho-amarelada (5YR 4/6 a 2,5YR 4/8).
- **Transição:** Clara a gradual entre horizontes, indicando processo de lessivagem bem desenvolvido.

3.6.1.2 Características químicas

- **Saturação por bases:** Baixa ($V < 50\%$), caracterizando o caráter distrófico.
- **pH:** Ácido a fortemente ácido (4,5 a 5,5).
- **Capacidade de troca catiônica:** Moderada a baixa, variando conforme o teor de argila.
- **Saturação por alumínio:** Pode apresentar valores elevados, especialmente nos horizontes subsuperficiais.

3.6.1.3 Propriedades físico-mecânicas relevantes para engenharia

- **Permeabilidade:** Moderadamente drenados, com permeabilidade reduzida no horizonte Bt devido ao maior teor de argila.
- **Estabilidade estrutural:** Boa agregação no horizonte A, porém suscetível à erosão quando exposto.
- **Comportamento geotécnico:** Horizonte Bt apresenta características expansivas moderadas devido ao conteúdo argiloso, requerendo atenção especial para obras de terraplenagem.

3.6.2 Implicações para o Projeto de Duplicação

A predominância dos Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos ao longo do traçado da SC-417 impõe considerações técnicas específicas para o projeto de duplicação:

3.6.2.1 Aspectos Geotécnicos

- A presença do horizonte Bt argiloso requer cuidados especiais no dimensionamento de cortes e aterros, considerando o comportamento diferenciado frente à saturação hídrica.

- A baixa fertilidade natural (caráter distrófico) facilita os processos de revegetação com espécies adaptadas, importante para a estabilização de taludes.
- A transição textural acentuada entre horizontes A e Bt pode favorecer o desenvolvimento de superfícies preferenciais de ruptura em taludes de corte.

3.6.2.2 Aspectos de Drenagem

- A redução da permeabilidade no horizonte Bt pode gerar lençol suspenso temporário durante períodos de maior pluviosidade.
- Necessidade de dimensionamento adequado de sistemas de drenagem subsuperficial em cortes que exponham o contato entre horizontes A e Bt.

3.6.2.3 Aspectos Ambientais

- A susceptibilidade à erosão quando o horizonte A é removido requer implementação de medidas preventivas durante a fase construtiva.
- A acidez natural dos solos deve ser considerada no planejamento de revegetação e estabilização de taludes.

3.7 Fontes de Materiais de Construção

As jazidas de materiais de construção pesquisadas e indicadas para as obras de duplicação da SC-417 estão baseadas nos critérios de proximidade ao trecho e das características técnicas adequadas para a utilização nos serviços previstos.

Para a prospecção foram considerados os cadastros das jazidas no SIGMINE, próximas à rodovia, bem como a fotointerpretação por imagens de satélites e o auxílio do Software QGIS. Destaca-se que para a elaboração desse anteprojeto não foram realizadas idas a campo para observação das jazidas.

As fontes de materiais foram filtradas e divididas baseadas em regras no QGIS entre as jazidas em fase de licenciamento, autorização de pesquisa, disponibilidade, registro de extração e concessão de lavra.

Os materiais pesquisados englobam as substâncias de areia, solo e cascalho, sendo que foram priorizadas jazidas com atividades comerciais nas proximidades da rodovia deste projeto. Nas tabelas subsequentes, que resumem os dados dessas jazidas, a coluna '**Registro ANM**' corresponde ao número de identificação do processo na agência. A coluna '**Processo ANM**' indica a fase atual do processo minerário junto à Agência Nacional de Mineração (ANM, antigo Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM), como, por exemplo, 'Autorização de Pesquisa' ou 'Concessão de Lavra'. A coluna 'Distância' refere-se à distância, em quilômetros, entre o ponto médio estimado da jazida e o Ponto de Partida (PP) de início do projeto da rodovia, localizado no km 5+480. A Figura 15 mostra a localização geral das jazidas. O mapa geral e os mapas individuais das jazidas podem ser visualizados nos documentos em anexo.

Figura 15: Localização das jazidas estudadas



3.7.1 Jazidas de Solo

Com relação ao material sedimentar para uso em aterro e outros fins, devem ser utilizados predominantemente os materiais provenientes dos cortes que serão executados ao longo do trecho. Conforme os dados disponibilizados pela Agência Nacional de Mineração (2025) e análises de imagens de satélite, foram escolhidas três jazidas potenciais. O Quadro 1 indica o resumo com os dados das jazidas de solo.

Quadro 1: Resumo das jazidas de solo

PROPRIETÁRIO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS	REGISTRO ANM	PROCESSO ANM	DISTÂNCIA (km)
Infrasul – Infraestrutura e Empreendimentos Ltda	Garuva – SC	725.253 E 7.117.565 S	815.507/2007	Autorização de Pesquisa	3,2
Patrick Kluck de Araujo Epp	Garuva – SC	720.562 E 7.120.024 S	815.417/2018	Autorização de Pesquisa	5,0
ACC Transportes, Terraplenagem e Locação Ltda	Garuva – SC	717.793 E 7.121.223 S	815.206/2021	Autorização de Pesquisa	7,8

Fonte: SIGMINE. Acesso em: 14 de junho de 2025.

3.7.2 Jazidas de Cascalho

As jazidas de cascalho foram consultadas com base no cadastro de processos minerais da Agência Nacional de Mineração (2025) e por imagens de satélites. Conforme os dados disponibilizados por esta mesma fonte e análises de imagens de satélite, foram escolhidas três jazidas potenciais. O Quadro 2 indica o resumo com os dados das jazidas de cascalho.

Quadro 2: Resumo das jazidas de cascalho

PROPRIETÁRIO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS	REGISTRO ANM	PROCESSO ANM	DISTÂNCIA (km)
Rudnick Minerios Ltda	Garuva – SC	727.154 E 7.119.921 S	815.403/2003	Concessão de Lavra	1,7
Rudnick Minerios Ltda	Garuva – SC	727.216 E 7.120.562 S	815.374/2000	Concessão de Lavra	1,6
São Gabriel Mineração Ltda	Garuva – SC	725.253 E 7.117.565 S	815.168/2023	Requerimento de Pesquisa	3,2

Fonte: SIGMINE. Acesso em: 09 de junho de 2025.

3.7.3 Areias

As jazidas de areia foram consultadas com base no cadastro de processos minerais da Agência Nacional de Mineração (2025) e por imagens de satélites. Conforme os dados disponibilizados por esta fonte e análises de imagens de satélite, foram escolhidas duas jazidas potenciais. O Quadro 3 indica o resumo com os dados das jazidas de areia.

Quadro 3: Resumo das jazidas de areia

PROPRIETÁRIO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS	REGISTRO ANM	PROCESSO ANM	DISTÂNCIA (km)
MS Minerios do Brasil Ltda	Garuva – SC	719.301 E 7.120.169 S	815.030/2019	Autorização de Pesquisa	6,0
Hundt & Hundt Ltda	Garuva – SC	729.510 E 7.123.062 S	815.434/2015	Concessão de Lavra	4,9

Fonte: SIGMINE. Acesso em: 09 de junho de 2025.

Capítulo 4

Estudo Geotécnico

4.1 Introdução

Esta seção apresenta as atividades referentes aos Estudos Geotécnicos para o objeto de estudo. Os objetivos principais consistiram na identificação e determinação das características físicas e de resistência dos materiais presentes na fundação dos aterros, bem como dos materiais presentes nos cortes e nas demais áreas destinadas aos serviços de terraplenagem, subsidiando, dentre outros, as análises de estabilidade. Adicionalmente, buscou-se fornecer informações sobre a presença e a profundidade do lençol freático.

O desenvolvimento das tarefas referentes ao estudo englobou as etapas de análise do estudo geológico, realização de ensaios laboratoriais de caracterização geotécnica e execução de sondagens a trado (ST) e à percussão (SPT). Os boletins completos dos ensaios de caracterização e granulometria são apresentados em documento anexo.

4.2 Sondagens a trado

As sondagens a trado se destinam a investigar os horizontes de solo por meio de perfuração não revestida, possibilitando a coleta de amostras deformadas para a execução de ensaios geotécnicos de laboratório. As sondagens foram executadas de acordo com o disposto na norma NBR 9603 (ABNT, 2016e).

A Tabela 2 apresenta as coordenadas e as profundidades de paralisação dos furos de sondagem a trado (ST), dos quais foram coletadas as amostras deformadas (AD) para posterior análise em laboratório. O documento de projeto apresenta a locação das sondagens a trado em planta.

Tabela 2: Locação das sondagens a trado

IDENTIFICAÇÃO	PROFUNDIDADE DA SONDAGEM (m)	KM	COORDENADAS (N)	COORDENADAS (E)
ST-01/AD-01	3,00	5+660,00	7.120.357,00	725.110,00
ST-02/AD-02	2,30	6+650,00	7.119.998,00	724.182,00
ST-03/AD-03	1,00	7+430,00	7.119.515,00	723.553,00
ST-04/AD-04	1,50	7+655,00	7.119.397,00	723.387,00
ST-05/AD-05	2,70	8+450,00	7.119.003,00	722.717,00
ST-06/AD-06	1,50	9+095,00	7.118.944,00	722.081,00
ST-07/AD-07	1,50	9+250,00	7.118.931,00	721.926,00
ST-08/AD-08	3,00	9+560,00	7.119.031,00	721.630,00

Fonte: Adaptado de Nova Engevix Engenharia (2022).

As sondagens a trado foram executadas entre os dias 10 e 14 de junho de 2022. É possível observar uma variação dos tipos de solo com presença de argila, argila arenosa, areia siltosa e silte arenoso, com predominância de silte arenoso. Em alguns pontos, é possível observar também a presença de pedregulhos.

As profundidades médias obtidas para os furos de sondagem foram da ordem de 2,06 m e, além disso, foi detectada a presença de nível freático em 4 pontos, com profundidade média de 2,05 m. Na tabela 3 é possível observar o tipo de sondagem realizada, a profundidade dos furos e a classificação tátil-visual do material.

Tabela 3: Resumo das sondagens a trado executadas

Furo Nº	Tipo de Sondagem	Profundidade obtida (m)		Classificação Visual / Expedita do Material em Campo
		De	A	
ST-01	ST	0,00	0,30	Camada Vegetal
		0,30	0,50	Argila Siltosa Marrom (Material 01)
		0,50	1,00	Areia Siltosa Variegada com Pedregulhos (Material 02)
		1,00	3,00	Silte Arenoso Cinza (Material 03)
		Limite de sondagem a trado (3,00 m)		
ST-02	ST	0,00	0,40	Camada Vegetal
		0,40	2,30	Silte Arenoso Variegado (Material 01)
		Encerramento da sondagem devido aos sucessivos desmoronamentos do furo (2,30 m)		
ST-03	ST	0,00	0,30	Camada Vegetal
		0,30	1,00	Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos (Material 01)
		Impenetrável – Rochas (1,00 m)		
ST-04	ST	0,00	0,20	Camada Vegetal
		0,20	1,50	Silte Arenoso Marrom (Material 01)
		Encerramento da sondagem devido aos sucessivos desmoronamentos do furo (1,50 m)		
ST-05	ST	0,00	0,20	Camada Vegetal
		0,20	1,30	Silte Arenoso Marrom (Material 01)
		1,30	1,80	Silte Arenoso Cinza (Material 02)
		1,80	2,70	Argila Arenosa Cinza (Material 01)
		Encerramento da sondagem devido aos sucessivos desmoronamentos do furo (2,70 m)		
ST-06	ST	0,00	0,30	Camada Vegetal
		0,30	0,50	Silte Arenoso Marrom (Material 01)
		0,50	1,10	Silte Arenoso Marrom com Pedregulhos (Material 02)
		1,10	1,50	Argila Arenosa Cinza (Material 03)
		Impenetrável – Rochas (1,50 m)		
ST-07	ST	0,00	0,30	Camada Vegetal
		0,30	1,50	Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos (Material 01)
		Impenetrável – Rochas (1,50 m)		
ST-08	ST	0,00	0,30	Camada Vegetal
		0,30	3,00	Argila Cinza (Material 01)
		Limite de sondagem a trado (3,00 m)		
ST – Sondagem a trado				

Fonte: Adaptado de Nova Engevix Engenharia (2022).

4.3 Ensaio de compactação - Proctor Normal (PN)

O ensaio de compactação Proctor Normal se destina a determinar a massa específica seca máxima do solo e o teor de umidade ótimo. O ensaio deve ser executado conforme as diretrizes expostas na norma NBR 7182 (ABNT, 2016d). Nessa norma estão descritos os procedimentos, aparelhos e os cálculos necessários para a obtenção dos respectivos resultados.

A Tabela 4 resume os resultados obtidos para o ensaio de compactação na energia normal. Para determinação dos parâmetros de umidade ótima e densidade máxima, foram analisados os resultados para cinco pares de

pontos em cada amostra. Foi verificado que o teor de umidade ótima variou entre 11,3% e 26,7%, com média de 17,05%, ao passo em que o peso específico variou entre 15,04 kN/m³ e 19,35 kN/m³, com valor médio de 17,07 kN/m³.

Tabela 4: Peso específico e umidade ótima dos furos de sondagem

FURO N°	PESO ESPECÍFICO (kN/m³)	UMIDADE ÓTIMA (%)
ST-01	19,35	11,3
ST-02	16,45	18,3
ST-03	17,19	14,5
ST-04	16,47	18,1
ST-05	17,11	16,4
ST-06	17,39	15,2
ST-07	17,53	14,9
ST-08	15,04	26,7

Fonte: Adaptado de Nova Engevix Engenharia (2022).

4.4 Ensaio de ISC

Após a execução dos ensaios de compactação, as amostras devem ser submetidas ao ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC), cujos procedimentos deverão ser executados conforme as diretrizes expostas na norma NBR 9895 (ABNT, 2016f).

O ensaio resulta na determinação do ISC, que expressa a relação entre a resistência à penetração de um cilindro padronizado numa amostra de solo compactado e a resistência do mesmo cilindro empregando uma brita padronizada. O ensaio também permite obter o índice de expansão do solo durante o período de saturação por imersão da amostra em água durante 4 dias.

Os valores de ISC obtidos nos ensaios variam entre 2,8% e 24,4% e, observou-se que a amostra ST-08 apresentou um valor de expansão superior a 2%. Os resultados dos ensaios de ISC e expansão podem ser verificados na Tabela 5.

Tabela 5: Expansão e ISC final dos furos de sondagem

FURO	EXPANSÃO (%)	ISC FINAL (%)
ST-01	0,72	24,4
ST-02	0,47	3,4
ST-03	0,86	6,2
ST-04	1,71	16,2
ST-05	0,75	8,6
ST-06	1,27	6,4
ST-07	0,84	14,6
ST-08	2,91	2,8

Fonte: Adaptado de Nova Engevix Engenharia (2022).

4.5 Ensaio do limite de liquidez

O ensaio de limite de liquidez (LL) determina o valor de umidade no qual o solo passa do estado plástico para o estado líquido. Esse limite é determinado com auxílio do aparelho de Casagrande, a partir do qual se determina o teor de umidade do solo necessário para unir, com 25 golpes, os bordos inferiores de uma ranhura (um centímetro de comprimento) aberta na massa de solo por um cinzel de dimensões padronizadas. Os procedimentos para o teste do limite de liquidez são apresentados na norma NBR 6459 (ABNT, 2016a).

Os valores de limite de liquidez obtidos para as amostras estão localizados na faixa entre 31,00% e 49,00%, além de amostras não líquidas conforme pode ser visualizado na Tabela 6.

Tabela 6: Limite de liquidez dos furos de sondagem

FURO N°	LIMITE DE LIQUIDEZ (%)
ST-01	NL
ST-02	31
ST-03	38
ST-04	NL
ST-05	NL
ST-06	NL
ST-07	NL
ST-08	49

Fonte: Adaptado de Nova Engevix Engenharia (2022).

4.6 Ensaio do limite de plasticidade

O ensaio de limite de limite de plasticidade (LP) é definido como o percentual de teor de umidade que separa o estado plástico do semi-sólido, quando moldados pequenos bastões com 3,2 mm de diâmetro. O limite de plasticidade é o limite inferior do intervalo plástico do solo. O ensaio do limite de plasticidade é realizado enrolando-se repetidamente uma massa de solo, com as mãos, sobre uma placa de vidro esmerilhado. Os procedimentos para o teste do limite de plasticidade são dados pela norma NBR 7180 (ABNT, 2016b).

Dessa forma, na Tabela 7 apresentam-se os valores obtidos para o limite de plasticidade, que estão localizados na faixa entre 17,00% e 31,00%, além de amostras não plásticas.

Tabela 7: Limite de plasticidade dos furos de sondagem

FURO N°	LIMITE DE PLASTICIDADE (%)
ST-01	NP
ST-02	17
ST-03	31
ST-04	NP
ST-05	NP
ST-06	NP
ST-07	NP
ST-08	26

Fonte: Adaptado de Nova Engevix Engenharia (2022).

4.7 Ensaio de análise granulométrica

Análise granulométrica é a determinação do tamanho das partículas presentes em um solo, expressa como uma percentagem do peso seco total. Em geral, são utilizados dois métodos para encontrar a distribuição do tamanho dos grãos do solo: ensaio de peneiramento – para partículas com diâmetros maiores que 0,075 mm; ensaio por sedimentação – para partículas com diâmetros menores que 0,075 mm.

O ensaio de granulometria por peneiramento é um processo físico, que consiste em agitar uma amostra do solo em um conjunto de peneiras que possuem furos progressivamente menores. O ensaio deve ser realizado de acordo com as diretrizes contidas na NBR 7181 (ABNT, 2016c).

Para partículas com diâmetros inferiores a 0,075 mm, calcula-se o diâmetro equivalente do material pelo ensaio de sedimentação, que é baseado no princípio da sedimentação dos grãos de solo na água e pela Lei de Stokes. Quando uma amostra de solo é dispersa na água, as partículas se sedimentam com velocidades diferentes, dependendo da sua forma, tamanho, peso e da viscosidade da água. O ensaio em laboratório deve ser conduzido de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 2016c).

A partir da análise dos resultados de granulometria, é possível verificar que o material do subleito é diverso, sendo composto tanto por pedregulhos, areias grossas e finas e materiais finos. Na Tabela 8 são apresentados os resultados obtidos nas análises granulométricas do solo.

Tabela 8: Resultado dos ensaios de análise granulométrica

Furo Nº			ST-01	ST-02	ST-03	ST-04	ST-05	ST-06	ST-07	ST-08
Análise granulométrica simples % passando nas peneiras	Peneiramento grosso	5" - 125,000 mm	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
		4" - 100,000 mm	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
		3" - 75,000 mm	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
		2 1/2" - 63,000 mm	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
		2" - 50,000 mm	81,90	100,00	69,60	100,00	100,00	100,00	80,90	100,00
		1 ½" - 37,500 mm	81,90	100,00	61,90	100,00	100,00	100,00	64,20	100,00
		1" - 25,000 mm	74,00	100,00	61,90	100,00	100,00	100,00	54,90	100,00
		¾" - 19,000 mm	70,80	100,00	59,80	98,80	100,00	99,30	54,90	100,00
		3/8" - 9,500 mm	63,20	100,00	54,60	96,90	98,30	96,50	53,00	100,00
		4 - 4,750 mm	57,10	100,00	51,60	95,00	96,40	93,60	51,50	100,00
		10 - 2,000 mm	51,80	99,20	47,50	92,20	94,80	91,50	50,30	99,80
	Peneiramento fino	16 - 1,180 mm	44,40	95,30	43,40	87,50	93,00	89,80	49,00	98,70
		30 - 0,600 mm	33,70	84,30	36,90	78,40	89,00	86,60	46,90	96,70
		40 - 0,425 mm	26,60	76,20	33,00	73,50	85,50	84,80	45,30	94,50
		50 - 0,300 mm	18,60	67,60	28,50	67,10	81,80	81,80	42,50	90,10
		100 - 0,150 mm	13,20	61,10	25,40	62,70	78,90	77,80	39,30	85,90
		200 - 0,075 mm	8,60	52,70	21,80	53,80	69,30	67,90	33,20	80,80
Peneiramento e Sedimentação	% Fracionada	Pedregulho	48,20	0,80	52,50	7,80	5,20	8,50	49,70	0,20
		Areia Grossa	25,20	23,00	14,50	18,70	9,30	6,70	5,00	5,20
		Areia Fina	18,00	23,50	11,10	19,70	16,20	16,90	12,10	13,70
		Finos	8,60	52,70	21,80	53,80	69,30	67,90	33,20	80,80

Fonte: Adaptado de Nova Engevix Engenharia (2022).

4.8 Sondagens à percussão (SPT)

A sondagem a percussão (SPT) destina-se a investigar os horizontes de solo, mediante a perfuração a trado ou por lavagem, permitindo a determinação do tipo de solo e do índice de resistência à penetração (N_{SPT}), sendo possível definir também a profundidade do nível freático. O procedimento executivo de investigação segue as diretrizes expostas na norma NBR 6484 (ABNT, 2020), que consiste basicamente na cravação de um amostrador padrão no fundo de um furo escavado a partir da queda de um martelo de 65 kg, a uma altura de 750 mm, para a determinação do índice de resistência à penetração (N_{SPT}). O valor N_{SPT} é o número de golpes necessários para fazer o amostrador penetrar 300 mm, após a cravação inicial de 150 mm.

As sondagens à percussão foram previstas com o intuito de fornecer material de apoio para elaboração das análises de estabilidade dos taludes de corte e aterro, ao passo em que as sondagens mistas foram previstas para fornecer subsídio aos projetos de fundações de obras de arte especiais. A Tabela 9 apresenta a identificação das sondagens e suas coordenadas.

Tabela 9: Locação das sondagens a percussão

IDENTIFICAÇÃO	COORDENADAS (N)	COORDENADAS (E)
SP-201	7.119.493,88	723.488,00
SP-202	7.118.938,00	722.411,00
SP-203	7.118.905,00	721.917,00
SP-204	7.119.032,00	721.638,00
SP-205	7.119.200,75	720.697,23
SP-206	7.119.135,00	721.147,00
SP = Sondagem a Percussão		

Fonte: Adaptado de Nova Engevix Engenharia (2022).

Os equipamentos utilizados na realização das sondagens à percussão seguem a padronização estabelecida na NBR 6484 (ABNT, 2020), destacando-se:

- Tubo de revestimento em aço de diâmetro nominal interno de 67 mm, contendo segmentos emendados por luvas;
- Amostrador padrão de diâmetro interno igual a 34,8 mm (1 3/8") e externo de 50,8 mm (2");
- Martelo para cravação do amostrador de 65 kg.

A partir de um metro de profundidade, foi determinado o valor do N_{SPT} (número de golpes necessários para fazer o amostrador penetrar 300 mm, após a cravação inicial de 150 mm) a cada metro de perfuração, a partir da penetração do amostrador padrão.

A penetração ocorreu por meio de impactos sucessivos do martelo padronizado caindo livremente a uma altura de 750 mm. Foi registrado o nível d'água inicial e final, o último medido após o encerramento da sondagem, decorridas 24 horas do início do ensaio. O critério de paralisação das sondagens seguiu o disposto na NBR 6484 (ABNT, 2020), consistindo na obtenção de valores de N_{SPT} iguais ou superiores a 30 golpes em 8 m de perfuração consecutivos. Tendo em vista as profundidades consideráveis das sondagens à percussão (SPT), não foram realizadas sondagens rotativas em nenhum dos furos de inspeção, devido ao aumento da resistência à penetração do solo ao longo da profundidade.

O perfil geológico-geotécnico pode ser observado no Apêndice H e a Tabela 10 apresenta o resumo das profundidades obtidas em campo. Os boletins completos podem ser verificados no Anexo A.

Tabela 10: Profundidade de paralisação e cota do nível d'agua

IDENTIFICAÇÃO	PROFUNDIDADE DE PARALISAÇÃO (m)	COTA N.A (m)
SP-201	15,45	1,40
SP-202	15,45	2,37
SP-203	15,10	1,80
SP-204	15,45	1,70
SP-205	15,45	1,30
SP-206	15,45	0,00

Fonte: Adaptado de Nova Engevix Engenharia (2022).

4.8.1 Interpretação dos perfis de sondagem

Em relação ao perfil da sondagem SP-201, foi identificado solo com camada de 8,50 m de profundidade de silte areno-argiloso, pouco compacto a medianamente compacto, de coloração cinza e N_{SPT} variando entre 6 e 14 golpes, com média de 8 golpes. Por último, observou-se uma camada de 6,55 m de silte areno-argiloso, esverdeado, medianamente compacto a compacto, com N_{SPT} variando entre 20 e 25 golpes.

Nas proximidades do SP-201, foi realizada a sondagem SP-202. Neste ponto foi identificada, inicialmente, uma camada inicial de silte argilo-arenoso, marrom avermelhado médio a rijo, com N_{SPT} médio de 10 golpes. Após a ocorrência desse material, foi detectada argila pouco arenosa, cinza, de consistência mole de 1,80 m de espessura, com N_{SPT} médio de 3 golpes. Na sequência, foi identificada uma camada de 6,90 m de areia média e grossa com pedregulhos médios, cinza, compacta a muito compacta, com N_{SPT} variando entre 20 e 43 golpes. Por último, observou-se uma camada de 3,55 m de profundidade, de silte areno-argiloso, esverdeado, compacto, com N_{SPT} médio de 22 golpes.

Na sondagem SP-203, a investigação apresenta uma camada inicial de aterro, silte arenoso, com presença de cascalhos na cor marrom até 0,80 m, a partir da qual ocorre silte areno-argiloso, marrom e róseo com porções variando medianamente compacto até 3,67 m, com N_{SPT} médio de 14 golpes. Na terceira camada foi observado silte areno-argiloso, rosado e vermelho, medianamente compacto a compacto, com N_{SPT} variando entre 16 e 26 golpes. A última camada consiste em silte areno-argiloso marrom, compacto a muito compacto.

O perfil de sondagem SP-204 indica uma camada pouco espessa com 1,53 m de areia média com pedregulhos grosso, cinza e branca, pouco compacta e N_{SPT} de 7 golpes. Em seguida é coletada uma amostra de 6,59 m de areia fina e média, presença de pedregulhos finos e médios, cinza clara a branca medianamente compacta a compacta, com N_{SPT} variando entre 12 e 22 golpes. A compacidade aumenta com a profundidade onde nota-se uma camada de 3,98 m de areia fina e média siltosa, cinza com N_{SPT} variando entre 22 e 31 golpes e por fim registra-se 3,95 m de silte arenoso pouco argiloso, esverdeado compacto com N_{SPT} médio de 22 golpes.

No furo de sondagem SP-205 foi identificado, inicialmente, uma camada de 7,52 m de silte argilo-arenoso marrom, mole a médio, com N_{SPT} médio de 2 golpes. Após a ocorrência desse material, foi identificada silte arenoso pouco argiloso marrom claro, pouco compacto de 3,81 m de espessura e N_{SPT} médio de 7 golpes. Por último, observou-se uma camada de 4,12 m de profundidade, de silte areno-argiloso, presença de pedregulhos médios, marrom a marrom escuro, pouco compacto a compacto e N_{SPT} entre 16 e 27 golpes.

Na sondagem SP-206, a investigação apresenta camada inicial de 7,35 m de silte argiloso pouco arenoso, vermelho e amarelo, mole a rijo, com e N_{SPT} entre 4 e 15 golpes e média de 9 golpes, a partir das quais ocorre uma camada de 6,65 m de silte areno-argiloso marrom, medianamente compacto, com N_{SPT} médio de 13 golpes. A última camada consiste em silte areno-argiloso, marrom amarelado, medianamente compacto a compacto com N_{SPT} de 19 golpes.

Capítulo 5

Estudo Hidrológico

5.1 Introdução

Neste capítulo, são apresentados os Estudos Hidrológicos referentes à fase de Anteprojeto do trecho em análise. Os estudos foram fundamentados na coleta de dados hidrológicos, como informações climáticas, pluviométricas, fluviométricas e geomorfológicas, com o objetivo de caracterizar a região de inserção do projeto e, assim, determinar as vazões das principais bacias hidrográficas que interferem na rodovia.

Esses estudos foram desenvolvidos em conformidade com a Instrução de Serviço: **IS–06 – Estudo Hidrológico** (SIE, 1998), a Instrução de Serviço: **IS-203 – Estudos Hidrológicos** das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (DNIT, 2006a), o **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem** (DNIT, 2005a) e o **Manual de Drenagem de Rodovias** (DNIT, 2006b).

O Estudo Hidrológico mantém uma estreita inter-relação com o projeto geométrico, uma vez que depende da definição do eixo do traçado para a correta identificação dos pontos de transposição de talvegues, dos trechos em cota alta e baixa ao longo do greide, bem como dos locais de deságue dos dispositivos de drenagem superficial.

5.2 Coleta de dados pluviométricos

Os estudos concentraram-se na seleção e análise das estações hidrometeorológicas, bem como na coleta, análise, depuração e tratamento dos dados pluviométricos e climáticos. Também foram realizados estudos estatísticos e o cálculo das vazões. Desta forma, para o desenvolvimento dos trabalhos de hidrologia, foi necessária a coleta de dados pluviométricos. Com esse objetivo, elaborou-se um inventário das estações hidrometeorológicas localizadas na região de interesse, no estado de Santa Catarina.

A instrumentação utilizada para a coleta de dados pluviométricos inclui pluviômetros convencionais, cuja caracterização é detalhada no Manual de Procedimentos para Instalação, Operação e Manutenção de Estações Pluviométricas Convencionais da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2016). Segundo este manual, o pluviômetro convencional é projetado para a captação e o acúmulo da chuva, que é posteriormente medida utilizando provetas graduadas. O modelo padrão adotado pela ANA possui uma superfície de captação horizontal com área de 400 cm^2, delimitada por um anel circular. Este dispositivo é acoplado a um reservatório com capacidade para 20 litros, o que corresponde a um volume acumulado de 500 mm de precipitação (Figura 18)

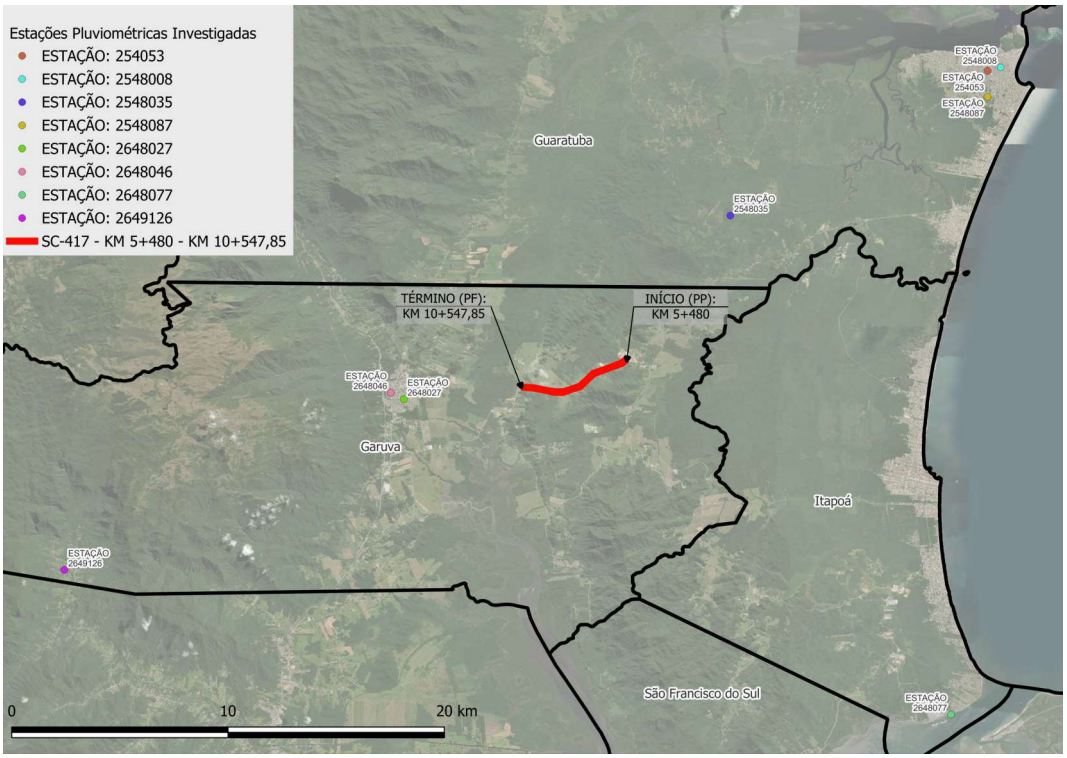
Figura 16: Modelo de pluviômetro convencional



Fonte: (ANA, 2016)

A Figura 17 apresenta a localização das estações investigadas e o trecho analisado sobre um mapa da região. O quadro 4 resume as informações das estações pluviométricas utilizadas no estudo, incluindo código, nome da estação, município, órgão responsável, coordenadas geográficas (latitude e longitude), período de operação e área de drenagem (AD).

Figura 17: Localização das estações investigadas



Quadro 4: Estações e características das localidades analisadas

CÓDIGO	ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	RESP.	LAT	LONG	PERÍODO
2648046	GARUVA CENTRO	GARUVA/SC	CEMADEN	-27,032	-48,857	2013-ATUAL
2648027	GARUVA	GARUVA/SC	ANA	-26,035	-48,851	1976-ATUAL
2649126	ESTRADA GERAL QUIRIRI	GARUVA/SC	CEMADEN	-26,114	-49,008	2013-ATUAL
2648077	ITAPOA TERMINAIS PORTUÁRIOS	ITAPOA/SC	CEMADEN	-26,181	-48,598	2013-ATUAL
2548053	GUARATUBA	GUARATUBA/PR	IAT-PR	-25,838	-48,581	1974-ATUAL
2548008	GUARATUBA	GUARATUBA/PR	DNOS	-25,881	-48,575	1948-ATUAL
2548087	ETE SANEPAR GUARATUBA	GUARATUBA/PR	IAT-PR	-25,895	-48,581	2006-ATUAL
2548035	MORRO GRANDE	GUARATUBA/PR	IAT-PR	-25,950	-48,851	1972-2000

Fonte: Portal HidroWeb (ANA, 2025). Acesso em 14/06/2025.

Conforme o inventário das estações, o trecho está inserido em uma região que possui oito estações hidrometeorológicas. A estação adotada como fonte de dados para o Estudo Hidrológico foi a estação meteorológica de nome "GARUVA"e código 2648027, no município de Garuva/SC, por estar localizada próximo ao ponto final do trecho em estudo (distância aproximada de 5,8 km do PF) e também por ser detentora da melhor série histórica disponível, tendo menos interrupções nos registros.

As características gerais da estação pluviométrica adotada se encontram no Quadro 5, a série histórica de dados selecionada contempla o período de 1976 a 2024. Contudo, foi necessária a exclusão de alguns anos

considerados como outliers, especificamente, os anos de 1976, 1992 e 2024, por apresentarem inconsistências nas medições ou ausência de dados em determinados períodos, o que inviabilizou seu aproveitamento.

Quadro 5: Informações da estação Garuva

Código	2648027
Nome	GARUVA
Bacia	Atlântico, Trecho Sudeste
Estado	Santa Catarina
Município	Garuva
Responsável	ANA
Operadora	EPAGRI-SC
Latitude	26°04'00" S
Longitude	48°85'00" O
Altitude	25 m
Início do Pluviómetro	01/07/1976

Fonte: Portal HidroWeb (ANA, 2025). Acesso em 14/06/2025.

Nos anos de 1976 e 1992, observou-se uma insuficiência significativa de registros mensais, impossibilitando a utilização desses períodos na análise estatística. Para o ano de 2024, os dados referentes à maior parte do segundo semestre ainda não estavam disponíveis até o momento da elaboração deste estudo.

Optou-se, portanto, por considerar uma série histórica de 46 anos válidos, partindo do dado mais recente e retrocedendo apenas pelos anos com registros consistentes. Essa amostragem atende plenamente ao requisito mínimo de 10 anos estabelecido pela IS-06 (SIE, 1998) e representa, com acurácia, suficiência e confiabilidade, o comportamento hidrológico da região, especialmente considerando sua aplicação em projetos rodoviários.

A Tabela 11 apresenta a sinopse dos dados de chuva, extraidos do Portal Hidroweb (ANA, 2025), no período mencionado anteriormente, enfocando as alturas médias mensais de chuva, com as respectivas alturas máximas e mínimas e o número médio de dias de chuva, com os respectivos máximos e mínimos observados.

Tabela 11: Resumo mensal da precipitação e dias de chuva

MÊS	PRECIPITAÇÃO MÁXIMA (mm)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm)	PRECIPITAÇÃO MÍNIMA (mm)	N.º MÁXIMO DE DIAS DE CHUVA	N.º MÉDIO DE DIAS DE CHUVA	N.º MÍNIMO DE DIAS DE CHUVA
Jan.	1.282,30	443,5	43,20	31	23	9
Fev.	731,50	334,6	46,10	26	19	10
Mar.	629,30	307,2	35,60	24	17	4
Abr.	448,90	174,3	35,20	21	15	6
Mai.	353,70	136,6	21,60	18	12	5
Jun.	329,40	122,4	19,30	22	13	4
Jul.	535,30	122,4	19,30	23	12	4
Ago.	500,00	195,9	30,00	26	15	6
Set.	475,80	195,9	30,00	26	15	6
Out.	523,00	229,5	50,70	26	18	5
Nov.	1.009,90	255,1	58,30	31	20	8
Dez.	762,80	272,8	63,20	31	20	6

Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025).

5.3 Caracterização física e climática do local

5.3.1 Classificação climática de Köppen-Geiger

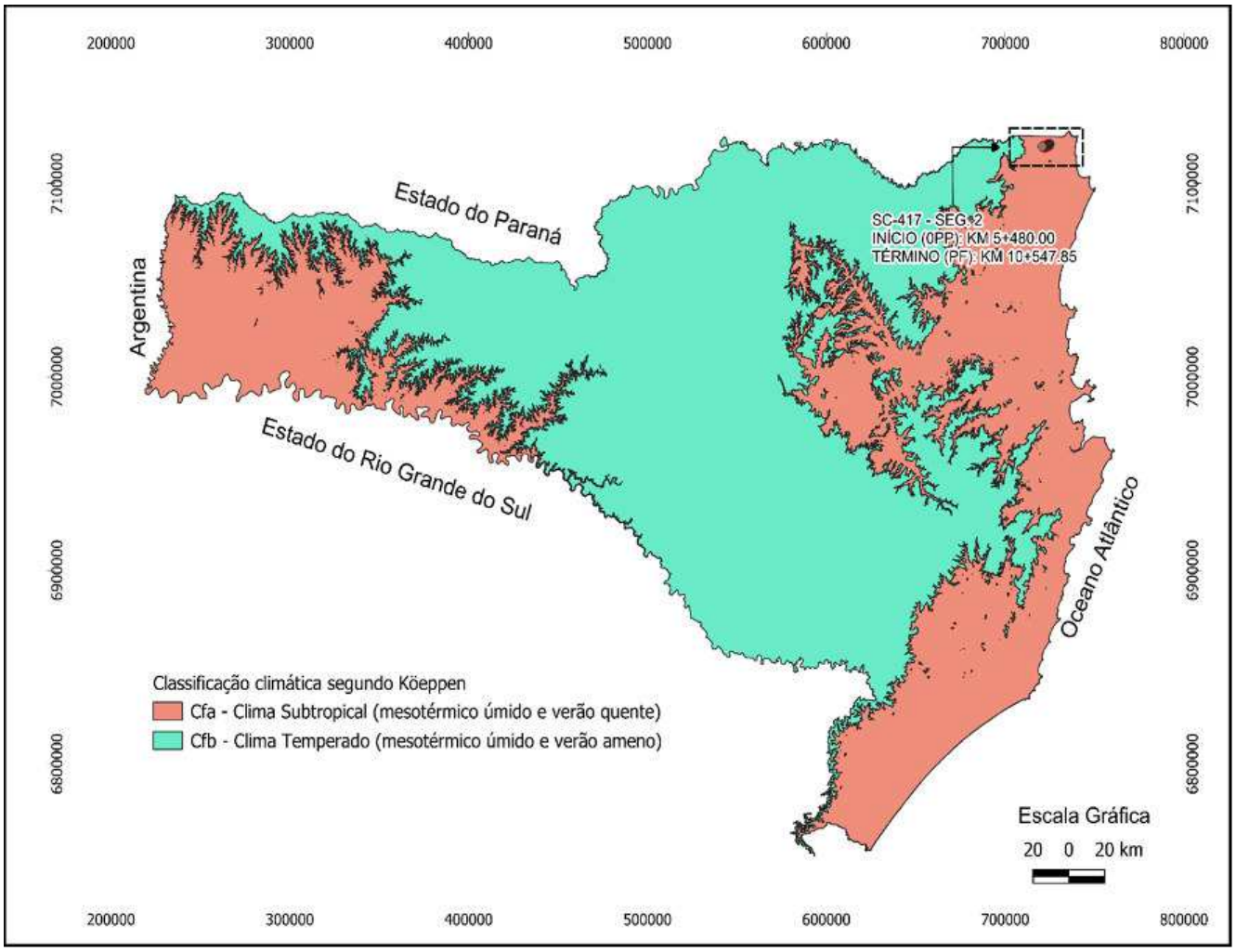
A classificação climática de uma região baseia-se nos Sistemas de Classificação Climática (SCC), os quais indicam as tipologias climáticas conforme as características de parâmetros atmosféricos. O sistema de classificação mais amplamente utilizado é o Sistema de Classificação Climática de Köppen (KöPPEN; GEIGER, 1928), que relaciona o clima com a vegetação natural, combinando as temperaturas médias mensais e anuais, além da distribuição sazonal da precipitação da região analisada.

Segundo a classificação climática de Köppen (KöPPEN; GEIGER, 1928), o estado de Santa Catarina apresenta clima mesotérmico úmido (Cf), sem estação seca definida e com precipitação bem distribuída ao longo do ano, caracterizando quatro estações bem definidas. Dentro desta categoria, destacam-se dois subtipos climáticos:

- **Clima Cfa (Subtropical Úmido):** caracterizado por temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente superior a 22°C. Apresenta verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência à concentração das chuvas nos meses de verão, embora sem estação seca definida. Esse tipo climático predomina em todo o litoral e na planície do Rio Uruguai.
- **Clima Cfb (Temperado Úmido):** também mesotérmico, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente inferior a 22°C. Apresenta verões amenos, sem estação seca definida, predominando no planalto serrano e na porção norte da região oeste do estado.

A distribuição espacial desses subtipos no território catarinense pode ser visualizada na Figura 18, que apresenta a classificação climática de Köppen para o Estado de Santa Catarina. Ressalta-se que o trecho em estudo está inserido na área de abrangência do clima Cfa, ou seja, de clima subtropical úmido, típico da planície do Rio Uruguai e regiões litorâneas.

Figura 18: Classificação climática de Koppen-Geiser para Santa Catarina

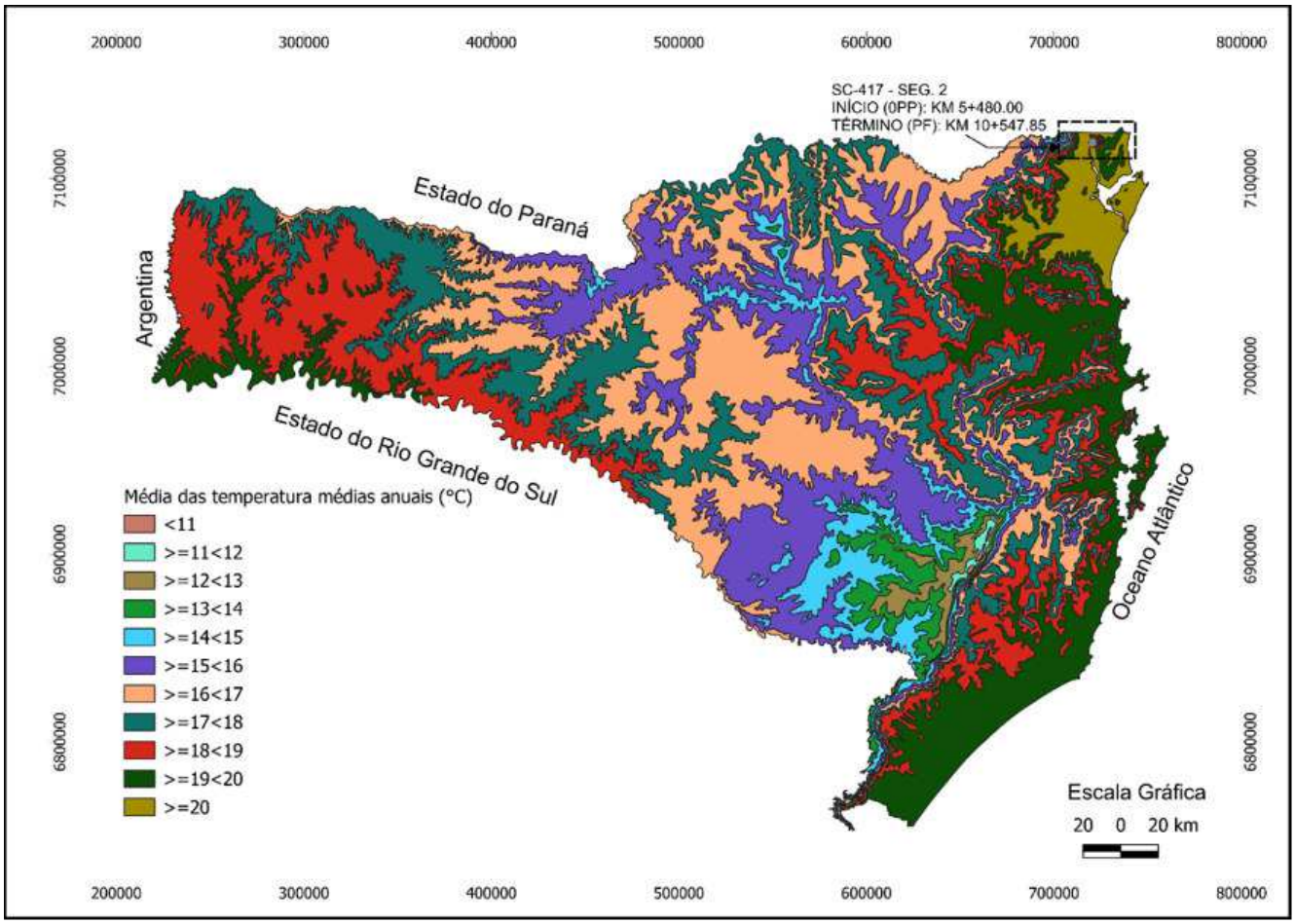


Fonte: Adaptado de Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina (PANDOLFO et al., 2002).

5.3.2 Temperatura média anual

Conforme o mapa gráfico elaborado pela EPAGRI/CIRAM, apresentado no Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina (Figura 19), observa-se que as temperaturas médias anuais no trecho em estudo variam entre 19°C e 20°C. A figura destaca a distribuição espacial das médias térmicas no estado, permitindo identificar a localização do trecho dentro dessa faixa de temperatura.

Figura 19: Temperatura média anual em Santa Catarina

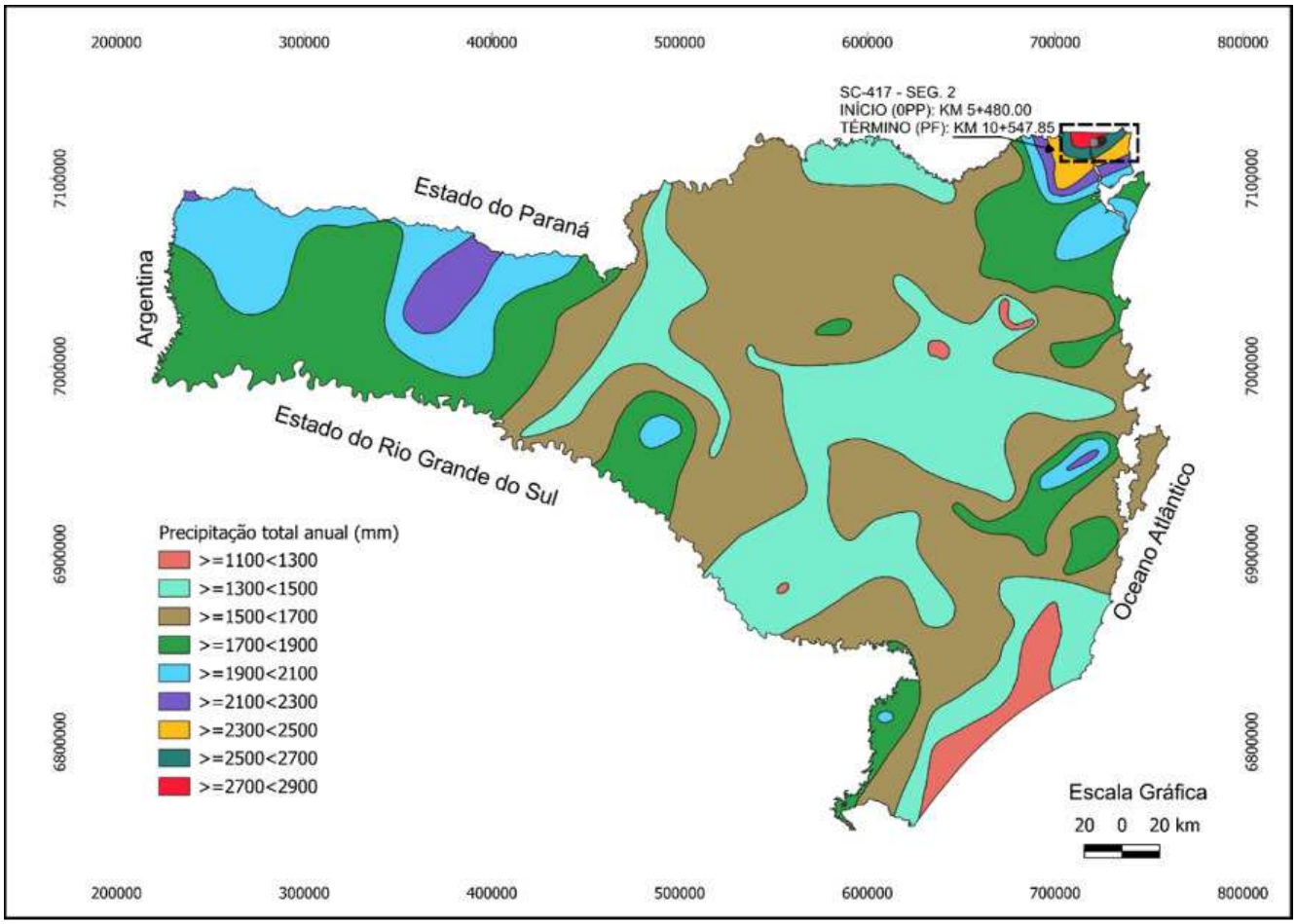


Fonte: Adaptado de Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina (PANDOLFO et al., 2002).

5.3.3 Precipitação média anual

Conforme o mapa gráfico elaborado pela EPAGRI/CIRAM, apresentado no Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina (Figura 20), observa-se que a precipitação total anual no trecho em estudo varia entre 2500 mm e 2700 mm. A figura destaca a distribuição parâmetro no estado, permitindo identificar a localização do trecho dentro desse intervalo.

Figura 20: Precipitação anual em Santa Catarina



Fonte: Adaptado de Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina (PANDOLFO et al., 2002).

5.4 Processamento de dados pluviométricos

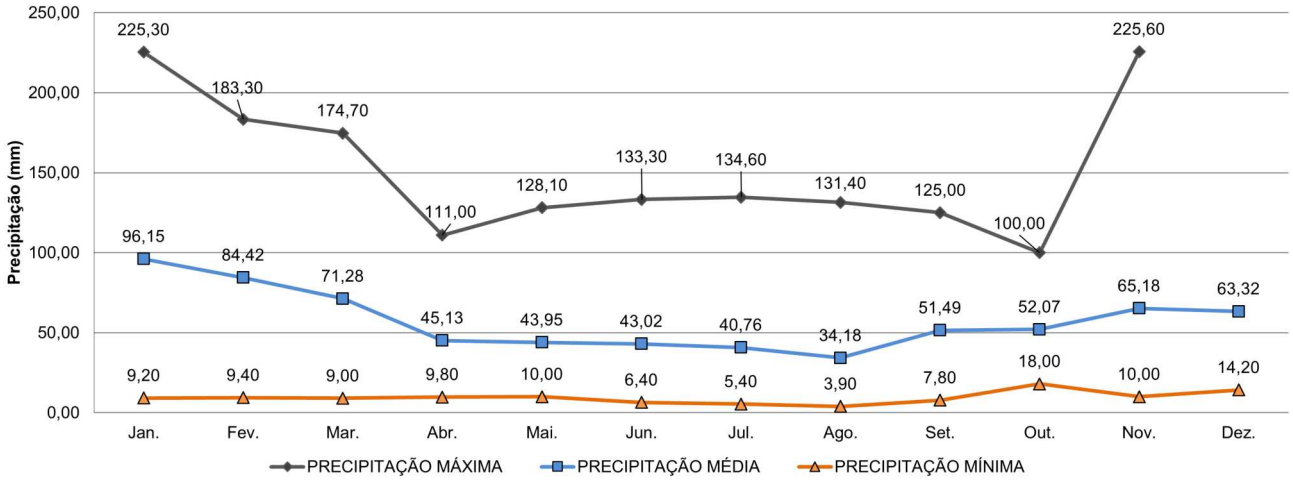
5.4.1 Variação pluviométrica

A análise pluviométrica é uma etapa essencial dos estudos hidrológicos, pois fornece subsídios para a compreensão do regime de chuvas na região de interesse. A variabilidade espacial e temporal da precipitação influencia diretamente o comportamento das vazões, o dimensionamento das obras de drenagem e a segurança da infraestrutura rodoviária.

Neste estudo, a avaliação pluviométrica foi realizada com base na série histórica de dados da estação meteorológica, selecionada conforme critérios técnicos previamente discutidos, contemplando os 46 anos de registros que fornecem informações estatisticamente representativas.

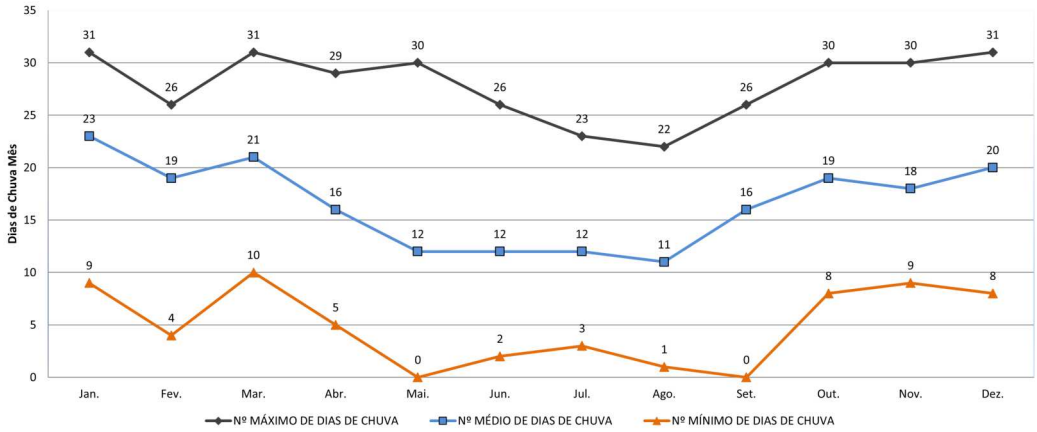
A variação interanual da precipitação na área do empreendimento pôde ser compreendida a partir dos dados da estação. A Figura 21 e a Figura 22 ilustram, respectivamente, a variação mensal da precipitação diária e do número de dias de chuva ao longo do ano nessa estação.

Figura 21: Precipitação diária na Estação Garuva (2648027)



Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025).

Figura 22: Dias de chuva na estação Garuva (2648027)



Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025).

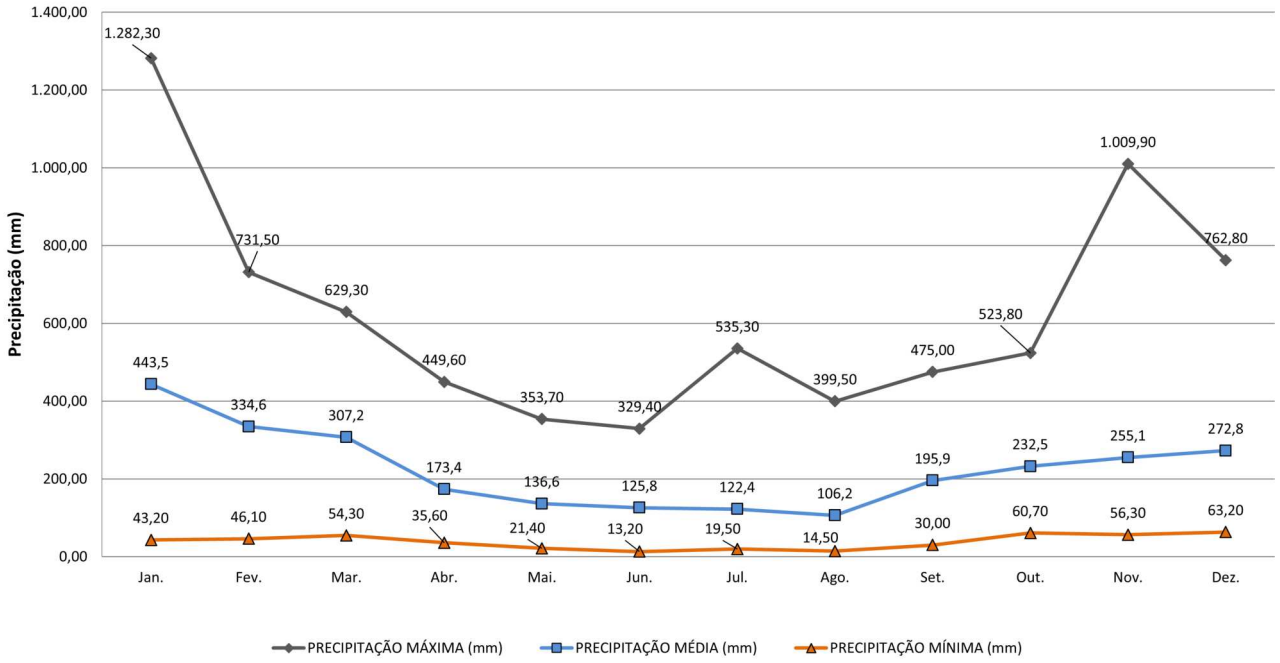
Na Tabela 12 estão dispostos os totais mensais de precipitação registrados ao longo dos anos da série histórica analisada, organizados mês a mês. Essa apresentação permite uma visualização detalhada da variação anual da chuva ao longo do tempo. De maneira complementar, a Figura 23 sintetiza os valores máximos, médios e mínimos de precipitação total mensal registrados ao longo da série, oferecendo uma visão estatística da distribuição sazonal das chuvas na região.

Tabela 12: Chuva média mensal na estação GARUVA (2648027)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1977	426,8	253,1	365,0	223,4	49,7	36,9	48,4	90,0	167,8	379,2	337,4	299,6
1978	273,6	275,4	140,2	46,8	62,1	90,4	113,4	90,9	171,0	173,7	299,8	382,9
1979	431,2	368,1	389,9	237,8	162,6	74,0	101,0	146,5	355,5	189,4	306,2	300,8
1980	630,4	320,5	411,9	302,7	86,2	107,8	272,4	233,6	205,3	227,0	172,2	78,6
1981	673,5	279,4	443,8	134,6	259,7	44,2	14,4	20,1	144,0	311,2	234,4	285,3
1982	507,0	433,0	191,8	229,4	348,3	292,2	535,3	63,8	300,0	251,3	249,0	309,4
1983	225,6	112,2	334,4	204,8	132,2	176,4	92,5	198,1	97,0	144,4	397,2	166,4
1984	280,2	548,4	256,2	89,2	52,6	36,8	50,2	17,2	168,0	131,1	233,8	208,0
1985	359,4	504,2	255,8	107,8	98,0	13,2	102,2	239,0	243,1	234,4	286,2	311,7
1986	464,8	517,1	154,3	285,8	234,2	116,0	60,8	79,0	468,0	171,4	123,0	217,3
1987	588,5	330,8	544,3	323,5	325,8	65,4	44,7	52,0	468,1	211,6	56,3	388,3
1988	1282,3	185,0	311,9	97,3	33,2	67,0	61,0	14,5	48,5	81,5	122,2	63,2
1989	43,2	46,1	62,8	68,6	65,8	134,1	55,4	79,6	201,9	322,7	509,4	209,5
1990	256,0	240,4	440,6	180,8	214,9	89,9	171,2	23,5	48,4	241,0	259,0	313,9
1991	503,4	359,7	211,7	292,4	44,7	168,1	13,9	54,8	281,6	156,4	242,1	275,4
1992	461,7	202,3	268,4	42,7	71,8	76,4	56,2	134,9	156,8	414,7	320,7	176,4
1993	427,8	494,3	319,7	161,0	21,4	72,1	126,2	380,0	280,4	180,6	235,8	208,3
1994	534,2	370,7	408,5	147,5	58,8	118,0	251,5	43,5	172,0	275,1	213,6	270,3
1995	398,1	337,9	164,5	72,8	23,2	111,5	41,9	70,7	223,4	169,6	186,7	351,9
1996	543,3	731,5	452,4	179,2	237,3	169,4	196,0	67,4	306,2	221,7	229,1	262,7
1997	444,5	157,6	227,4	172,6	116,2	97,4	39,2	152,9	191,1	182,9	228,1	262,7
1998	689,9	208,5	314,4	73,4	65,3	110,2	93,0	33,6	147,2	112,7	143,2	254,9
1999	335,5	335,5	164,1	449,6	152,2	88,0	151,2	49,5	214,2	126,3	161,1	355,8
2000	347,2	174,7	349,2	200,0	127,1	104,7	101,1	156,1	368,4	210,1	215,9	265,2
2001	173,1	232,3	54,2	179,2	33,4	54,5	58,7	47,7	200,4	161,7	461,2	192,7
2002	474,5	302,4	219,0	114,8	187,5	30,7	77,6	53,8	121,2	144,9	345,8	250,4
2003	688,9	572,4	281,2	74,5	93,3	65,3	103,4	59,8	197,9	169,1	1009,9	284,3
2004	508,1	225,1	287,4	235,7	55,3	78,7	246,5	156,2	299,8	183,0	215,9	202,5
2005	618,3	292,7	227,7	182,7	103,9	187,1	170,9	126,9	196,7	191,2	162,1	194,8
2011	526,4	431,7	550,0	82,5	53,6	101,8	179,4	399,5	178,0	213,0	164,7	244,9
2012	366,4	206,1	54,3	349,1	207,4	252,2	166,2	36,1	73,3	201,2	291,2	233,5
2013	357,2	241,0	288,4	117,0	94,5	107,9	245,8	159,7	162,3	133,7	293,0	289,7
2015	178,1	163,9	240,4	196,7	94,7	304,2	89,1	70,9	154,2	60,7	93,5	290,1
2016	351,6	352,6	448,1	245,1	121,7	110,1	171,2	83,2	332,9	403,3	242,3	389,0
2016	273,8	582,2	209,4	167,8	229,4	128,9	132,4	119,6	68,9	337,7	84,2	144,4
2017	494,0	276,1	233,9	167,8	553,7	187,6	25,9	87,0	148,0	172,8	346,2	186,7
2018	394,8	187,9	296,5	87,5	144,0	98,1	158,7	388,8	205,2	152,1	261,5	202,1
2019	259,9	340,9	218,0	179,4	292,4	109,3	35,9	51,4	212,7	188,7	242,8	99,0
2020	240,8	615,2	131,0	35,6	39,9	122,4	109,3	103,4	59,8	197,9	169,1	99,0
2021	615,2	131,0	35,6	39,9	122,4	109,3	103,4	59,8	197,9	169,1	451,3	623,6
2022	131,0	35,6	39,9	122,4	109,3	103,4	59,8	197,9	169,1	451,3	623,6	323,0
2023	35,6	39,9	122,4	109,3	103,4	59,8	197,9	169,1	451,3	623,6	323,0	341,0

Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025).

Figura 23: Precipitação mensal na estação GARUVA (2648027)



Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025).

Portanto, observa-se que a região apresenta um regime pluviométrico com a sazonalidade bem definida, o período mais chuvoso é concentrado entre os meses de outubro e março, com destaque para janeiro, que apresenta a maior média mensal (aprox. 443,5 mm). Em contrapartida, os meses de abril a setembro configuram o período mais seco, sendo agosto o mês com a menor precipitação média registrada (aprox. 106,2 mm).

5.4.2 Determinação da curva Precipitação x Duração

Para a adequada caracterização das chuvas intensas na região de estudo, torna-se necessário estimar as alturas pluviométricas máximas associadas a diferentes tempos de retorno (TR), com base na série histórica disponível. Como a base de dados utilizada é oriunda de um posto pluviométrico (chuva diária), a obtenção das precipitações para tempos de duração inferiores a 24 horas exige a aplicação de métodos indiretos, conforme diretrizes estabelecidas pela Instrução de Serviço IS-06 (SIE, 1998).

A Tabela 13 apresenta os dados utilizados na análise, contendo: o número de ordem do ano na série (n), o ano calendário, a altura da maior chuva diária registrada no ano, o número de dias com chuva e a precipitação total anual.

Tabela 13: Dados de precipitação

N.º	ANO	PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA (mm)	N.º DE DIAS CHUVOSOS	PRECIPITAÇÃO ANUAL TOTAL (mm)
1	1977	120,40	185	2.677,30
2	1978	121,60	183	2.128,80
3	1979	198,40	216	3.063,00
4	1980	156,10	243	3.053,30
5	1981	150,10	247	3.605,60
6	1982	126,60	253	3.609,60
7	1983	118,20	272	3.711,10
8	1984	105,00	194	2.280,40
9	1985	146,40	130	2.281,40
10	1986	152,20	162	2.755,60
11	1987	90,40	178	2.573,60
12	1988	140,20	179	3.398,40
13	1989	100,20	170	2.806,40
14	1990	125,60	147	2.362,80
15	1991	116,40	140	1.796,10
16	1992	69,00	161	1.759,10
17	1993	110,60	211	2.479,60
18	1994	183,30	171	2.775,60
19	1995	105,60	192	2.889,70
20	1996	136,60	170	2.383,00
21	1997	131,40	187	3.047,00
22	1998	132,80	207	2.863,70
23	1999	109,80	179	2.152,20
24	2000	174,70	194	3.473,90
25	2001	96,90	211	2.272,60
26	2002	225,30	190	2.990,00
27	2003	114,90	211	2.583,50
28	2004	173,50	209	2.883,70
29	2005	145,40	188	2.304,30
30	2006	120,40	182	2.327,10
31	2007	225,60	225	3.871,40
32	2008	225,60	225	3.697,45
33	2009	170,80	192	2.417,00
34	2010	127,90	217	3.121,40
35	2011	111,60	213	2.437,00
36	2012	107,90	202	2.435,07
37	2013	133,30	193	1.957,10
38	2015	79,30	226	3.154,10
39	2016	103,80	194	2.478,60
40	2017	128,10	213	2.794,20
41	2018	118,70	183	2.204,20
42	2019	88,00	198	2.311,40
43	2020	174,50	179	2.276,50
44	2021	178,90	219	2.951,10
45	2022	185,60	207	3.360,00
46	2023	84,20	214	2.593,20

Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025).

A partir dessa série, calcula-se o número de variáveis, a média e o desvio padrão das máximas anuais. Com esses parâmetros, aplica-se a equação de Ven Te Chow (Equação 5.1), recomendada pela IS-06 (SIE, 1998), para a estimativa da altura de precipitação máxima diária associada a diferentes tempos de retorno:

$$x_t = \overline{x} + K_t \cdot \sigma \tag{5.1}$$

Onde:

- x_t: altura de precipitação máxima diária esperada para o Tempo de Retorno (TR);
- $\bar{x}$: média da série de máximas anuais (mm);
- σ: desvio padrão da série (mm);
- K_t: fator adimensional da distribuição de Gumbel, variável conforme o TR.

Dados:

$$\overline{x} = \frac{\sum x}{n} \tag{5.2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \overline{x})^2}{n - 1}} \tag{5.3}$$

Os valores de K (fator de frequência) são obtidos segundo a distribuição da lei de Gumbel, esses valores variam segundo o tempo de recorrência e a quantidade de anos da série histórica disponível. Os valores atribuídos à variável K são tabelados (CHOW, 1951) e são apresentados na Tabela 14. Sendo assim, para o presente estudo com referência nos dados da Estação GARUVA, foram utilizados valores de K de acordo com os dados recorrentes de 46 anos, visto que esse é o período de dados disponíveis, conforme tabela 12.

Tabela 14: Tabela de valores de "K"calculados segundo a Lei de Gumbel

N° DE EVENTOS	TR - TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS						
	5	10	15	20	25	50	100
10	1,058	1,848	2,289	2,606	2,847	3,588	4,323
15	0,967	1,703	2,112	2,410	2,532	3,321	4,005
20	0,919	1,625	2,012	2,272	2,377	3,136	3,816
25	0,888	1,575	1,958	2,235	2,344	3,088	3,729
30	0,865	1,541	1,918	2,200	2,313	3,045	3,672
35	0,851	1,516	1,886	2,152	2,297	2,977	3,598
40	0,838	1,495	1,860	2,134	2,277	2,945	3,558
45	0,828	1,478	1,842	2,104	2,303	2,919	3,519
46	0,826	1,476	1,839	2,100	2,298	2,908	3,513
50	0,820	1,466	1,827	2,086	2,283	2,890	3,490

Fonte: Adaptado de Chow (1951)

Deste modo, as alturas de precipitação esperadas para o local são apresentadas na Tabela 15, evidenciando para cada Tempo de Retorno (TR) o valor de K, a média, o desvio padrão e a respectiva altura pluviométrica esperada.

Tabela 15: Altura pluviométrica esperada para cada TR

TR (Anos)	K (N=46)	MÉDIA DAS MÁXIMAS ANUAIS (mm)	DESVIO PADRÃO (mm)	ALTURA PLUVIOMÉTRICA ESPERADA (mm)
5	0,826	131,798	35,528	161,144
10	1,476			184,237
15	1,839			197,134
25	2,258			213,441
50	2,908			235,113
100	3,513			256,608

Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025).

Conforme orientações da IS-06 (SIE, 1998), a conversão da altura pluviométrica diária máxima esperada para períodos de retorno específicos deve ser realizada por meio do método proposto pelo Torrico (1975), com o objetivo de obter estimativas de precipitação para durações inferiores a 24 horas. Inicialmente, aplica-se uma relação constante de 1,095, independente do período de retorno, à altura de precipitação diária, apresentado anteriormente na Tabela 15. Esse fator tem como finalidade ajustar a estimativa da chuva máxima diária esperada, de modo a representá-la como uma precipitação acumulada em 24 horas. Deste modo, para a Estação 2648027 têm-se:

- H (TR=5 anos) = 161,144= mm x 1,095 = 176,452 mm;
- H (TR=10 anos) = 184,237 mm x 1,095 = 201,739 mm;
- H (TR=15 anos) = 197,134 mm x 1,095= 215,862 mm;
- H (TR=25 anos) = 213,441 mm x 1,095= 233,718 mm;
- H (TR=50 anos) = 235,113 mm x 1,095 = 257,449 mm;
- H (TR=100 anos) = 256,608 mm x 1,095 = 280,986 mm.

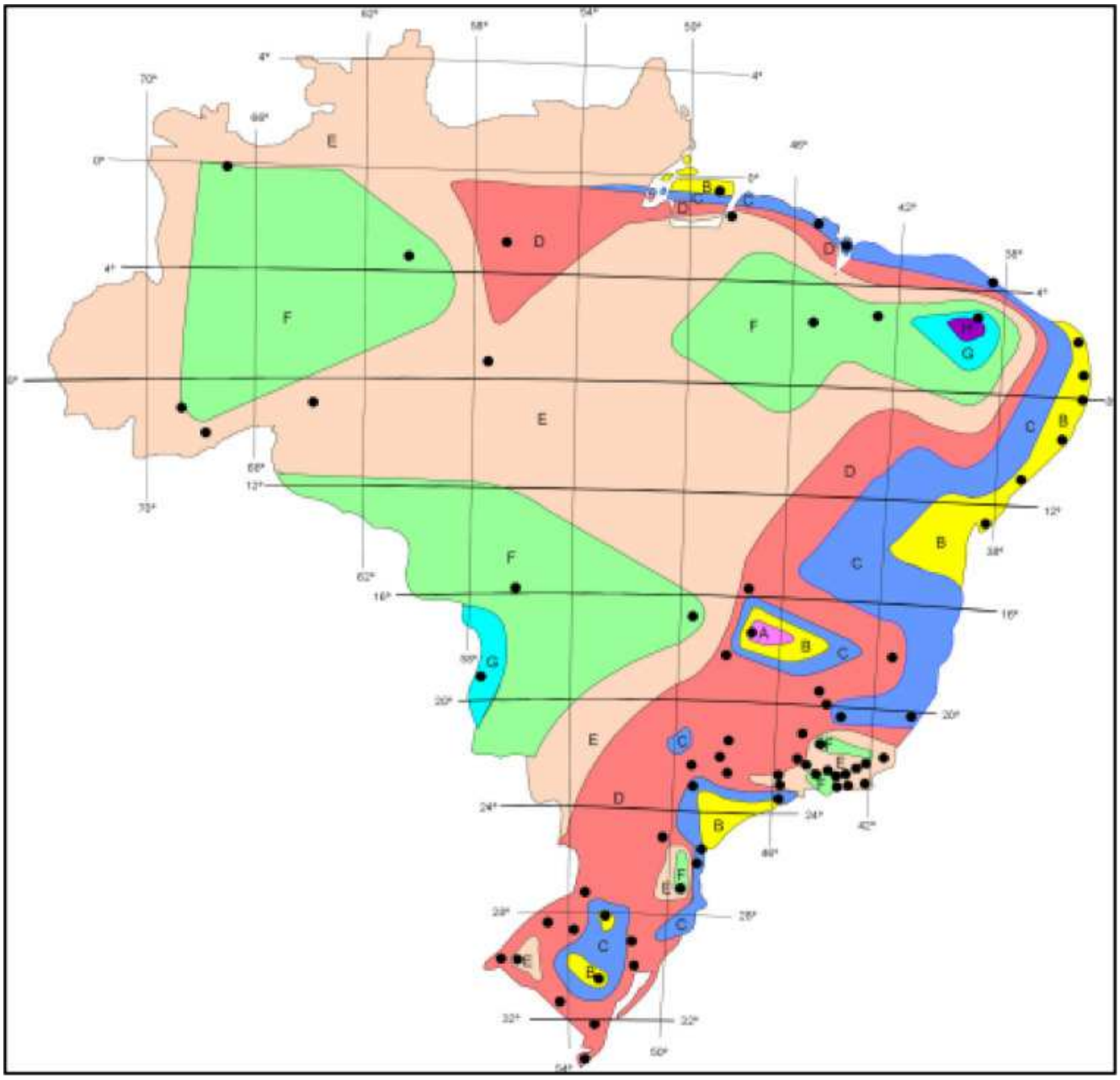
A obtenção de dados de precipitação para tempos de duração inferiores a 24 horas é fundamental para diversos estudos hidrológicos. No entanto, a baixa densidade de postos pluviográficos com essa capacidade impõe a necessidade de extrapolação de dados a partir de estações distantes.

Para esse fim, foi adotado o Método das Isozonas (TORRICO, 1975) que permite a correlação entre dados de postos pluviométricos e pluviográficos, possibilitando a dedução das precipitações para períodos inferiores a 24 horas de forma simplificada e regionalmente ajustada.

As Isozonas são regiões delimitadas com base em comportamentos pluviométricos semelhantes, identificados por meio da análise de séries históricas de dados. Cada Isozona possui coeficientes específicos que permitem converter a precipitação acumulada em 24 horas em valores equivalentes para tempos de duração menores, respeitando as particularidades climáticas regionais.

Conforme a classificação apresentada no Mapa de Isozonas (Figura 24), o trecho de estudo está inserido na Isozona C. Assim, foram aplicados os coeficientes específicos dessa zona para os devidos ajustes nos cálculos de precipitação de curta duração.

Figura 24: Isozonas no Brasil



Fonte: Adaptado de Práticas Hidrológicas (TORRICO, 1975).

A Tabela 16 apresenta a distribuição estatística das isozonas em função dos tempos de recorrência, utilizada para estimar chuvas intensas com diferentes durações e períodos de retorno, conforme Torrico (1975).

Tabela 16: Distribuição estatística das isozonas em função de cada TR

ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO													
TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS													
ZONA		1 HORA / 24 HORAS CHUVA										6 min 24h	CHUVA
		5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5-50	100
A		36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
B		38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
C		40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
D		42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
E		44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
F		46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
G		47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
H		49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

Fonte: Adaptado de Práticas Hidrológicas (TORRICO, 1975).

Por fim, a Tabela 17 consolida os resultados finais das alturas pluviométricas esperadas para diferentes durações e períodos de retorno, incluindo os valores dos coeficientes aplicados, permitindo o uso direto desses dados na modelagem e dimensionamento hidrológico.

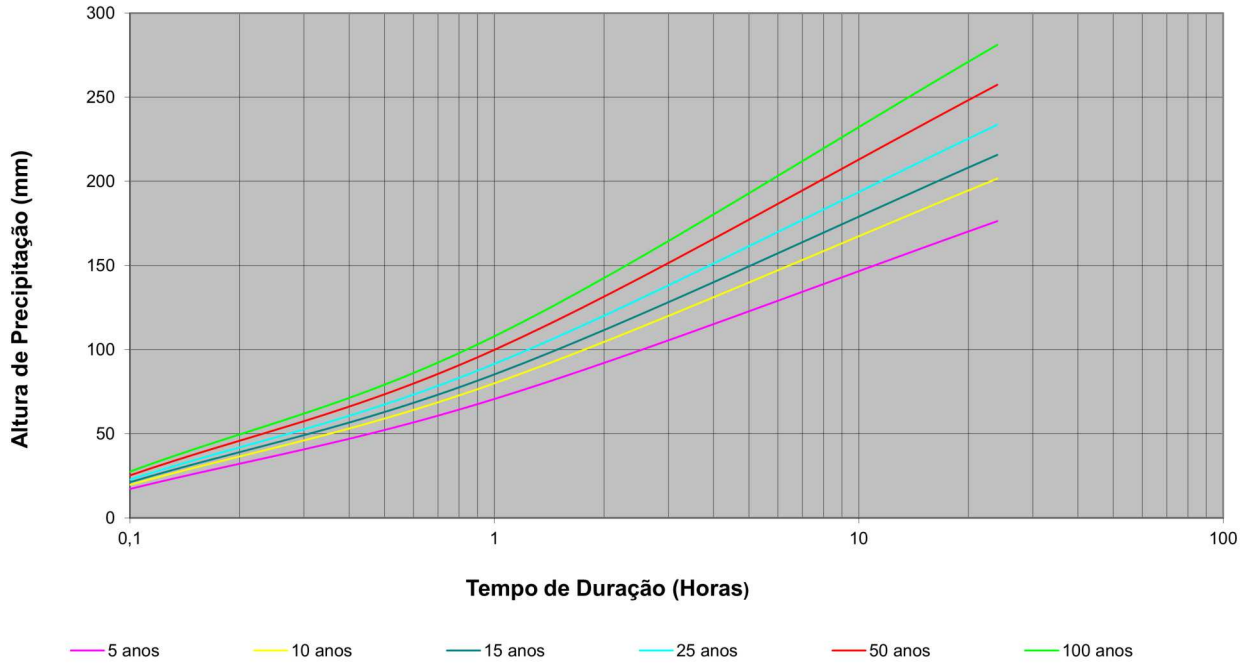
Tabela 17: Duração x Tempo de Recorrência

MÉTODO DAS ISOZONAS		ZONA	C
TR (Anos)	TEMPO DE DURAÇÃO (h)	COEFICIENTE	PRECIPITAÇÃO (mm)
5	0,1	0,098	17,292
	1	0,401	70,758
	24	1,095	176,453
10	0,1	0,098	19,771
	1	0,397	80,091
	24	1,095	201,740
15	0,1	0,098	21,154
	1	0,395	85,265
	24	1,095	215,862
25	0,1	0,098	22,904
	1	0,392	91,618
	24	1,095	233,718
50	0,1	0,098	25,230
	1	0,388	99,890
	24	1,095	257,449
100	0,1	0,098	27,537
	1	0,384	107,898
	24	1,095	280,986

Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025).

A Figura 25 apresenta a Curva de Altura de Precipitação em função do Tempo de Duração para diferentes períodos de retorno (TR), obtida a partir da aplicação do método de Ven Te Chow, complementado pelas relações de Torrico (1975) para conversão das chuvas diárias em chuvas de menor duração.

Figura 25: Curva altura de Precipitação X Duração - Estação Garuva



Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025).

5.4.3 Determinação das curvas de Intensidade – Duração – Frequência

As Curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) constituem uma ferramenta hidrológica fundamental para o planejamento e dimensionamento de obras de drenagem. Elas representam graficamente a relação entre a intensidade máxima de precipitação, a duração da chuva e a frequência de sua ocorrência (expressa pelo período de retorno).

Em projetos de engenharia, especialmente em infraestruturas rodoviárias, as curvas IDF permitem estimar a intensidade de chuva esperada para diferentes cenários de risco, fornecendo os dados necessários para o cálculo das vazões de projeto e garantindo a capacidade adequada dos dispositivos de drenagem para suportar eventos pluviométricos extremos.

5.4.3.1 Conversão de alturas de chuva em intensidades

A partir dos dados de alturas pluviométricas, obtidas conforme o Método das Isozonas para diferentes tempos de duração (0,1 h, 1 h e 24 h) e períodos de retorno (TR) e precipitações consolidadas na Tabela 17, procedeu-se a conversão dessas alturas em intensidades de precipitação. Esta conversão é fundamental para a posterior formulação da Equação Geral de Chuvas Intensas e é realizada utilizando a seguinte relação:

$$I = \frac{h}{t} \tag{5.4}$$

Onde:

- I representa a intensidade da chuva (mm/h),
- h é a altura da precipitação (mm),

- t é o tempo de duração da chuva (h).

Os valores de intensidade de precipitação resultantes para os diversos tempos de retorno e durações para o trecho da Rodovia SC-417 são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: Intensidade de precipitação para diferentes tempos de retorno e duração

TR (ANOS)	TEMPO DE DURAÇÃO (h)	INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO (mm/h)
5	0,1	172,924
	1	70,758
	24	7,352
10	0,1	197,705
	1	80,091
	24	8,406
15	0,1	211,544
	1	85,265
	24	8,994
25	0,1	229,044
	1	91,618
	24	9,738
50	0,1	252,300
	1	99,890
	24	10,727
100	0,1	275,366
	1	107,898
	24	11,708

Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025).

5.4.3.2 Cálculo da equação geral de chuvas intensas

De posse dos valores de intensidade pluviométrica obtidos para diferentes durações e frequências (tempos de retorno), conforme detalhado na seção anterior, determina-se a forma geral da equação representativa do regime pluviométrico local.

Este modelo matemático estabelece a relação entre a magnitude da precipitação, a sua duração e a probabilidade de ocorrência, constituindo-se em uma ferramenta essencial para o projeto hidrológico. A partir deste modelo, o valor de intensidade de projeto pode ser obtido para cada período de retorno e duração de evento selecionados, sendo que este último, em muitos casos, equivale ao tempo de concentração da bacia.

Ressalta-se que a aplicação da equação para um local diferente daquele para o qual ele foi obtido e validado deve ser feita com extremo critério, devido às particularidades climáticas e geográficas de cada região. A equação geral é representada da seguinte forma:

$$i = \frac{K \cdot T^m}{(t+b)^n} \tag{5.5}$$

Onde:

- i = intensidade média máxima de chuva, em mm/h;
- T = período de retorno, em anos;
- t = duração da chuva (tempo de concentração da bacia), em minutos;
- K, m, b, n = parâmetros da equação determinados para o local analisado.

É fundamental determinar os parâmetros da equação de chuvas intensas para que se possa ir além dos dados pontuais observados. As medições fornecem a intensidade da chuva para durações específicas (neste caso, 0,1h, 1h e 24h), mas para projetos de engenharia, como o dimensionamento de sistemas de drenagem, é necessário estimar a intensidade para qualquer duração intermediária (como 15, 30 ou 45 minutos). A definição dos parâmetros K, m, b e n transforma os pontos de dados discretos em uma equação contínua e preditiva, permitindo esses cálculos.

A relação matemática da Equação 5.5 não é linear devido à presença dos expoentes m e n e da forma como os parâmetros interagem. Isso significa que a relação não pode ser representada por uma linha reta, tornando inadequado o uso de métodos de regressão linear simples. Diante dessa característica, a metodologia estatística apropriada e adotada para determinar os parâmetros foi a regressão não linear.

O processo de regressão não linear foi executado de forma computacional. O método funciona de maneira iterativa: o algoritmo testa sistematicamente milhares de combinações diferentes para os parâmetros K, m, b e n. Para cada combinação testada, ele utiliza a equação IDF para calcular os valores de intensidade "previstos"e os compara com os valores de intensidade "observados"(os seus dados originais). O objetivo do algoritmo é encontrar a única combinação de parâmetros que minimiza o erro total entre os valores previstos e os observados.

Para validar a qualidade do ajuste final do modelo, utiliza-se o Coeficiente de Determinação, (R^2). Este indicador estatístico mede a proporção da variabilidade dos dados observados que é explicada pelo modelo matemático encontrado, variando de 0 (modelo sem precisão) a 1 (indicando um ajuste perfeito). O cálculo do R^2 depende de duas métricas principais:

- Soma dos Quadrados dos Resíduos (SQRes), que quantifica o erro total do modelo. Ela é calculada pela soma das diferenças ao quadrado entre cada valor de intensidade observado e o respectivo valor previsto pela fórmula:

$$SQRes = \sum (i_{\text{observado}} - i_{\text{previsto}})^2 \tag{5.6}$$

- Soma Total dos Quadrados (SQTot) que representa a variação total dos dados em relação à sua própria média e serve como uma linha de base para o erro, indicando qual seria a dispersão se usássemos apenas a média dos dados como um previsor:

$$SQTot = \sum (i_{\text{observado}} - i_{\text{médio}})^2 \tag{5.7}$$

Com esses dois componentes, a equação final para o Coeficiente de Determinação é expressa pela Equação 5.8.

$$R^2 = 1 - \frac{SQRes}{SQTot} \tag{5.8}$$

Portanto, para a região onde está inserido o traçado, a equação para determinação da intensidade de precipitação (Equação: 5.9), considerando sua duração em um determinado tempo de retorno, foi determinada com os seguintes parâmetros (Tabela 19)

Tabela 19: Parâmetros para equação ajustada

EQUAÇÃO AJUSTADA	
$R^2 = 99,80\%$	
K	1532,635
m	0,1486
b	17,0931
n	0,7619

Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025)..

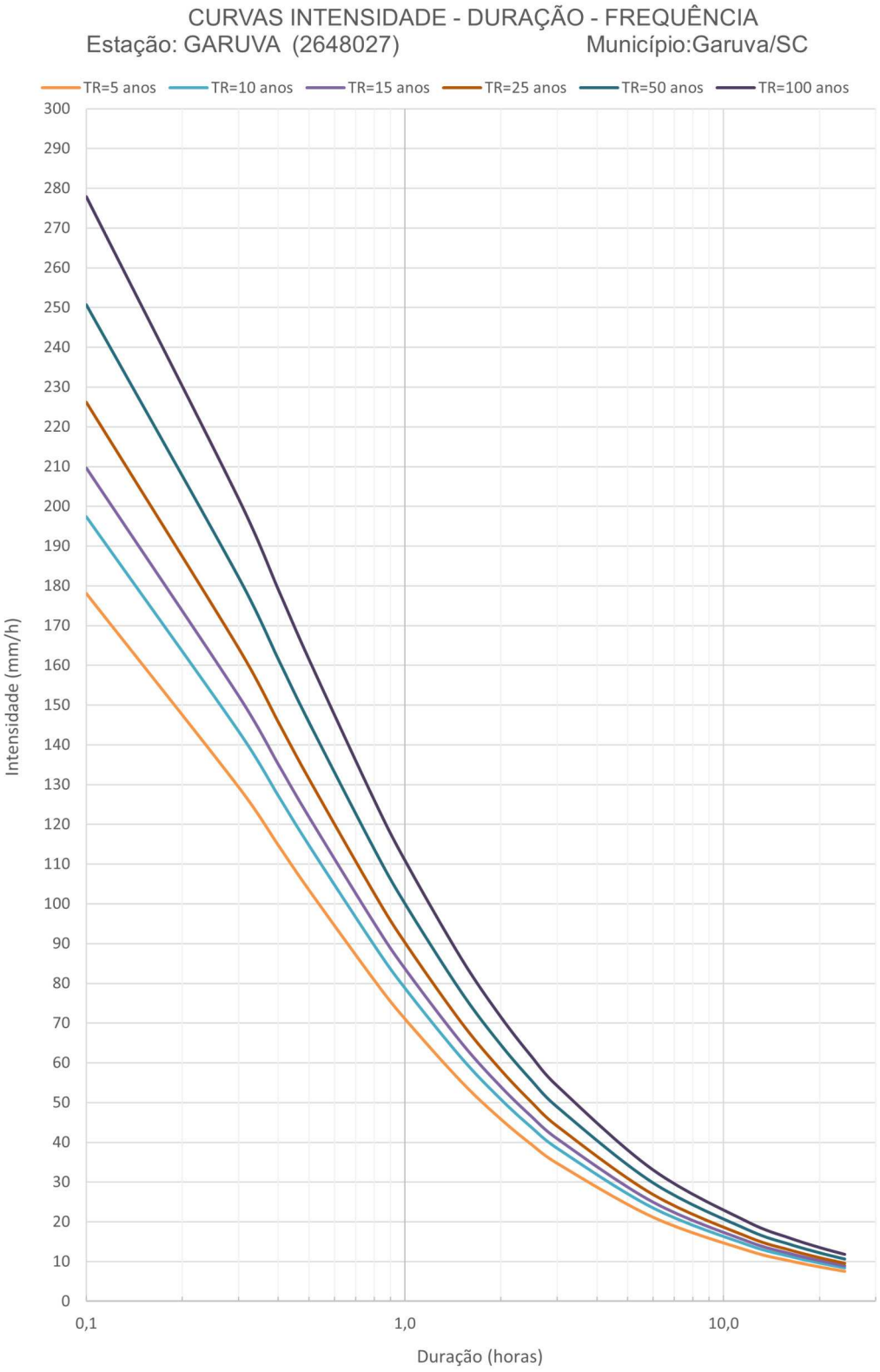
$$i = \frac{1532,635 \times T^{0,1486}}{(t + 17,0931)^{0,7619}} \tag{5.9}$$

5.4.3.3 Curva I-D-F e Tabela de intensidades

Dessa forma, como uma etapa fundamental para a continuidade dos estudos hidrológicos, foram elaboradas as curvas Intensidade–Duração–Frequência (I-D-F) para o trecho em análise. Essas curvas, desenvolvidas com base nos dados processados da estação meteorológica, são ilustradas na Figura 26, representando graficamente a relação entre intensidade, duração e frequência para a região.

Para melhor compreensão e aplicação prática dos resultados obtidos, a Tabela 20, complementa a análise gráfica, apresentando os valores correspondentes a cada curva. Ou seja, são detalhadas as intensidades de precipitação para diferentes tempos de duração e períodos de retorno, permitindo uma estimativa mais precisa e direta das chuvas intensas na área estudada para fins de dimensionamento.

Figura 26: Curvas I-D-F – Estação Garuva (2648027)



Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025).

Tabela 20: Valores das curvas I-D-F

DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE INTENSIDADE - DURAÇÃO - FREQUÊNCIA													
Duração		TR=5 anos		TR=10 anos		TR=15 anos		TR=25 anos		TR=50 anos		TR=100 anos	
(h)	(min)	H (mm)	i (mm/h)	H (mm)	i (mm/h)	H (mm)	i (mm/h)	H (mm)	i (mm/h)	H (mm)	i (mm/h)	H (mm)	i (mm/h)
0,1	6	17,80	178,02	19,73	197,33	20,96	209,59	22,61	226,12	25,07	250,65	27,78	277,84
0,3	18	38,83	129,42	43,04	143,46	45,71	152,37	49,32	164,39	54,67	182,22	60,60	201,99
0,4	24	45,90	114,76	50,88	127,21	54,04	135,11	58,30	145,76	64,63	161,58	71,64	179,11
0,5	30	51,72	103,44	57,33	114,66	60,89	121,78	65,69	131,39	72,82	145,64	80,72	161,44
0,8	48	64,66	80,83	71,68	89,60	76,13	95,16	82,14	102,67	91,05	113,81	100,92	126,16
1,0	60	71,05	71,05	78,76	78,76	83,65	83,65	90,25	90,25	100,04	100,04	110,90	110,90
1,5	90	82,97	55,31	91,97	61,31	97,68	65,12	105,39	70,26	116,82	77,88	129,50	86,33
2,0	120	91,65	45,83	101,60	50,80	107,91	53,95	116,42	58,21	129,05	64,52	143,05	71,52
2,5	150	98,53	39,41	109,22	43,69	116,00	46,40	125,15	50,06	138,73	55,49	153,78	61,51
3,0	180	104,26	34,75	115,57	38,52	122,75	40,92	132,43	44,14	146,80	48,93	162,72	54,24
6,0	360	127,19	21,20	140,99	23,50	149,75	24,96	161,56	26,93	179,09	29,85	198,52	33,09
12,0	720	152,66	12,72	169,22	14,10	179,73	14,98	193,90	16,16	214,94	17,91	238,26	19,86
16,0	960	164,21	10,26	182,02	11,38	193,33	12,08	208,57	13,04	231,20	14,45	256,29	16,02
20,0	1200	173,63	8,68	192,47	9,62	204,42	10,22	220,54	11,03	244,47	12,22	270,99	13,55
24,0	1440	181,66	7,57	201,37	8,39	213,87	8,91	230,74	9,61	255,77	10,66	283,52	11,81

Fonte: Os autores, a partir dos dados do Portal HidroWeb (ANA, 2025).

5.5 Delimitação das bacias hidrográficas

5.5.1 Considerações gerais

As bacias hidrográficas podem ser definidas como a área delimitada topograficamente que drena a água da chuva para um ponto comum, denominado exutório. Essa área compreende toda a superfície terrestre onde as águas escoam superficialmente, seja por cursos d'água naturais ou artificiais, convergindo para um rio principal, lago ou outro corpo hídrico. No contexto de projetos rodoviários, os exutórios correspondem, geralmente, aos pontos onde os talvegues principais ou os cursos d'água interceptam a plataforma da rodovia, exigindo obras de drenagem como bueiros, pontes ou galerias para permitir a passagem segura das vazões geradas na bacia.

A delimitação das bacias hidrográficas é realizada, em geral, após a definição do traçado da rodovia e a conclusão do levantamento topográfico da área, pois essas etapas fornecem as informações necessárias para uma análise hidrológica mais precisa. O traçado define a localização da rodovia em relação ao relevo natural, enquanto o levantamento topográfico permite identificar com maior exatidão os divisores de água e os caminhos preferenciais do escoamento superficial. A realização dessas etapas preliminares garante que a delimitação das bacias esteja alinhada às condições reais do terreno e às interferências previstas no projeto, contribuindo para um planejamento mais eficiente das soluções de drenagem.

5.5.2 Coleta de dados altimétricos

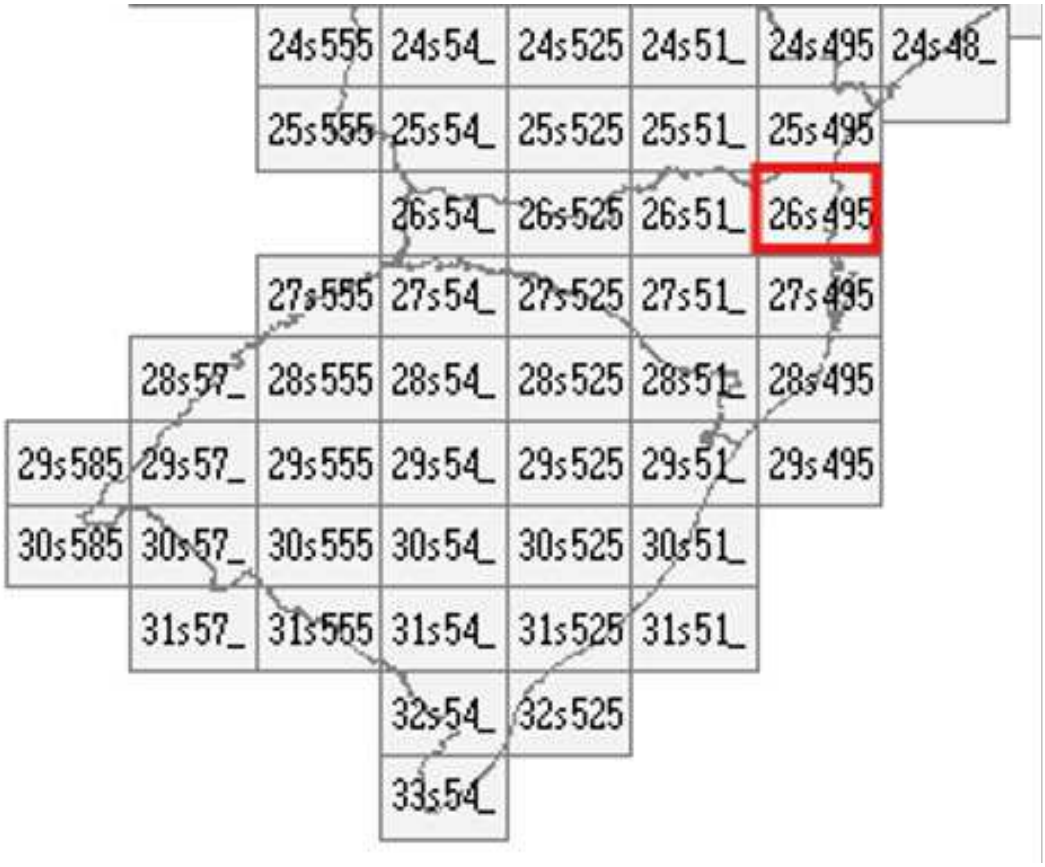
Para a obtenção dos dados altimétricos utilizados na caracterização das bacias hidrográficas, foram empregados os Modelos Digitais de Elevação (MDE) disponibilizados pela iniciativa TOPODATA, desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2011). Essa base de dados fornece informações de elevação com resolução espacial de 30 metros, refinadas a partir do modelo SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*),

ajustadas para melhor representar o relevo em áreas de maior complexidade topográfica, sendo suficiente para o presente estudo.

Os dados altimétricos estão organizados em quadrículas compatíveis com a articulação cartográfica na escala 1:250.000, correspondendo a folhas de 1° de latitude por 1,5° de longitude. Essa estrutura permite a seleção direcionada das áreas de interesse, otimizando o processamento e a análise dos dados.

Para a região correspondente ao traçado da rodovia em estudo, foi selecionada a folha 26S495, que abrange integralmente a área de projeto. A localização da folha na articulação pode ser visualizada na Figura 27, onde está demarcado o recorte espacial utilizado na análise hidrológica.

Figura 27: Folha escolhida (26S495) na articulação



Fonte: Adaptado de TOPODATA (INPE, 2011). Acesso em 14/06/2025.

5.5.3 Delimitação e fontes complementares

A partir do MDE, extraem-se as informações de elevação para a elaboração das curvas de nível, que, por sua vez, permitem o traçado das linhas divisoras de água. Essas linhas representam as cristas e topos do terreno, onde o escoamento superficial se divide, direcionando a água para diferentes bacias. O processo envolve a identificação de depressões e talvegues (as linhas de fundo dos vales), que indicam os caminhos preferenciais do fluxo da água em direção ao exutório. Ao conectar esses pontos e seguir as maiores altitudes que separam as direções do escoamento, é possível definir a área de contribuição que drena para o exutório em questão, garantindo uma delimitação precisa da bacia hidrográfica.

Para a identificação e caracterização de talvegues e cursos d'água, empregou-se a camada vetorial da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), denominada Hintegrada. Trata-se de uma base de

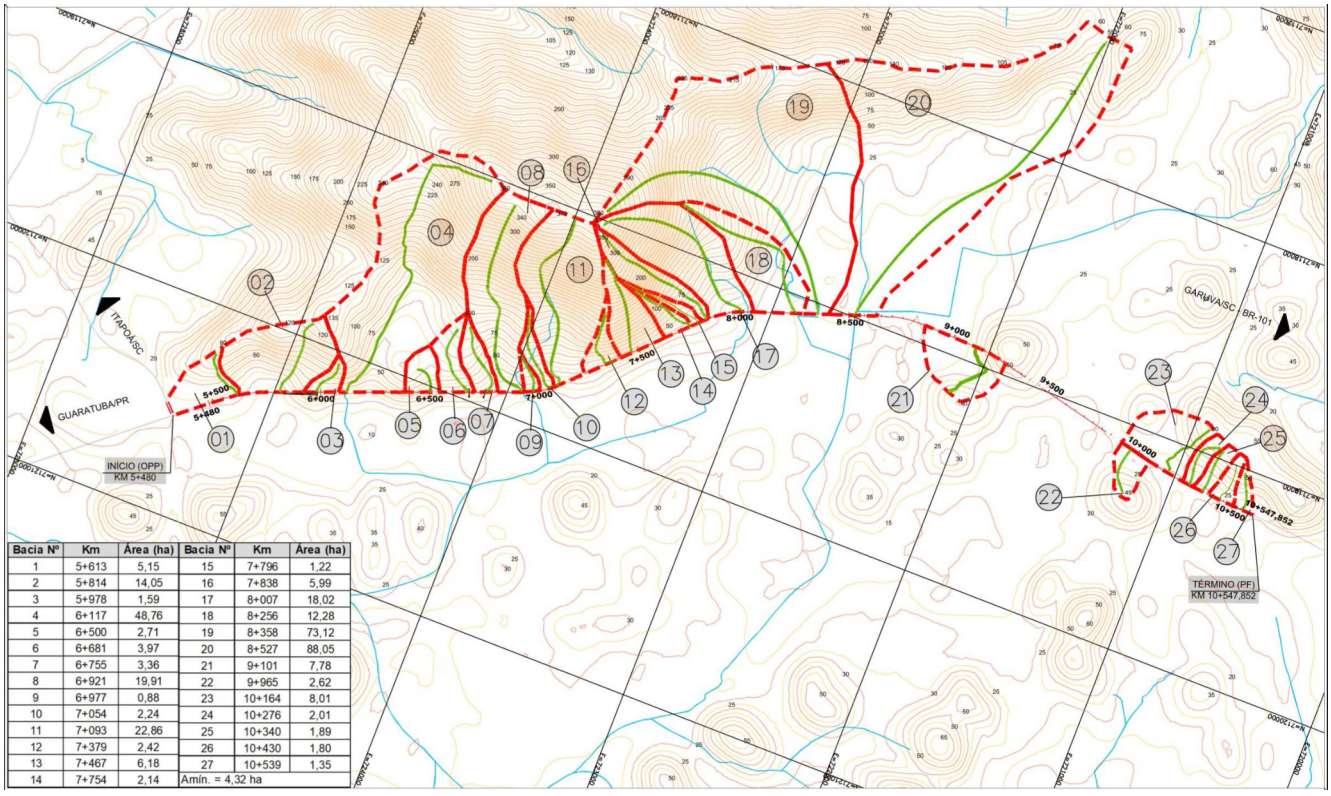
dados georreferenciada que disponibiliza informações sistematizadas sobre a hidrografia nacional, contemplando rios, córregos e demais linhas de drenagem. A utilização dessa camada permite uma visualização mais precisa e abrangente da rede de drenagem, complementando os dados altimétricos e cadastrais para uma análise hidrológica mais robusta e a localização assertiva das intervenções necessárias.

Complementarmente, utiliza-se o levantamento cadastral na escala 1:2.000 nas áreas mais próximas ao eixo da rodovia. Esse nível de detalhe é crucial para refinar a localização dos pontos de transposição dos talvegues, que geralmente correspondem aos locais onde são necessárias obras de drenagem, bem como para um melhor compreendimento do uso e ocupação do solo na região.

5.5.4 Resultados

A delimitação das bacias hidrográficas para o segmento estudado nesta fase do projeto é apresentada na Figura 28, bem como no Apêndice J. Além disso, a Tabela 21 apresenta o resumo da delimitação, indicando sua numeração, localização e área.

Figura 28: Delmitação das Bacias Hidrográficas



Bacia Nº	Km	Área (ha)	Bacia Nº	Km	Área (ha)
1	5+613	5,15	15	7+796	1,22
2	5+814	14,05	16	7+838	5,99
3	5+978	1,59	17	8+007	18,02
4	6+117	48,76	18	8+256	12,28
5	6+500	2,71	19	8+358	73,12
6	6+681	3,97	20	8+527	88,05
7	6+755	3,36	21	9+101	7,78
8	6+921	19,91	22	9+965	2,62
9	6+977	0,88	23	10+164	8,01
10	7+054	2,24	24	10+276	2,01
11	7+093	22,86	25	10+340	1,89
12	7+379	2,42	26	10+430	1,80
13	7+467	6,18	27	10+539	1,35
14	7+754	2,14	Amín. = 4,32 ha		

Grande parte dessas bacias hidrográficas foram delimitadas com áreas inferiores à área mínima de 4,31 hectares. Essas bacias podem ser consideradas pequenas, e deve-se utilizar o valor mínimo na sequência das análises.

Tabela 21: Resumo da delimitação das bacias hidrográficas

BACIA N°	KM	ÁREA (ha)
1	5+613	5,15
2	5+814	14,05
3	5+978	1,59
4	6+117	48,76
5	6+500	2,71
6	6+681	3,97
7	6+755	3,36
8	6+921	19,91
9	6+977	0,88
10	7+054	2,24
11	7+093	22,86
12	7+379	2,42
13	7+467	6,18
14	7+754	2,14
15	7+796	1,22
16	7+838	5,99
17	8+007	18,02
18	8+256	12,28
19	8+358	73,12
20	8+527	88,05
21	9+101	7,78
22	9+965	2,62
23	10+164	8,01
24	10+276	2,01
25	10+340	1,89
26	10+430	1,80
27	10+539	1,35
Área mínima = 4,31 ha		

5.6 Determinação das vazões das bacias hidrográficas

Posteriormente à delimitação das bacias hidrográficas, torna-se necessário calcular a vazão nos respectivos pontos exutórios. Essa etapa é crucial para dimensionar e verificar a capacidade hidráulica dos dispositivos de drenagem, especialmente as Obras de Arte Correntes (OAC) existentes, bem como para projetar prolongamentos e implantações de novas estruturas. Um dimensionamento inadequado pode resultar em severas consequências, como erosão, instabilidade de taludes, inundações da plataforma viária e até mesmo o colapso de estruturas, comprometendo a segurança dos usuários e a integridade da infraestrutura rodoviária. Contudo, antes de proceder ao dimensionamento das vazões, alguns conceitos hidrológicos fundamentais devem ser estabelecidos, os quais servirão de base para a metodologia adotada.

5.6.1 Período de recorrência

Segundo Jabor (2023) , o Tempo de Recorrência (TR) é o intervalo médio de anos em que pode ocorrer ou ser superado um dado evento. Para o caso desta rodovia, ele se refere ao tempo em que estão previstas enchentes de projeto, informações essas que orientarão a localização e dimensões dos dispositivos de drenagem.

A escolha do tempo de recorrência e, consequentemente, a vazão calculada, foram baseadas na importância da obra e no tipo de dispositivo, conforme as instruções estabelecidas pela SIE (1998). O Quadro 6 apresenta o tempo de recorrência exigido para cada tipo de obra a ser executada.

Quadro 6: Tempo de Recorrência

ESPÉCIE	TEMPO DE RECORRÊNCIA (ANOS)
Drenagem Superficial	10
Bueiros	25
Pontes	100

Fonte: SIE (1998).

5.6.2 Tempo de concentração

O tempo de concentração é o intervalo de tempo entre o início da precipitação e o instante em que toda a bacia contribua para a vazão na seção estudada (JABOR, 2023). Este conceito corresponde à duração da trajetória da partícula de água que demora mais tempo para atingir a seção considerada.

O tempo de concentração das bacias foi avaliado por metodologia e modelos usuais, e que apresentem resultados compatíveis e que considerem:

- Área da bacia;
- Comprimento e declividade do talvegue principal;
- Recobrimento vegetal;
- Uso da terra.

O cálculo do tempo de concentração foi efetuado através da Equação 5.10 que também é apresentada no Manual de Hidrologia Básica (DNIT, 2005a).

$$tc = \frac{10}{K} \times \left(\frac{A^{0,3} \times L^{0,2}}{I^{0,4}} \right) \tag{5.10}$$

Onde:

- tc = Tempo de concentração, em minutos;
- A = Área da bacia, em hectares;
- L = Comprimento do talvegue principal, em metros;
- K = Coeficiente tabelado em função das características das bacias;
- I = Declividade do talvegue principal, em porcentagem.

Desta forma, o tempo de concentração mínimo adotado para a drenagem superficial foi de 6 minutos, para este trecho da rodovia, e os valores para o coeficiente K são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7: Coeficiente K em função das características da bacia

CARACTERÍSTICAS DA BACIA	K
Terreno areno-argiloso coberto de vegetação intensa, elevada absorção	2,0
Terreno argiloso coberto de vegetação, absorção média apreciável	3,0
Terreno argiloso coberto de vegetação, absorção média	4,0
Terreno com vegetação média, pouca absorção	4,5
Terreno com rocha, escassa vegetação, baixa absorção	5,0
Terreno rochoso, vegetação rala, reduzida absorção	5,5

Fonte: Adaptado DNIT (2005a).

Com base nos levantamentos topográficos, análises de cartas topográficas e aerolevantamentos, que permitiram a caracterização do tipo de terreno e cobertura vegetal das bacias, o valor de K=3,00 foi uniformemente adotado para todas as bacias. Essa escolha é justificada por ser representativa de terreno argiloso com vegetação e absorção média, características predominantes na área de implantação da rodovia.

5.6.3 Coeficiente de deflúvio

Coeficiente de deflúvio ou coeficiente de escoamento superficial ou ainda coeficiente de "run-off", é a relação entre o volume de água escoado superficialmente e o volume precipitado (JABOR, 2023). Dessa forma, entende-se que para um coeficiente de escoamento, hipotético, C = 0,40, implica em dizer que, do escoamento/chuva que será considerado no cálculo de vazão, somente 40% do seu volume chegará no ponto de transposição, ou local da obra a ser projetada.

Os valores do coeficiente C são apresentados no Quadro 8, no Quadro 9 e também no Quadro 10 que são estruturadas em função das características das bacias. Para cada bacia analisada, foi levado em consideração as diferentes coberturas de solo e sua respectiva utilização, de acordo com o C de áreas urbanas, suburbanas e rurais. Dessa forma, o coeficiente de escoamento superficial para cada bacia, levando as considerações citadas anteriormente, é calculado ponderadamente em função da composição das áreas parciais, vide equação 5.11:

$$C = \frac{\sum Ci \times Ai}{\sum Ai} \tag{5.11}$$

Onde:

- C = coeficiente de escoamento superficial ponderado (adimensional);
- Ci = coeficiente de escoamento superficial da área parcial avaliado em função do uso e ocupação do solo;
- Ai = área parcial em ha.

Quadro 8: Coeficiente de Runoff em áreas suburbanas e rurais

CARACTERÍSTICAS	C (%)		
TERRENO ESTÉRIL MONTANHOSO - Material rochoso ou geralmente não poroso, com reduzida ou nenhuma vegetação e altas declividades	80	a	90
TERRENO ESTÉRIL ONDULADO - Material poroso ou geralmente não poroso, com reduzida ou nenhuma vegetação em relevo ondulado e com declividades moderadas.	60	a	80
TERRENO ESTÉRIL PLANO - Material rochoso ou geralmente não poroso, com reduzida ou nenhuma vegetação e baixas declividades	50	a	70
PRADOS, CAMPINAS, TERRENO ONDULADO - Áreas de declividades moderadas, grandes porções de gramados, flores silvestres ou bosques, sobre um manto fino de material poroso que cobre o material não poroso.	40	a	65
MATAS DECÍDUAS, FOLHAGEM CADUCA - Matas e florestas de árvores decíduas em terreno de declividades variadas.	35	a	60
MATAS CONÍFERAS, FOLHAGEM PERMANENTE - Florestas e matas de árvores de folhagem permanente em terrenos de declividades variadas.	25	a	50
POMARES - Plantações de árvores frutíferas com áreas abertas cultivadas ou livres de qualquer planta a não ser gramados.	15	a	40
TERRENOS CULTIVADOS, ZONAS ALTAS - Terrenos cultivados em plantação de cereais ou legumes, fora de zonas baixas e várzeas.	15	a	40
FAZENDAS, VALES - Terrenos cultivados em plantações de cereais ou legumes, localizados em zonas baixas e várzeas.	10	a	40

Fonte: IS-06 (SIE, 1998).

Quadro 9: Coeficiente de Runoff em áreas urbanas

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "C"		
Comércio:			
Áreas Centrais	0,7	a	0,95
Áreas das periferia do centro	0,5	a	0,7
Residencial:			
Áreas de uma única família	0,3	a	0,5
Multi-unidades, isoladas	0,3	a	0,5
Multi-unidades, ligadas	0,6	a	0,75
Residencial (suburbana)	0,25	a	0,4
Área de apartamentos	0,5	a	0,7
Industrial:			
Áreas leves	0,5	a	0,8
Áreas densas	0,6	a	0,9
Parques, cemitérios	0,1	a	0,25
Playgrounds	0,2	a	0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,2	a	0,4
Terrenos baldios	0,1	a	0,3

Fonte: Manual de Hidrologia Básica para Estuturas de Drenagem (DNIT, 2005a).

Quadro 10: Coeficiente de *Runoff* em áreas urbanas por tipo de superfície

TIPO DE SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "C"		
Ruas:			
Asfalto	0,7	a	0,95
Concreto	0,8	a	0,95
Tijolos	0,7	a	0,85
Trajetos de acesso a calçadas	0,75	a	0,85
Telhados	0,75	a	0,95
Gramados; solos arenosos			
Plano, 2%	0,05	a	0,10
Médio, 2% a 7%	0,10	a	0,15
Íngreme, 7%	0,15	a	0,20
Gramados; solo compacto			
Plano, 2%	0,13	a	0,17
Médio, 2% a 7%	0,18	a	0,22
Íngreme, 7%	0,15	a	0,35

Fonte: Manual de Hidrologia Básica para Estuturas de Drenagem (DNIT, 2005a).

5.6.4 Declividade média e efetiva

A declividade média é obtida através da razão entre a diferença da cota do terreno no local aonde o talvegue se inicia e a cota do ponto de transposição da rodovia, dívida pelo comprimento do talvegue, conforme a Equação 5.12.

$$i_{med} = \frac{H}{L} \tag{5.12}$$

Onde:

- i_{med} = declividade média (m/m)
- H = desnível (m)
- L = comprimento total do talvegue (m)

Entretanto, visando contribuir ainda mais na precisão das variáveis utilizadas para se chegar ao valor real da vazão das bacias contribuintes calculadas pelo Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT), recomenda-se o cálculo da declividade efetiva, como é apresentado na Equação 5.13).

Quando a bacia possui uma pequena dimensão, a declividade efetiva tende a apresentar o mesmo valor que a declividade média, pois a curva hipsométrica do talvegue principal tende a ter uma homogeneidade nas curvas de nível, isto é, uma variação constante na distância entre uma curva e outra.

$$I = \left[\frac{L_T}{\frac{L_1}{\sqrt{I_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{I_2}} + \frac{L_3}{\sqrt{I_3}} + \ldots + \frac{L_n}{\sqrt{I_n}}} \right]^2 = \left[\frac{km}{km} \right] \times 100 = I(\%) \tag{5.13}$$

Onde:

- L_T = comprimento total do talvegue principal (km);
- L_1, L_2, L_3, L_n = comprimentos parciais do talvegue principal (km);
- I_1, I_2, I_3, I_n = declividades parciais (m/m).

5.6.5 Métodos de dimensionamento

A definição da metodologia para o cálculo das vazões máximas prováveis representa um aspecto essencial para o adequado desenvolvimento dos estudos hidrológicos em projetos rodoviários. Atualmente, a literatura técnica recomenda três modelos de cálculo, cuja escolha depende da magnitude da área da bacia hidrográfica. Assim, para a estimativa das vazões nas bacias de contribuição, foram aplicados os métodos indicados no Quadro 11.

Quadro 11: Cálculo das vazões segundo a área das bacias

ÁREA DA BACIA	MÉTODO DE CÁLCULO
Bacias com área até 400 ha	Racional
Bacias com área entre 400 ha e 1000 ha	Racional Corrigido
Bacias com área superior a 1000 ha	Hidrograma Unitário Triangular

Fonte: IS-203 (DNIT, 2006a).

De acordo com o exposto na Tabela 21, todas as 27 bacias hidrográficas que abrangem a região do projeto possuem área de contribuição menor que 400 ha, dessa forma, adotou-se o Método Racional para o dimensionamento das vazões das mesmas.

5.6.5.1 Método racional

O método racional é um método indireto e foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney, e usado por Emil Kuichling em 1889 e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio) (TOMAZ, 2002). Conforme o Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006b), o Método Racional traz resultados aceitáveis para o estudo de bacias com áreas até 10 km^2 (1000 ha), havendo necessidade da aplicação de um fator de correção para bacias maiores que 4km^2 (400ha). No método racional, o cálculo das vazões das bacias é obtida atráves da Equação 5.14.

$$Q = \frac{CiA}{360} \tag{5.14}$$

Onde:

- Q = Vazão, em m^3/s;
- C = Coeficiente de escoamento ou deflúvio, adimensional;
- i = Intensidade de precipitação extraída das curvas de Intensidade - Duração - Frequência, em mm/h;
- A = Área de contribuição da bacia, em ha.

O volume excedente de chuva, com precipitação uniforme sobre a bacia, é determinado de acordo com o complexo solo-cobertura vegetal representado pelo coeficiente de escoamento ou *Runoff*, que é caracterizado pelas áreas das bacias do trecho e escolhidas de acordo com as características físicas das bacias. Portanto, para o cálculo das vazões das bacias hidrográficas foram verificados os tipos de solo e a cobertura vegetal de cada uma delas, de modo a determinar o coeficiente de escoamento superficial ou *Runoff*.

5.6.5.2 Área mínima

De maneira prévia ao cálculo da vazão, define-se como área mínima, a porção bidimensional de solo, a partir da qual, qualquer área menor que esta não implicará na redução do diâmetro da tubulação mínima adotada que é de 80 centímetros, conforme a IS-11-Projeto de Drenagem (SIE, 2023b).

Dessa forma, se estabelece um limite prático para a aplicação de soluções padronizadas de drenagem, evitando cálculos desnecessários para contribuições muito pequenas e garantindo que mesmo as menores áreas recebam uma estrutura funcional e eficiente para a manutenção das obras. Portanto, para este projeto, determinou-se a área mínima como sendo 4,38 ha, conforme demonstrado na Tabela 22. Áreas menores ou de igual valor, devem receber, pelo menos, um bueiro tubular simples de concreto com 0,80 metros de diâmetro (BTSC Ø 0,80 m).

Tabela 22: Cálculo da área mínima

CÁLCULO DA ÁREA MÍNIMA		
C	0,31	-
TR	25	anos
tc	6	min.
i	226,1	mm/h
Q	0,85	m^3/s
A mín.	4,38	ha

Obs: capacidade de escoamento do bueiro de
D=0,80m, em seção 0,70h com decl. igual a 1%.

5.6.5.3 Resultado - Dimensionamento das vazões

A determinação das vazões de projeto, fundamentada nos conceitos hidrológicos e na metodologia de cálculo detalhados, representa uma etapa crucial para o dimensionamento adequado dos dispositivos de drenagem. A aplicação rigorosa do Método Racional em função das características das bacias hidrográficas da área de estudo, permitiu obter estimativas confiáveis para as vazões máximas prováveis.

Estes valores são essenciais para garantir a segurança e a funcionalidade da infraestrutura rodoviária, evitando problemas relacionados ao escoamento superficial, como inundações, erosão e instabilidade de taludes.

Assim, a Tabela 23 apresenta o compilado das vazões de projeto calculadas para cada uma das bacias hidrográficas, e que servirá como base para as próximas fases de detalhamento e dimensionamento das obras de arte correntes e outras intervenções necessárias.

Tabela 23: Vazão de projeto (m^3/s) das bacias hidrográficas pelo método racional

DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO - MÉTODO RACIONAL											
BACIA Nº	KM	Índices Físicos das Bacias							Vazão de projeto		Observações
		Área	Talvegue	Desnível	Decliv.	K	tc	C	TR = 25		
		A (ha)	L (m)	H (m)	I %		(min)		i (mm/h)	Q (m^3/s)	
1	5+613	5,15	235,13	61,2	26%	3,0	27,83	0,50	136,2	0,97	
2	5+814	14,05	364,43	118,7	33%	3,0	37,53	0,35	117,3	1,60	
3	5+978	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
4	6+117	48,76	1.468,32	340,5	23%	3,0	82,52	0,30	74,2	3,02	
5	6+500	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
6	6+681	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
7	6+755	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
8	6+921	19,91	953,58	340,6	36%	3,0	48,67	0,30	101,9	1,69	
9	6+977	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
10	7+054	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
11	7+093	22,86	864,33	330,3	38%	3,0	48,42	0,35	102,2	2,27	
12	7+379	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
13	7+467	6,18	706,47	285,6	40%	3,0	30,71	0,30	129,9	0,67	
14	7+754	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
15	7+796	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
16	7+838	5,99	628,59	331,9	53%	3,0	26,72	0,30	138,8	0,69	
17	8+007	18,02	863,51	332,5	39%	3,0	44,94	0,30	106,5	1,60	
18	8+256	12,28	874,98	148,1	17%	3,0	55,81	0,25	94,2	0,80	
19	8+358	73,12	1.398,20	338,5	24%	3,0	90,70	0,25	69,9	3,55	
20	8+527	88,05	1.737,42	45,7	3%	3,0	243,28	0,33	35,7	2,88	
21	9+101	7,78	320,54	10,0	3%	3,0	78,28	0,40	76,7	0,66	
22	9+965	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
23	10+164	8,01	298,14	51,0	17%	3,0	39,41	0,35	114,4	0,89	
24	10+276	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
25	10+340	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
26	10+430	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha
27	10+539	Amín.	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,85	Amín. = 4,38 ha

Capítulo 6

Projeto Geométrico

6.1 Introdução

Este capítulo apresenta o desenvolvimento do projeto geométrico de duplicação do trecho em análise. Os objetivos principais consistem em abordar e definir o alinhamento horizontal e vertical, a seção transversal tipo, a superelevação, a superlargura e os demais elementos geométricos, propondo uma solução funcional, segura e tecnicamente adequada ao uso previsto, considerando as condições reais da área de estudo.

O projeto foi desenvolvido em conformidade com as Diretrizes para a Concepção de Estradas (DCE), do Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina (DER), atualmente denominado Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade (SIE), bem como com a IS-08 – Projeto Geométrico (SIE,2023).

Além disso, foram utilizados como referência o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNIT, 1999) e o Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005b), ambos do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), atualmente denominado Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

6.2 Caracterização da área

A rodovia existente foi implantada em uma região de relevo plano, característica que influencia diretamente o alinhamento, resultando em uma geometria horizontal pouco sinuosa, com curvas de raios compatíveis com as diretrizes técnicas aplicáveis. Em relação à geometria vertical, o alinhamento implantado apresenta rampas e curvas verticais cujos valores atendem aos limites estabelecidos pelos manuais vigentes.

De acordo com o Estudo de Tráfego disponibilizado, a rodovia foi classificada como pertencente à classe Funcional Secundária, localizada em entorno rural, com função predominante de interligação supra-regional/regional, enquadrando-se no grupo de categoria A-II, conforme o Quadro 12. A seção transversal existente é composta por faixa de rolamento com largura de 3,3 metros e acostamento com largura de 1,50 metro, totalizando 9,6 metros de largura total, conforme Figura 29.

Quadro 12: Campo de aplicação da DCE

Função \ Grupo de Categoria		fora de áreas urbanizadas	dentro de áreas urbanizadas			
		sem urbanização nas margens		com urbanização nas margens		
		interligação			integração	local
		A	**B**	**C**	**D**	**E**
interligação longa	**I**	A I	B I	C I		
interligação supra-regional / regional	**II**	A II	B II	C II	D II	
interligação de comunidades	**III**	A III	B III	C III	D III	E III
integração de áreas	**IV**	A IV	B IV	C IV	D IV	E IV
interligação secundária	**V**	A V	-	-	D V	E V
caminho	**VI**	A VI	-	-	-	E VI

Fonte: Adaptado de DCE-C (SIE, 2000a)

Figura 29: Imagem da rodovia existente



Fonte: Google Maps (2025).

6.3 Veículo de projeto

Para a definição do veículo de projeto, adotou-se o critério do Manual de Projeto Geométrico do DNIT, que estabelece a necessidade de abranger os veículos mais representativos da frota circulante. A análise do estudo de tráfego aliada à função estratégica da rodovia apontou para a predominância de veículos comerciais articulados, conforme apresentado na Tabela 24.

Tabela 24: Projeção do tráfego normal do trecho projetado

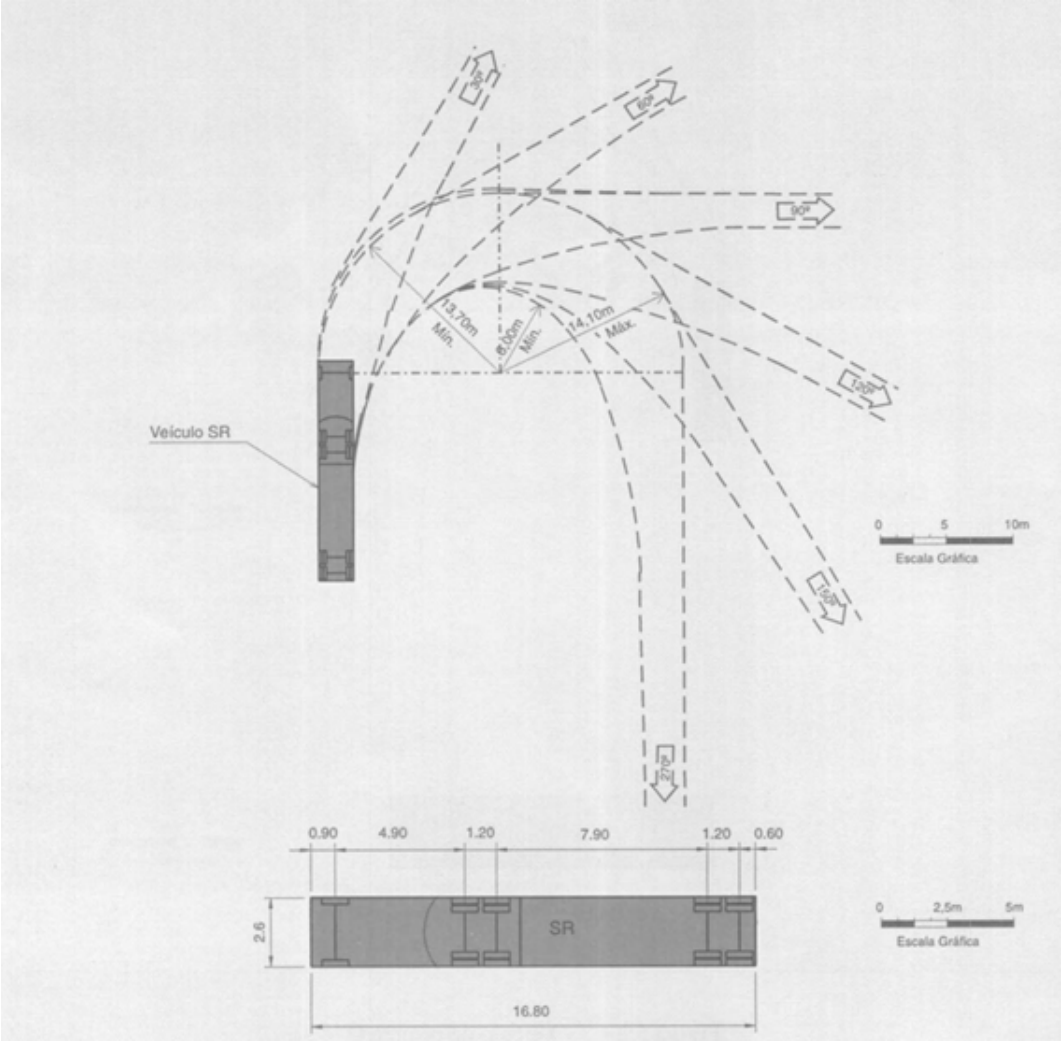
PROJEÇÃO SEGMENTO HOMOGÊNEO 2														
Ano	CATEGORIA												TMDA Total	
	Carros de passeio/ Caminonetas		Coletivos		Caminhões Simples/Duplo/Semirreboque				Caminhões Reboque		Motos			
	i (%)	TMDA	i (%)	TMDA	i (%)	TMDA			i (%)	TMDA	i (%)	TMDA		
						CS	CD	SR						
2022		8499		57		659	367	1412		242		248	11484	
2023	1,5%	8627	1,8%	58	4,4%	688	384	1474	4,5%	253	1,5%	252	11734	
2024	1,5%	8756	1,8%	59	4,4%	718	401	1539	4,5%	264	1,5%	255	11992	
2025	1,5%	8887	1,8%	60	4,4%	750	418	1606	4,5%	276	1,5%	259	12257	
2026	1,5%	9021	1,8%	61	4,4%	783	437	1677	4,5%	288	1,5%	263	12530	ANO ABERT.
2027	1,5%	9156	1,8%	62	4,4%	817	456	1751	4,5%	301	1,5%	267	12810	
2028	1,5%	9293	1,8%	63	4,4%	853	476	1828	4,5%	315	1,5%	271	13099	
2029	1,5%	9433	1,8%	64	4,4%	891	497	1908	4,5%	329	1,5%	275	13397	
2030	1,5%	9574	1,8%	66	4,4%	930	519	1992	4,5%	344	1,5%	279	13704	
2031	1,5%	9718	1,8%	67	4,4%	971	541	2080	4,5%	359	1,5%	283	14019	
2032	1,5%	9864	1,8%	68	4,4%	1014	565	2172	4,5%	375	1,5%	288	14345	
2033	1,5%	10012	1,8%	69	4,4%	1058	590	2267	4,5%	392	1,5%	292	14680	
2034	1,5%	10162	1,8%	70	4,4%	1105	616	2367	4,5%	410	1,5%	296	15026	
2035	1,5%	10314	1,8%	72	4,4%	1153	643	2471	4,5%	428	1,5%	301	15382	10 ºANO
2036	1,5%	10469	1,8%	73	4,4%	1204	671	2580	4,5%	448	1,5%	305	15750	
2037	1,5%	10626	1,8%	74	4,4%	1257	701	2693	4,5%	468	1,5%	310	16129	
2038	1,5%	10785	1,8%	76	4,4%	1312	732	2812	4,5%	489	1,5%	315	16520	
2039	1,5%	10947	1,8%	77	4,4%	1370	764	2936	4,5%	511	1,5%	319	16924	
2040	1,5%	11111	1,8%	78	4,4%	1430	798	3065	4,5%	534	1,5%	324	17340	
2041	1,5%	11278	1,8%	80	4,4%	1493	833	3200	4,5%	558	1,5%	329	17770	
2042	1,5%	11447	1,8%	81	4,4%	1559	869	3340	4,5%	583	1,5%	334	18214	
2043	1,5%	11619	1,8%	83	4,4%	1628	908	3487	4,5%	609	1,5%	339	18672	
2044	1,5%	11793	1,8%	84	4,4%	1699	948	3641	4,5%	637	1,5%	344	19145	
2045	1,5%	11970	1,8%	86	4,4%	1774	989	3801	4,5%	665	1,5%	349	19634	20 ºANO

CS = Caminhões Simples; CD = Caminhões Duplos; R/SR = Reboques e Semirreboques

Fonte: Nova Engevix Engenharia (2022)

Diante disso, foi selecionado o veículo de projeto SR, apresentado na Figura 30, esse modelo é composto por unidade tratora e um semi-reboque, é indicado pela norma para vias com participação perceptível de veículos de carga dessa categoria, como no trecho em estudo.

Figura 30: Veículo de projeto SR



Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (1999)

6.4 Projeto do alinhamento horizontal

Segundo as Diretrizes para a Concepção de Estradas - Parte: Condução de traçado (DCE-C) (SIE, 2000a), a velocidade de projeto (V_p) é determinada com base nas condições locais e na função prevista para a estrada dentro da rede viária, sendo definida conforme o Quadro 13.

Quadro 13: Classificação das estradas e suas características técnicas e operacionais

Função da Estrada			Características de Projeto e de Operação				
Grupo de Categoria	Categoria da Estrada		Tipo de Tráfego	Velocidade Admissível[2] V_{adm} (km/h)	Seção Transversal	Interseções	Velocidade de Projeto V_p (km/h)
1	2		3	4	5	6	7
A estradas sem urbanização nas margens; fora de áreas urbanizadas; com função determinante de interligação	A I	interligação longa	vam vam	nenhuma ≤ 100 [120]	pista dupla pista simples	níveis diversos [nív. div.] nível único	120 100 100 90 [80]
	A II	interligação supra-regional/ regional	vam [vam] geral	nenhuma ≤ 100	pista dupla pista simples	nív. div. [nível único] nível único	100 90 [80] 90 80 [70]
	A III	interligação de comunidades	vam geral	≤ 100 ≤ 100	pista dupla pista simples	[nív. div.] nível único nível único	[90] 80 70 80 70 60
	A IV	interligação com função de integração de áreas	geral	≤ 100	pista simples	nível único	70 60 [50]
	A V	interligação secundária	geral	≤ 100	pista simples	nível único	[50] nenhuma
	A VI	caminho rural	geral	≤ 100	pista simples	nível único	nenhuma
B estradas sem urbanização nas margens; em áreas urbanizadas e pré-urbanizadas; com função determinante de interligação	B I	auto-estrada urbana	vam	≤ 100	pista dupla	nív. div.	100 90 80 [70]
	B II	de trânsito rápido	vam	≤ 80	pista dupla	nív. div. [nível único]	80 70 [60]
	B III	principal	geral geral	≤ 70 ≤ 70	pista dupla pista simples	nível único nível único	70 60 [50] 70 60 [50]
	B IV	coletora principal	geral	≤ 60	pista simples	nível único	60 50
C estradas com urbanização nas margens; em áreas urbanizadas; com função determinante de interligação	C III	principal	geral geral	50 50	pista simples	nível único nível único	[70] [60] 50 [40] nenhuma [60] 50 [40]
	C IV	coletora principal	geral	50	pista simples	nível único	50 [40]
D estradas com urbanização nas margens; em áreas urbanizadas; com função determinante de integração	D IV	coletora	geral	≤ 50	pista simples	nível único	nenhuma
	D V	de acesso às propriedades nas margens	geral	≤ 50	pista simples	nível único	nenhuma
E estradas com urbanização nas margens; em áreas urbanizadas; com função determinante local	E V	de acesso às propriedades nas margens	geral	velocidade de pedestre	pista simples	nível único	nenhuma
	E VI	caminho urbano	geral	velocidade de pedestre	pista simples	nível único	nenhuma

Fonte: DCE-C (SIE, 2000a)

Para estradas pertencentes ao grupo A, classe II, pista dupla, as DCE-C (SIE, 2000a) estabelecem uma velocidade de projeto (V_p) de 80 km/h. Além da V_p, existe a velocidade V_{85} que é uma grandeza utilizada no controle do projeto e de seus elementos no plano horizontal. Este índice é fundamental para o dimensionamento dinâmico e também influencia os componentes nos planos vertical, longitudinal e transversal. Essa velocidade representa o comportamento real do tráfego e é definida como a velocidade que não é ultrapassada por 85% dos veículos de passeio.

O cálculo da velocidade V_{85} foi efetuado através da equação 6.1, apresentada nas DCE-C (SIE, 2000a).

$$V_{85} = V_p + 20 \text{ km/h para Vp} < 100 \text{ Km/h} \tag{6.1}$$

Assim, para Vp = 80 km/h, tem-se:

$$V_{85} = 80 \text{ km/h} + 20 \text{ km/h} = 100 \text{ km/h}$$

6.4.1 Definições elementos de projeto

O alinhamento horizontal é composto por alguns elementos, tendo as DCE-C (SIE, 2000a) definindo eles como:

a) **Tangente (Reta)**

O uso de Tangentes no traçado pode ser vantajoso em projetos de estradas do grupo de categoria A, especialmente em regiões planas, vales largos e áreas de interseções. Por outro lado, tangentes longas com inclinação constante podem apresentar desvantagens, como dificultar a percepção de distância e a velocidade de outros veículos, incentivar o excesso de velocidade e aumentar o risco de ofuscamento por faróis à noite. Em estradas da categoria A, recomenda-se evitar tangentes muito extensas com declividade constante, dando preferência a curvas suaves, com raios maiores, que ofereçam maior segurança e melhor adaptação ao relevo.

b) **Curva circular**

A curva circular é um elemento do traçado horizontal caracterizado por um arco de circunferência com raio constante, utilizado para conectar duas tangentes ou duas espirais. Seu dimensionamento deve considerar a compatibilidade com o relevo, o alinhamento vertical, a velocidade de projeto (V_p) e a velocidade operacional (V_{85}), garantindo conforto e segurança na condução.

c) **Curva de transição**

A curva de transição é um elemento do traçado horizontal caracterizado por possuir espirais (clotoide), elemento esse que é empregado entre tangentes e curvas circulares com o objetivo de promover uma variação gradual da curvatura. A curva de transição é geralmente composta pelo arranjo Espiral–Curva Circular–Espiral, o que assegura a progressividade da aceleração centrífuga, melhora o conforto dos usuários, favorece a estabilidade dos veículos e contribui para a segurança operacional da via.

6.4.2 Parâmetros utilizados

a) **Tangente**

De acordo com as Diretrizes para a Concepção de Estradas - Parte: Condução de Traçado (DCE-C) (SIE, 2000a), no projeto de rodovias pertencentes ao grupo de categoria A, é essencial limitar o comprimento dos trechos em tangente, sobretudo quando apresentam inclinação longitudinal constante. Em condições de visibilidade reduzida, como no período noturno, segmentos retilíneos excessivamente longos podem ocasionar ofuscamento, comprometendo a segurança operacional da via. Para mitigar esse efeito, estabelece-se que o comprimento máximo admissível para tais segmentos (L_{max}), não deve exceder vinte vezes o valor da velocidade de projeto (V_p), em km/h, conforme a Equação 6.2.

$$L_{max}(m) = 20 \times V_p \tag{6.2}$$

Conforme os parâmetros do projeto, ao aplicar a equação 6.2, obtem-se o valor de L_{max}.

$$L_{max} = 20 \times 80 \text{ km/h} = 1600m$$

Nos casos em que duas curvas sucessivas apresentam deflexão para o mesmo lado, as DCE-C (SIE, 2000a) recomendam, preferencialmente, a substituição por uma única curva com raio ampliado, No entanto, quando a adoção de um segmento retilíneo intermediário se mostrar tecnicamente necessária, a diretriz estabelece que o comprimento mínimo desse trecho deve ser determinado conforme a equação 6.3.

$$L_{min}(m) = 6 \times V_p \tag{6.3}$$

Conforme os parâmetros do projeto, ao aplicar a equação 6.3, obtém-se o valor de (L_{min}) de 480 metros.

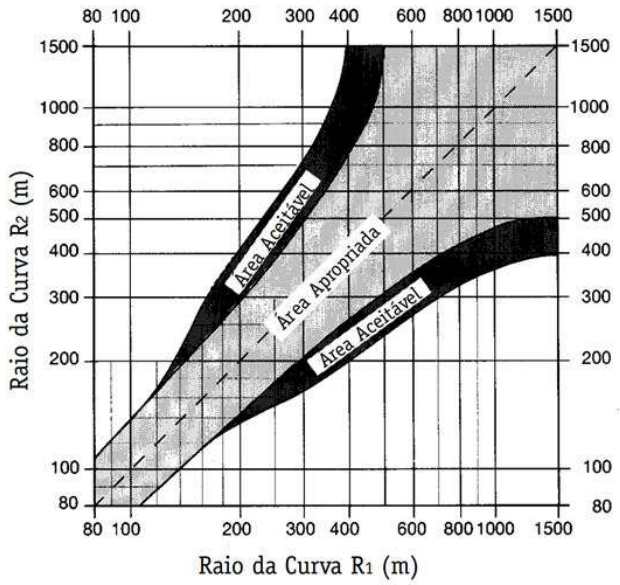
$$L_{min}(m) = 6 \times 80km/h = 480m$$

Tal exigência tem por objetivo garantir a continuidade da condução ótica e evitar a monotonia, assegurando uma transição visual adequada e contribuindo para a segurança e o conforto na operação viária.

b) **Curva Circular**

Nas estradas classificadas no grupo de categoria A, é fundamental que os raios das curvas circulares sucessivas apresentem uma relação proporcional entre si. Essa diretriz visa evitar variações abruptas na trajetória dos veículos. A proporcionalidade entre os raios deve seguir as recomendações das DCE-C (SIE, 2000a), conforme apresentado na Figura 31, que define faixas de combinação aceitáveis entre os raios consecutivos (R_1 e R_2), de modo a assegurar transições harmônicas e confortáveis no alinhamento da via.

Figura 31: Relação entre raios sequenciais nas estradas do grupo de categoria A



Fonte: DCE-C (SIE, 2000a)

As DCE-C (SIE, 2000a) também estabelece que o comprimento de arco de uma curva circular deve ser suficiente para assegurar condições mínimas de conforto e segurança ao condutor, dessa forma, estabelece-se que o tempo de percurso na curva não seja inferior a dois segundos, considerando a velocidade de projeto (V_p). Esse requisito tem como finalidade garantir que o condutor disponha de tempo adequado para perceber, interpretar e reagir às características geométricas da via durante a execução da manobra curva, minimizando riscos associados a mudanças bruscas de direção. Define-se o comprimento de arco de circunferência (L_{cmin}) pela Equação 6.4.

$$L_{cmin} = \frac{V_p}{3,6} \times 2 \tag{6.4}$$

Conforme os parâmetros do projeto, ao aplicar a Equação 6.4, obtém-se o valor de (L_{cmin}) de 44,44 metros.

$$L_{cmin} = \frac{80}{3,6} \times 2 = 44,44$$

O dimensionamento do raio mínimo das curvas circulares é um dos aspectos mais relevantes no traçado horizontal de rodovias. A determinação desse raio mínimo, denotado por R_{min}, deve considerar os limites da capacidade dos veículos em realizar manobras em curva sem perda de aderência e com controle da estabilidade lateral.

A equação utilizada para o cálculo de R_{min} está fundamentada em função da velocidade de projeto V_p (em km/h), do coeficiente de atrito lateral máximo f_{Rmax}, do coeficiente de aproveitamento da força radial n, e da inclinação transversal da via q (em fração decimal).

A equação geral utilizada pelas DCE-C (SIE, 2000a) para o cálculo do raio mínimo é expressa pela Equação 6.5.

$$R_{min} = \frac{V^2}{3,6^2 \times g \times (f_{Rmax} \times n + q)} = \frac{V^2}{127 \times (f_{Rmax} \times n + q)} \tag{6.5}$$

$$F_{Tmax} = 0,241 \times \left(\frac{V}{100}\right)^2 - 0,721 \times \left(\frac{V}{100}\right) + 0,708 \quad (6.6)$$

Onde:

R_{min} = Raio mínimo da curva circular, em metros

V = Velocidade, em km/h

g = Aceleração da gravidade, em m/s²

n = Aproveitamento do coeficiente de aceleração máximo (para a situação atual 0,5), adimensional

q = Inclinação transversal, adimensional

F_{Tmax} = Coeficiente tangencial de aceleração máximo (a 95% dos valores do coeficiente de atrito), dado pela pela Equação 6.6. para V_p 80 tem-se $F_{Tmax} = 0,285$, adimensional.

F_{Rmax} = Coeficiente de aceleração radial $[f_{Rmax} = 0,925 \times f_{rmax}] = 0,264$, adimensional.

De acordo com os parâmetros do projeto, ao aplicar a Equação 6.5, define-se o valor para o raio mínimo das curvas, conforme a Tabela 25.

Tabela 25: Cálculo do raio mínimo

q %	n %	Vp (km/h)	F_r	R mín (m)
8	50	80	0,26	239,97

As DCE-C (SIE, 2000a) apresentam uma tabela que estabelece a correspondência entre a velocidade de projeto V_p e os valores recomendados para o raio mínimo das curvas circulares e o comprimento de circunferência. Com o objetivo de padronizar o processo de elaboração do projeto geométrico, os valores constantes na Tabela 26 foram adotados como referência neste projeto.

Tabela 26: Raios mínimos e comprimentos mínimos dos arcos de circunferência

Vp (km/h)	R mín (m)	L mín (m)
50	80	30
60	120	35
70	180	40
80	250	45
90	340	50
100	450	55
120	720	65

Fonte: Adaptado de DCE-C (SIE, 2000a).

c) **Curva de Transição**

Conforme estabelecido pelas DCE-C (SIE, 2000a), a utilização de transição é obrigatória para todas as curvas cuja curvatura não atenda aos critérios mínimos especificados. A dispensa da transição (clotoide) só é permitida quando o raio da curva for superior aos valores indicados na Tabela 27.

Tabela 27: Raios mínimos de curvas circulares para a dispensa de curvas de transição

Vp (km/h)	**R_{min} (m)**
≤ 80	1 500 [1000]
> 80	3 000 [2000]
[] valor de exceção	

Fonte: Adaptado de DCE-C (SIE, 2000a).

A curva de transição, é formada por espiral-curva circular-espiral, a espiral (clotoide) é caracterizada pela variação linear da curvatura ao longo do seu comprimento, permitindo uma transição progressiva entre a tangente e a curva circular. Seu parâmetro é dado pela Equação 6.7.

$$A^2 = R \times L \tag{6.7}$$

Onde:
A = Parâmetro da clotoide, em metros;
R = Raio final da clotoide, em metros;
L = Comprimento da clotoide até o raio R, em metros.

Para garantir que a curva de transição cumpra sua função de proporcionar uma condução visual e dinâmica adequada, é necessário que ela provoque uma alteração mínima de direção perceptível. Conforme estabelecido nas DCE-C (SIE, 2000a), esse valor mínimo de deflexão deve ser de 3,5 graus, a partir do ponto inicial da curva de transição. A partir dessa exigência visual, deriva-se a condição para o valor mínimo admissível do parâmetro da clotoide, representado pela Equação 6.8.

$$A_{min} = \frac{R}{3} \tag{6.8}$$

Onde:
A_{min} = Parâmetro mínimo da clotoide, em metros;
R = Raio do final da clotoide, em metros.

Por questões de segurança, aplica-se também um limite superior para o parâmetro da clotoide. Esse valor visa evitar curvas de transição excessivamente longas, que poderiam comprometer o conforto na condução e a percepção visual adequada do traçado. De acordo com as DCE-C (SIE, 2000a), o parâmetro máximo admissível é definido pela Equação 6.9.

$$A_{max} = R \tag{6.9}$$

Onde:
A_{max} = Parâmetro máximo da clotoide, em metros;
R = Raio final da clotoide, em metros.

As clotoides resultantes dessa condição apresentam uma variação direcional máxima de $T = 31{,}8$ graus. Com a aplicação das condições descritas anteriormente, utilizando $V_p = 80km/h$ com o R_{cmin} de 250 metros, chegou-se nos valores mínimos para o projeto de acordo com a Tabela 28.

Tabela 28: Valor mínimo do comprimento da curva de transição

V_p (km/h)	R_{cmin} (m)	A_{min} (m)	A_{max} (m)	L_{cmin} (m)
80,00	250,00	83,33	250,00	27,78

6.4.3 Desenvolvimento do alinhamento horizontal

Para o desenvolvimento do alinhamento horizontal, utilizou se o eixo da rodovia existente como base para o eixo da rodovia projetada, assim priorizando a máxima utilização do alinhamento existente da rodovia SC-417, com o intuito de minimizar os impactos ambientais, reduzir os custos com desapropriações e aproveitar a infraestrutura já implantada. As escolhas geométricas adotadas seguiram as diretrizes estabelecidas nas DCE-C (SIE, 2000a) e no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNIT, 1999), considerando a categoria funcional da via e a velocidade de projeto adotada. A definição dos raios das curvas respeitou os valores mínimos exigidos pelas diretrizes, conforme as fórmulas apresentadas anteriormente. Os raios utilizados no projeto estão apresentados na Tabela 29.

Tabela 29: Raios calculados para o projeto

CURVA	L1 (m)	R (m)	L2 (m)
C1	70	650,00	70
C2	50	450,00	50
C3	50	450,00	50
C4	50	450,00	50
C5	50	450,00	50
C6	0	2000,00	0
C7	33	350,00	33
C8	0	1000,00	0
C9	50	450,00	50

Foram adotadas transições nas curvas C1, C2, C3, C4, C5, C7 e C9. Para as curvas C6 e C8, não houve necessidade de transição, uma vez que os respectivos raios permitiram sua dispensa conforme a Tabela 27. As curvas C7, C8 e C9 localizam-se no eixo secundário, pertencentes ao Desvio da Pista para execução do retorno, mas seguem os mesmos parâmetros aplicados no projeto. As tangentes entre as curvas foram dimensionadas respeitando os comprimentos mínimos para situações de duas curvas fletidas para o mesmo lado e máximos exigidos para garantir a fluidez e segurança do traçado.

6.5 Projeto do alinhamento vertical

6.5.1 Definições elementos de projetos

O alinhamento vertical é composto por alguns elementos, tendo as DCE-C (SIE, 2000a) definindo eles como:

a) **Inclinação longitudinal (rampa)**

A inclinação longitudinal é um dos principais elementos do alinhamento vertical de uma rodovia, representando a variação altimétrica da pista ao longo de seu eixo. Este parâmetro é definido como a relação entre a diferença de altura (cota) entre dois pontos consecutivos da estrada e a respectiva distância horizontal entre eles, sendo expressa em porcentagem (%). Esse parâmetro é essencial para garantir a fluidez e a segurança operacional do tráfego, influenciando diretamente o desempenho dos veículos, especialmente os de carga, no consumo energético e na drenagem superficial da via.

A adequada definição das inclinações longitudinais é imprescindível na elaboração do greide da via, permitindo a transição harmônica entre os trechos em aclive e declive por meio de curvas verticais, garantindo conforto aos usuários e respeitando os critérios técnicos e normativos do projeto geométrico.

b) **Curvas verticais**

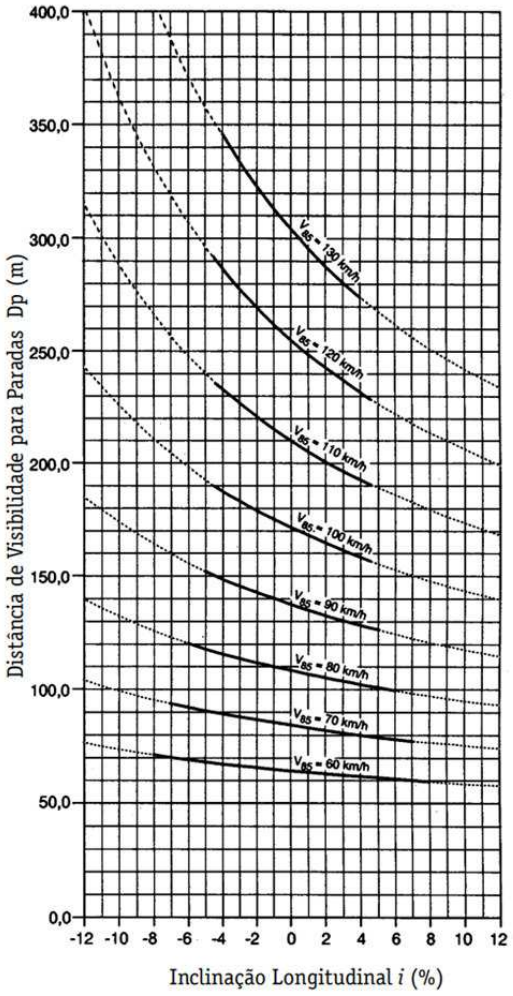
A curva vertical é um elemento do traçado altimétrico responsável por realizar a transição suave entre dois trechos consecutivos de inclinação longitudinal distinta, seja de aclive para declive, de declive para aclive, ou entre inclinações com diferentes intensidades. Sua principal função é garantir a continuidade geométrica e funcional do greide, proporcionando conforto, segurança e boa visibilidade ao condutor.

Essas curvas são usualmente modeladas por parábolas de segundo grau, assumindo formas convexas (cumes) ou côncavas (baixadas), dependendo do sentido da mudança de inclinação. A característica principal dessas curvas é o raio de curvatura vertical (R_v), que determina a suavidade da transição e influencia diretamente a distância de visibilidade disponível para paradas e ultrapassagens.

c) **Distância de visibilidade de parada**

A distância de visibilidade necessária para paradas (D_p) corresponde ao espaço exigido para que um condutor consiga parar totalmente o veículo, ao trafegar com a velocidade operacional (V_{85}), diante de um obstáculo imprevisto. Esse parâmetro é fundamental para a análise das condições de segurança visual, sendo aplicado no dimensionamento de trechos de estradas com pistas simples ou duplas, independentemente da categoria da via. A D_p é calculada conforme o gráfico da Figura 32, sendo correlacionada com a velocidade operacional (V_{85}) e as inclinações longitudinais médias.

Figura 32: Distância de visibilidade necessária para paradas D_p



Fonte: DCE-C (SIE, 2000a)

6.5.2 Parâmetros utilizados inclinação longitudinal

a) **Inclinação longitudinal máxima**

Segundo as DCE-C (SIE, 2000a), recomenda-se que as inclinações longitudinais sejam as menores possíveis, visando a redução de custos operacionais, melhoria da qualidade ambiental e adaptação ao relevo natural. Dessa forma, valores máximos são estabelecidos em função da categoria funcional da estrada e da velocidade de projeto, para evitar situações críticas como perda de controle em descidas acentuadas ou dificuldades de tração em subidas.

A Tabela 30 indicada nas DCE-C (SIE, 2000a), denota qual a inclinação longitudinal máxima (i_{max}) permitida de acordo com a velocidade de projeto (V_p) e a categoria da estrada.

Tabela 30: Inclinação longitudinal máxima

Vp (km/h)	$i_{máx}$ (%) CATEGORIA A	$i_{máx}$ (%) CATEGORIA B I/B II
50	9	12
60	8	10
70	7	8
80	6	7
90	5	6
100	4,5	5
120	4	-

Fonte: Adaptado de DCE-C (SIE, 2000a).

b) **Inclinação longitudinal mínima**

Tanto as DCE-C (SIE, 2000a) quanto o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNIT, 1999) destacam a importância da inclinação longitudinal mínima como elemento essencial para garantir o escoamento superficial das águas pluviais. As DCE-C (SIE, 2000a) recomenda valores de $i_{min} = 0,7\%$,por sua vez, o DNIT estabelece como valor mínimo padrão $i_{min} = 0,5\%$, esses valores representam os parâmetros mínimos que asseguram a drenagem em trechos planos e evitam o acúmulo de lâmina d'água sobre a pista. Ambas as recomendações visam preservar a segurança viária e a durabilidade do pavimento, prevenindo situações de aquaplanagem e degradação precoce da estrutura rodoviária.

6.5.3 Parâmetros utilizados em curvas verticais

a) **Curvas verticais convexas**

As curvas verticais convexas exercem influência direta sobre a visibilidade ao longo do traçado, sendo projetadas com base na distância de visibilidade para paradas (Dp), cujo valor é determinado conforme a Figura 32, sendo adotado o valor de 170 metros para o projeto em questão, de modo a garantir condições adequadas de segurança.

Os valores mínimos de raio dessas curvas variam conforme a velocidade de projeto da via, tornando-se mais exigentes à medida que essa velocidade aumenta, a fim de garantir condições seguras e confortáveis de circulação. Os valores de raio mínimo para curvas convexas (R_{VVmin}) são previamente definidos e apresentados nas DCE-C (SIE, 2000a), valores esses apresentados na Tabela 31.

Tabela 31: Raios mínimos de curvas verticais e distâncias de visibilidade

V_p **(km/h)**	R_{VVmin} **(m)** **(em** D_p**1)**	R_{VV} **(m)** **(em 0,5 .** D_{u2}**/em** D_u**)**
50	1400	7000 / 28200
60	2400	7800 / 30000
70	3150	8600 / 35000
80	4400	10300 / 40000
90	5700	12200 / 48000
100	8300	13000 / 52000
120	16000	-

Fonte: Adaptado de DCE-C (SIE, 2000a).

b) **Curvas verticais côncavas**

No caso das curvas verticais côncavas, os raios mínimos (R_{VCmin}) também estão relacionados à velocidade de projeto, geralmente superiores à metade dos raios adotados nas curvas convexas. Essa característica proporciona uma transição mais suave e uma percepção visual adequada do traçado, favorecendo a fluidez e o conforto dos usuários. Os valores orientativos para os raios mínimos de curvas côncavas encontram-se descritos na Tabela 32.

Tabela 32: Raios mínimos recomendados para baixadas

V_p **(km/h)**	R_{VCmin}
50	500
60	750
70	1000
80	1300
90	2400
100	3800
120	8800

Fonte: Adaptado de DCE-C (SIE, 2000a).

6.5.4 Desenvolvimento do alinhamento vertical

No desenvolvimento do alinhamento vertical, priorizou-se a máxima utilização do traçado existente, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais, reduzir os custos com movimentação de terra (corte e aterro) e preservar as características naturais da região.

As decisões de projeto seguiram as diretrizes estabelecidas nas DCE-C (SIE, 2000a), bem como o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNIT, 1999), considerando a categoria funcional da via e a velocidade de projeto adotada para o trecho.

Os raios mínimos das curvas verticais convexas (R_{VV}) e côncavas (R_{VC}) foram definidos conforme os valores de referência estabelecidos nas tabelas das diretrizes citadas, de modo a garantir segurança, conforto e adequada visibilidade de parada nas transições altimétricas, esses valores estão apresentados na Tabela 33.

Tabela 33: Dados das curvas

TIPO DE CURVA	KM	RAIO	K	L
R_{VV}	5900	10000	100	155
R_{VC}	6180	4000	40	67
R_{VV}	6528	10000	100	132
R_{VC}	6968	2000	20	81
R_{VV}	7185	4400	44	209
R_{VC}	7414	5000	50	129
R_{VC}	7768	10000	100	44
R_{VV}	7930	5000	50	224
R_{VC}	8200	5000	50	117
R_{VC}	8540	4000	40	43
R_{VC}	8888	3000	30	59
R_{VV}	9280	5000	50	233
R_{VC}	9488	2000	20	33
R_{VV}	9905	5000	50	50
R_{VC}	10242	5000	50	106

Além das definições individuais do traçado horizontal e vertical, é imprescindível que o projeto geométrico da estrada seja concebido de forma integrada, considerando seu caráter espacial. Segundo as DCE-C (SIE, 2000a), o traçado de uma estrada deve ser entendido como tridimensional, de modo que a coerência entre os elementos horizontais e verticais proporcione ao condutor uma condução visual contínua e segura. Essa harmonia entre os diferentes componentes geométricos favorece a percepção antecipada do percurso, permitindo reações adequadas e contribuindo para uma experiência de condução mais confortável.

A clareza visual do traçado é reforçada pela configuração da pista, pela definição de seus limites laterais e pela correta aplicação de elementos de separação e sinalização, aspectos que, quando considerados de maneira integrada, resultam em um traçado funcional e esteticamente equilibrado.

6.6 Seção transversal

6.6.1 Elementos da seção transversal

A seção transversal é composta por alguns elementos, tendo as Diretrizes para a Concepção de Estradas - Parte: Seções transversais (DCE-S) (SIE, 2000c) definindo eles como:

a) **Pista de trânsito**
   Corresponde ao espaço destinado à circulação dos veículos, composto pelas faixas de rolamento e pelas faixas de borda, que servem de apoio lateral e contribuem para a segurança e a durabilidade do pavimento.

b) **Espaços separadores**
   Incluem tanto o espaço central, responsável por dividir sentidos opostos de circulação em pistas duplas, quanto os espaços laterais, que separam a pista de trânsito de vias secundárias, passeios e ciclovias.

c) **Faixa para paradas (Acostamento)**
Prevista para permitir a parada temporária de veículos em situações de emergência ou manutenção, evitando interferências no fluxo regular de trânsito.

d) **Banquetas**
Localizadas junto à borda da pista, desempenham funções estruturais e operacionais, como apoio para defensas metálicas, sinalização, passagem eventual de pedestres e área de manutenção.

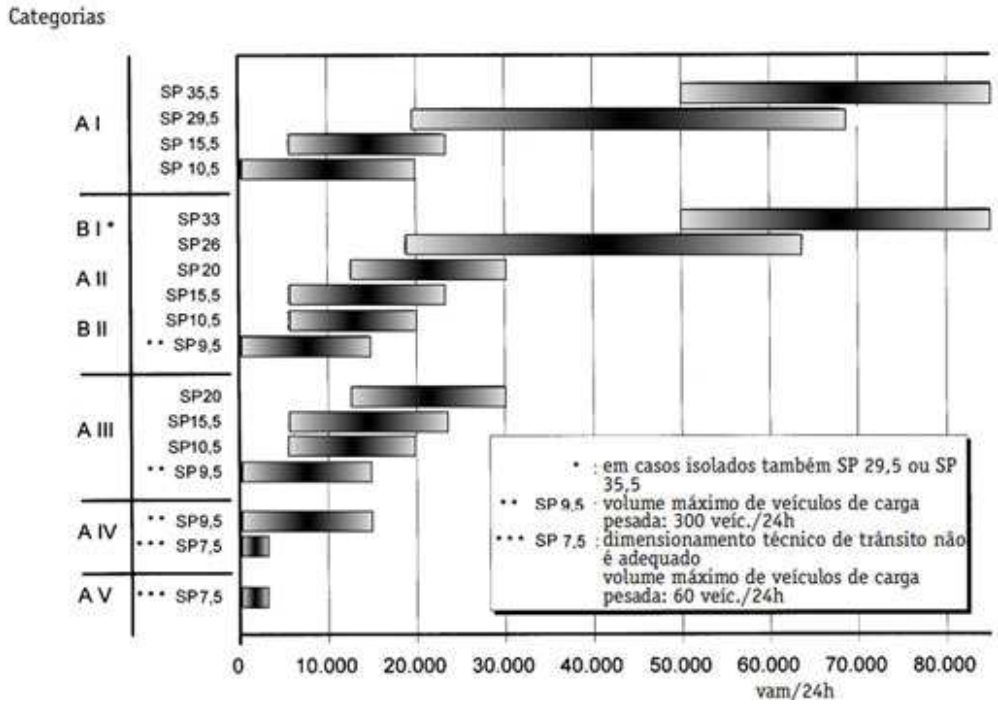
e) **Taludes**
Referem-se às superfícies inclinadas que conformam os cortes e aterros da estrada. São projetados para assegurar estabilidade geotécnica, integração paisagística e segurança.

f) **Inclinação transversal**
Aplicada em todos os elementos pavimentados, visa garantir o escoamento das águas e evitar empoçamentos.

6.6.2 Definição da seção transversal

Seguindo as orientações presentes nas DCE-S (SIE, 2000c) e pelo estudo de tráfego, definiu-se a seção transversal para o trecho. A escolha foi feita seguindo a Figura 33 que demonstra um prévio dimensionamento correlacionando o estudo de tráfego e a categoria da rodovia.

Figura 33: Escolha prévia da seção transversal

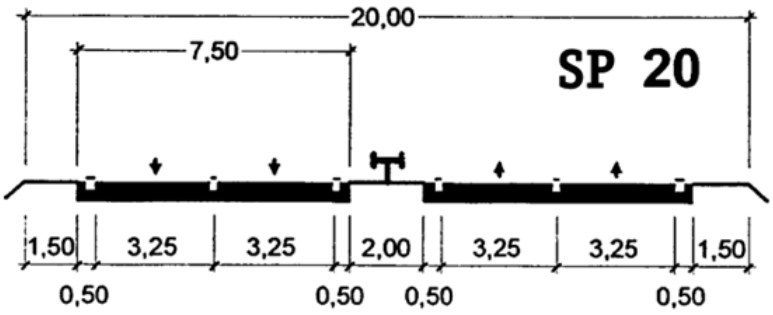


Fonte: DCE-S (SIE, 2000c)

O estudo de tráfego (Anexo D) apresenta um Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) de 15.382 veículos, estimado para um horizonte de projeto de 10 anos. Dessa forma, considerando que a categoria da estrada foi definida como A-II, a seção transversal SP-20 enquadra-se no intervalo estabelecido para volumes de até 30.000 VAM/24h (Volume de Automóveis Médios por 24 horas).

A seção SP-20, apresentada na Figura 34, apresenta duas faixas de rolamento por sentido, cada uma com 3,25 metros de largura, com caimento para fora do corpo estradal em ambos os lados e faixas de bordo com 0,50 metro de largura.

Figura 34: Área de aplicação de seção transversal padrão



Fonte: DCE-S (SIE, 2000c)

Adicionalmente, foi implementado um acostamento de 2,50 metros em ambos os lados externos das pistas, com o objetivo de atender ao padrão típico das rodovias brasileiras. Com isso, definiu-se uma seção transversal tipo de projeto, designada como SP-20 modificada, conforme representado no Apêndice O.

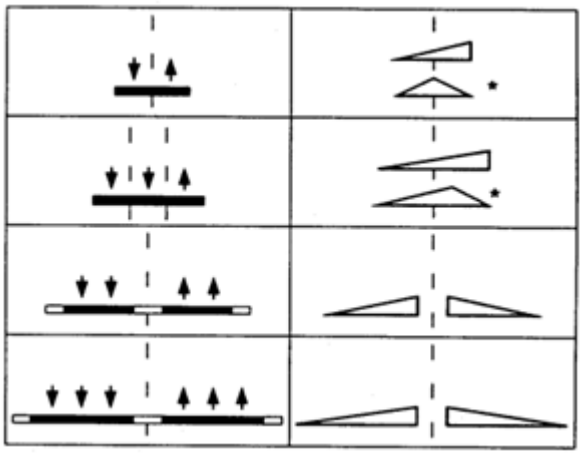
A seção transversal sofreu alterações nos trechos do retorno, compreendidos entre o km 8+500 e o km 9+200, bem como nos trechos da travessia urbana, entre o km 7+400 e o km 7+900. Essas modificações estão definidas e devidamente justificadas nas seções específicas deste trabalho que tratam de cada um desses segmentos, sendo igualmente apresentadas no Apêndice O.

6.7 Superelevação e superlargura

6.7.1 Inclinação transversal na tangente

Conforme estabelecido nas DCE-C (SIE, 2000a), para garantir o adequado escoamento superficial das águas pluviais e a durabilidade do pavimento, a inclinação transversal da faixa de rolamento deve atender aos parâmetros especificados no Quadro 14. Nas seções em tangente, essa inclinação é aplicada de forma uniforme sobre as faixas de trânsito, constituindo-se em um dos principais elementos do sistema de drenagem superficial. A inclinação transversal mínima (q_{min}) e regular da pista, em tangente, para todas as categorias de estrada, é de 2,5%.

Quadro 14: Classificação das estradas e suas características técnicas e operacionais



Fonte: DCE-C (SIE, 2000a)

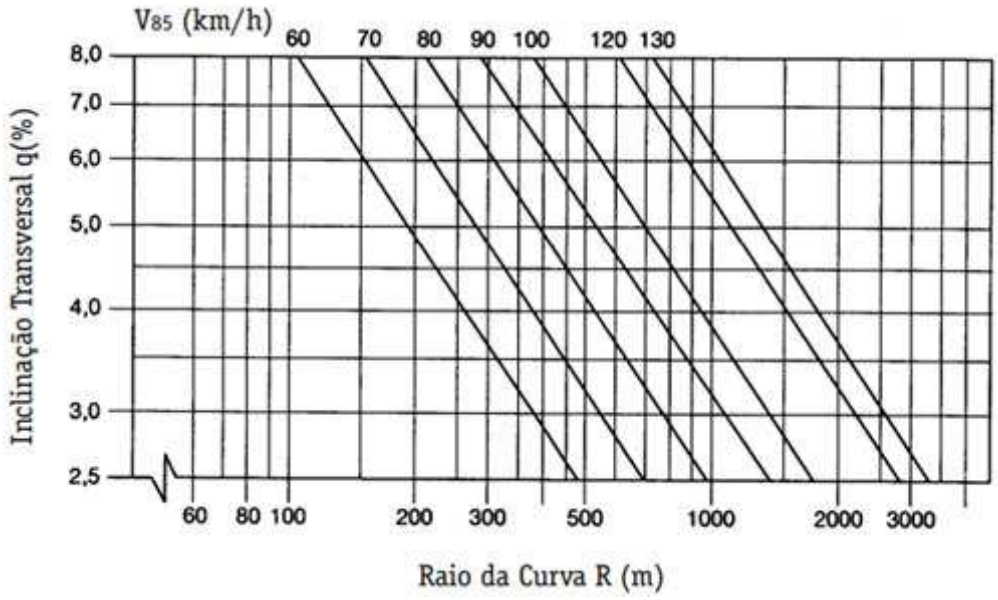
Em estradas de pista dupla, as pistas de sentido único devem ser sempre projetadas com inclinação transversal unidirecional, ou seja, com caimento no sentido da borda externa, visando otimizar o escoamento das águas pluviais e garantir segurança ao tráfego.

6.7.2 Superelevação

Conforme definido nas DCE-C (SIE, 2000a),nas curvas circulares, a inclinação transversal da pista é essencial para compensar os efeitos da força centrífuga gerada pelo deslocamento dinâmico dos veículos, chamada de superelevação. Diferentemente das tangentes, onde o caimento é voltado para as bordas externas com o objetivo de escoamento superficial, nas curvas a inclinação é geralmente orientada para o lado interno da curva, proporcionando maior estabilidade veicular e segurança operacional. a inclinação transversal máxima (q_{max}) permitida para curvas circulares é de 8%, enquanto a inclinação mínima (q_{min}) permanece igual àquela adotada para as retas, ou seja, de 2,5%.

A determinação da inclinação transversal ideal para uma curva deve considerar o raio da curva R e a velocidade operacional V_{85}. Embora as DCE-C (SIE, 2000a) forneça a equação para o cálculo teórico, recomenda-se a adoção dos valores consolidados na Figura 35 do documento, que apresenta as inclinações transversais recomendadas para diferentes combinações de raio e velocidade. Esses valores devem ser ajustados para múltiplos de 0,5%, visando facilitar a execução e assegurar a padronização geométrica da via.

Figura 35: Inclinações transversais necessárias conforme V_{85} e raio das curvas circulares



Fonte: DCE-C (SIE, 2000a).

Com base nesses critérios, foram definidos os valores superelevação para cada curva do projeto, conforme apresentado na Tabela 34.

Tabela 34: Valores de inclinação transversal

CURVAS	R (m)	V_{85} (km/h)	q (%)
C1	600	100	6
C2/C3/C4/C5/C9	450	100	7
C6	2000	100	2,5
C7	350	100	8
C8	1000	100	4

Essa abordagem assegura que o traçado rodoviário atenda simultaneamente aos requisitos de segurança, conforto e funcionalidade esperados em projetos de engenharia viária.

Além das faixas de rolamento, os demais elementos pavimentados da seção transversal também devem acompanhar a superelvação definida para a curva. Conforme estabelece as DCE-S (SIE, 2000c), as faixas laterais pavimentadas e as faixas adicionais laterais devem possuir, nas curvas, a mesma inclinação transversal da pista de trânsito, tanto em valor quanto em sentido.

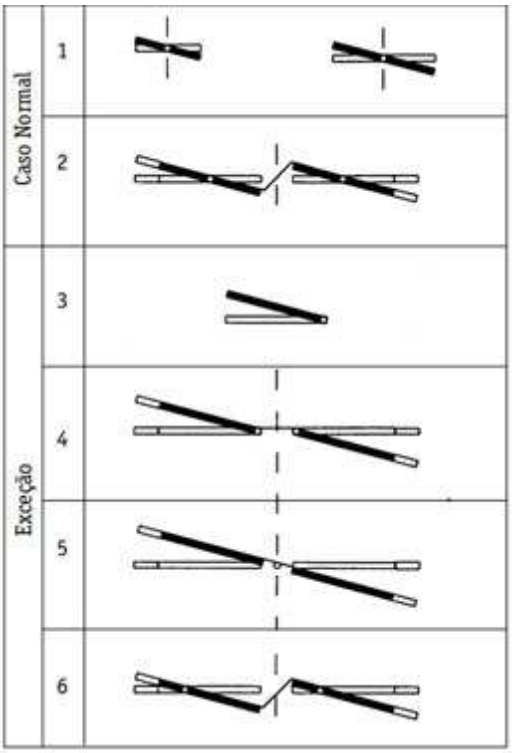
Essa uniformidade geométrica contribui para a segurança dos usuários, o bom escoamento superficial da água e a adequada transição entre os elementos da plataforma, evitando descontinuidades ou degraus que possam comprometer o desempenho funcional da via.

6.7.3 Transição da superelevação

A modificação da inclinação transversal da pista de rolamento é realizada ao longo do segmento de transição, onde ocorre a passagem entre a inclinação da tangente e a superelevação da curva. Nesse trecho, a pista sofre um giro transversal gradual, sendo as bordas ajustadas por meio de rampas longitudinais, garantindo uma variação suave da inclinação e evitando impactos negativos sobre o conforto e a segurança dos usuários.

Conforme estabelecido nas DCE-C (SIE, 2000a) nas estradas de pista dupla, o giro da pista é, em geral, executado em torno dos eixos centrais de cada pista de trânsito, conforme ilustrado no Caso 2 do Quadro 15.

Quadro 15: Eixos de giro da pista de trânsito



Fonte: DCE-C (SIE, 2000a)

Contudo, em situações específicas, a transição de superelevação pode ocorrer em outros eixos de rotação. Exemplos típicos incluem interseções em nível localizadas em curvas, passagens sobre o espaço separador central e situações em que o canteiro central possui largura reduzida. Nesses casos, admite-se que o giro seja realizado em torno da borda interna adjacente ao separador central (Quadro 15, Caso 4), ou em torno do eixo da estrada, posicionado no centro do separador (Quadro 15, Caso 5).

Para o projeto em questão, foi adotado o Caso 5, considerando-se a presença de espaço central reduzido entre as pistas, o que justifica o uso dessa alternativa para garantir melhor compatibilidade geométrica e construtiva. Durante a transição entre a inclinação transversal da tangente e a superelevação na curva, é necessário controlar o gradiente longitudinal de rotação da pista, que corresponde à diferença entre a inclinação da borda da pista e o eixo ao redor do qual ocorre o giro. Esse gradiente é representado pela Equação 6.10.

$$|\Delta i| = \frac{q_f - q_i}{L_g} \cdot a \tag{6.10}$$

Onde:

Δ_i = Gradiente de inclinação longitudinal, em %;
q_f = Inclinação transversal da pista de trânsito no fim do segmento de giro, em %;
q_i = Inclinação transversal da pista de trânsito no início do segmento de giro, em %;
L_g = Comprimento do segmento de giro da pista de trânsito, em metros;
a = Distância da borda da pista de trânsito ao eixo de giro, em metros.

Para que essa transição ocorra de forma progressiva e sem causar desconforto visual ou instabilidade dinâmica nos veículos, é fundamental respeitar um valor limite máximo de gradiente longitudinal ($\Delta i_{\max}$). De acordo com os critérios técnicos definidos, esse valor máximo depende da velocidade da via e está indicado na Tabela 35.

Tabela 35: Valores limites do gradiente de inclinação longitudinal

V_p **(km/h)**	$\Delta i_{\max}$ **(%)** $a < 4{,}00$ **m**	$\Delta i_{\max}$ **(%)** $a \geq 4{,}00$ **m**	$\Delta i_{\min}$ **(%)**[1)]
50	$0{,}50 \cdot a$	2,0	$0{,}10 \cdot a$ ($\leq \Delta i_{\max}$)
60 ... 70	$0{,}40 \cdot a$	1,6	
80 ... 90	$0{,}25 \cdot a$	1,0	
100 ... 120	$0{,}225 \cdot a$	0,9	

Fonte: Adaptado de DCE-C (SIE, 2000a).

- a (m): distância da borda da pista ao eixo de giro
- [1)] apenas quando $q \leq 2{,}5\%$

Com base nesse parâmetro, é possível calcular o comprimento mínimo necessário para realizar o giro da plataforma ($L_{g,\min}$), considerando a distância entre a borda da pista e o eixo de rotação adotado no projeto. O cálculo segue a Equação 6.11.

$$L_{g,\min} = \frac{q_f - q_i}{\Delta i_{\max}} \times a \tag{6.11}$$

Onde:
$\Delta i_{\max}$ = Gradiente de inclinação longitudinal máximo, em %;
q_f = Inclinação transversal da pista de trânsito no fim do segmento de giro, em %;
q_i = Inclinação transversal da pista de trânsito no início do segmento de giro, em %;
$L_{g,\min}$ = Comprimento mínimo do segmento de giro, em metros;
a = Distância da borda da pista de trânsito ao eixo de giro, em metros.

Além da limitação imposta pelo gradiente de inclinação transversal máximo ($\Delta i_{\max}$), deve-se também observar a necessidade de garantir o escoamento das águas pluviais durante a transição da superelevação, respeitando assim o $\Delta i_{\min}$, conforme indicado na Tabela 35. Em trechos onde a inclinação transversal passa por valores próximos de zero, a ausência de declividade suficiente pode comprometer a drenagem da pista.

Com esses dados, foi calculado o gradiente longitudinal, utilizando como base as transições já projetadas anteriormente neste projeto. Nas curvas circulares onde não há transição, a variação de superelevação é realizada na própria curva circular. Nesses casos, utiliza-se o valor calculado do comprimento mínimo necessário para realizar o giro da plataforma. Com isso, obtiveram-se os valores representados na Tabela 36.

Tabela 36: Cálculo do gradiente longitudinal

CURVAS	q_f (%)	q_i (%)	L_g (m)	a (m)	Δi (%)	Δi_{max} (%)	Δi_{min} (%)	$L_{g,min}$ (m)
C1	6,0	-2,5	75	1	0,11	0,25	0,1	34
C2/C3/C4/C5/C9	7,0	-2,5	50	1	0,19	0,25	0,1	38
C6	2,5	-2,5	0	1	-	0,25	0,1	20
C7	8,0	-2,5	33	1	0,31	0,25	0,1	42
C8	4,0	-2,5	0	1	-	0,25	0,1	26

Após a análise dos dados, foi constatado que a Curva C7 apresentava um comprimento de transição muito curto. Embora atendesse à distância mínima exigida para a curva de transição (clotoide), optou-se por aplicar o valor de 50 metros para cada clotoide, de forma a garantir a conformidade com os parâmetros estabelecidos. Dessa forma, os parâmetros das curvas foram definidos conforme apresentado na Tabela 37.

Tabela 37: Raios utilizados no projeto

CURVAS	L1 (m)	RAIO (m)	L2 (m)
C1	75	650	75
C2	50	450	50
C3	50	450	50
C4	50	450	50
C5	50	450	50
C6	-	2000	-
C7	50	350	50
C8	-	1000	-
C9	50	450	50

6.7.4 Superlargura

Durante a execução de manobras em curvas, é natural que as rodas traseiras dos veículos percorram trajetórias com raios menores em relação às rodas dianteiras. Essa diferença geométrica de movimentação resulta na necessidade de ampliação da largura útil da pista nas curvas, quando comparada à largura adotada nos trechos retos. Tal medida visa garantir a segurança e a fluidez do tráfego, especialmente em situações que envolvam veículos de grande porte.

A determinação dessa largura adicional, denominada superlargura, segundo o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias (DNIT, 1999), para pistas de duas faixas, segue a Equação 6.12.

$$S = L_t - L_b \tag{6.12}$$

Onde:

S = Superlargura total da pista, em metros;

L_t = Largura total em curva da pista de 2 faixas de rolamento, em metros;

L_b = Largura básica estabelecida para pista em tangente, em metros.

A largura básica estabelecida para pista (L_B) é de 7,5 metros, conforme definido na seção transversal, a largura adicional da pista em curvas é definida como L_t. Ainda segundo o mesmo manual, é necessário realizar o cálculo conforme a Equação 6.13.

$$L_t = \{2 \times (G_C + G_L) + G_{BD} + FD \tag{6.13}$$

Onde:

G_C = Gabarito estático do veículo de projeto em curva, em metros;

G_L = Gabarito (folga) lateral do veículo de projeto em curva, em metros;

G_{BD} = Gabarito requerido pelo percurso do balanço dianteiro do veículo de projeto em curva, em metros;

FT = Folga dinâmica, em metros.

Os valores do gabarito estático do veículo de projeto em curva (G_C) são apresentados na Equação 6.14 (DNIT, 1999).

$$G_C = L_V + \frac{E^2}{2R} \tag{6.14}$$

Onde:

L_V = Largura física do veículo de projeto (adota-se 2,6 m), em metros;

E = Distância entre eixos do veículo de projeto (adota-se 10,0 m), em metros;

R = Raio da curva, em metros.

Os valores de G_L são adotados a partir de L_B conforme o Quadro 16.

Quadro 16: Valores de (G_L) em função da largura da pista de rolamento em tangente (L_B)

L_B (m)	6,00/6,40	6,60/6,80	7,00/7,20
G_L (m)	0,6	0,75	0,9

Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias (DNIT, 1999).

Os valores do gabarito requerido pelo percurso do balanço dianteiro do veículo de projeto em curva (G_{BD}) são expressos pela Equação 6.15.

$$G_{BD} = \sqrt{R^2 + BD\,(2E + BD)} - R \tag{6.15}$$

Onde:

BD = Balanço dianteiro do veículo de projeto (adota-se 1,2 m), em metros;

E = Distância entre eixos do veículo de projeto (adota-se 10,0 m), em metros;

R = Raio da curva, em metros.

A partir dos parâmetros definidos, obtém-se os valores de superlargura (S) demonstrados na Tabela 38.

Tabela 38: Valores de superlargura

CURVA	Lv	E	R	Gc	GL	GBD	FD	LT	LB	S
C1	2,6	10	2000	2,63	0,9	0,01	0,22	7,28	7,5	0,22
C2	2,6	10	1500	2,63	0,9	0,01	0,26	7,33	7,5	0,17
C3	2,6	10	450	2,71	0,9	0,03	0,47	7,72	7,5	-0,22
C4	2,6	10	450	2,71	0,9	0,03	0,47	7,72	7,5	-0,22
C5	2,6	10	450	2,71	0,9	0,03	0,47	7,72	7,5	-0,22
C6	2,6	10	650	2,68	0,9	0,02	0,39	7,57	7,5	-0,07
C7	2,6	10	350	2,74	0,9	0,04	0,53	7,86	7,5	-0,36
C8	2,5	10	1000	2,55	0,9	0,01	0,32	7,23	7,5	0,27
C9	2,6	10	450	2,71	0,9	0,03	0,47	7,72	7,5	-0,22

A consideração da superlargura em projetos geométricos rodoviários está diretamente associada ao aumento de custos e à maior complexidade durante a execução da obra. Conforme estabelecido pelo Manual de Projeto Geométrico de Rodovias (DNIT, 1999), esse acréscimo na largura da pista só se justifica quando seus benefícios à segurança e à operação da via superam os ônus construtivos. Nesse contexto, larguras adicionais inferiores a 0,40 metro não apresentam influência prática significativa e, portanto, não devem ser adotadas. As DCE-C (SIE, 2000a) corroboram esse entendimento ao permitir a dispensa da superlargura sempre que os valores calculados forem inferiores a 0,50 metro, no caso de pistas com largura superior a 6,0 metros.

Considerando que a pista de rolamento prevista neste projeto possui 7,50 metros de largura e que os valores de superlargura obtidos nos cálculos ficaram abaixo dos limites mínimos estabelecidos tanto pelo DNIT (1999) quanto pelas DCE-C (SIE, 2000a), conclui-se que a adoção desse alargamento adicional não se faz necessária para o presente caso.

6.8 Travessia urbana

Identificou-se uma travessia urbana entre os quilômetros 7+500 a 7+900 da rodovia, onde ocorre a passagem pela comunidade de Nova Wiepise. Essa área apresenta características urbanas consolidadas, com edificações residenciais e comerciais em suas margens. Destaca-se a presença da Escola Municipal Içá Mirim, que atende aproximadamente 95 alunos e emprega oito professores, conforme dados do portal QEdu (QEDU, 2024).

Considerando-se o cenário atual e a projeção do Volume Médio Diário Anual (VMDA), que deverá crescer de 12.530 veículos no ano de abertura (2025) para 15.382 veículos em um horizonte de projeto de 10 anos, tornou-se evidente a necessidade de adotar medidas mitigadoras de segurança viária para este segmento.

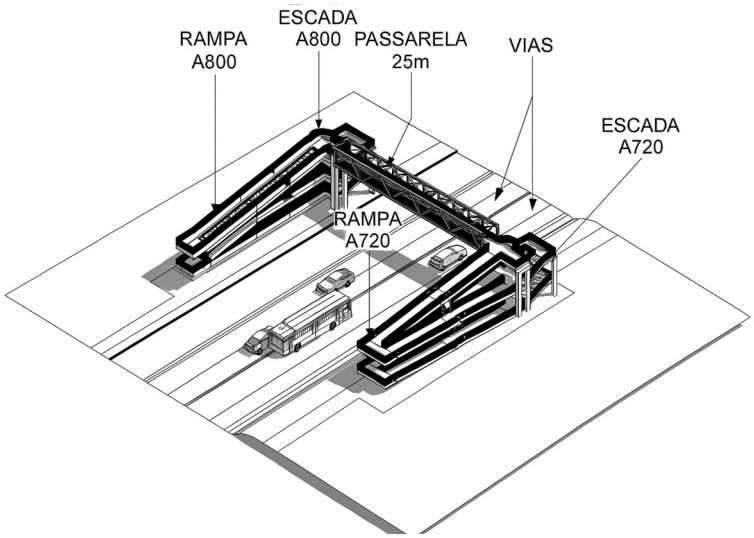
Com isso foi prevista uma alteração na seção tipo no segmento da Travessia Urbana, com a instalação de gradil metálicos nas barreiras New Jersey Dupla, com o objetivo de evitar travessias irregulares, e localizar as travessias em um ponto específico, seção Tipo apresentada no Apêndice O, documento AGRI-ECV2903-GM-DE-012.

Inicialmente, foi analisada a possibilidade de implantação de uma travessia elevada. No entanto, a Resolução CONTRAN nº 738/2018 (CONTRAN, 2018) estabelece critérios específicos para esse tipo de solução, proibindo sua utilização em vias rurais. Assim, diante da inviabilidade técnica da implantação de uma travessia em nível, considerou-se a adoção de uma travessia em desnível, com duas possibilidades: uma passarela ou uma passagem inferior.

Entretanto, em razão do elevado nível do lençol freático e das restrições topográficas, a alternativa de passagem inferior foi descartada por inviabilidade técnica. Dessa forma, optou-se pela construção de uma passarela para pedestres. Essa solução está alinhada às recomendações do Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT, 2010), que indica o uso de passarelas em locais com alto volume de tráfego e presença de escolas, priorizando a segurança de públicos vulneráveis, como crianças e idosos.

Embora a elaboração do projeto da passarela não esteja incluída no escopo deste trabalho, recomenda-se a adoção do modelo "Passarela Metálica 25 Metros (PL25)", conforme o Álbum Tipo de Passarelas (DNIT, 2020), cuja representação é apresentada na Figura 36.

Figura 36: Passarela metálica 25 metros (PL25)



Fonte: Álbum de Projetos - Tipo de Passarelas para Pedestres (DNIT, 2020).

Dessa forma, a implantação da passarela na região da estaca 7+740 configura-se como a solução mais segura e tecnicamente viável para garantir a proteção dos pedestres e assegurar a fluidez e a segurança do sistema viário na comunidade de Nova Wiepise.

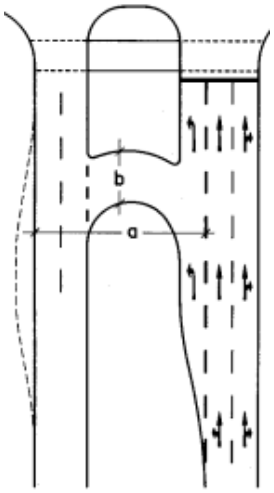
6.9 Implantação do retorno

No KM 8+900 da rodovia projeto, verificou a necessidade da implantação de um retorno, visando atender os usuários que buscam fazer o movimento, na área influenciada pela travessia urbana. Após a travessia, não há nenhum dispositivo ou meio seguro para realizar a manobra, tanto no projeto quanto na via existente. Diferente do trecho anterior à travessia, que já conta com um retorno existente no KM 5+480.

Foram analisadas distintas alternativas de dispositivos de retorno, considerando tanto as tipologias apresentadas no Manual de Interseções (DNIT, 2005b) quanto aquelas descritas nas Diretrizes para a Concepção de Estradas - Parte 01: Interseções em nível único (SIE, 2000b). Após esta análise, optou-se pela adoção do retorno em U do tipo A, do Manual de Interseções (DNIT, 2005b), solução considerada adequada do ponto de vista técnico e funcional. Este tipo de retorno garante segurança e fluidez ao tráfego no trecho, uma vez que permite a realização da manobra de conversão totalmente protegida dentro do canteiro central, evitando que os veículos invadam as faixas adjacentes ao tráfego principal. Dessa forma, os movimentos de retorno não

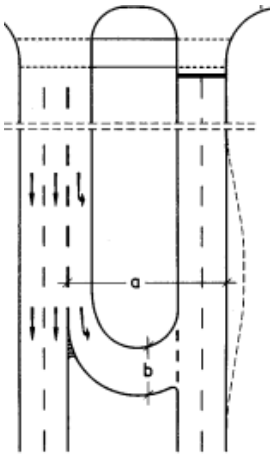
interferem na circulação predominante, o que é essencial em vias com elevados volumes de tráfego. As Figuras 37, 38, 39, 40 e 41 apresentam alguns exemplos de dispositivos de retorno mencionados nos manuais e a opção adotada no projeto.

Figura 37: Dispositivo de retorno antes de interseção



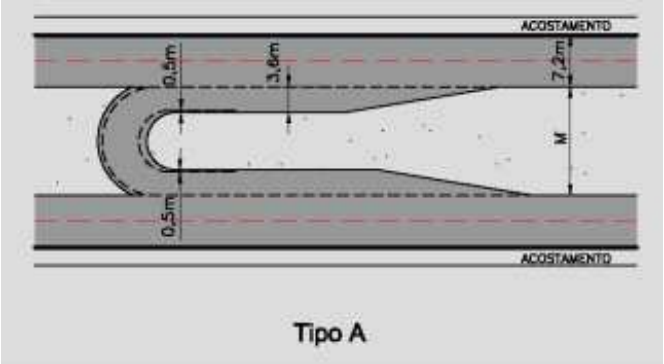
Fonte: DCE-I (SIE, 2000b).

Figura 38: Dispositivo de retorno após ou entre interseções



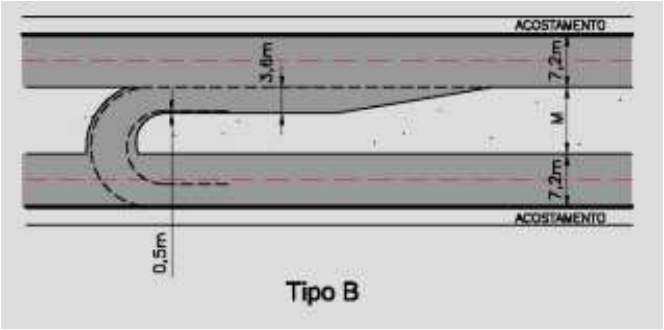
Fonte: DCE-I (SIE, 2000b).

Figura 39: Retorno em "U" tipo A, tipo escolhido para projeto



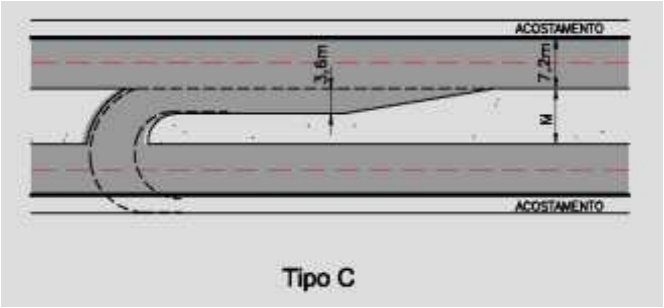
Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005b).

Figura 40: Retorno em "U" tipo B



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005b).

Figura 41: Retorno em "U" tipo C



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005b).

6.9.1 Parâmetros do retorno

Considerando que a seção transversal do projeto não dispõe de canteiro central, foi necessário implantar um desvio na pista direita para viabilizar a execução do retorno. As dimensões do canteiro central foram definidas com base no Quadro 17, utilizando como referência a categoria SR. Assim, adotou-se uma largura mínima do canteiro (W) de 29 metros, juntamente com uma pista de entrada para o retorno com 3,6 metros de largura.

Quadro 17: Dimensões mínimas para retornos em "U"

Tipo de retorno	Tipo de manobra	Largura mínima do canterio (W) para os veículos de projeto (m)			
		VP	CO	O	SR
		Tamanho dos veículos (m)			
		5,8	9,1	12,2	16,8
A	Faixa auxliar para faixa auxiliar junto ao canteiro central	16	26	28	29
B	Faixa auxiliar junto ao canteiro central para faixa externa	10	19	21	22
C	Faixa auxiliar junto ao canteiro central para acostamento	7	16	18	19

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005b).

Para a curva do retorno, foi projetada uma curva tricentrada, conforme parâmetros definidos no Quadro 18, onde ficou definido os seguintes raios para a curva: 37,0 m - 6,0 m - 37,0 m.

Quadro 18: Curvas compostas tricentradas para projeto de retornos

Largura do canteiro central – W (m)	Curva composta de 3 centros (raios em m)
≤ 9	15 – 0,2W – 15
9 a 18	23 – 0,2W – 23
≥18 a 24	37 – 0,2W – 37

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005b).

Para a largura da curva de retorno, foram utilizadas como referência as orientações da Figura 37 e Quadro 19, resultando em uma pista com largura de 7,5 metros. Adicionalmente, foram previstos acostamentos de 1 metro, tanto no lado interno quanto no externo da curva.

Quadro 19: Orientação de medidas da pista do retorno

Medidas* / Veículos	a (m)	b (m)
Reboque	≥ 25,00 (23,00)	≥ 7,50
Automóveis	≥ 12,50	≥ 4,00

Fonte: DCE-I (SIE, 2000b).

Quanto às faixas de desaceleração e aceleração, foram adotados os critérios do Quadro 20 e Quadro 21, que trata dos comprimentos das faixas de mudança de velocidade. Considerando uma velocidade na curva de retorno de 40 km/h e uma velocidade diretriz (V_p) de 80 km/h para a rodovia, definiu-se o comprimento da faixa de desaceleração em 100 metros e o da faixa de aceleração em 180 metros.

Quadro 20: Comprimento das faixas de desaceleração

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da *faixa de desaceleração*, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de saída (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	60	110	105	95	85	70	60	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	70	-
90	80	145	140	135	120	110	100	90	80
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	90	180	180	170	160	150	140	120	105
120	100	200	195	185	175	170	155	140	120

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005b).

Quadro 21: Comprimento das faixas de aceleração

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da *faixa de aceleração*, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de entrada (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	90	70	60	45	-	-	-	-
60	55	130	110	100	70	55	-	-	-
70	60	180	150	140	120	90	60	-	-
80	70	230	210	200	180	140	100	70	-
90	80	280	250	240	220	190	140	100	80
100	85	340	310	290	280	240	200	170	110
110	90	390	360	350	320	290	250	200	160
120	100	430	400	390	360	330	290	240	200

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005b).

Diante do exposto, o projeto geométrico do retorno no km 8+900 foi desenvolvido considerando todos os aspectos geométricos e operacionais, com o dimensionamento dos elementos da pista de retorno, das faixas de aceleração e desaceleração, e do canteiro central. A solução adotada foi compatibilizada com as características existentes da rodovia SC-417, resultando em um traçado seguro, confortável e tecnicamente adequado à demanda de tráfego projetada, contribuindo para a segurança e a fluidez da circulação no segmento.

O projeto geométrico do retorno é apresentado em maior detalhamento no Apêndice N, documento AGRI-ECV2903-GM-DE-010, no qual são disponibilizadas a planta e o perfil longitudinal.

Capítulo 7

Projeto Geotécnico

7.1 Introdução

A análise da estabilidade de taludes rodoviários e o estudo de adensamentos são processos cruciais no âmbito dos projetos geotécnicos. Esses visam prevenir riscos, garantir a segurança viária e proteger vidas, propriedades e a infraestrutura. O foco está na elaboração de projetos rodoviários seguros, com a mitigação de potenciais deslizamentos e adensamento de solo que possam comprometer a integridade da rodovia, contribuindo para a sua eficiência operacional e evitando interrupções no tráfego devido a problemas geotécnicos.

Sendo assim, o presente projeto tem como objetivo apresentar as análises de estabilidade dos taludes localizados em regiões de corte e aterro, as análises de recalque do corpo estradal, bem como propor intervenções, quando necessário, em corpos de aterro e estabilização de encostas, referentes ao projeto de duplicação da área de estudo. Estas análises foram e devem ser realizadas com o intuito de garantir que a infraestrutura rodoviária atenda aos padrões de segurança, prevenindo custos adicionais, danos e promovendo o bom funcionamento das rodovias em longo prazo.

7.2 Análises de estabilidade

Conforme a norma NBR 11682 – Estabilidade de Encostas (ABNT, 2009), um talude estável é aquele que não apresenta nenhum sinal de instabilidade, tais como trincas, sulcos, erosões, cicatrizes, abatimentos, surgências anormais de água, rastejo, ranhuras em obras locais, etc.

A estabilidade de um talude em solo depende fundamentalmente da sua resistência ao cisalhamento, que é função do ângulo de atrito e coesão do material, estando sua estrutura intimamente ligada ao histórico de tensões sofridas através de processos como erosão, tectonismo e intemperismo. Dessa forma, as causas mais comuns de uma instabilidade em um talude são o aumento do peso do talude através da saturação do material ou inclusão de cargas externas e a diminuição da resistência ao cisalhamento do material.

Neste projeto para o controle contra erosões, serão previstos dispositivos de drenagem superficial, como por exemplo, as descidas d'água, dissipadores de energia, sarjetas e valetas que serão projetados para minimizar o impacto da erosão ao longo dos taludes, conduzindo a água superficial de maneira controlada até o local de deságue adequado e dissipando sua energia para evitar a formação de sulcos e escorregamentos. A disposição estratégica e o dimensionamento adequado desses elementos garantem sua eficácia no manejo da água pluvial, reduzindo os riscos associados à erosão e assegurando a estabilidade a longo prazo dos taludes e do sistema viário, tais dispositivos serão detalhados no Projeto de Drenagem.

Sendo assim, de forma complementar ao Estudo Geotécnico foram realizadas análises de estabilidade para os taludes localizados em áreas críticas do empreendimento, levando-se em conta as considerações da NBR 11682 – Estabilidade de Encostas (ABNT, 2009). Os valores mínimos de Fatores de Segurança (FS) estabelecidos por essa norma encontram-se descritos no Quadro 22. Assim, para o presente projeto, definiu-se a adoção de um FS $\geq$ 1,5, considerando a necessidade de um elevado nível de segurança contra a perda de vidas humanas e contra possíveis danos materiais e ambientais. Essa escolha também se justifica pela ausência de ensaios de campo e laboratoriais nas encostas, sendo os parâmetros geotécnicos obtidos a partir de correlações semi-empíricas.

Quadro 22: Fatores de segurança propostos pela NBR 11682:2009

Nível de segurança contra perda de vidas humanas / Nível de segurança contra danos materiais e ambientais	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 de ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10%. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semi-probabilístico indicado no Anexo D da referida norma.

Nota 2: No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ, c e ϕ, 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.

Fonte: ABNT (2009).

7.2.1 Seções de análise

Para a definição das seções de análise de estabilidade, foram delimitados trechos homogêneos baseados no N_{SPT} e na estratigrafia do solo, obtida pelas sondagens a percussão (SP).

O critério de delimitação considerou a área de influência de cada sondagem, correspondente a 50% da distância até a sondagem adjacente. Como exceção, no intervalo entre SP-206 e SP-205, atribuiu-se à sondagem SP-205 uma influência de 75% da distância. Essa decisão, de caráter conservador, foi adotada devido aos baixos valores de SPT e à presença de argila mole identificada no boletim, de modo a reduzir os riscos associados às incertezas e à baixa densidade de sondagens ao longo da obra linear.

A partir da definição dos subtrechos homogêneos, foram selecionados os maiores taludes de corte e de aterro em cada segmento, com o objetivo de analisar a estabilidade dos taludes críticos. Entretanto, nas regiões que não apresentaram cortes com altura superior a dois metros, não foram considerados taludes críticos, em razão do baixo risco associado. A Tabela 39 apresenta os subtrechos definidos, bem como a localização dos cortes e aterros classificados como críticos.

Tabela 39: Subtrechos Homogêneos - Análise de Estabilidade

Nº	KM INICIAL	KM FINAL	SONDAGEM DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	ATERRO CRÍTICO (KM)	ALTURA DO ATERRO (m)	CORTE CRÍTICO (KM)	ALTURA DO CORTE (m)
1	5+480,00	8+140,00	SP-201	2660,00	7+080,00	5,77	7+220,00	4,57
2	8+140,00	9+020,00	SP-202	880,00	8+920,00	3,80	-	-
3	9+020,00	9+400,00	SP-203	380,00	9+040,00	2,21	9+260,00	32,01
4	9+400,00	9+800,00	SP-204	400,00	9+660,00	5,32	-	-
5	9+800,00	10+180,00	SP-206	380,00	10+140,00	3,77	10+20,00	2,70
6	10+180,00	10+547,85	SP-205	367,85	10+180,00	3,37	10+340,00	1,71

7.2.2 Parâmetros Geotécnicos

A estratigrafia e os parâmetros adotados para os materiais existentes no subsolo foram estimados com base nos resultados das sondagens à percussão (SP) nos subtrechos homogêneos.

Para definição dos parâmetros de resistência, foi utilizada como metodologia uma planilha de cálculo, desenvolvida a partir da tese de doutorado de Gérson Jacques Miranda dos Anjos (ANJOS, 2006). A planilha compila diferentes métodos de cálculo para determinação de parâmetros geotécnicos, incluindo coesão, ângulo de atrito e peso específico, utilizando exclusivamente os dados fornecidos pelos ensaios de SPT (resistência à penetração, nível d'água e estatigrafia). Os valores obtidos são baseados em médias de diferentes autores da literatura geotécnica e servem como base para a caracterização dos materiais segundo o critério de resistência de Mohr-Coulomb.

Quadro 23: Método de cálculo para definição dos parâmetros geotécnicos

Parâmetro	Fórmula Exemplo	Autor(es) / Referência
Peso Específico (γ)	γ = 17,5 + 0,1 × NSPT	Paikowski (1964)
Peso Específico (γ)	Valores adaptados para solos locais	Anjos (2006)
Coesão (c)	c = 0,75 × NSPT^0,5	Décourt (1989)
Coesão (c)	c = 2,5 × NSPT^0,4	Stroud (1988)
Coesão (c)	c = 10 × NSPT^0,3	Hara et al. (1974)
Coesão (c)	Valores tabelados e empirismos	JRA (1980)
Coesão (c)	Adaptação para Brasil	Anjos (2006)
Ângulo de Atrito (φ)	φ = 25 + 2 × log(NSPT)	Dunham (1962)
Ângulo de Atrito (φ)	φ = 28 + 14 × log(NSPT/50)	Meyerhof (1956)
Ângulo de Atrito (φ)	φ = 30 - 5 × exp(-0,1 × NSPT)	Décourt (1989)
Ângulo de Atrito (φ)	Fórmulas e tabelas para solos tropicais	Teixeira e Godoy (2004); Anjos (2006)
Ângulo de Atrito (φ)	Revisão moderna para solos tropicais	Ching et al. (2017)

Fonte: ANJOS (2006)

Para a definição dos parâmetros de resistência, todos os materiais identificados nas sondagens a percussão foram organizados e adotou-se um valor de N_{SPT} de referência. Esse valor corresponde à média dos resultados obtidos na estratigrafia do material em questão, desconsiderando os valores máximos e mínimos, a fim de minimizar a influência de possíveis *outliers*.

Nas situações em que uma mesma estratigrafia foi identificada em mais de uma sondagem, calculou-se também a média dos valores de N_{SPT} entre elas, buscando-se um valor de referência mais representativo para cada tipo de solo. A partir desses valores médios, foram definidos os parâmetros geotécnicos de resistência ao cisalhamento (coesão e ângulo de atrito interno) e o peso específico dos materiais, que serviram de base para as análises de estabilidade das regiões de corte e aterro.

Os parâmetros consolidados estão apresentados na Tabela 40, a qual reúne, de forma sistematizada, os valores de N_{SPT} de referência, peso específico, coesão e ângulo de atrito interno adotados para cada estrato identificado ao longo do trecho de projeto.

Tabela 40: Parâmetros adotados para as análises das seções de corte

Material	Cor	Sondagens	SPT de Referência (N golpes)	Peso Específico (kN/m³)	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito (°)
Aterro		SP-201 a SP-206	10	18	11	35
Aterro Existente		SP-201 a SP-206	9	17	10	32
Areia Fina e Média Siltosa Compacta		SP-204	24	18,7	0	38,6
Areia Média e Fina com pedregulhos médios e finos medianamente compacta a compacta		SP-204	18	18	0	36
Areia Média e Grossa com Pedregulhos Grossos Pouco Compacta		SP-204	10	17,1	0	31,4
Areia Média e Grossa com Pedregulhos Médios Compacta a Muito Compacta		SP-202	32	19,6	0	40,9
Argila Pouco Arenosa Mole		SP-202	4	15,6	4,8	27,9
Silte Areno-Argiloso com pedregulhos médios pouco compacto a compacto		SP-205	16	17,8	16,9	35,1
Silte Areno-Argiloso Compacto a Muito Compacto		SP-203	20	18,3	21,8	36,8
Silte Areno-Argiloso Medianamente compacto		SP-203	13	17,5	14	33
Silte Areno-Argiloso Medianamente compacto a compacto		SP-201, SP-202, SP-203, SP-204 e 206	21	18,4	22,7	37,2
Silte Areno-Argiloso Pouco a Medianamente Compacto		SP-201	9	16,8	10	31,5
Silte Argilo-Arenoso Médio a Rijo		SP-202	10	17,1	11	31,4
Silte Argilo-Arenoso Mole		SP-205	2	15,1	3	25,3
Silte Argiloso pouco arenoso mole a rijo		SP-206	9	16,8	10	31,5
Silte-Arenoso Pouco Argiloso Pouco Compacto		SP-205	7	16,3	8	30,3

Fonte: Os autores, adaptado de ANJOS (2006)

A descrição detalhada dos ensaios e os respectivos boletins podem ser verificados no capítulo do Estudo Geotécnico. O perfil geológico-geotécnico adotado para o trecho de projeto pode ser observado no Apêndice H. .

7.2.3 Metodologia de Análise

As análises de estabilidade dos taludes foram realizadas tendo como base o Método de Spencer (SPENCER, 1967), que é fundamentada na teoria do equilíbrio-limite, que determina que as forças que tendem a induzir a ruptura devem ser balanceadas pelos esforços resistentes. O Método de Spencer aplica essa teoria utilizando o conceito das lamelas, que divide o talude em seções verticais discretas, onde cada lamela é analisada individualmente para determinar as forças normais e tangenciais atuantes, considerando o equilíbrio simultâneo de forças e momentos sobre essas lamelas.

As análises consideraram as condições de contorno *entry and exit* (entrada e saída), que definem os pontos de início e término das superfícies potenciais de ruptura ao longo do talude, assegurando a representação adequada das zonas críticas de instabilidade. O intervalo dos segmentos de análise foi definido conforme ilustrado na Tabela 39, na qual estão especificadas as alturas e limites de cada seção avaliada. Além disso, a forma da superfície de ruptura adotada é circular ou log-espiral, de acordo com o método de equilíbrio-limite de Spencer, utilizado para calcular o fator de segurança, pois este método permite considerar tanto as forças normais quanto tangenciais entre os blocos do talude.

A partir das análises de estabilidade em diferentes condições de equilíbrio limite, foi possível definir o fator de segurança dos taludes. Define-se fator de segurança (FS) como a relação entre a resistência ao cisalhamento máxima mobilizada em relação àquela necessária ao equilíbrio do solo. Sendo assim, uma determinada condição de equilíbrio-limite corresponde a um fator de segurança unitário.

Para a execução das análises foi utilizado o software GeoStudio em seu módulo Slope/W (também conhecido como GeoSlope), da empresa Bentley, com a licença disponibilizada pela Nova Engevix Engenharia.

7.3 Análise de Estabilidade dos Taludes em corte

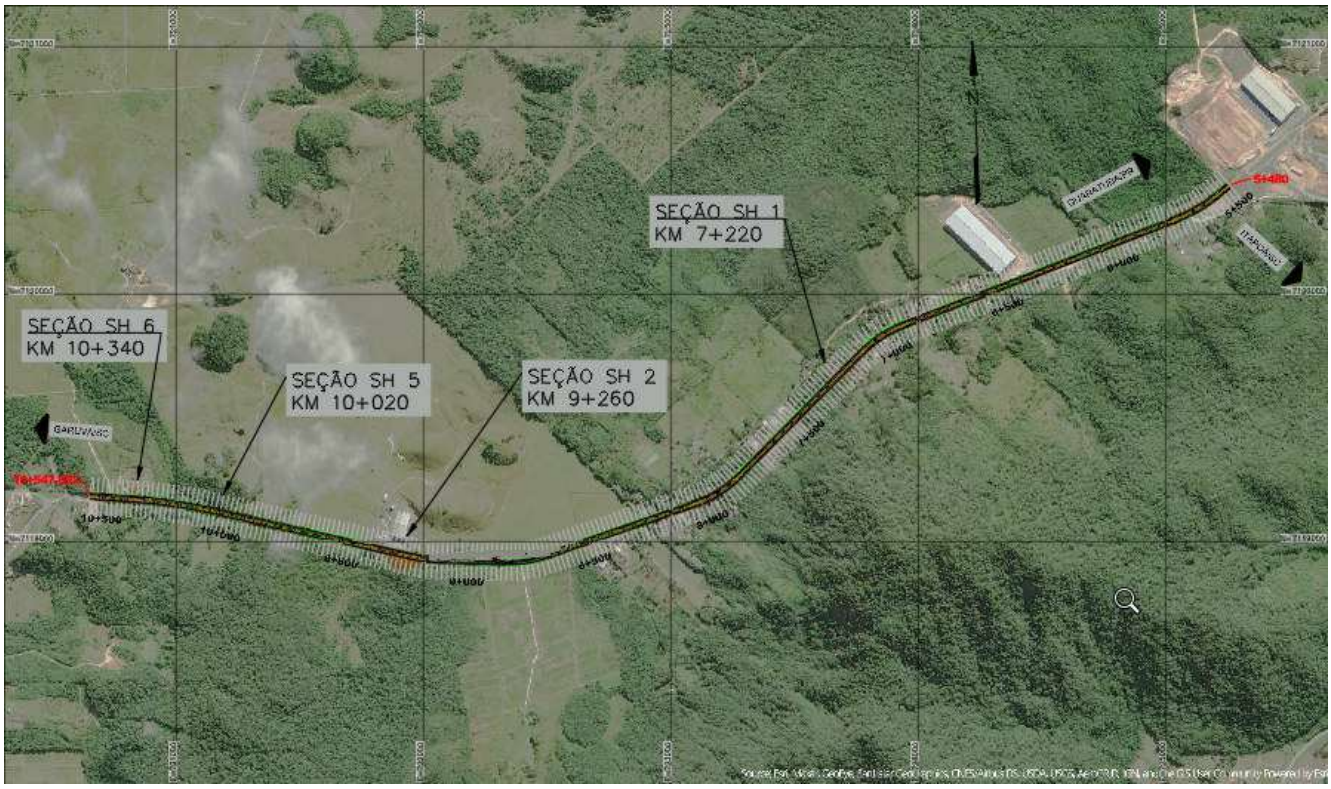
As análises dos taludes de corte foram conduzidas considerando inclinação de 1V:1H para todos os subtrechos apresentados na Tabela 41 que sintetiza as informações dos subtrechos homogêneos previamente definidos, bem como sua seção crítica, que podem ser visualizados através da Figura 42 que mostra o mapa de localização das seções transversais do projeto. Os subtrechos homogêneos 02 e 04 não tiveram seções de corte analisadas, uma vez que não foram identificadas alturas representativas que justificassem a realização de análises de estabilidade.

As condições analisadas envolveram cenários saturados, respeitando os níveis d'água identificados nos boletins de sondagem, bem como os perfis estratigráficos característicos de cada subtrecho, com os parâmetros de resistência que foram definidos conforme metodologia previamente descrita, com base em valores médios de N_{SPT} obtidos das sondagens a percussão.

Tabela 41: Subtrechos Homogêneos - Análise de Estabilidade

Nº	KM INICIAL	KM FINAL	SONDAGEM DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	CORTE CRÍTICO (KM)	ALTURA DO CORTE (m)
01	5+480,00	8+140,00	SP-201	2660,00	7+220,00	4,57
02	8+140,00	9+020,00	SP-202	880,00	-	-
03	9+020,00	9+400,00	SP-203	380,00	9+260,00	32,01
04	9+400,00	9+800,00	SP-204	400,00	-	-
05	9+800,00	10+180,00	SP-206	380,00	10+20,00	2,70
06	10+180,00	10+547,85	SP-205	367,85	10+340,00	1,71

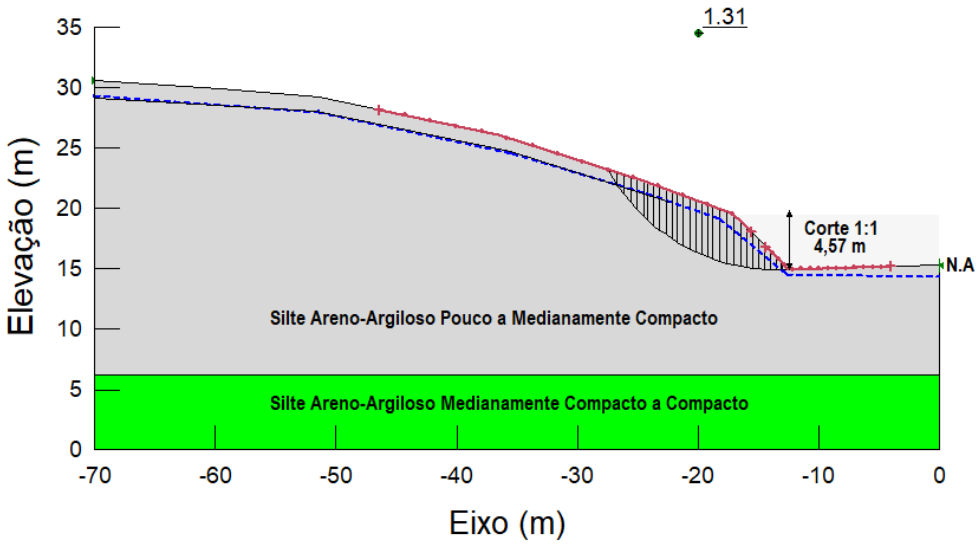
Figura 42: Planta de localização das análises de corte



7.3.1 Análise de Estabilidade: Seção km 7 + 220,00

A análise de estabilidade da seção localizada no km 7+220,00 resultou em um fator de segurança (FS) igual a 1,31, indicando instabilidade do talude nas condições de carregamento avaliadas. Esse valor, embora aceitável para condições provisórias, é insuficiente para condições permanentes, conforme ilustrado na Figura 43 .

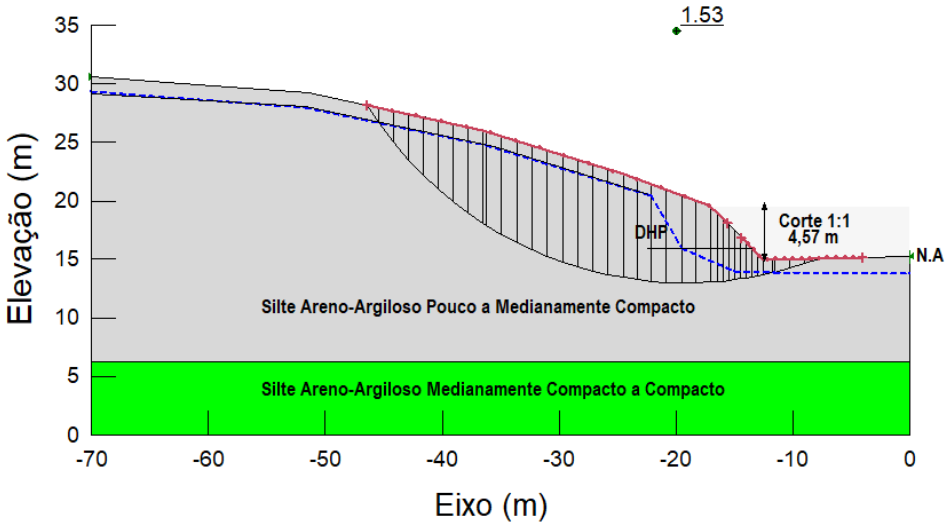
Figura 43: Análise de estabilidade do talude de corte no km 7+220,00



Diante desse resultado, optou-se pela adoção de Drenos Horizontais Profundos (DHP), com o objetivo de melhorar as condições de drenagem e aumentar a estabilidade do maciço, com a diminuição da poropressão.

Visando alcançar um fator de segurança maior ou igual a 1,5, para as seções de corte do subtrecho homogêneo 1, foi realizada uma análise considerando a implementação dos drenos horizontais profundos (DHP), instalados a um metro acima do pé do talude, com comprimento total de nove metros, adotando-se para a simulação, uma eficiência de 2/3 dos DHP instalados no talude. Sendo assim, conforme a Figura 44, obteve-se FS = 1,53, demonstrando um comportamento estável.

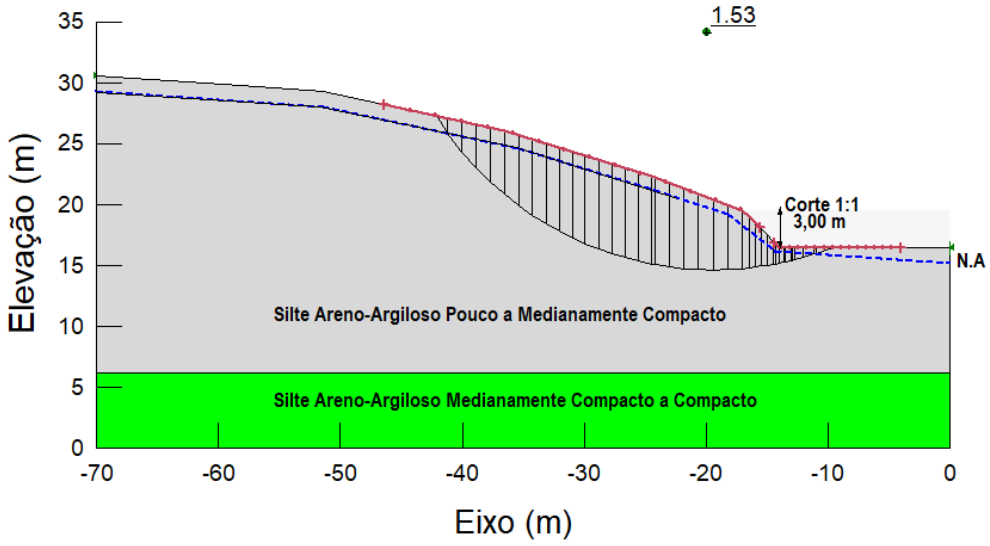
Figura 44: Análise de estabilidade com DHP – Subtrecho homogêneo 01



Entretanto, para otimizar o projeto, foram ainda realizadas análises de estabilidade considerando a altura máxima em que o corte permanecia estável, na condição saturada, sem necessidade de DHP's. Esses testes foram realizados simulando a redução da altura do corte em 0,5m por iteração, até que o resultado obtido seja satisfatório.

Dessa maneira, concluiu-se que os cortes no subtrecho são estáveis com inclinação de 1V:1H para alturas inferiores a três metros. Para cortes com altura superior a três metros, recomenda-se a instalação de DHP's com 9,20 metros de comprimento, posicionados a um metro acima do pé do talude e espaçados a cada 2,0 metros, pois o lençol freático observado encontra-se próximo a superfície, conforme apresentado na Figura 45.

Figura 45: Altura máxima de corte sem DHP – Subtrecho homogêneo 01



A Tabela 42 apresenta a região a qual foi prevista a instalação de DHP's, totalizando um segmento de 80 metros, e seguindo as especificações determinadas. No trecho, foram projetados um total de 40 unidades de drenos que resultam em 368 metros de drenos horizontais profundos.

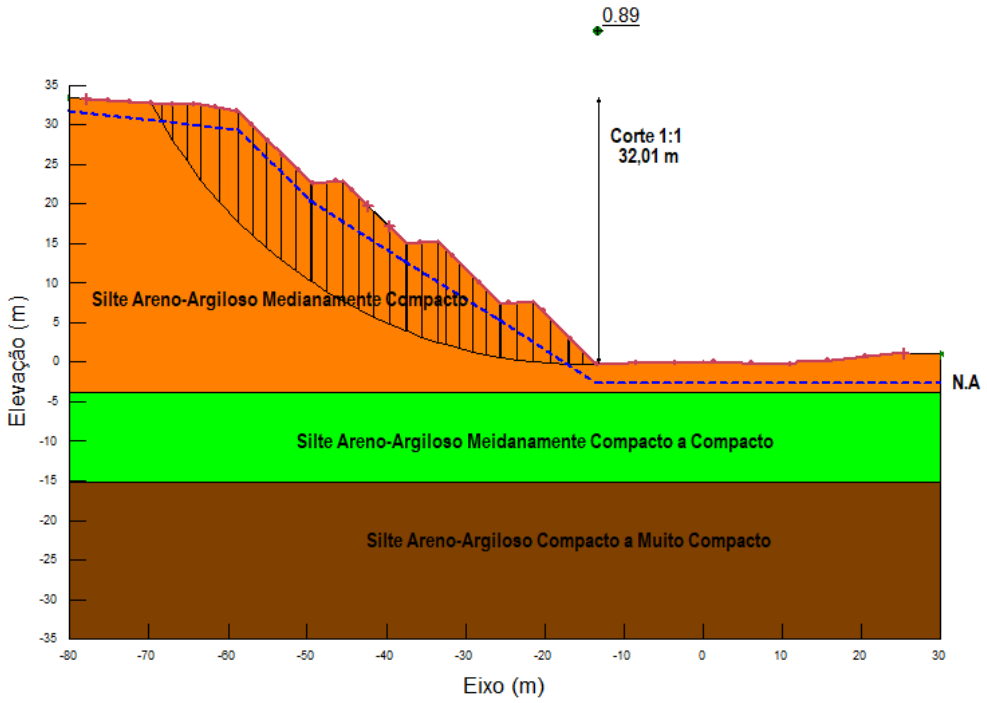
Tabela 42: Localização e características dos DHP – Subtrecho homogêneo 1

KM	EXTENSÃO DO SEGMENTO (m)	COMPRIMENTO DO DHP (m)	QUANTIDADE DHP (un)	QUANTIDADE TOTAL (m)
7+200,00 a 7+280,00	80,00	9,20	40	368

7.3.2 Análise de Estabilidade: Seção km 9 + 260,00

A análise de estabilidade referente à seção localizada no km 9 + 260,00 indicou um FS de 0,89, para a seção considerando o corte de 1:1, resultado que demonstra o comportamento instável do talude frente às condições de carregamento avaliadas, conforme ilustrado na Figura 46. Devido ao baixo fator de segurança obtido nas análises de estabilidade, projetou-se um sistema de contenção, o qual está detalhado no item 7.4 deste projeto.

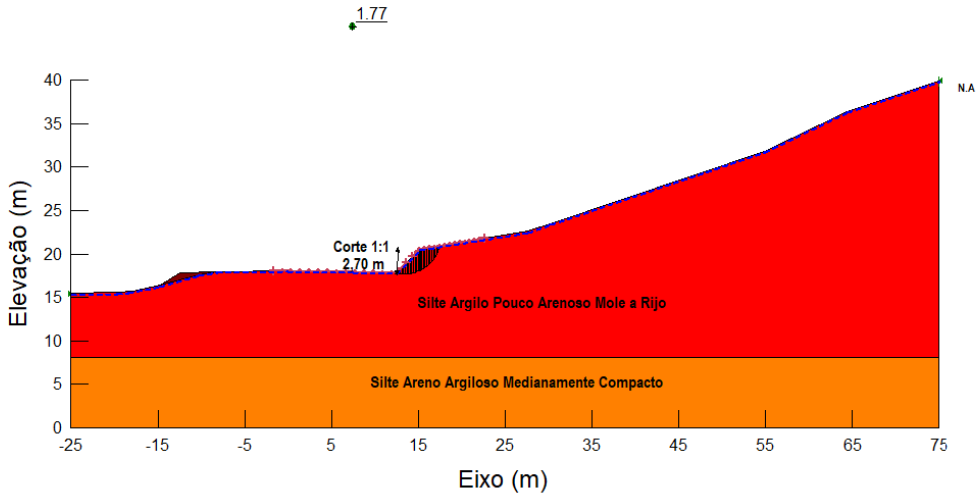
Figura 46: Análise de estabilidade do talude de corte no km 9+260,00



7.3.3 Análise de Estabilidade: Seção km 10 + 020,00

A análise de estabilidade referente à seção localizada no km 10 + 020,00 indicou FS de 1,77, resultado que demonstra o comportamento estável do talude frente às condições de carregamento avaliadas, conforme ilustrado na Figura 47.

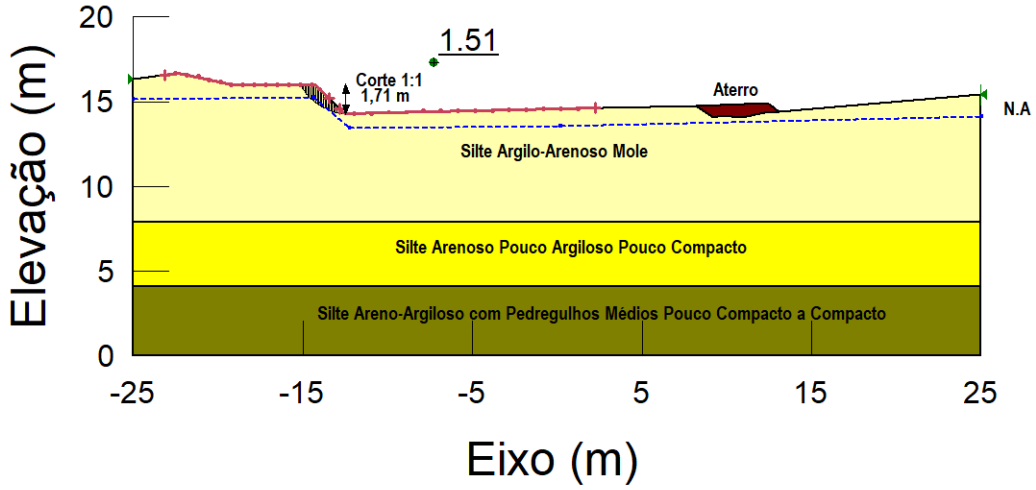
Figura 47: Análise de estabilidade do talude de corte no km 10+020,00



7.3.4 Análise de Estabilidade: Seção km 10 + 340,00

A análise de estabilidade referente à seção localizada no km 10 + 340,00 indicou FS de 1,51, resultado que demonstra o comportamento estável do talude frente às condições de carregamento avaliadas, conforme ilustrado na Figura 48.

Figura 48: Análise de estabilidade do talude de corte no km 10+340,00



A Tabela 43 compila os resultados obtidos nas análises de estabilidades para os taludes em corte.

Tabela 43: Síntese dos fatores de segurança obtidos para os taludes de corte

CORTE CRÍTICO (km)	ALTURA (m)	FS OBTIDO	SITUAÇÃO
7+220,00	4,57	1,31	DHP
9+260,00	32,01	0,9	Contenção
10+20,00	2,7	1,77	OK
10+340,00	1,71	1,51	OK

7.4 Projeto de Contenção

Após a constatação da necessidade de implantação de uma obra de contenção no Subtrecho Homogêneo 3, foram realizados testes com o objetivo de determinar a altura máxima, de retaludamento com banquetas, em que o talude se mantinha estável (FS > 1,5) na condição saturada, sem a necessidade de estrutura de contenção. Essa etapa teve como finalidade otimizar o projeto e reduzir os custos de execução.

Os testes consistiram em limitar a cunha de ruptura em diferentes alturas, realizando análises locais sucessivas até a obtenção de um resultado em que fosse alcançada a estabilidade. A Figura 49 apresenta os resultados obtidos, enquanto a Tabela 44 indica os segmentos do Subtrecho Homogêneo 3 onde está prevista a execução da estrutura de contenção para estabilização do talude.

Figura 49: Altura máxima de corte com retaludamento – Subtrecho homogêneo 3

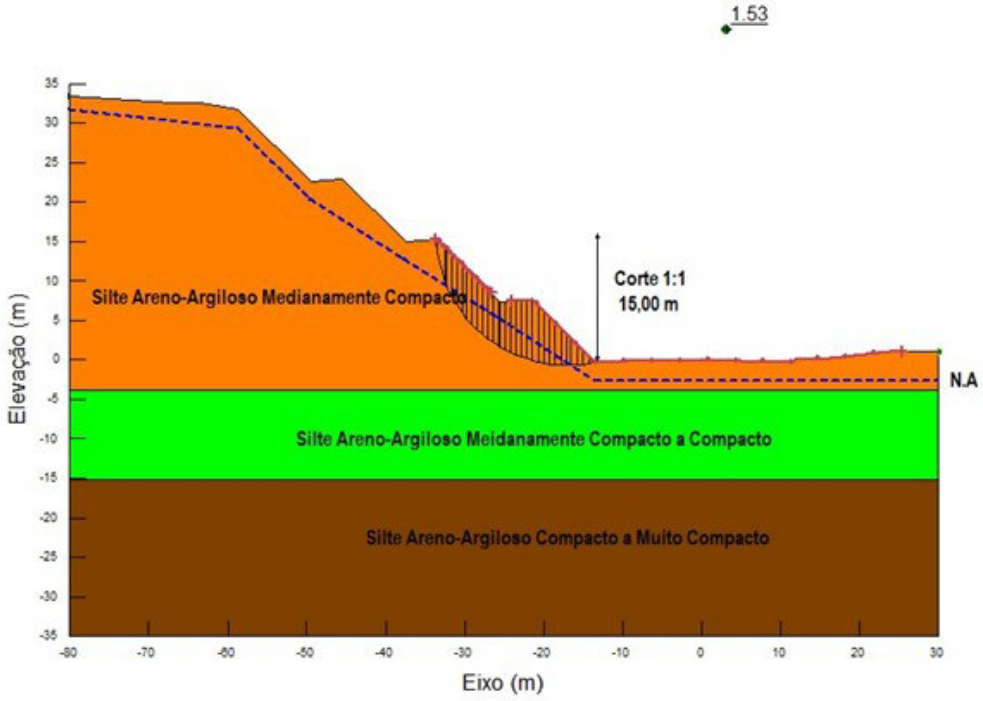


Tabela 44: Segmentos com previsão de contenção – Subtrecho Homogêneo 3

KM	EXTENSÃO DO SEGMENTO (m)
9+220,00 a 9+320,00	100,00

Após a realização das análises de estabilidade dos cortes críticos nos subtrechos homogêneos, constatou-se a necessidade de estruturas de contenção para os taludes do subtrecho homogêneo 3, que apresenta alturas superiores a 15 m.

As análises preliminares indicaram que inclinações inferiores a 1:1,75 (29,75°) não atingiam o fator de segurança mínimo exigido pela NBR 16920-2 para uma condição provisória (FS > 1,3), conforme mostrado na Figura 50. Dessa forma, devido à necessidade de grandes avanços de escavação e impactos ambientais, tais como a supressão de vegetação, para se alcançar fatores de segurança suficientes para a estabilidade - Figura 51, foram descartadas soluções baseadas apenas em retaludamento ou muros de gravidade.

Figura 50: Análise Talude 1:1,75

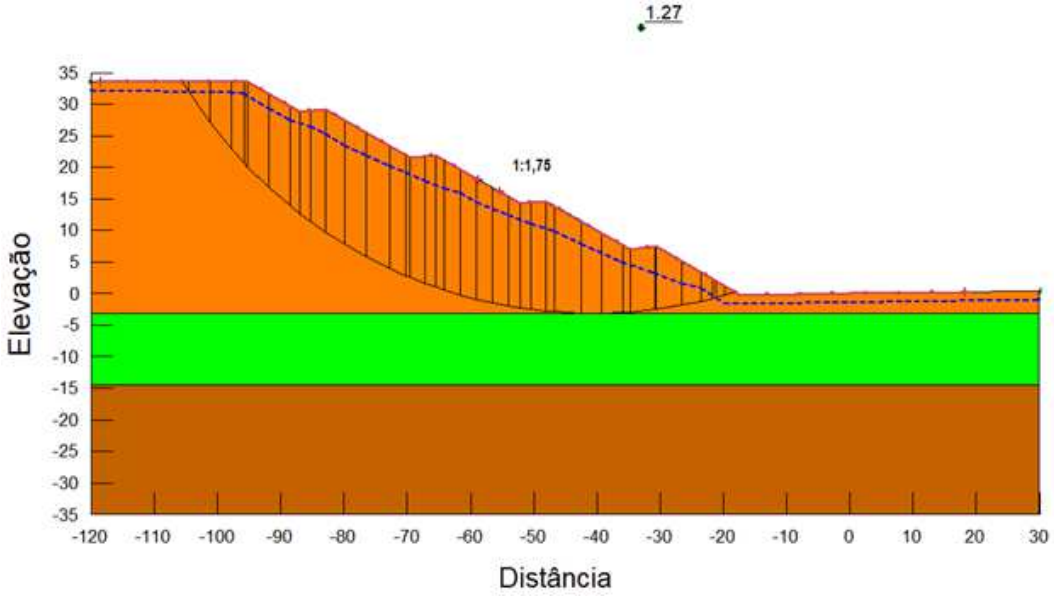
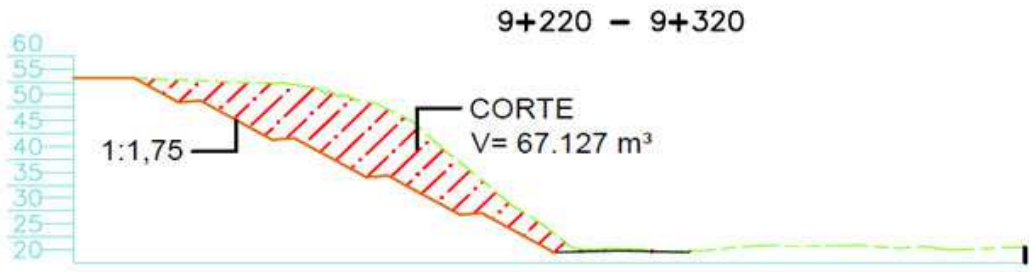


Figura 51: Volume de corte para retaludamento com inclinação de 1:1,75



Desta forma, a solução de engenharia adotada foi o solo grampeado, escolhida por sua eficiência construtiva, onde os grampos são executados na medida em que o corte é realizado, de cima para baixo, promovendo uma crescente estabilidade da encosta, e capacidade de adaptação às condições específicas do projeto. A principal vantagem desse sistema é a possibilidade de atuar em conjunto com a geometria natural do talude, mesmo em inclinações acentuadas.

Com objetivo de avaliar as condições de estabilidade desses taludes, foram classificadas todas as seções com altura igual ou superior a 15,00 m, visto que essa é a altura máxima que pode ser utilizada com a inclinação de 1V:1H sem uma estrutura de contenção, dadas as características do solo. E foram realizadas as análises com o trecho crítico caracterizado pelo encontrado no km 9+260,00.

7.5 Solo Grampeado

De acordo com a NBR 16920-2, o solo grampeado consiste na aplicação de elementos de reforço resistentes à tração em maciços de solo, com o objetivo de formar um compósito com propriedades mecânicas aprimoradas. O sistema é constituído por três componentes principais: o solo, os grampos e o paramento.

Para a concepção buscou-se otimizar os espaçamentos, diâmetro das barras de aço e seus comprimentos, de forma a obter os fatores de segurança mínimos adequados.

Os taludes devem ser revestidos com uma camada de geomanta, para controlar a erosão do solo e possibilitar o crescimento da vegetação, auxiliando a estabilidade ao longo do tempo. A face posterior dos taludes deverá ser reforçada por uma malha soldada, mantendo a integridade da face e garantindo que o revestimento possua boa aderência ao solo. No preenchimento da estrutura, será considerado o uso do solo proveniente da escavação do talude natural, de modo a otimizar recursos e manter a coerência com as condições do terreno.

7.5.1 Propriedade dos grampos

Tendo em vista a disponibilidade dos materiais e facilidade de obtenção, deverão ser utilizados grampos metálicos, aço CA-50, de 25 mm de diâmetro, adotando-se o método do grampo perfurado. Especificam-se furos de 100 mm de diâmetro, com inclinação de 15° em relação à horizontal e malha 2,00H×2,00V m. A resistência à tração de cálculo do grampo (Rtd) é calculada em função da resistência ao escoamento do aço (fyk), da área útil da seção do grampo (Aútil) e de um coeficiente parcial de minoração, de acordo com a Equação 7.1.

$$R_{td} = f_{yk} \times \frac{A_{til}}{\gamma_m} \tag{7.1}$$

No caso do aço, o coeficiente parcial de minoração, γ_m, é 1,15. Esse valor permite calcular a capacidade da barra, onde:

$$R_{td} = 500000 \times \frac{0{,}025^2 \times \frac{\pi}{4}}{1{,}15} = 213kN$$

O aço CA-50 possui uma resistência ao escoamento de 500 MPa. Para atender aos requisitos normativos relacionados aos sistemas de proteção contra a corrosão de armadura, foi considerado um decréscimo uniforme de 2 mm em toda a superfície da barra, conforme orientações da NBR 16920-2. Esta redução foi aplicada para o cálculo da seção útil da barra de aço.

$$R_{td} = 500000 \times \frac{0{,}023^2 \times \frac{\pi}{4}}{1{,}15} = 180kN$$

Ainda, segundo a GeoRio (2000), a resistência à flexão para grampos de pequenos diâmetros não impacta de forma significativa o fator de segurança e pode ser desprezada. Assim, foi adotado que a contribuição da resistência ao esforço cortante do grampo é igual à zero.

A resistência da interface solo-grampo é verificada por meio de correlações. As relações são apresentadas na Tabela 45.

Tabela 45: Relações semi-empíricas para a obtenção de q_s com base em N_{SPT}

Autor	Equação	q_s(NSPT = 13) (kPa)
Ortigão (1997)	$q_s = 50 + 7,5\,N_{SPT}$	147,50
Ortigão e Palmeira (1997)	$q_s = 67 + 50\ln(N_{SPT})$	220,90
Springer (2006)	$q_s = 45,12\ln(N_{SPT}) - 14,99$	100,75
Silva (2018)	$q_s = 65,80 + 1,68\,N_{SPT}$	87,64

É notado que as correlações resultam em valores diferentes entre si, variando de 87 a 221 kPa, utilizando o valor de NSPT igual a 13 golpes, caso deste projeto. Dessa forma, a favor da segurança, foi adotado para as análises o menor valor obtido pelas correlações ($q_s = 87$kPa).

7.5.2 Verificação interna

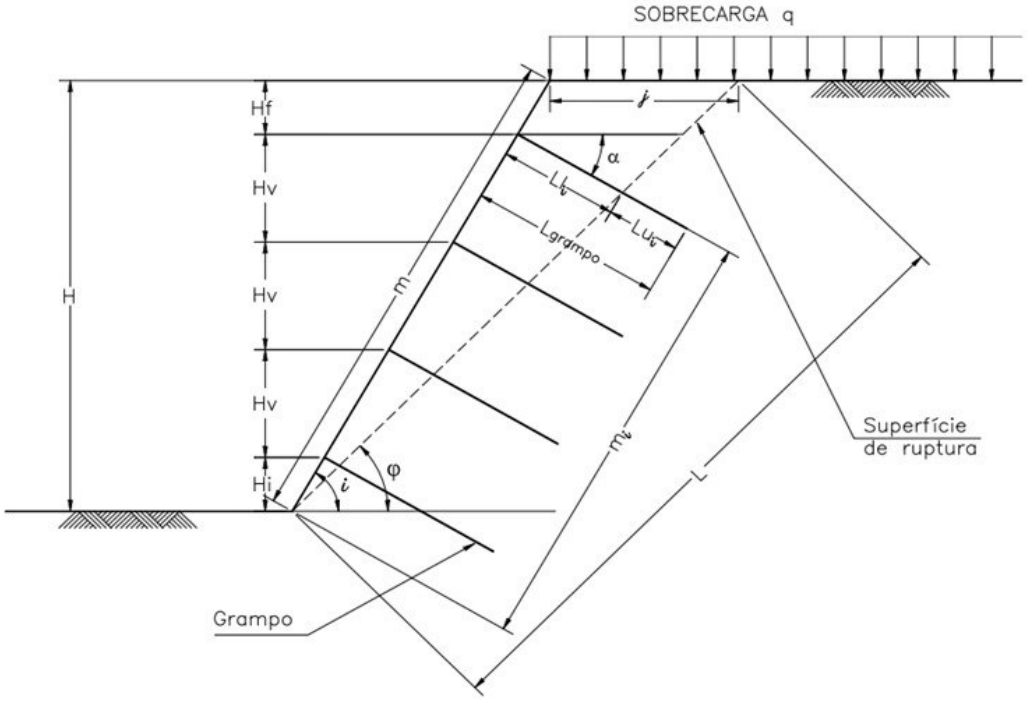
Neste item é apresentada a verificação interna do sistema de contenção através do Método de Davis Shen et al. (1981). Este modelo baseia-se em estruturas convencionais de escoramento, onde os grampos são apenas elementos de contenção e não de melhoramento do solo, similarmente ao atirantamento. Na estabilidade interna são calculadas as forças que tracionam os grampos, que devem ser inferiores à carga admissível sob o ponto de vista da estrutura, e à força limite proporcionada pelo atrito solo-grampo. Na estabilidade global (externa) é feita a verificação do equilíbrio do talude segundo superfícies potenciais de ruptura que passam por trás da zona reforçada.

As figuras 52,53 e 54 apresentam a memória de calculo contendo os dados de geometria, condições de contorno e dimensionamentos através do Método de Davis Shen et al. (1981) para a seção crítica, cujo fator de segurança resultou no valor de 2,56.

Figura 52: Memorial de cálculo - Verificação interna - Parte 1

SOLO GRAMPEADO - E49+10

1- GEOMETRIA E CONDIÇÕES DE CONTORNO



Parâmetros geométricos :

Altura do talude	**H =**	**16,00** m
Base da cunha	j =	**6,25** m
Ângulo de inclinação do talude	i =	**63** °
Ângulo que define a superf. de ruptura	φ =	**48** °
Ângulo dos grampos com a horizontal	α =	**15** °
Número de grampos	**N =**	**6**
Espaçamento vertical típico	H_V =	**2,00** m
Espaçamento horizontal típico	H_H =	**2,00** m
Espaçamento vertical inicial	H_i =	**2,00** m
Espaçamento vertical final	H_f =	**2,00** m
Comprimento total do grampo	L_{grampo} =	**16,00** m
Comprimento livre do grampo	Ll_i m	

Figura 53: Memorial de cálculo - Verificação interna - Parte 2

Comprimento útil do grampo Lu_i m

Extensão da superfície do talude **m =** 17,96 m

Extensão da base da cunha **L =** 21,53 m

Sobrecarga **q =** 0,0 Kpa

Parâmetros Geotécnicos

γ = 17,50 kN/m^3 ϕ = 33 ° c' = 14,0 KPa

Fs = 1,5

GRAMPO AÇO: CA 50 **Diâmetro=** 25,0 mm **fyk =** 500 MPa

Diâm. do furo : **HX =** 0,100 m

Comprimento útil dos grampos

m_1 =	2,24 m	Ll_1 =	0,60 m	Lu_1 =	15,40 m
m_2 =	4,49 m	Ll_2 =	1,20 m	Lu_2 =	14,80 m
m_3 =	6,73 m	Ll_3 =	1,80 m	Lu_3 =	14,20 m
m_4 =	8,98 m	Ll_4 =	2,41 m	Lu_4 =	13,59 m
m_5 =	11,22 m	Ll_4 =	3,01 m	Lu_4 =	12,99 m
m_6 =	13,47 m	Ll_4 =	3,61 m	Lu_4 =	12,39 m
m_7 =	15,71 m	Ll_4 =	4,21 m	Lu_4 =	11,79 m
m_8 =	17,96 m	Ll_4 =	4,81 m	Lu_4 =	0,00 m
m_9 =	20,20 m	Ll_4 =	5,41 m	Lu_4 =	0,00 m
m_{10} =	22,45 m	Ll_4 =	6,01 m	Lu_4 =	0,00 m
m_{11} =	24,69 m	Ll_4 =	6,62 m	Lu_4 =	0,00 m
m_{12} =	26,94 m	Ll_4 =	7,22 m	Lu_4 =	0,00 m

2- DIMENSIONAMENTO: *MÉTODO DE DAVIS SHEN ET ALLI (1981)*

$$FS = \frac{W \times \cos\varphi \times \tan\phi + T \times \operatorname{sen}(\varphi + \alpha) \times \tan\phi + c' \times L}{W \times \operatorname{sen}\varphi - T \times \cos(\varphi + \alpha)}$$

onde:

W = peso da cunha + sobrecarga

T = resultante da força resistente dos grampos $T = \frac{\Sigma Ti}{Hh}$ $\Sigma Ti = \frac{\Sigma Fmáx \times Lu_i}{Fs}$

Fmáx = esforço resistente máximo por m de grampo **Fmáx = Lu_i x diâmetro do furo x π x q_s**

q_s = aderência calda-solo

Fs = fator de segurança do material (calda) **Fs = 1,5**

2.1 - PESO DA CUNHA + SOBRECARGA

$$W = S \times \gamma + q \times j$$

$S = 0,5 \times H \times j$ S = 50,03 m^2 **W = 875,57 KN/m**

Figura 54: Memorial de cálculo - Verificação interna - Parte 3

2.2 - RESULTANTE DA FORÇA RESISTENTE DOS GRAMPOS

2.2.1 - VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO LIMITE DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DO GRAMPO (F_{lim})

$$F_{lim} = 0{,}90 \times fyk \times S_f$$

Sf = seção transversal do grampo **Sf =** 0,000491 m^2

F_{lim} = **221** KN

2.2.2 - ADERÊNCIA CALDA-GRAMPO (τ_{bu})

$$\tau_{bu} = 0{,}9 \times fcd^{2/3}$$ (calda de cimento fck $\geq$ 25MPa)

τ_{bu} = **615** KPa

2.2.3 - ADERÊNCIA CALDA-SOLO (q_s)

- A aderência calda-solo foi estimada a partir dos seguintes parâmetros:

i) Bibliografia existente: recomenda valores na faixa de 50 a 250 Kpa

ii) Recomenda a seguinte fórmula: $q_s = 45{,}12 \cdot \ln(N_{SPT}) - 14{,}99$

Para efeito de dimensiomento foi adotado o valor de: **qs =** **87** **Kpa (*)**

Obs.: (*) foi estimado Nspt da ordem de 4 golpes - Calculado pelo método de Springer

2.2.4 - DETERMINAÇÃO DA RESULTANTE DA FORÇA RESISTENTE DOS GRAMPOS

Fmáx(unit.) = **19,52 KN/m**

T_1 =	300,62 KN
T_2 =	288,88 KN
T_3 =	277,14 KN
T_4 =	265,40 KN
T_5 =	253,65 KN
T_6 =	241,91 KN
T_7 =	230,17 KN
T_8 =	0,00 KN
T_9 =	0,00 KN
T_{10} =	0,00 KN
T_{11} =	0,00 KN
T_{12} =	0,00 KN
Σ Ti =	**1132,04** KN
T =	**566,02** KN

2.3 - DETERMINAÇÃO DO FATOR DE SEGURANÇA (FS)

$$FS = \frac{1009{,}40}{393{,}71} \quad \therefore \quad FS = 2{,}56$$

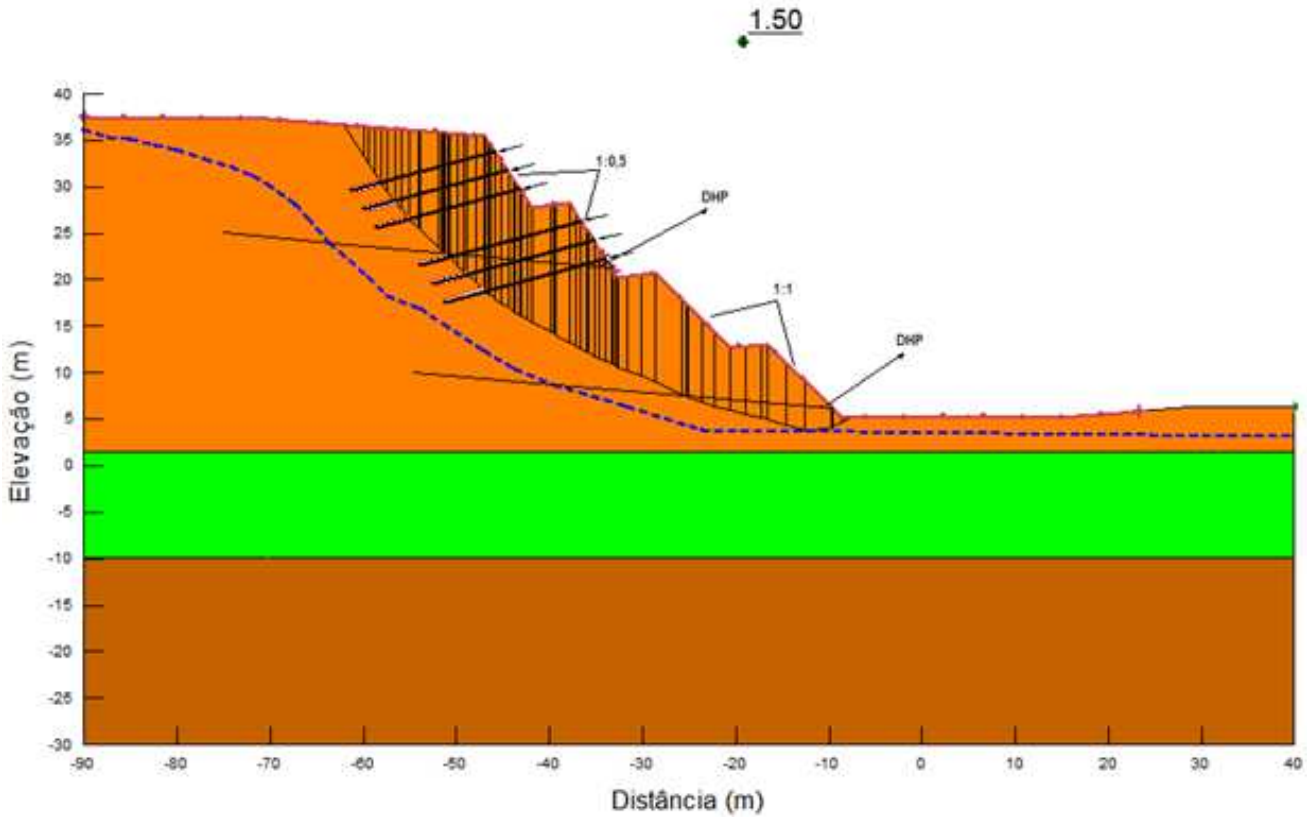
7.5.3 Geometria e resultados obtidos

Para a definição da geometria da contenção em solo grampeado, foram consideradas duas faces inferiores com inclinação de 1V:1H. A partir dessas faces, os taludes com altura superior a 15 metros foram projetados com inclinação de 1V:0,5H (63°), resultando em uma configuração mais verticalizada e compatível com as condições geotécnicas locais.

Nos trechos com solo grampeado, adotaram-se três linhas de grampos dispostas com espaçamento regular de 2,0 metros, tanto na direção vertical quanto na horizontal, de modo a assegurar a uniformidade da malha de estabilização. O comprimento dos grampos varia conforme o nível da face, sendo de 18 metros na terceira face e de 16 metros na quarta face do retaludamento.

Além do sistema de grampeamento, foram previstos DHPs instalados na primeira e na terceira face, com comprimento total de 45 metros cada e espaçamento de 2,0 metros, visando reduzir a interferência do lençol freático (poropressão) nas análises de estabilidade, em conjunto com a drenagem superficial. A Figura 55 apresenta a geometria final da contenção e o fator de segurança obtido na análise de estabilidade. No Apêndice I, encontra-se a seção-tipo projetada, bem como os detalhes dos grampos e dos drenos horizontais profundos (DHP).

Figura 55: Fator de segurança – Seção crítica – Reforço com solo grampeado



7.6 Análise de Estabilidade dos Taludes em Aterro

As análises de estabilidade dos taludes de aterro foram conduzidas considerando inclinação de 1V:1,5H, sobrecarga acidental de 25 kN/m², representando o carregamento induzido pelo tráfego, além de serem consideradas condições saturadas do solo, conforme indicado nos boletins de sondagem.

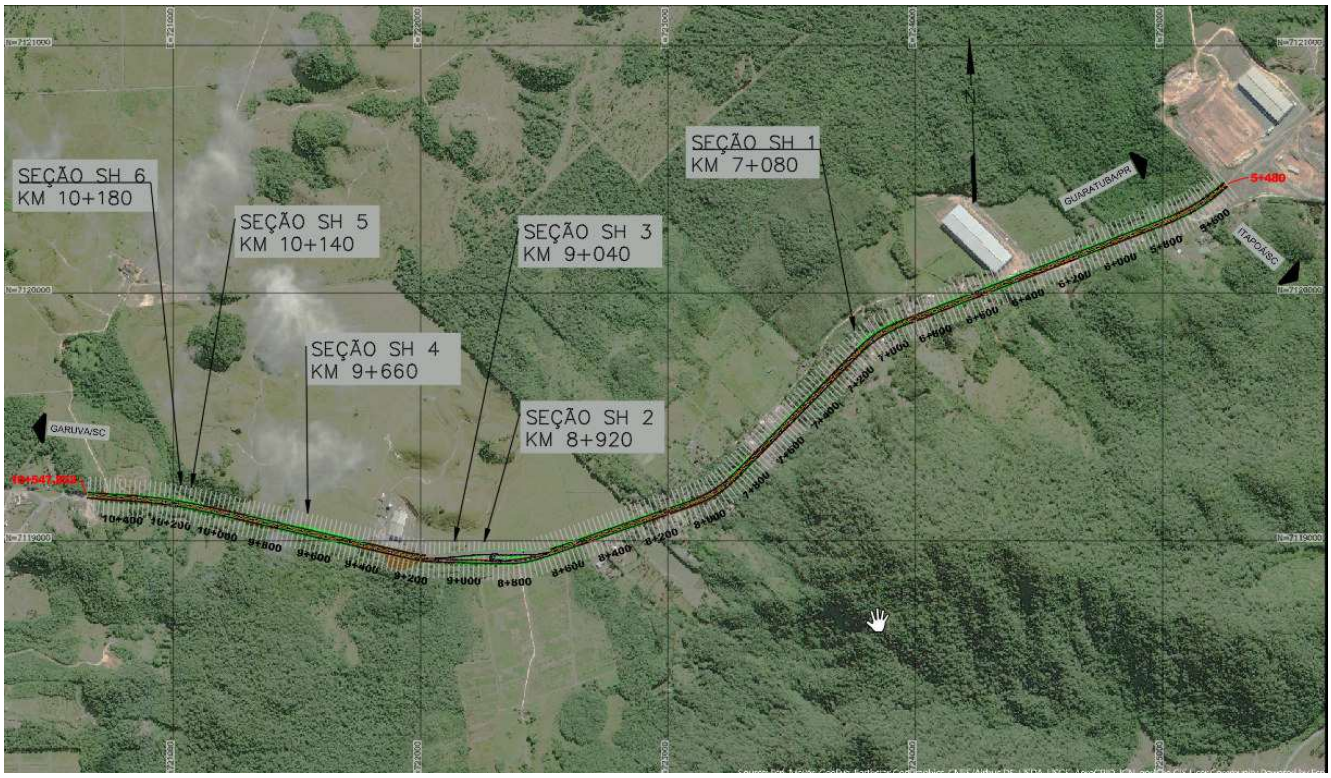
Os parâmetros geotécnicos foram definidos com base nas estratigrafias dos materiais presentes, conforme metodologia previamente descrita, com base em valores médios de N_{SPT} obtidos das sondagens a percussão.

A Tabela 46 sintetiza as informações dos subtrechos homogêneos previamente definidos, bem como sua seção crítica, que podem ser visualizados através da Figura 56 que mostra o mapa de localização das seções transversais do projeto.

Tabela 46: Subtrechos Homogêneos - Taludes em Aterro

Nº	KM INICIAL	KM FINAL	SONDAGEM DO TRECHO	EXTENSÃO (m)	ATERRO CRÍTICO (km)	ALTURA DO ATERRO (m)
1	5+480,00	8+140,00	SP-201	2660,00	7+080,00	5,77
2	8+140,00	9+020,00	SP-202	880,00	8+920,00	3,80
3	9+020,00	9+400,00	SP-203	380,00	9+040,00	2,21
4	9+400,00	9+800,00	SP-204	400,00	9+660,00	5,32
5	9+800,00	10+180,00	SP-206	380,00	10+140,00	3,77
6	10+180,00	10+547,85	SP-205	367,85	10+180,00	3,37

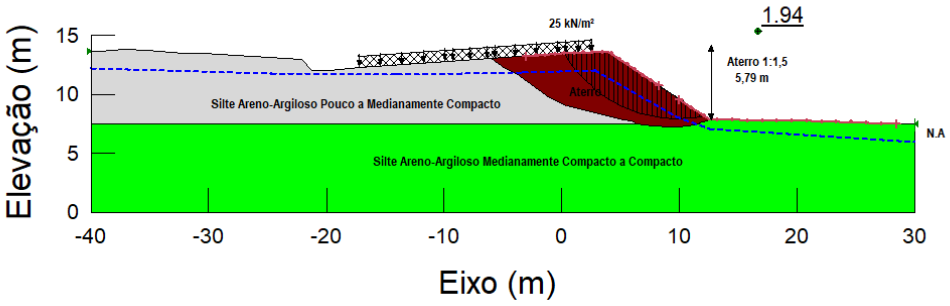
Figura 56: Planta de localização das análises de aterro



7.6.1 Análise de Estabilidade: Seção km 7 + 080,00

A análise de estabilidade referente à seção localizada no km 7 + 080,00 indicou FS de 1,94, resultado que demonstra o comportamento estável do talude frente às condições de carregamento avaliadas, conforme ilustrado na Figura 57.

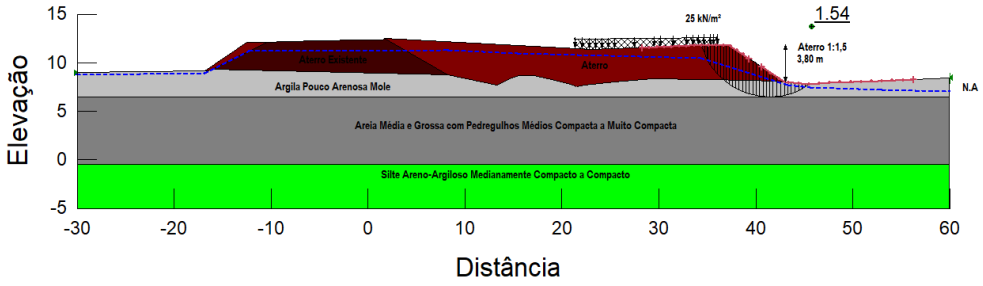
Figura 57: Análise de estabilidade do talude de aterro no km 7+080,00



7.6.2 Análise de Estabilidade: Seção km 8 + 920,00

A análise de estabilidade referente à seção localizada no km 8 + 920,00 indicou FS de 1,54, resultado que demonstra o comportamento estável do talude frente às condições de carregamento avaliadas, conforme ilustrado na Figura 58.

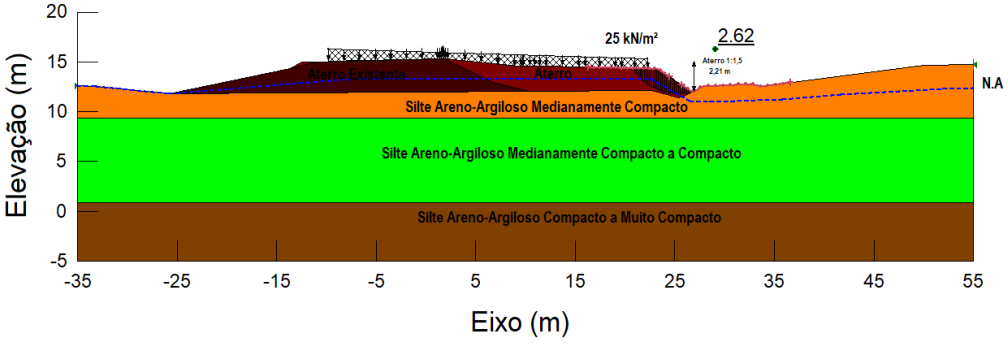
Figura 58: Análise de estabilidade do talude de aterro no km 8+920,00



7.6.3 Análise de Estabilidade: Seção km 9 + 040,00

A análise de estabilidade referente à seção localizada no km 9 + 040,00 indicou FS de 2,62, resultado que demonstra o comportamento estável do talude frente às condições de carregamento avaliadas, conforme ilustrado na Figura 59.

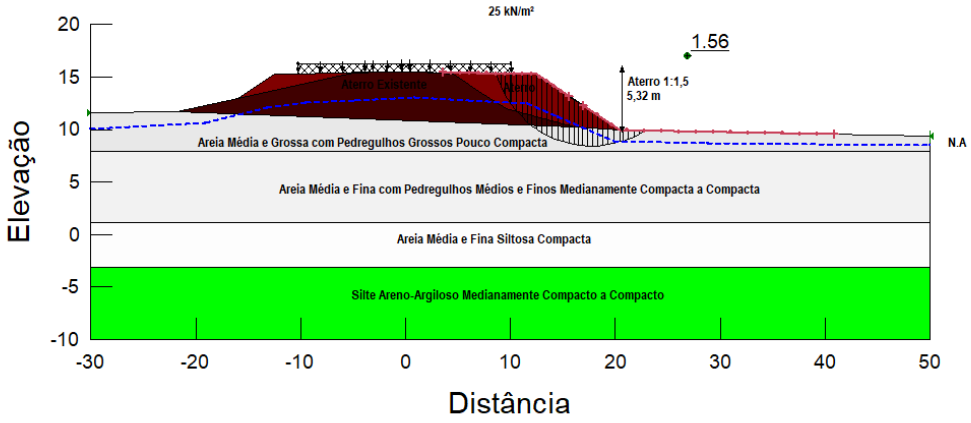
Figura 59: Análise de estabilidade do talude de aterro no km 9+040,00



7.6.4 Análise de Estabilidade: Seção km 9 + 660,00

A análise de estabilidade referente à seção localizada no km 9 + 660,00 indicou FS de 1,56, resultado que demonstra o comportamento estável do talude frente às condições de carregamento avaliadas, conforme ilustrado na Figura 60.

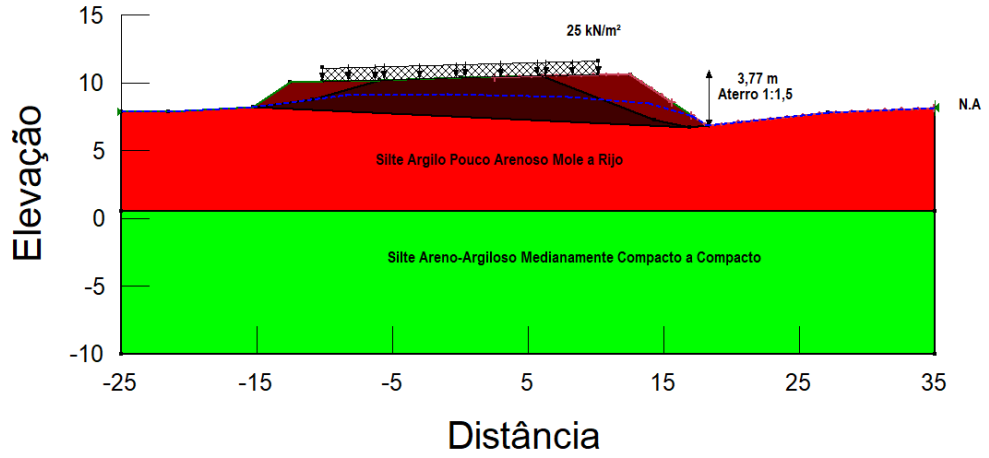
Figura 60: Análise de estabilidade do talude de aterro no km 9+660,00



7.6.5 Análise de Estabilidade: Seção km 10 + 140,00

A análise de estabilidade referente à seção localizada no km 10 + 140,00 indicou FS de 2,06, resultado que demonstra o comportamento estável do talude frente às condições de carregamento avaliadas, conforme ilustrado na Figura 61.

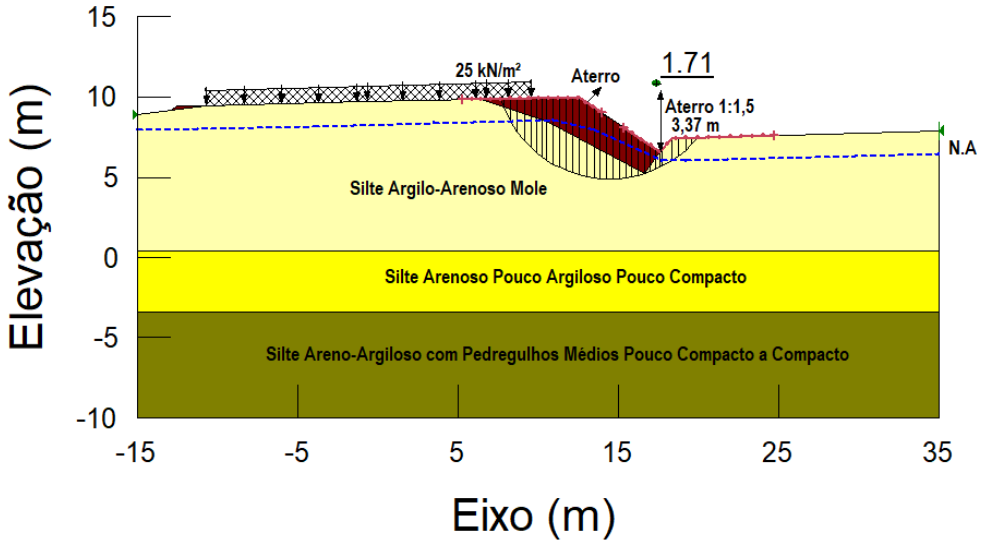
Figura 61: Análise de estabilidade do talude de aterro no km 10+140,00



7.6.6 Análise de Estabilidade: Seção km 10 + 180,00

A análise de estabilidade referente à seção localizada no km 10 + 180,00 indicou FS de 1,71, resultado que demonstra o comportamento estável do talude frente às condições de carregamento avaliadas, conforme ilustrado na Figura 62.

Figura 62: Análise de estabilidade do talude de aterro no km 10+180,00



A Tabela 47 compila os resultados obtidos nas análises de estabilidades para os taludes em aterro, dessa forma, constatou-se que todos os taludes estão em uma condição estável na inclinação 1V:1,5H.

Tabela 47: Síntese dos fatores de segurança obtidos para os taludes de aterro

ATERRO CRÍTICO (KM)	ALTURA (m)	FS OBTIDO	SITUAÇÃO
7+080,00	5,77	1,94	OK
8+920,00	3,80	1,54	OK
9+040,00	2,21	2,62	OK
9+660,00	5,32	1,56	OK
10+140,00	3,77	2,06	OK
10+180,00	3,37	1,71	OK

7.7 Fundação dos Aterros

O estudo das fundações dos aterros torna-se necessário para prever os recalques em aterros, especialmente aqueles sobre solos moles, pois, conforme Massad (2010), é necessário estudar os recalques dos corpos de aterro pois são os principais causadores de problemas durante a fase de operação da rodovia sobre solo mole.

O comportamento compressível desses solos, aliado à baixa resistência e permeabilidade, exige uma abordagem de cálculo que considere tanto a magnitude dos recalques quanto a sua evolução temporal.

Para esse projeto, foi considerado como solo mole, todo aquele solo cujo N_{SPT} de referência fosse menor ou igual à quatro (MASSAD, 2010). Dessa forma, conforme os boletins de sondagem a percussão, foram indicadas duas regiões com a presença de solo mole que podem ser identificados através da Tabela 48 que compila as informações acerca do subtrecho homogêneo, a sondagem de referência, material encontrado e espessura da camada.

Tabela 48: Subtrechos Homogêneos - Aterros sobre Solo Mole

N°	KM INICIAL	KM FINAL	EXTENSÃO (m)	SONDAGEM DO TRECHO	SOLO ENCONTRADO	ESPESSURA DA CAMADA (m)	N_{SPT}
2	8+140,00	9+020,00	880,00	SP-202	ARGILA POUCO ARENOSA, CINZA, MOLE	1,80	4
6	10+180,00	10+547,85	367,85	SP-205	SILTE ARGILO-ARENOSO, MARROM,MOLE	7,52	2

Fonte: Adaptado de Nova Engevix Engenharia (2022)

Para a fase de Projeto Básico, dentro de cada um dos subtrechos homogêneo, foram estimados os recalques apenas nas seções críticas descritas na Tabela 47. A avaliação dos recalques foi conduzida de forma pontual, com base na teoria clássica de adensamento unidimensional, utilizando parâmetros representativos obtidos a partir das investigações geotécnicas disponíveis.

Entende-se que esta abordagem é coerente com o nível de detalhamento próprio da fase básica, na qual o objetivo principal consiste em avaliar a ordem de grandeza dos recalques esperados e a viabilidade técnica e econômica das soluções propostas para os aterros sobre solos moles.

Na fase de projeto executivo, recomenda-se a execução de uma análise mais detalhada dos recalques diferenciais, tanto no sentido longitudinal quanto transversal, de modo a verificar a conformidade com os limites

residuais estabelecidos pela norma (DNIT, 2022) e garantir o desempenho funcional e estrutural da rodovia ao longo do tempo.

7.7.1 Adensamento do solo

Segundo a Norma DNIT 381/2022 – PRO, o adensamento é definido como: "Redução progressiva, ao longo do tempo, do volume de uma massa de solo, resultante da diminuição do seu volume de vazios, devido à expulsão de ar ou água, causada por efeito do peso próprio ou acréscimo de tensão externa" (DNIT, 2022).

O processo de adensamento é usualmente dividido em duas fases principais. O adensamento primário corresponde à redução do volume de uma massa de solo sob a ação de esforços de compressão, causada principalmente pela expulsão de água dos vazios e pela consequente transferência das tensões da água intersticial para o esqueleto sólido. O adensamento secundário ocorre após a completa dissipação das poropressões geradas pelo carregamento sob o efeito da aplicação de esforços de compressão, sendo resultado do reajuste da estrutura interna do solo já sob equilíbrio efetivo de tensões.

7.7.2 Metodologia para Estimativa dos Recalques

Para esse projeto, com base em Almeida e Marques (2010), a metodologia de cálculo adotada fundamenta-se na divisão dos recalques em três tipos, o recalque imediato (carregamento instantâneo), o por adensamento primário e secundário. Contudo, o recalque imediato é de pequena magnitude, quando comparado ao recalque por adensamento, particularmente no caso de aterros com grandes dimensões (comprimento e largura), comparadas à espessura da camada de argila mole (ALMEIDA; MARQUES, 2010), dessa forma, não foram calculados nesse projeto.

O recalque por adensamento primário pode ser obtido através da Equação 7.2.

$$\Delta h = h_{agr}[\frac{C_s}{1+e_{vo}} \times log(\frac{\sigma'_{vm}}{\sigma'_{vo}}) + \frac{C_c}{1+e_{vo}} \times log(\frac{(\sigma'_{vo}+\Delta\sigma v)}{\sigma'_{vm}})] \tag{7.2}$$

Onde:

- Δh = Recalque primário por adensamento, em metros;
- h_0 = Espessura inicial da camada de argila compressível, em metros;
- C_S = Índice de recompressão do solo, adimensional;
- e_0 = Índice de vazios inicial da camada, adimensional;
- σ'_{vm} = Tensão de pré-adensamento, em kN/m^2;
- σ'_{v0} = Tensão vertical efetiva inicial no meio da camada, em kN/m^2;
- C_C = Índice de compressão do solo, adimensional;
- $\Delta\sigma_v$ = Acréscimo de tensão vertical no meio da camada devido ao aterro, em kN/m^2.

Acréscimo de tensão vertical no meio da camada devido ao aterro ($\Delta\sigma_v$), pode ser calculado através da Equação 7.3.

$$\Delta\sigma_v = (\gamma_{at} \cdot h_{at}) \tag{7.3}$$

Onde:

- γ_{at} = peso específico do aterro, em kN/m^3 ;
- h_{at} = altura do aterro, em metros.

Após o término do adensamento primário, o solo continua a deformar-se sob tensão constante em um processo conhecido como compressão secundária (DNIT,2022). Esta parcela do recalque é particularmente relevante em argilas orgânicas e solos de alta compressibilidade. Com base na abordagem proposta por Martins (2005) e apresentada em Almeida e Marques (2010), o recalque secundário (Δh_{sec}) pode ser estimado de forma simplificada, adequada para a fase de projeto básico, conforme a Equação 7.4.

$$\Delta h_{sec} = 0,15 \cdot h_{agr} \cdot \frac{C_c}{1 + e_{v0}} \tag{7.4}$$

O recalque total (Δh_{total}) é a soma das parcelas de recalque primário e secundário, representando o deslocamento vertical máximo esperado para a camada de solo mole (DNIT,2022).

$$\Delta h_{total} = \Delta h + \Delta h_{sec} \tag{7.5}$$

7.7.2.1 Diagnóstico do Terreno (Recalque Natural)

O recalque que ocorreria naturalmente (Δh_{real}) no prazo estipulado de 6 meses é calculado utilizando a Teoria do Adensamento de Terzaghi cujo processo consiste em:

1. Calcular o Fator Tempo (T_v) para t = 180 dias, através da Equação 7.6, onde h_d é a máxima distância de drenagem da camada compressível.
$$T_v = \frac{c_v \cdot t}{h_d^2} \tag{7.6}$$
2. Com o valor de T_v, determina-se o grau de adensamento médio (U_v) que é obtido isolando-se a variável U_v na equação 7.7 apresentada por Almeida e Marques (2010)

$$T_v = 1,781 - 0,933 \log(100 - U_v(\%)) \tag{7.7}$$

$$U_v(\%) = 100 - 10^{\left(\frac{1,781 - T_v}{0,933}\right)} \tag{7.8}$$

3. Calcula-se o recalque real para o período, conforme a Equação 7.9.

$$\Delta h_{real(t=180d)} = U_v \cdot \Delta h \tag{7.9}$$

Dessa forma, a necessidade de uma solução para aceleração de recalques é determinada pela comparação entre a meta construtiva e o recalque que ocorreria naturalmente:

- Se $\Delta h_{real} \geq \Delta h_{meta}$: A velocidade de adensamento natural do terreno é suficiente para atender aos requisitos de prazo do projeto. Nenhuma medida de aceleração de recalques seria necessária.
- Se $\Delta h_{real} < \Delta h_{meta}$: O terreno não atingirá o recalque desejado no prazo estipulado. Portanto, seria obrigatório o dimensionamento de uma solução de engenharia para acelerar os recalques, para garantir a viabilidade do cronograma da obra.

7.7.3 Considerações Gerais

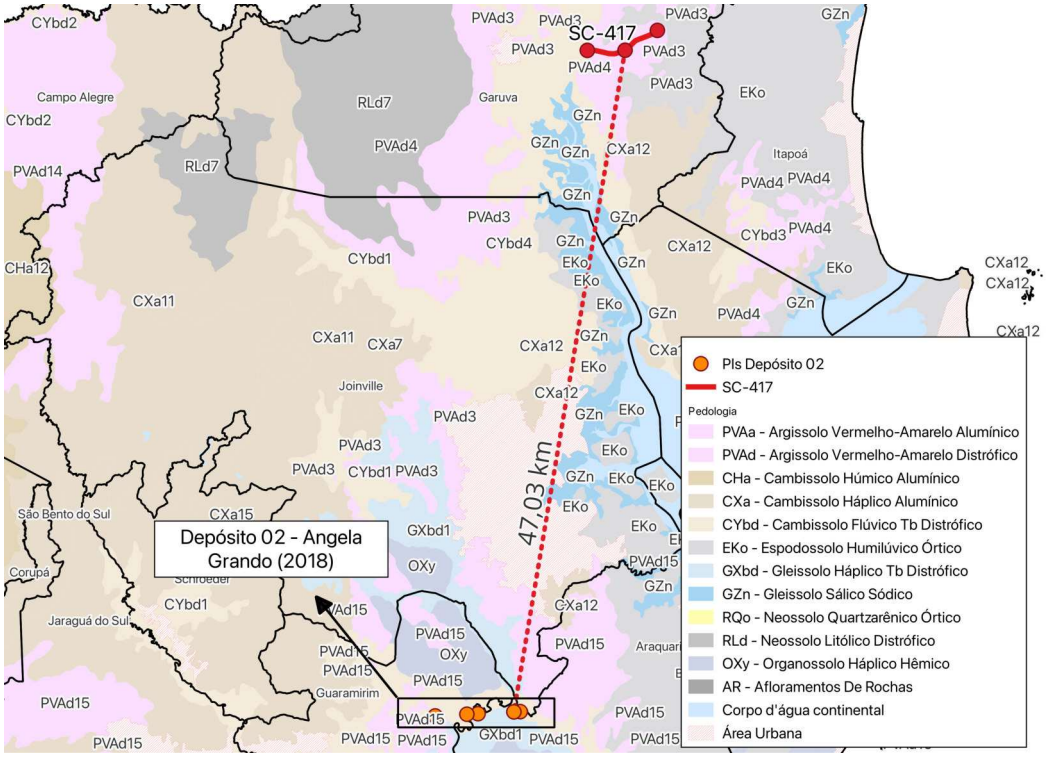
De acordo com o exposto no Estudo Geotécnico, ressalta-se que a determinação dos parâmetros de compressibilidade, necessários para a equação de recalque primário, demanda uma investigação geotécnica complementar ao ensaio SPT. O SPT fornece um índice de resistência e consistência do solo, mas não mede diretamente as propriedades de compressibilidade (tais como C_S, C_C, e_0 e σ'_{vm}). A obtenção destes parâmetros requer a execução de ensaios de adensamento edométrico (SIC) em laboratório, que por sua vez dependem da coleta de amostras indeformadas de alta qualidade.

Para suprir a lacuna da ausência de ensaios de adensamento específicos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em busca de dados representativos para os solos da região. A tese de Grando (2018), "Propriedades e Parâmetros Geotécnicos de Depósitos com Argilas Moles de Santa Catarina", demonstrou ser a referência mais adequada, por focar em materiais com as mesmas características geológicas e geográficas do projeto.

Ao analisar o estudo, constatou-se que o "Depósito 2", investigado pela autora em Araquari/SC (BR-280), a cerca de 50 km de distância, apresenta um perfil estratigráfico análogo ao identificado nas sondagens deste projeto. Com base nessa correlação geotécnica, e para fins de estimativa nesta fase de estudo, foram adotados os parâmetros de ensaios edométricos de materiais similares apresentados na tese.

Essa metodologia permite uma análise de compressibilidade mais robusta do que o uso de correlações empíricas genéricas, adicionalmente, para corroborar a validade dessa correlação, foi consultado o mapa pedológico da região, apresentado na Figura 63. A análise do mapa evidencia que tanto a área do projeto em Garuva quanto o local do "Depósito 2"em Araquari estão inseridos em um contexto pedológico similar, com a presença marcante de formações de Argissolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo Flúvico nas imediações de ambos os locais.

Figura 63: Localização e contexto pedológico da área de estudo e do sítio de referência (Grando, 2018).



Fonte: Adaptado do Banco de Dados e Informações Ambientais - BDIA (IBGE, 2023). Acesso em 07/10/2025.

Essa semelhança na gênese e classificação dos solos reforça a hipótese de que os materiais apresentam comportamento geotécnico análogo, conferindo maior segurança à adoção dos parâmetros da referida tese para as estimativas deste estudo.

7.7.3.1 Subtrecho Homogêneo 2 - Estimativas dos Recalques

A Figura 64 representa esquematicamente a estratigrafia da seção crítica deste segmento (KM 8+920), onde foi encontrado uma camada de aproximadamente 1,80m de uma argila pouco arenosa, cinza, mole com $N_{SPT} = 4$.

Figura 64: Seção Esquemática - KM 8+920



Dessa forma, baseado na proximidade geográfica e na similaridade do perfil pedológico, os parâmetros de compressibilidade para o cálculo foram extraídos da tese de Grando (2018). O ponto de investigação (PI) escolhido como referência foi o PI-04 do Depósito 2, sendo o material da camada quatro (argila mole, cinza claro) o mais representativo para as condições desse projeto.

Tabela 49: Parâmetros Geotécnicos de Entrada – Subtrecho Homogêneo 2 (KM 8+920)

Parâmetro	Símbolo	Valor	Fonte / Observação
Altura do aterro	h_{at}	3,80 m	Projeto Geométrico
Peso específico do aterro	γ_{at}	18,0 kN/m³	Projeto Geotécnico
Acréscimo de tensão vertical	$\Delta\sigma_v$	68,40 kPa	Calculado ($\gamma_{at} \cdot h_{at}$)
Espessura da camada de solo mole	h_{agr}	1,80 m	Sondagem SP-202
Tensão efetiva inicial (meio da camada)	σ'_{v0}	5,21 kPa	Calculada a partir de SP-202
Tensão final	σ'_{vf}	73,61 kPa	Calculada ($\Delta\sigma_v + \sigma'_{v0}$)
Tensão de pré-adensamento	σ'_{vm}	80,00 kPa	Grando (2018) – Dep. 2, PI-04
Índice de vazios inicial	e_0	1,297	Grando (2018) – Dep. 2, PI-04
Índice de compressão	C_c	0,344	Grando (2018) – Dep. 2, PI-04
Índice de recompressão	C_s	0,030	Grando (2018) – Dep. 2, PI-04
Coeficiente de adensamento vertical	c_v	2×10^{-3} cm²/s	Grando (2018) – Dep. 2, PI-04

Tabela 50: Resumo do Cálculo de Recalques – Subtrecho Homogêneo 2 (KM 8+920)

Etapa do Cálculo	**Resultado**
Recalque Primário (Δh)	3,24 cm
Recalque por Compressão Secundária (Δh_{sec})	4,04 cm
Recalque Total Previsto (Δh_{total})	**7,28 cm**

Após a determinação do recalque total, foi realizada a análise temporal para verificar se a meta construtiva seria atingida no prazo de 6 meses (Tabela 51), com base nesse diagnóstico, avaliou-se a necessidade de uma solução para aceleração de recalques.

Tabela 51: Análise Temporal do Recalque Primário – Subtrecho Homogêneo 2 (KM 8+920)

Parâmetro	**Resultado**
Recalque Meta (Δh_{meta})	2,59 cm
Fator Tempo para 6 meses (T_v)	0,973
Grau de Adensamento em 6 meses (U_v)	92,66%
Recalque Real em 6 meses (Δh_{real})	3,00 cm

Dessa forma, como o recalque real que ocorreria naturalmente em 6 meses ($\Delta h_{real} = 3,00$ cm) é superior à meta construtiva estabelecida ($\Delta h_{meta} = 2,59$ cm), conclui-se que o prazo para a estabilização do aterro seria atendido. Portanto, não é necessária a implementação de uma solução para aceleração de recalques para garantir a viabilidade do cronograma.

7.7.3.2 Subtrecho Homogêneo 6 - Estimativa dos Recalques

A Figura 65 representa esquematicamente a estratigrafia da seção crítica deste segmento (KM 10+180), onde foi encontrado uma camada de aproximadamente 7,50 metros de silte argilo-arenoso, marrom, mole com $N_{SPT} = 2$.

Figura 65: Seção Esquemática - KM 10+180



Dessa forma, baseado na proximidade geográfica e na similaridade do perfil pedológico, os parâmetros de compressibilidade para o cálculo foram extraídos da tese de Grando (2018). O ponto de investigação (PI) escolhido como referência foi o PI-05 do Depósito 2, sendo o material da camada três (argila silto arenosa) o mais representativo para as condições desse projeto.

Tabela 52: Parâmetros Geotécnicos de Entrada – Subtrecho Homogêneo 6 (KM 10+180)

Parâmetro	Símbolo	Valor	Fonte / Observação
Altura do aterro	h_{at}	3,37 m	Projeto Geométrico
Peso específico do aterro	γ_{at}	18,0 kN/m³	Projeto Geotécnico
Acréscimo de tensão vertical	$\Delta\sigma_v$	60,86 kPa	Calculado ($\gamma_{at} \cdot h_{at}$)
Espessura da camada de solo mole	h_{agr}	7,52 m	Sondagem SP-205
Tensão efetiva inicial (meio da camada)	σ'_{v0}	33,02 kPa	Calculada a partir de SP-205
Tensão final	σ'_{vf}	93,68 kPa	Calculada ($\Delta\sigma_v + \sigma'_{v0}$)
Tensão de pré-adensamento	σ'_{vm}	80,00 kPa	Grando (2018) – Dep. 2, PI-05
Índice de vazios inicial	e_0	0,769	Grando (2018) – Dep. 2, PI-05
Índice de compressão	C_c	0,110	Grando (2018) – Dep. 2, PI-05
Índice de recompressão	C_s	0,018	Grando (2018) – Dep. 2, PI-05
Coeficiente de adensamento vertical	c_v	$1 \cdot 10^{-3}$ cm²/s	Grando (2018) – Dep. 2, PI-05

Tabela 53: Resumo do Cálculo de Recalques – Subtrecho Homogêneo 6 (KM 10+180)

Etapa do Cálculo	**Resultado**
Recalque Primário (Δh)	6,15 cm
Recalque por Compressão Secundária (Δh_{sec})	7,01 cm
Recalque Total Previsto (Δh_{total})	**13,16 cm**

Após a determinação do recalque total, foi realizada a análise temporal para verificar se a meta construtiva seria atingida no prazo de 6 meses (Tabela 54), com base nesse diagnóstico, avaliou-se a necessidade de uma solução para aceleração de recalques.

Tabela 54: Análise Temporal do Recalque Primário - Subtrecho Homogêneo 6 (KM 10+180)

Etapa do Cálculo	**Resultado**
Recalque Meta (Δh_{meta})	4,92 cm
Fator Tempo para 6 meses (T_v)	0,028
Grau de Adensamento em 6 meses (U_v)	18,84%
Recalque Real em 6 meses (Δh_{real})	**1,16 cm**

Dessa forma, como o recalque real que ocorreria naturalmente em 6 meses ($\Delta h_{real} = 1,16$ cm) é inferior à meta construtiva estabelecida ($\Delta h_{meta} = 4,92$ cm), conclui-se que o prazo desejado para a estabilização do aterro não seria atendido sem intervenção.

Considerando a espessura da camada de solo mole (aproximadamente 7,5 metros), a solução de remoção total mostrou-se inviável. Adicionalmente, avaliou-se que a remoção parcial, de até 3 metros, limite usualmente recomendado pelo DNIT (2022) com substituição por material de aterro não traria benefícios significativos na aceleração dos recalques para este caso.

Diante disso, optou-se pela solução geotécnica de aceleração dos recalques através da instalação de geocompostos para drenagem vertical (GCDV), também conhecidos como geodrenos. Assim, o próximo passo neste projeto consiste na definição do espaçamento e do comprimento dos drenos, e no dimensionamento do colchão drenante de areia, responsável por coletar e escoar o fluxo proveniente dos GCDV.

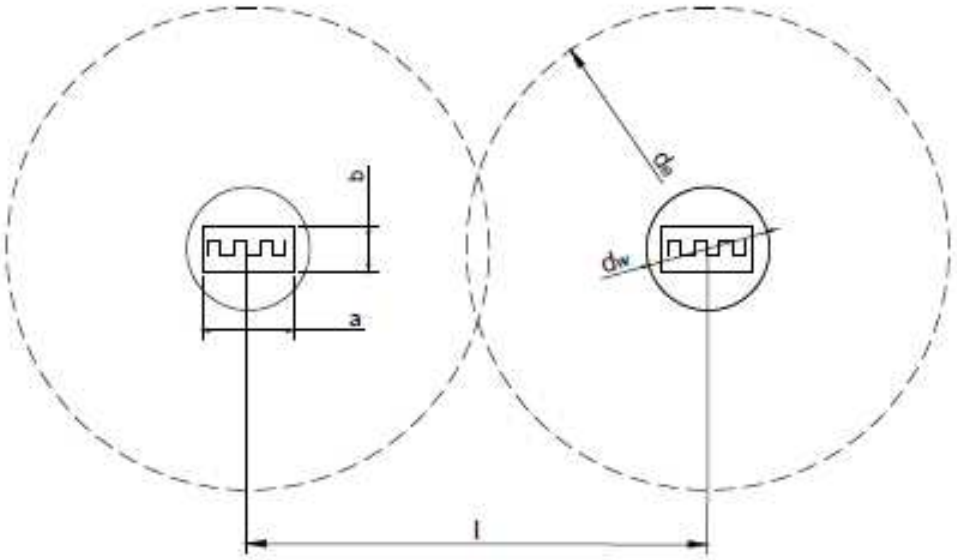
7.7.3.3 Dimensionamento dos Geodrenos

O dimensionamentos dos geodrenos seguiu o procedimento abordado por Almeida e Marques (2010), que tem como ponto de partida, a definição da disposição das malhas. Para este projeto, adotou-se a malha triangular, com drenos, em formato retangular, de 10 cm de comprimento e 0,5 cm de largura, e posterior definição do diâmetro de influencia (d_e) De e o diâmetro equivalente (d_w) através das Equações 7.10 e 7.11, ambas as dimensões podem ser verificadas na Figura 66.

$$d_e = 1,05 \cdot l \tag{7.10}$$

$$d_w = \frac{2 \cdot (a + b)}{\pi} \tag{7.11}$$

Figura 66: Dimensões Geométricas do Geodreno



Para esse projeto, considerou-se a hipótese do adensamento com drenagem combinada radial e vertical, pois a camada de argila possui menos de 10 metros (ALMEIDA; MARQUES, 2010). A teoria apresenta a Equação 7.12 que torna possível obter a porcentagem média de adensamento combinado (U).

$$(1 - U) = (1 - U_V) \cdot (1 - U_h) \tag{7.12}$$

Onde:

- U = Média de adensamento combinado (%);
- U_v = Adensamento vertical (%);
- U_h = Adensamento radial (%);

A parcela de adensamento radial U_h foi obtida através das Equações X,Y e Z

$$U_h = 1 - e^{-(\frac{8\,T_h}{F(n)})} \tag{7.13}$$

onde:

$$T_h = \frac{c_h\,t}{d_e^2} \tag{7.14}$$

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1}\ln(n) - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \approx \ln(n) - 0{,}75 \tag{7.15}$$

$$n = \frac{d_e}{d_w} \tag{7.16}$$

onde:

- d_e = diâmetro de influência de um dreno (m);
- d_w = diâmetro do dreno ou diâmetro equivalente de um geodreno com seção retangular (m);
- T_h = fator de tempo para drenagem horizontal (adimensional);
- $F(n)$ = função da densidade de drenos (adimensional).

Dessa forma, os parâmetros de entrada para o dimensionamento dos drenos estão apresentados na Tabela 55. Cabe ressaltar que o valor para espaçamento entre os drenos (l), foi obtido através da iteração dos cálculos até que fosse alcançado a porcentagem média de adensamento combinado (U) atingisse 80% dentro dos seis meses estipulados.

Tabela 55: Parâmetros de Entrada - Dimensionamento dos Geodrenos

Parâmetro	Valor	Fonte / Observação
Coeficiente de adensamento vertical (c_v)	$1 \cdot 10^{-3}$ cm^2/s	Grando (2018) – Dep. 2, PI-05
Coeficiente de adensamento horizontal (c_h)	$2{,}7 \cdot 10^{-3}$ cm^2/s	Grando (2018) – Dep. 2, PI-05
Coeficiente vertical (k_v)	$2{,}2 \cdot 10^{-7}$ cm^2/s	Grando (2018) – Dep. 2, PI-05
Coeficiente horizontal (k_h)	$4{,}4 \cdot 10^{-7}$ cm^2/s	Grando (2018) – Dep. 2, PI-05
Largura do dreno (a)	10 cm	DNIT (2022)
Espessura do dreno (b)	0,5 cm	DNIT (2022)
Espaçamento entre os drenos (l)	250 cm	Decisão de projeto
Adensamento vertical (t = 6 meses) (U_v)	18,84%	Tabela 54

Portanto, a Tabela 56 apresenta os resultados obtidos no dimensionamento, o qual conclui-se que a adoção dos geodrenos em formato retangular (10cmx0,5cm), com disposição em malha triangular e espaçamento de 250 cm entre eles, resulta no em um grau de adensamento de aproximadamente 85% em um período de seis meses, sendo assim, considerado suficiente para os critérios definidos nesse projeto.

Para esta fase do projeto, não foram consideradas o efeito do amolgamento na eficiência e nem a resistência hidráulica dos geodrenos pois estes são menores que 20 metros e não exigem tais verificações (ALMEIDA;MARQUES, 2010).

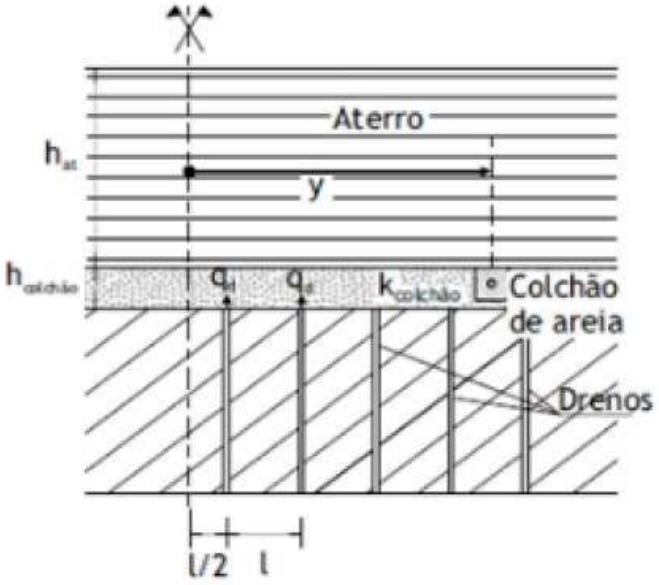
Tabela 56: Resultados - Dimensionamento dos Geodrenos

Etapa do Cálculo	Resultado
Diâmetro de influência (d_e)	262,50 cm
Diâmetro equivalente (d_w)	6,68 cm
Razão dos diâmetros (n)	39,27
Fator de tempo para drenagem horizontal (T_h)	0,62
Função da densidade de drenos ($F(n)$)	2,92
Adensamento radial (%)	81,59
Adensamento combinado (%)	**85,06**

Além disso, conforme as orientações do DNIT (2022), é necessário implementar um colchão drenante de areia (Figura 67) colocado sobre a superfície do terreno com espessura mínima de 0,3 m. Este procedimento permitirá que o tráfego de equipamentos sem danos ao seu funcionamento e o mesmo deverá ter a capacidade de drenagem livre da água proveniente da drenagem dos drenos.

Para garantir que o colchão drenante tenha capacidade suficiente para escoar a água proveniente dos geodrenos verticais sem gerar excesso de poropressão em sua base, realizou-se a verificação hidráulica conforme

Figura 67: Colchão Drenante de Areia



Fonte: Almeida e Marques (2010)

metodologia apresentada por Almeida e Marques (2010). Esta análise calcula a máxima distância horizontal ($2y$) que a água pode percolar dentro do colchão, admitindo-se que a perda de carga máxima (h_{cd}) seja igual à própria espessura do colchão (h_{ch}).

A Equação 7.17 é derivada da análise de fluxo bidimensional no colchão.

$$y = \sqrt{\frac{2 \cdot k_{ch} \cdot h_{ch}^2}{r}} \tag{7.17}$$

Para este projeto, adotaram-se os seguintes valores:

- Permeabilidade do colchão (k_{ch}): 10^{-4} m/s (limite inferior típico para areia grossa, conforme Almeida e Marques, 2010);
- Espessura do colchão (h_{ch}): $0,30$ m (mínimo recomendado pela Norma DNIT 381/2022 - PRO).

A razão da velocidade de recalque (r) foi obtida através da razão (Equação 7.18) entre o recalque (Δh) obtido em um determinado tempo (t). Neste caso, o recalque refere-se a porcentagem de adensamento obtido na Tabela 56 e o tempo é o período de seis meses.

$$r = \frac{\Delta h}{t} = \frac{0,052m}{15768000s} = 3,32 \times 10^{-9} m/s; \tag{7.18}$$

Aplicando os valores na Equação 7.17:

$$y = \sqrt{\frac{2 \cdot (10^{-4}\ \text{m/s}) \cdot (0,30\ \text{m})^2}{3,32 \times 10^{-9}\ \text{m/s}}} = \sqrt{\frac{1,8 \times 10^{-5}\ \text{m}^3/s}{3,32 \times 10^{-9}\ \text{m/s}}} \approx \sqrt{5428,69\ \text{m}^2} \approx 73,68\ \text{m} \tag{7.19}$$

O resultado indica que a máxima meia-distância de fluxo horizontal é de aproximadamente 73,18 m, o valor corresponde a um espaçamento máximo entre pontos de alívio (bordas do aterro ou drenos franceses) de $2y \approx 147,36$ m. A partir disso, como esta distância é consideravelmente maior que a largura do aterro projetado, conclui-se que o colchão drenante de 30 cm de espessura possui capacidade hidráulica suficiente para a vazão esperada, não sendo necessária a inclusão de drenos franceses.

7.7.4 Quantidades da solução adotada

Primeiramente, para os geodrenos verticais, determinou-se a área total do aterro entre os KM 10+080,55 e KM 10+343,00, que apesar de haver uma sobreposição ao subtrecho homogêneo 5, trata-se de um único corpo de aterro, por isso aplicou-se mesma solução. Posteriormente, a mesma área foi divida pela região de influência hexagonal equivalente de cada dreno, sendo este ajustado para o número inteiro subsequente. Multiplicando-se esta quantidade pelo comprimento de projeto estipulado para cada dreno (8,00 m), obteve-se um quantitativo total, em metros, de geocomposto drenante. Em paralelo, o volume de areia para o colchão drenante foi calculado multiplicando-se a área do aterro pela espessura de projeto.

A memória de calculo desde procedimento encontra-se na Tabela 57.

Tabela 57: Memória de Cálculo – Quantitativos de Geodreno

Quantidades de Geodreno	
Área de aterro (m^2)	2765,55
Área equivalente de dreno (m^2)	5,41
Quantidade de drenos (un)	511,00
Comprimento do dreno (m)	8,00
Total de drenos (m)	**4088,00**
Quantidades de Colchão Drenante	
Área de aterro (m^2)	2765,55
Espessura do colchão (m)	0,30
Volume de areia (m^3)	**829,67**

Capítulo 8

Projeto de Terraplenagem

8.1 Projeto de Terraplenagem

O projeto de terraplenagem constitui uma etapa fundamental no desenvolvimento de obras rodoviárias, e tem como finalidade estabelecer o equilíbrio e a movimentação dos volumes de solo e rocha necessários à conformação do traçado projetado. No âmbito do projeto básico, conforme definido na IS - 09 Projeto de Terraplenagem (SIE, 2023), seus objetivos principais são: a identificação e classificação dos tipos de materiais a serem escavados, a quantificação dos volumes a movimentar, a elaboração do diagrama de Brückner (DNIT,2010), a distribuição dos materiais, o cálculo das distâncias médias de transporte, a definição dos locais de empréstimos e bota-foras.

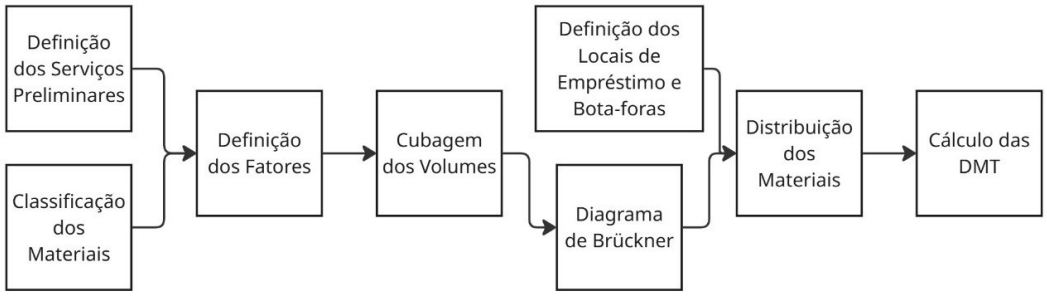
A seção tipo adotada para o presente projeto de terraplenagem está apresentada no Apêndice O. Foram definidas inclinações de taludes de 1,5:1 (H:V) para os aterros e 1:1 (H:V) para os cortes, parâmetros compatíveis com os critérios geotécnicos e de estabilidade.

Além disso, foram previstas banquetas intermediárias com 4,0 m de largura a cada 8,0 m de altura de talude, em conformidade com as boas práticas de estabilidade e drenagem superficial estabelecidas nas Normas DNIT 106/2009 – ES (Taludes de Aterro – Especificação de Serviço) e DNIT 108/2009 – ES (Taludes de Corte – Especificação de Serviço).

8.2 Método

O método adotado para a elaboração deste Projeto de Terraplenagem segue as diretrizes estabelecidas na Instrução de Serviço IS-09 – Projeto de Terraplenagem, da Secretaria de Estado da Infraestrutura de Santa Catarina (SIE, 2023), que define os procedimentos técnicos e as etapas de desenvolvimento e a serem entregues correspondentes à Fase de Anteprojeto, ou, conforme o DNIT, Projeto Básico.Como base complementar, foi utilizado o Manual de Implantação Básica de Rodovia – 3ª edição (DNIT, 2010), o qual apresenta os critérios e métodos mínimos para a execução de obras rodoviárias, servindo como referência para a padronização dos processos de projeto e para a caracterização das operações de terraplenagem. A Figura 68 representa um fluxograma com o método adotado para execução do projeto.

Figura 68: Fluxograma do método adotado



8.3 Serviços preliminares

Os serviços preliminares compreendem as atividades iniciais destinadas à preparação do terreno para a execução das obras de terraplenagem. Essa etapa tem como objetivo garantir condições adequadas para o

início das escavações e dos aterros, abrangendo a limpeza, o desmatamento, o deslocamento de materiais e a implantação dos caminhos de serviço necessários à movimentação de equipamentos e veículos.

A limpeza consiste na retirada da camada superficial de solo orgânico e de materiais inservíveis, conforme estabelece a Especificação de Serviço DEINFRA-SC-ES-T-01/92 (SIE, 1992), geralmente em espessura aproximada de 0,20 m. Essa operação é essencial para assegurar que o terreno de fundação apresente condições satisfatórias de estabilidade e suporte. Ressalta-se que nenhuma etapa de terraplenagem deve ser iniciada antes da conclusão integral dessa fase de limpeza e preparo da área.

Para a definição da espessura da camada de limpeza, foram analisados os resultados das sondagens a trado (ST), cujos valores estão apresentados na Tabela 58. Observou-se que as espessuras de solo vegetal variam entre 0,2 m e 0,4 m.

Tabela 58: Espessura da camada vegetal por sondagem

SONDAGEM	KM	CAMADA VEGETAL (m)
ST-01	5+660,00	0,3
ST-02	6+650,00	0,4
ST-03	7+430,00	0,3
ST-04	7+655,00	0,2
ST-05	8+450,00	0,2
ST-06	9+095,00	0,3
ST-07	9+250,00	0,3
ST-08	9+560,00	0,3

Fonte: Adaptado Nova Engevix (2022).

No que se refere às atividades de desmatamento e deslocamento, foi realizada uma estimativa da densidade de vegetação por meio da análise de imagens de satélite (Google Maps), o que permitiu o cálculo aproximado dos quantitativos desses serviços, conforme apresentado na Tabela 59.

Tabela 59: Serviços de destocamento e remoção de árvores

SERVIÇO	UN.	QNTD.
Destocamento de árvores com diâmetro de 0,15 a 0,30 m	UN.	1453
Destocamento de árvores com diâmetro maior que 0,30 m	UN.	50
Corte e remoção de árvores	m^3	498

Considerando as condições do alinhamento projetado e o fácil acesso aos trechos de terraplenagem pela rodovia existente, não se prevê a necessidade de implantação de caminhos de serviço. Além disso, a execução da obra não requer a interrupção do tráfego local, o que garante a continuidade operacional da via. Dessa forma, a ausência desse item não compromete o planejamento nem a execução das atividades de terraplenagem.

8.4 Classificação dos materiais

A partir dos estudos geológicos, geotécnicos e das sondagens disponíveis, foi possível classificar os materiais encontrados conforme as categorias estabelecidas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2010), identificando também aqueles considerados inservíveis para utilização em obras de terraplenagem.

Segundo o DNIT (2010), os materiais são classificados em três categorias:

- **1ª categoria:** solos em geral, passíveis de escavação com equipamentos convencionais;
- **2ª categoria:** rochas de resistência inferior ao granito, blocos com volume inferior a 1 m³, matacões e pedras com diâmetro superior a 15 cm, cuja extração requer o uso de explosivos ou a combinação de explosivos e máquinas de terraplenagem;
- **3ª categoria:** rochas com resistência à penetração mecânica igual ou superior à do granito, ou blocos com volume igual ou superior a 1 m³, cuja extração e fragmentação dependem do uso contínuo de explosivos.

8.4.1 Características físicas dos materiais adotados

Conforme o Manual de Implantação Básica de Rodovias (DNIT, 2010), os aterros são compostos por duas partes principais: o corpo do aterro e a camada final.

A camada final corresponde à porção superior do aterro, executada com material rigorosamente selecionado, compactado sob controle tecnológico mais exigente e com espessura média de 0,60 m, localizada entre o greide da terraplenagem e o corpo do aterro.

O corpo do aterro, por sua vez, é a porção compreendida entre o terreno natural e a camada final, apresentando espessura variável e controle tecnológico menos rigoroso.

Entre as principais propriedades físicas que caracterizam os materiais de aterro, destacam-se a expansão e o Índice de Suporte Califórnia (ISC). A expansão deve ser rigidamente controlada, visto que variações volumétricas reduzem a massa específica aparente seca, e podem ocasionar instabilidades e deformações diferenciais no corpo da terraplenagem. Em geral, admite-se expansão inferior a 2% para as camadas finais e inferior a 4% para o corpo dos aterros (DNIT, 2010)

Quanto ao ISC, recomenda-se que os materiais que serão empregados nas diferentes camadas apresentem valores compatíveis com sua função estrutural. O DNIT estabelece a correspondência entre a qualidade do material e os intervalos de ISC, conforme indicado no Quadro 24.

Quadro 24: Classificação do material em função do ISC

ISC (%)	QUALIDADE DO MATERIAL
≥ 60	Excelente
20 a 60	Muito Bom
10 a 20	Bom
5 a 10	Regular
2 a 5	Ruim
< 2	Péssimo

Fonte: Adaptado DNIT (2010).

Com base nos subtrechos homogêneos definidos durante o Estudo Geotécnico, procedeu-se a classificação dos materiais conforme as características identificadas nas sondagens (Trado e SPT) disponibilizadas. Dessa forma,verificou-se que todo o material proveniente das áreas de corte enquadra-se como material de primeira categoria e os materiais correspondentes aos subtrechos 4, 5 e 6 foram classificados como inservíveis, em razão de apresentarem Índice de Suporte Califórnia (ISC) inferior aos limites mínimos exigidos e expansão superior a 2%, conforme apresentado na Tabela 60.

Tabela 60: Subtrechos, sondagens e características

SUBTRECHO	SONDAGENS		KM		CARACTERÍSTICAS	
Nº	TRADO	PERCUSSÃO	INÍCIO	FIM	EXPANSÃO (%)	ISC (%)
1	1,2,3,4	201	5+480	8+140	0,86	6,2
2	5	202	8+160	9+020	0,75	8,6
3	6,7	203	9+040	9+400	1,27	6,4
4	8	204	9+420	9+800	2,91	2,8
5	8	206	9+820	10+180	2,91	2,8
6	8	205	10+200	10+548	2,91	2,8

Fonte: Os autores, a partir dos dados da Nova Engevix (2022).

Dessa forma, a classificação dos materiais realizada a partir das sondagens permitiu identificar as áreas de aproveitamento e de restrição, fornecendo dados para o dimensionamento das obras de terraplenagem.

8.5 Calculo do volume do material

8.5.1 Fator de homogeneização

O fator de homogeneização representa a variação volumétrica decorrente das diferenças de densidade entre o material natural e o compactado.Esse fator é obtido pela razão inversa entre as densidades aparentes secas do material no corte e no aterro, conforme a Equação 8.1.

$$Fh = \frac{D_{comp}}{D_{corte}} \tag{8.1}$$

Onde:

- D_{corte}: Densidade aparente seca do material ocorrente no corte de origem (densidade "in situ";
- D_{comp}: Densidade aparente seca do material, extraído do corte, após compactação no aterro.

A densidade aparente seca do material no corte (Dcorte) pode ser determinada por diferentes procedimentos, sendo o método do frasco de areia o mais utilizado e a densidade do material compactado no aterro (Dcomp) é obtida a partir do ensaio de compactação em laboratório.

Na presente etapa de projeto, devido à ausência de dados experimentais específicos, adotaram-se valores de referência previamente obtidos para materiais com características semelhantes aos solos de corte e de jazidas. Assim, considerou-se um fator de homogeneização do projeto de 0,9, valor típico observado em empreendimentos rodoviários com solos de comportamento equivalente, conforme apresentado no Quadro 25.

Quadro 25: Fatores médios de conversão de volumes para diversos tipos de solos

Solo	Condição em que está	Convertido em solo		
		natural	solta	compactada
Areia	natural	1,00	1,11	0,95
	solta	0,90	1,00	0,86
	compactada	1,05	1,17	1,00
Argila	natural	1,00	1,43	0,90
	solta	0,70	1,00	0,63
	compactada	1,11	1,59	1,00

Fonte: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (2002).

8.5.2 Fator de empolamento

O fator de empolamento representa a variação volumétrica que ocorre quando um solo é escavado de sua posição natural. Ao ser removido do terreno, o material perde o estado de compactação natural resultante de seu processo de formação e sofre uma expansão volumétrica, fenômeno conhecido como empolamento.

Segundo o manual (DNIT, 2010) chama-se de fator de empolamento (g1) o valor obtidado através da Equação 8.2.

$$g_1 = \frac{\gamma_s}{\gamma_n} < 1 \tag{8.2}$$

Onde:

- γ_s = massa específica solta (unidade);
- γ_n = massa específica natural (unidade).

Mas, $\gamma_s = \frac{m}{V_s}$, pela definição de massa específica e, $\gamma_n = \frac{m}{V_n}$.
Tem-se:

$$\sigma_1 = \frac{\frac{m}{V_s}}{\frac{m}{V}} = \frac{V_n}{V_s} \tag{8.3}$$

$$V_n = g_1 \times V_s \tag{8.4}$$

Chama-se porcentagem de empolamento (f) a relação apresentada na Equação 8.5.

$$f(\%) = (\frac{1}{g_1} - 1) \times 100 \tag{8.5}$$

Esse comportamento é característico dos solos e tem grande importância nos cálculos de terraplenagem, pois influencia diretamente a relação entre os volumes medidos em campo e os volumes transportados ou reaproveitados em aterro. Para o projeto em questão foi considerado o valor de f(%) igual a 25%, conforme indicado pelo Manual de Implantação Básica de Rodovia (DNIT, 2010), para terra comum seca (solo argiloso-siltoso com areia) ilustrado no Quadro 26.

Quadro 26: Fatores de empolamento e expansão

Tipo de solo	f (%)	g_1
Solos argilosos	40	0,71
Terra comum seca (solos argilo-siltosos com areia)	25	0,80
Terra comum úmida	25	0,80
Solo arenoso seco	12	0,89

Fonte: Adaptado de DNIT(2010).

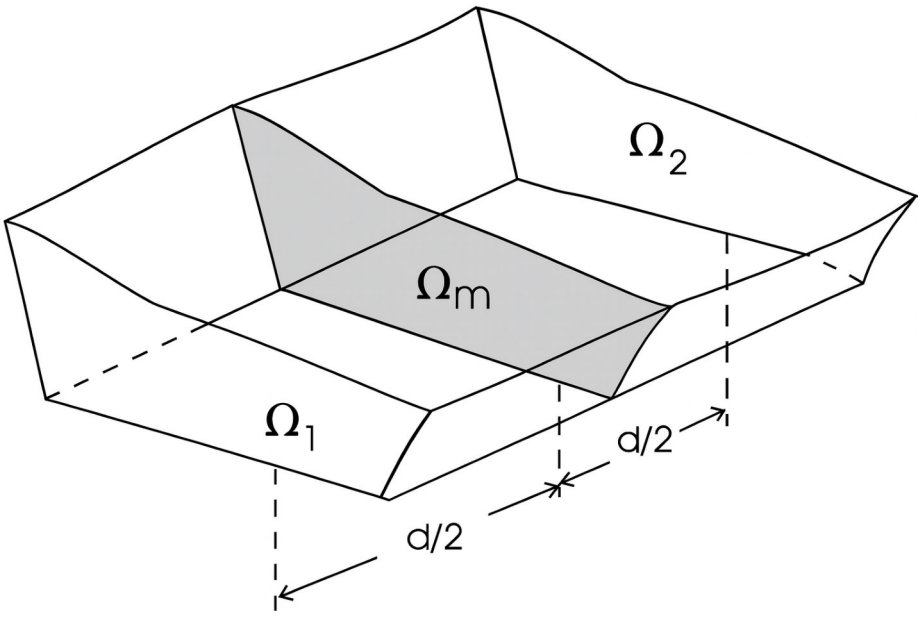
8.5.3 Metodologia de cálculo

O cálculo dos volumes de corte e aterro constitui uma das etapas mais relevantes do projeto de terraplenagem, pois permite quantificar as movimentações de terra necessárias à conformação do greide projetado.

De acordo com o Manual de Implantação Básica de Rodovia (DNIT, 2010), a determinação desses volumes pode ser realizada por processos expeditos ou precisos, conforme a fase do projeto. Na fase de Projeto Básico, em razão do caráter ainda preliminar do estudo, é comum a aplicação dos processos expeditos, que proporcionam boa aproximação e maior agilidade na obtenção dos resultados.

O procedimento consiste em determinar o volume do prisma de terreno compreendido entre duas seções transversais consecutivas, conforme ilustrado na Figura 69. O cálculo é realizado a partir das áreas das seções transversais, aplicando-se o método da média das áreas, conforme a Equação 8.6. As áreas das seções foram obtidas com o auxílio do software AutoCAD Civil 3D, a partir dos perfis e seções do projeto geométrico.

Figura 69: Cálculo do volume do prisma por duas seções transversais consecutivas



Fonte: DNIT (2010).

$$V = \frac{(\Omega_1 + \Omega_2)}{2} \times L \tag{8.6}$$

Onde:

- V = Volume do prisma entre as duas seções (m^3);
- Ω_1 e Ω_2 = [Áreas das seções transversais consecutivas (m^2)];
- L = Distância entre as seções (m).

Na Tabela 61 são apresentados os volumes correspondentes às camadas dos aterros, já considerando a aplicação do fator de homogeneização, bem como os volumes de corte. No Apêndice P encontram-se as planilhas de cálculo utilizadas para a obtenção desses valores.

Tabela 61: Resumo dos volumes

RESUMO DOS VOLUMES		
CORTE (m^3)	CAMADA FINAL (m^3)	CORPO DE ATERRO
20.973	33.924	66.421

8.6 Diagrama de Brückner e distribuição dos materiais

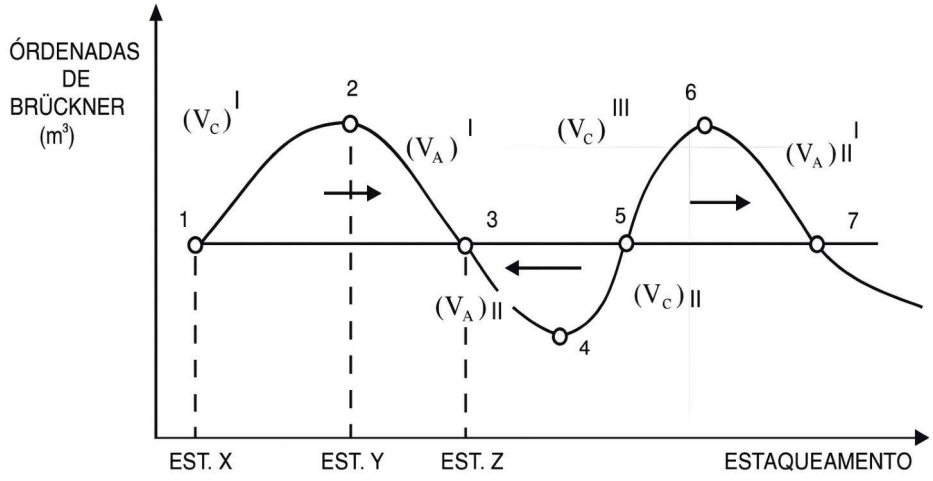
A etapa de distribuição de materiais de terraplenagem tem por objetivo definir o fluxo de movimentação de solos entre cortes, aterros e caixas de empréstimo, buscando minimizar a Distância Média de Transporte (DMT) e, consequentemente, os custos e esforços de execução.

De acordo com o Manual de Implantação Básica de Rodovia (DNIT, 2010), a distribuição de terras deve ser orientada de modo a obter a solução mais econômica sob o ponto de vista da DMT e do aproveitamento dos materiais disponíveis.

Com base nas seções transversais gabaritadas, realiza-se a cubagem dos volumes e, em seguida, a distribuição dos materiais, com auxílio do Diagrama de Brückner, instrumento gráfico que permite visualizar a compensação entre cortes e aterros e determinar as distâncias médias de transporte.

A partir desse diagrama é possível identificar, graficamente, os trechos de compensação direta entre cortes e aterros, calcular a distância média de transporte (DMT) e otimizar a movimentação de materiais.

Figura 70: Diagrama de Brückner



Fonte: DNIT (2010).

Com base na geometria adotada para o traçado deste projeto, observou-se uma diferença significativa entre os volumes de corte e de aterro, que foram decorrentes do aproveitamento parcial do eixo da rodovia existente. Como resultado, apenas um dos trechos apresentou um volume expressivo de corte, enquanto os demais trechos demandam maior volume de aterro.

A análise do Diagrama de Brückner, apresentada na Figura 71, evidenciou que há somente um ponto de equilíbrio entre os volumes de corte e aterro, localizado entre os km 8+950 e km 9+550, como demonstra a Figura 72. Em razão disso, verifica-se a necessidade de complementação volumétrica por meio de caixas de empréstimo.

Figura 71: Diagrama de Brückner do projeto

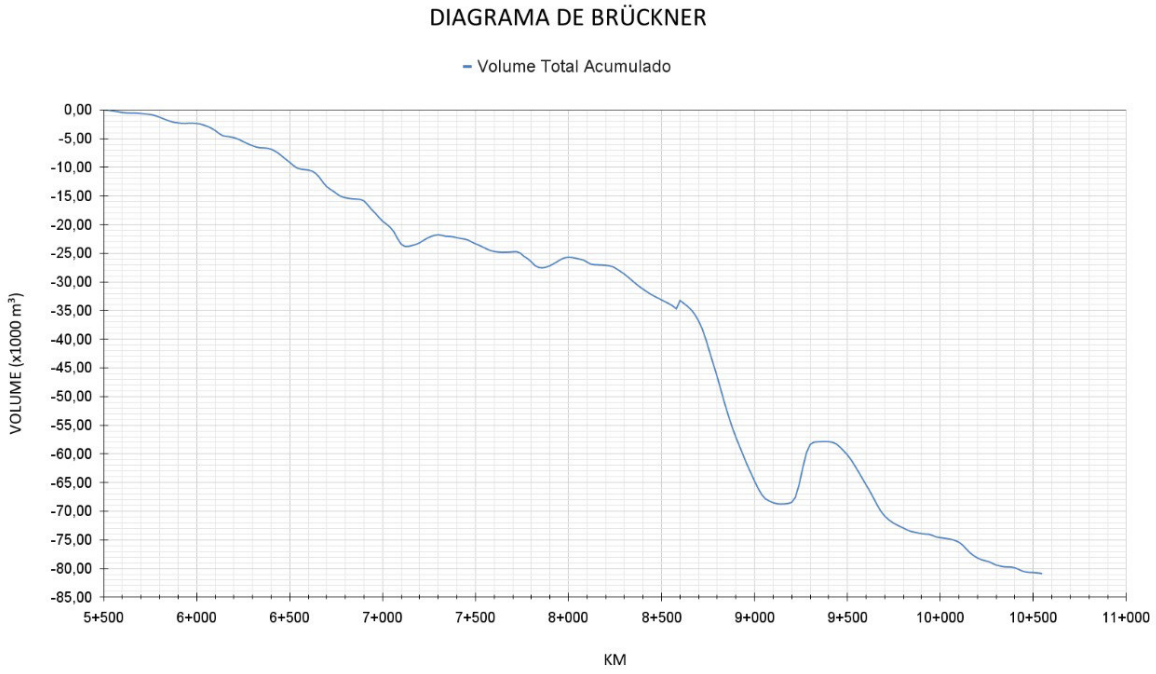
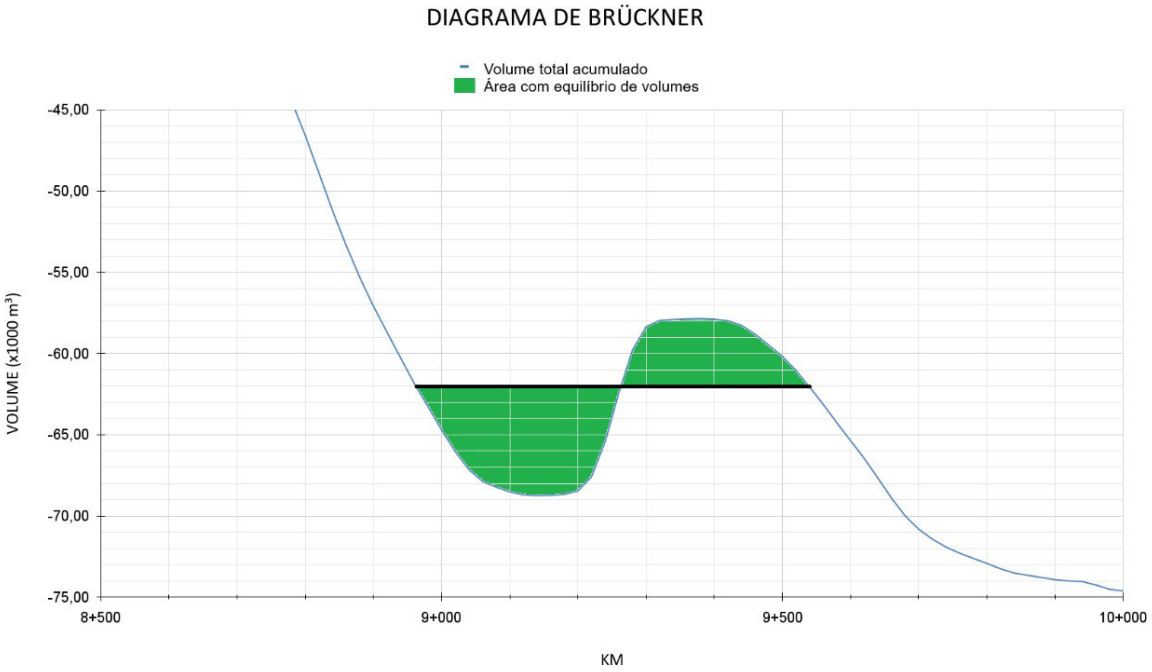


Figura 72: Diagrama de Brückner do trecho em equilibrio



Para suprir o déficit de material, adotou-se como critério de seleção da caixa de empréstimo a qualidade do solo, a quantidade disponível e a distância de transporte até o trecho em execução. Com base nesses parâmetros, foi escolhida a jazida da Infrasul – Infraestrutura e Empreendimentos Ltda, apresentada na Tabela 02 no Estudo Geológico.

O material disponível na jazida é classificado como solo, e, apesar da ausência de ensaios laboratoriais específicos, foi considerado que o material proveniente desse jazida atende aos requisitos mínimos de qualidade para aterros estabelecidos pelas Especificações de Serviço de Terraplenagem da SIE (DEINFRA-SC-ES-T-06/92) e pelo Manual de Implantação Básica de Rodovia (DNIT, 2010). Além disso, a proximidade da jazida à obra (aprox. 6,5 km) e o volume estimado superior a 1.000.000 m³, reforçaram a sua viabilidade técnica e econômica para o atendimento à demanda do projeto.

Além da necessidade de obtenção de material de empréstimo, foi indispensável definir uma área de bota-fora, destinada tanto ao descarte dos resíduos provenientes dos serviços preliminares (limpeza, desmatamento e destocamento), quanto ao depósito de materiais inservíveis de corte.

Conforme estabelece a Especificação de Serviço DEINFRA-SC-ES-T-01/92 – Serviços Preliminares, os materiais resultantes dessas operações devem ser removidos, queimados ou estocados, respeitando os critérios de preservação ambiental, sendo vedada a deposição de entulhos nas adjacências do corpo estradal ou em locais que possam obstruir o sistema de drenagem natural da rodovia e das áreas vizinhas.

Após tais exigências terem sido atendidas, foi selecionado um bota-fora legalizado, devidamente licenciado pelo órgão ambiental competente. Por meio de consulta ao site do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA) e a outras bases públicas, identificou-se a empresa Catarinense Engenharia Ambiental S.A., cuja licença ambiental, válida desde 2022, autoriza o recebimento de resíduos classe II-A, conforme especificado em sua documentação técnica e está localizada a 35 km da obra.

Para o material inservível não inerte, considerando a distância entre o local da obra e o bota-fora licenciado e buscando uma alternativa economicamente mais viável, optou-se pela utilização de um bota-fora lateral, implantado entre os marcos km 6+640 e km 6+760. Essa solução possibilitou a disposição adequada dos materiais, com menor custo de transporte e conformidade aos limites definidos no projeto de terraplenagem.

No Apêndice P é apresentada a tabela de distribuição dos volumes do projeto, contendo o detalhamento dos materiais destinados a corte, aterro e bota-fora.

8.6.1 Distância Média de Transporte (DMT)

Após a distribuição dos volumes de terraplenagem e o equilíbrio entre os cortes e aterros, realizou-se, como etapa final desta fase, a divisão dos volumes conforme as faixas de Distância Média de Transporte (DMT).

De acordo com o Manual de Implantação Básica de Rodovia (DNIT, 2010), a DMT representa o deslocamento médio dos materiais entre as áreas de corte e de aterro, considerando ainda as possíveis fontes de empréstimo e locais de bota-fora. As faixas de DMT utilizadas no presente projeto foram definidas conforme as orientações do manual de Implantação Básica de Rodovia (DNIT, 2010).

A Tabela 62 apresenta a distribuição dos volumes nas respectivas faixas de DMT, enquanto a Tabela 63 exibe os mesmos volumes corrigidos pelo fator de empolamento, previamente definido no item correspondente deste projeto. Essa correção assegura que os cálculos reflitam de forma mais realista o comportamento volumétrico dos materiais durante a etapa de transporte.

Tabela 62: Faixas de DMT e volumes por categoria

FAIXAS DE DMT			
FAIXA	**VOLUME (m^3)**		
(m)	**1ª Cat.**	**2ª Cat.**	**3ª Cat.**
50 – 200	0	0	0
200 – 400	2.036	0	0
400 – 600	600	0	0
600 – 800	5.933	0	0
800 – 1.000	12.383	0	0
1.000 – 1.200	0	0	0
1.200 – 1.400	0	0	0
1.400 – 1.600	0	0	0
1.600 – 1.800	0	0	0
1.800 – 2.000	0	0	0
2.000 – 2.500	0	0	0
2.500 – 3.000	48	0	0
3.000	81.480	0	0
TOTAL	**101.880**	**0,0**	**0,0**

Tabela 63: Faixas de DMT e volumes por categoria

FAIXAS DE DMT			
FAIXA	VOLUME (m^3)		
(m)	1ª Cat.	2ª Cat.	3ª Cat.
50 – 200	0	0	0
200 – 400	2.545	0	0
400 – 600	0	0	0
600 – 800	7.416	0	0
800 – 1.000	15.479	0	0
1.000 – 1.200	0	0	0
1.200 – 1.400	0	0	0
1.400 – 1.600	0	0	0
1.600 – 1.800	0	0	0
1.800 – 2.000	0	0	0
2.000 – 2.500	0	0	0
2.500 – 3.000	60	0	0
3.000	101.850	0	0
TOTAL	**127.350**	**0,0**	**0,0**

8.7 Levantamento dos quatitativos e quantidades adicionais

Para a elaboração do capítulo de estimativa de custos, foi desenvolvido o quadro de quantidades adicionais, o qual tem por objetivo organizar e discriminar os itens do projeto de terraplenagem conforme seus respectivos serviços e códigos do SICRO. A Tabela 64 apresenta o quadro resumo de terraplenagem, enquanto o Quadro 27 apresenta o levantamento das quantidades adicionais.

Tabela 64: Resumo de terraplenagem

RESUMO DE TERRAPLENAGEM							
CLASSIFICAÇÃO	ORIGEM			DESTINO			
	CORTE	EMPRÉSTIMO	TOTAL	CAMADA FINAL	CORPO DE ATERRO	BOTA FORA	TOTAL
1ª CAT.	20.973	80.907	101.880	33.924	66.421	1.535	101.880
2ª CAT.	0	0	0	0	0	0	0
3ª CAT.	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (m^3)	**20.973**	**80.907**	**101.880**	**33.924**	**66.421**	**1.535**	**101.880**

Quadro 27: Quantidades adicionais

QUANTIDADES ADICIONAIS			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.
5501700	Desmatamento, destocamento, limpeza de área e estocagem do material de limpeza com árvores de diâmetro até 0,15 m	m^2	108.159
CPU_TERRA_1	Carga, manobra e descarga de camada vegetal	ton	53.539
5915319	Transporte com caminhão basculante de 14 m^3 — rodovia em leito natural	ton-km	1.873.859
5501701	Destocamento de árvores com diâmetro de 0,15 a 0,30 m	unid.	1.453
5501702	Destocamento de árvores com diâmetro maior que 0,30 m	unid.	50
4915768	Corte e remoção de árvores	m^3	498
CPU_TERRA_1	Carga, manobra e descarga de camada vegetal	ton	27
5915319	Transporte com caminhão basculante de 14 m^3 — rodovia em leito natural	ton-km	959
5502162	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria — DMT de 200 a 400 m — caminho de serviço pavimentado com escavadeira e caminhão basculante de 14 m^3	m^3	2.545
5502164	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria — DMT de 600 a 800 m — caminho de serviço pavimentado com escavadeira e caminhão basculante de 14 m^3	m^3	7.416
5502165	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria — DMT de 800 a 1000 m — caminho de serviço pavimentado com escavadeira e caminhão basculante de 14 m^3	m^3	15.479
5502172	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria — DMT de 2.500 a 3.000 m — caminho de serviço pavimentado com escavadeira e caminhão basculante de 14 m^3	m^3	60
5502326	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria — DMT de 3.000 m — caminho de serviço pavimentado com escavadeira e caminhão basculante de 14 m^3	m^3	101.850
5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m^3 — rodovia pavimentada	ton-km	499.064
4413984	Regularização de bota-fora com espalhamento e compactação	m^3	1.535
5503041	Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário	m^3	33.924
5502978	Compactação de aterros a 100% do Proctor normal	m^3	66.421
–	Taxa de recebimento de bota-fora	m^3	32.448
–	Aquisição de material de jazida para trecho	m^3	80.907

Capítulo 9

Projeto de Monitoramento

9.1 Introdução à Instrumentação Geotécnica

Segundo Dunnicliff (1988), a instrumentação geotécnica envolve a união das capacidades dos instrumentos de medição e das pessoas envolvidas na aferição e interpretação dos dados. A prática da instrumentação não se restringe apenas à seleção de instrumentos; é, na verdade, um processo que começa com a definição do objetivo e termina com a análise rigorosa dos dados coletados. Cada passo neste processo é relevante para o sucesso do programa de instrumentação. Dunnicliff (1988) classifica os instrumentos de medida em duas categorias, dependendo da finalidade:

a) **Instrumentos usados para determinar as propriedades de solos e rochas in situ:** medem parâmetros geotécnicos como resistência, compressibilidade e permeabilidade, sendo usados normalmente durante a fase de projeto das obras (ex. piezocone, palheta, pressiômetro).
b) **Instrumentos usados para monitorar o comportamento da obra durante construção/operação:** podem envolver medidas de pressão da água subterrânea, tensão total, deformação e/ou carregamento aplicado (ex. piezômetros, células de carga, extensômetros, inclinômetros).

Conforme Nietiedt (2014), A principal função da instrumentação geotécnica é verificar as premissas do projeto e auxiliar o planejamento da obra, garantindo a segurança contínua durante as fases de carregamento e descarregamento. Segundo Rocha et al. (2020), a instrumentação permite que o projeto geotécnico transite de um modelo puramente preditivo para um modelo de controle interativo e adaptativo. O acompanhamento contínuo, idealmente com leituras diárias ou a cada três dias durante o carregamento, conforme sugerido pela literatura, fornece dados de desempenho em tempo real.

A Figura 73 apresenta um diagrama com os principais instrumentos utilizados com mais regularidade em obras no Brasil, assim como em que momento eles são mais comumente encontrados. Esse esquema divide as fases da obra em: estudos preliminares, projeto básico, projeto executivo, construção e operação. O trecho estudado apresenta um aterro em solo mole, onde o estudo de monitoramento abordará a etapa de construção, evitando acidentes e garantindo que o aterro atinja as condições desejadas. Além disso, no projeto em questão, há um corte em uma encosta em que houve a necessidade de uma contenção com solo grampeado, onde será analisada a fase de operação, visando garantir a segurança dos usuários.

Figura 73: Instrumentos utilizados nas diferentes fases da obra.

FASES DA OBRA: 1 - ESTUDOS PRELIMINARES / VIABILIDADE 2 - PROJETO BÁSICO 3 - PROJETO EXECUTIVO 4 - CONSTRUÇÃO 5 - OPERAÇÃO		PORO-PRESSÕES			CÉLULAS DE PRESSÕES TOTAIS	CÉLULAS DE CARGA	DESLOCAMENTOS					
							SUPERFICIAIS			INTERIORES		
TIPO DE OBSERVAÇÃO		MEDIDOR DE N.A.	PIEZOMETRO CASAGRANDE	PIEZÔMETRO PNEUMÁTICO			MARCOS TOPOGRÁFICOS	MEDIDOR DE JUNTAS	MEDIDOR DE CONVERGÊNCIA	MEDIDOR DE DESLOCAMENTOS	INCLINÔMETROS	EXTENSÔMETROS EM FUROS DE SONDAGEM
OBJETIVO	NATUREZA											
DETERMINAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS REGIONAIS	HIDROGEOLOGIA DO REPRESAMENTO	2 , 3										
	ESTABILIDADE DE TALUDES ESPECÍFICOS						1 , 5	5	3, 4		3	3
DETERMINÇÃO DE CARACTERÍSTICAS LOCAIS	HIDROGEOLOGIA DAS FUNDAÇÕES	2, 3	2, 3	3								
	ESTABILIDADE DE TALUDES VIZINHOS		2, 3									
	REFERÊNCIA TOPOGRÁFICA						1, 2					
VERIFICAÇÃO DE PARÂMETROS DE PROJETO	REDE DE FLUXO E PERMEABILIDADE	3	3	3								
	PRESSÕES NO MACIÇO OU NAS INTERFACES				3							
	COMPRESSIBILIDADE									3	3	3
	ESTABILIDADE DA BARRAGEM		3	3	3		3	3	3	3	3	3
	COEFICIENTE DE PRESSÃO DE TERRA				3							
	TENSÕES NAS ESTRUTURAS					3						
CONTROLE DE CONSTRUÇÃO	ATERROS EXPERIMENTAIS (AJUSTE DE PROJETO)		3	3	3, 4		3, 4			3, 4		
	CARGAS EM TIRANTES E ESTRUTURAS					4	4					
	CONTROLE DE EFICIÊNCIA DE INJEÇÕES	4	4									
	CONTROLE DE DESLOCAMENTOS						4	4	4	4	4	4
	PRESSÕES DE TERRA				5							
	CONTROLE DE POROPRESSÕES		4	4								
CONTROLE DE OPERAÇÃO	PERCOLAÇÃO	5	5	5								
	POROPRESSÕES	5	5	5								
	DESLOCAMENTO (MACIÇO E FUNDAÇÕES)						5	5	5	5	5	5
	ESTABILIDADE DE TALUDES VIZINHOS		5				5	5	5		5	5
	CARGAS NAS ESTRUTURAS					5						

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0221066/CA

Fonte: Gutiérrez (2003).

9.1.1 Histórico da Instrumentação

A história da instrumentação geotécnica, ferramenta fundamental para o controle de obras, demonstra um desenvolvimento gradual e crescente em sofisticação ao longo das décadas.

Até a década de 1920, a instrumentação era praticamente inexistente. O monitoramento inicial começou de forma simples entre 1920 e 1930, focando na observação eventual de subpressões, vazões de drenagem e deslocamentos superficiais. Nas décadas seguintes, de 1940 e 1950, iniciou-se a medição de pressão neutra e de deformação, embora com instrumentos que possuíam pouca confiabilidade.

Segundo Gutiérrez (2003), o avanço significativo ocorreu nos anos 1960, com o registro das primeiras obras a utilizar instrumentos mais específicos, como os inclinômetros para medição de deslocamentos horizontais e a instalação de células de pressão total em aterros. Na década de 1970, as medições de tensão e deformação ganharam confiabilidade, e um importante passo analítico foi dado: o método dos elementos finitos passou a ser aplicado em análises paramétricas de projeto e na interpretação dos dados obtidos.

A partir dos anos 1980, houve um grande incentivo governamental ao desenvolvimento de tecnologia nacional, assim como o início da aplicação generalizada dos recursos da informática tanto para projeto quanto para análise de dados. Este processo se consolidou nos anos 1990, marcados pelo aperfeiçoamento dos instrumentos de medição e pela informatização completa das fases de coleta, transmissão, processamento e análise, culminando na automatização da instrumentação de algumas barragens.

A entrada no novo milênio trouxe o aperfeiçoamento das técnicas de medição e a implementação da aquisição remota de dados, utilizando tecnologias avançadas como o uso de satélites espaciais para monitoramento.

9.1.2 Limites de Controle

Para o acompanhamento dos dados levantados por esses instrumentos, devem ser estabelecidos limites de controle. Os limites de controle são níveis de tolerância para as leituras dos instrumentos. Eles podem ser divididos em diferentes estágios, como "Atenção", "Alerta" e "Emergência". Cada nível de alerta é associado a um critério de desempenho específico (por exemplo, uma taxa de deslocamento ou um valor de poropressão) e a um conjunto de ações correspondentes. É importante que esses limites sejam revisados periodicamente, pois as condições da estrutura podem mudar ao longo do tempo.

9.2 Instrumentos Mais Populares

A seleção de instrumentos de campo é determinada pela magnitude das incertezas do projeto e pela necessidade de precisão e frequência das leituras. A engenharia geotécnica utiliza uma variedade de equipamentos, desde os mais simples e duráveis até os sistemas automatizados de alta precisão (GUESSER, 2019). Segundo Rocha et al. (2020), o monitoramento contínuo foca em três grupos de grandezas principais: deslocamentos verticais (recalques), deslocamentos horizontais (movimentações laterais) e poropressões (pressões neutras). A medição dessas grandezas permite o cálculo de parâmetros derivados, como as distorções e a velocidade de distorção, essenciais para a avaliação da segurança contra a ruptura. A seguir estão listados alguns dos instrumentos mais comumente encontrados nesse tipo de acompanhamento.

9.2.1 Instrumentos para Medição de Deslocamentos Verticais (Recalques)

Os deslocamentos verticais são medidos na superfície do aterro (recalques totais) e em profundidade (recalques parciais), sendo vitais para garantir a cota final da obra e avaliar a magnitude do adensamento (NIETIEDT, 2014).

9.2.1.1 Placas de Recalque (PR):

As Placas de Recalque são os instrumentos mais simples e comuns, destinados a medir o recalque total na interface aterro/solo mole durante a fase de construção. Conforme explica Guesser (2019), o sistema é constituído por uma placa de base (metálica ou de concreto) (Figura 74) que é instalada diretamente sobre o solo mole de fundação (após a remoção da camada vegetal) e conectada a uma haste vertical. Essa haste é protegida por um tubo de PVC para minimizar o atrito com o aterro sobrejacente. A leitura da cota é realizada por meio de topografia e nivelamento geométrico de precisão. Utiliza-se um nível topográfico e uma mira/régua. A figura 74 mostra uma mira de ínvar em relação a um ponto de referência de nível (RN). Ínvar é uma abreviação da palavra invariável, ou seja, o material da mira é uma liga de aço e níquel, onde seu coeficiente de dilatação é muito baixo.

Figura 74: Placa de recalque.



Fonte: Geothra (2025)

9.2.1.2 Marcos Superficiais (MS):

Para acompanhamento e controle de deslocamentos verticais na superfície do terreno ou da estrutura, após a entrega da obra, são utilizados marcos superficiais. Esse equipamento (Figura 75) consiste em pinos ou prismas instalados na superfície do solo ou da estrutura. A leitura é feita periodicamente usando equipamentos topográficos, como nível, micrômetro e mira, ou estação total e prisma refletivo, a partir de um referencial fixo localizado fora da área de influência da obra (Marco de Referência (MR)). São instrumentos complementares que permitem o acompanhamento dos vetores de deslocamento da face da contenção e a correlação com as medições de instrumentos mais profundos, como os inclinômetros.

Figura 75: Marco Superficial.



Fonte: Geothra (2025)

9.2.1.3 Extensômetros Magnéticos Verticais (XV):

Esses equipamentos medem o recalque diferencial ou parcial, em profundidades pré-definidas dentro da camada compressível, permitindo identificar quais subcamadas são as mais ativas no processo de adensamento. Princípio de Funcionamento. Conforme Rocha et al. (2020), o sistema é composto por uma tubulação guia de PVC rígido instalada no furo de sondagem até ancorar em uma camada considerada indeslocável. Ao longo da camada compressível, são instalados anéis magnéticos (ou aranhas) que se fixam ao solo nas profundidades de interesse. Uma sonda de leitura (sensor magnético), suspensa por uma trena milimetrada, é descida pelo tubo guia. Quando o sensor alcança o campo magnético do anel, este é ativado e emite um sinal (sonoro ou visual), permitindo que o operador leia a posição do ímã na trena, registrando, assim, o deslocamento específico daquele ponto. A diferença de leitura ao longo do tempo indica o recalque ocorrido na subcamada correspondente. A figura 76 apresenta um esquema informativo sobre o funcionamento do instrumento e suas variações.

Figura 76: Instalação de Extensômetro Magnético Vertical.



Fonte: RST INSTRUMENTS LTD (2020)

9.2.1.4 Perfilômetros:

São equipamentos que monitoram deslocamentos verticais de forma contínua e precisa ao longo de uma linha ou seção inteira da base do aterro. Segundo Freitas e Freitas (2022), consiste na instalação de um tubo flexível sub-horizontal na interface solo mole/aterro (Figura 77). Um sensor móvel, denominado torpedo, é puxado ao longo do tubo (Figura 78). O torpedo mede a inclinação em relação a uma referência (geralmente a extremidade estável) ou a horizontal, em diversos pontos sucessivos. Através da integração matemática das inclinações, é determinado o perfil contínuo da variação de altura, fornecendo medições de recalque ao longo do comprimento.

Figura 77: Perfilômetro: Tubulação.



Fonte: FG MORETTI (2025).

Figura 78: Perfilômetro: Sensor móvel.



Fonte: FG MORETTI (2025).

9.2.2 Instrumentos para Medição de Deslocamentos Horizontais

Os deslocamentos horizontais, também chamados de deslocamentos laterais, são a principal evidência de cisalhamento e o indicativo mais direto da iminência de uma ruptura por instabilidade.

9.2.2.1 Inclinômetros:

O inclinômetro é utilizado para medir deslocamentos horizontais do solo, sendo instalados normalmente a um metro da face do talude. Esse instrumento é composto por uma haste cilíndrica com um sensor de inclinação embutido em seu interior e duas ou quatro rodas distribuídas nas laterais. As rodas se encaixam nas ranhuras existentes em um tubo flexível enterrado no solo, fazendo com que o sensor acompanhe a direção do tubo. É então medida a inclinação do tubo em intervalos constantes, e calculado, a partir do ângulo de inclinação, o deslocamento de cada segmento de tubo (Figura 79). O tubo normalmente é instalado no furo de sondagem, e são feitas medições de deslocamento ao longo do tempo para monitorar o deslocamento do solo.

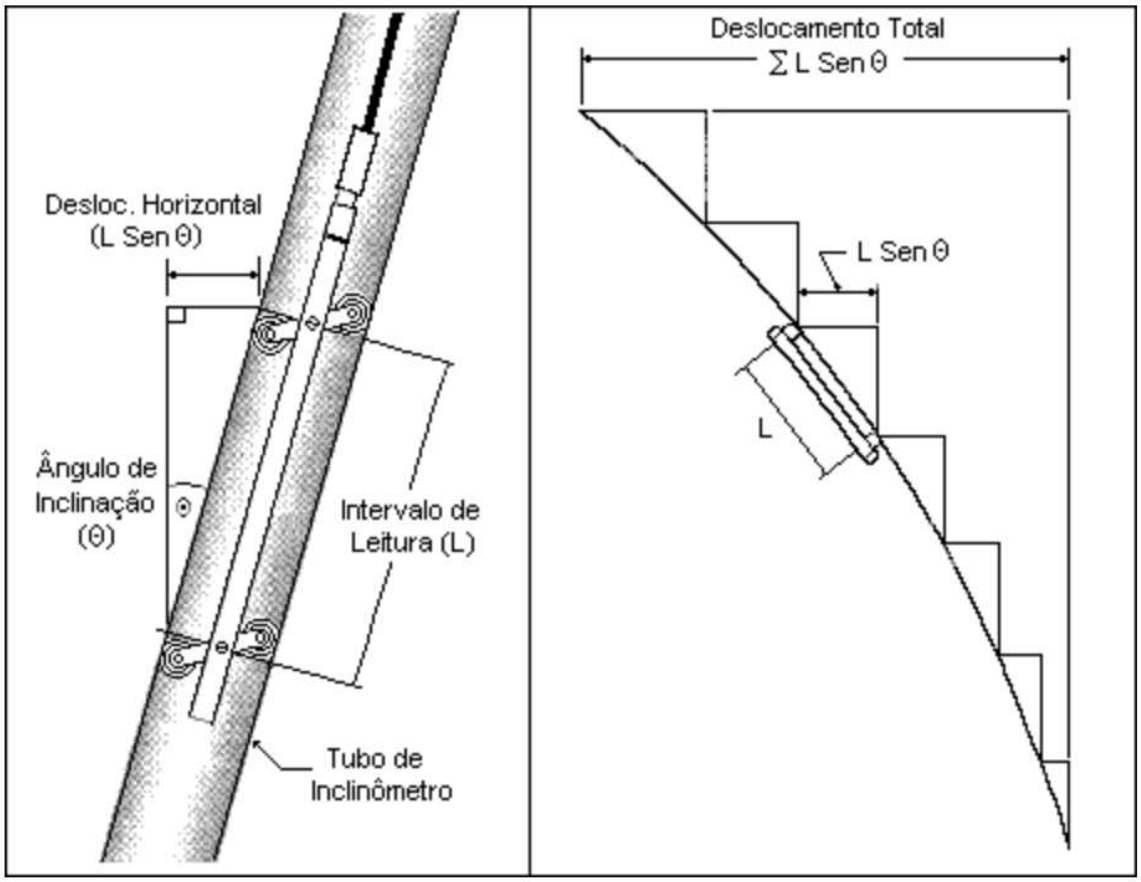


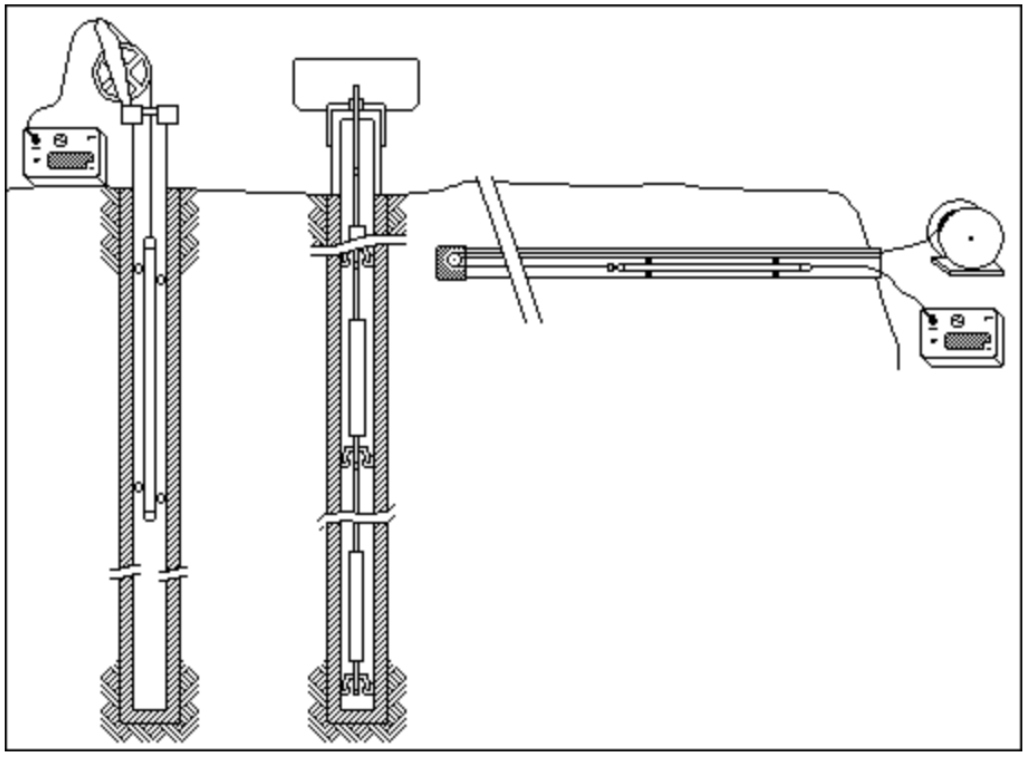
Figura 79: Cálculo de deslocamento com inclinômetro

Fonte: POLITÉCNICA, 2025.

- Tipos de Inclinômetros

Essa medição pode ser feita com um inclinômetro fixo ou removível: O Inclinômetro Fixo possui diversos sensores que são colocados ao longo do tubo com espaçamento de um a quatro metros. Ele é mais utilizado quando o local onde o tubo está instalado é de difícil acesso. Enquanto isso, o Inclinômetro Removível possui um sensor que é introduzido até o final do tubo e, à medida que vai sendo puxado de volta, vai sendo medida a inclinação do tubo em intervalos iguais ao comprimento do inclinômetro (Figura 80). Ele é o mais utilizado, pois o custo é menor em relação ao fixo.

Figura 80: Exemplos de inclinômetro removível e fixo, com tubo vertical e horizontal



Exemplos de inclinômetro removível e fixo, com tubo vertical e horizontal

Fonte: POLITÉCNICA, 2025.

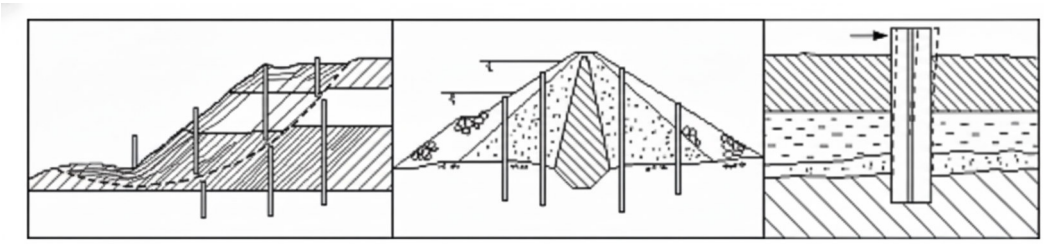
- Metodologia de Medição

Somando-se o deslocamento de cada segmento do tubo, calcula-se o deslocamento total de cada ponto ao longo do tubo em relação a um eixo vertical imaginário que passa pela base do tubo. Como o que se deseja medir é o deslocamento do tubo em relação a sua posição inicial (quando ele foi enterrado no solo), é necessário fazer um ensaio assim que o tubo é enterrado, para se ter um referencial para o cálculo do deslocamento. Isso é necessário pois, por melhor que seja o serviço de instalação do tubo, ele nunca ficará perfeitamente vertical e reto.

- Aplicações

O ensaio de inclinômetro pode ser usado para medir movimentos laterais do solo, decorrentes de desmoronamentos, represamento de água, inclinações ou fundações de solo ou rocha, escavações de túneis e minas, etc; sendo muito usado para controle de estabilidade de cortinas e taludes (Figura 81). A Figura 82 apresenta um exemplo de um inclinômetro.

Figura 81: Exemplos de aplicações de inclinômetros em taludes, barragens e estacas



Exemplos de aplicaçõs em taludes, barragens e estacas

Fonte: POLITÉCNICA, 2025.

Figura 82: Exemplo de Inclinômetro



Fonte: TECNOSONDA, 2025

9.2.3 Instrumentos para Medição de Tensão e Deformação

Alguns instrumentos são utilizados para medir a tensão presente na armadura ou em uma barra de aço.

9.2.3.1 Strain Gauges ou Extensômetro Elétrico de Corda Vibrante

Esses aparelhos medem precisamente deformações e deslocamentos em estruturas, sendo frequentemente utilizados no monitoramento da abertura ou fechamento de juntas de concreto, assim como são aplicados em armaduras. Conforme COMMETRO ENGENHARIA (2017), o dispositivo opera fixado em dois pontos

distintos da armadura ou grampo; qualquer variação na distância entre esses pontos altera a tensão da corda interna, modificando sua frequência de vibração, que é então convertida em dados de deslocamento (Figura 83). O sistema oferece versatilidade, permitindo tanto leituras manuais, realizadas periodicamente com unidades portáteis, quanto leituras automatizadas, por meio da conexão com sistemas de aquisição de dados (dataloggers) para monitoramento contínuo. Adicionalmente, o instrumento agrega valor à análise estrutural por possuir um termistor integrado, o que possibilita o monitoramento simultâneo da temperatura da peça. Esse recurso é fundamental para distinguir deformações mecânicas reais daquelas causadas puramente pela dilatação ou contração térmica dos materiais.

Figura 83: Strain Gauge ou Extensômetro Elétrico de Corda Vibrante em Uma Barra de Aço.



Fonte: GD Test ([s.d.]).

9.2.4 Instrumentos de Medição de Pressão e Pluviometria

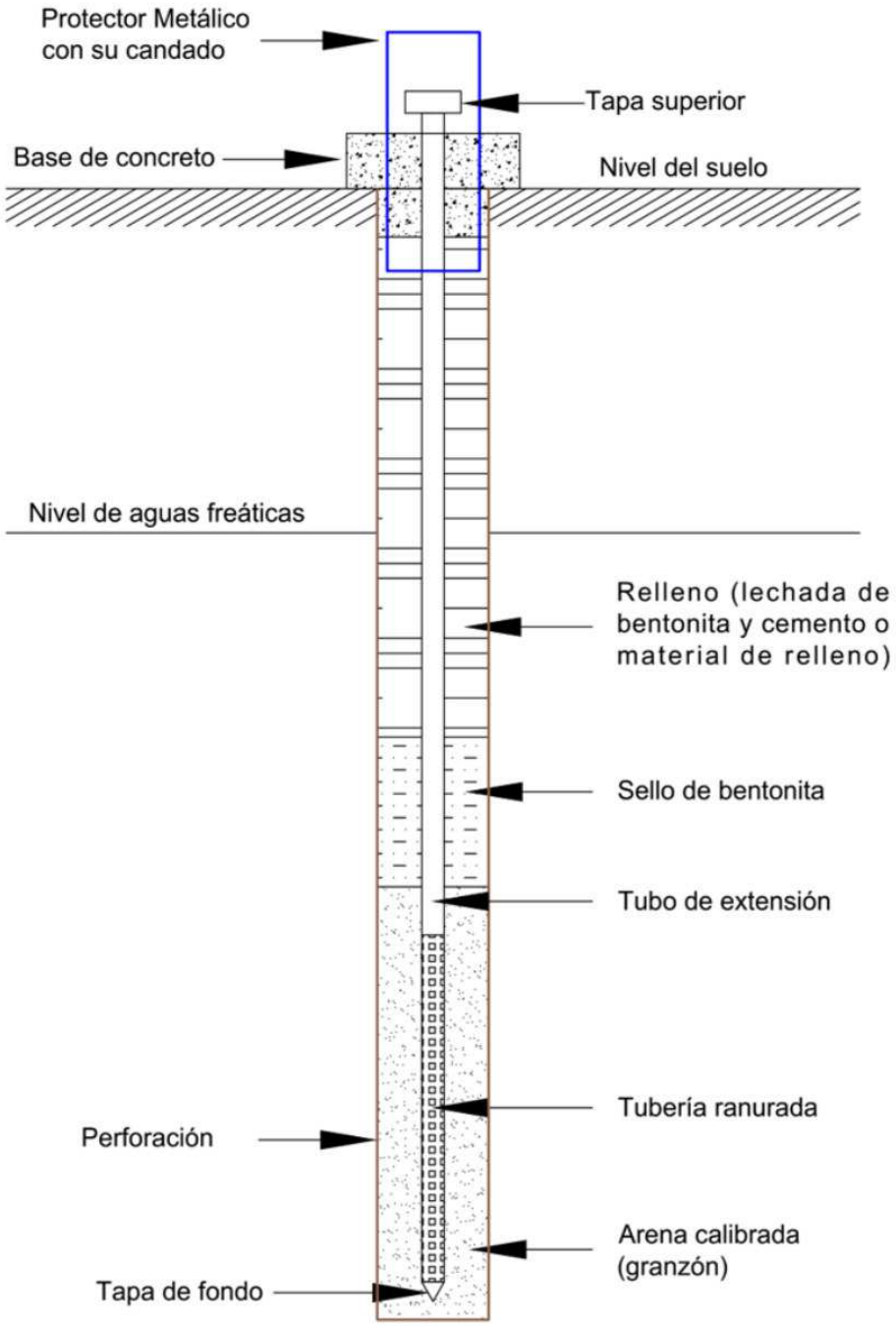
Conforme Freitas e Freitas (2022), a poropressão reflete as tensões neutras da água nos vazios do solo. Seu monitoramento é essencial para avaliar a dissipação do excesso de poropressão e o consequente aumento da tensão efetiva (ganho de resistência) no solo de fundação.

9.2.4.1 Piezômetros Casagrande

Os piezômetros de Casagrande são utilizados para avaliar a pressão da água no solo, dado fundamental para o controle das poropressões. A presença de água no maciço pode reduzir a tensão efetiva no solo, diminuindo sua resistência ao cisalhamento e comprometendo a segurança da estrutura. A instalação de piezômetros permite o monitoramento do regime de fluxo de água no maciço, sendo essencial para avaliar os efeitos de eventos pluviométricos, a eficácia do sistema de drenagem e os carregamentos rápidos de solos moles que, porventura, ocorrerão no projeto em questão.

Conforme Souza (2017), poropressão é a pressão exercida pela água nos vazios do solo, que atua em todas as direções e com a mesma intensidade. O piezômetro, instalado em um furo de sondagem, permite a medição precisa dessa pressão. O funcionamento do instrumento é detalhado na figura 84.

Figura 84: Funcionamento do Piezômetro Casagrande



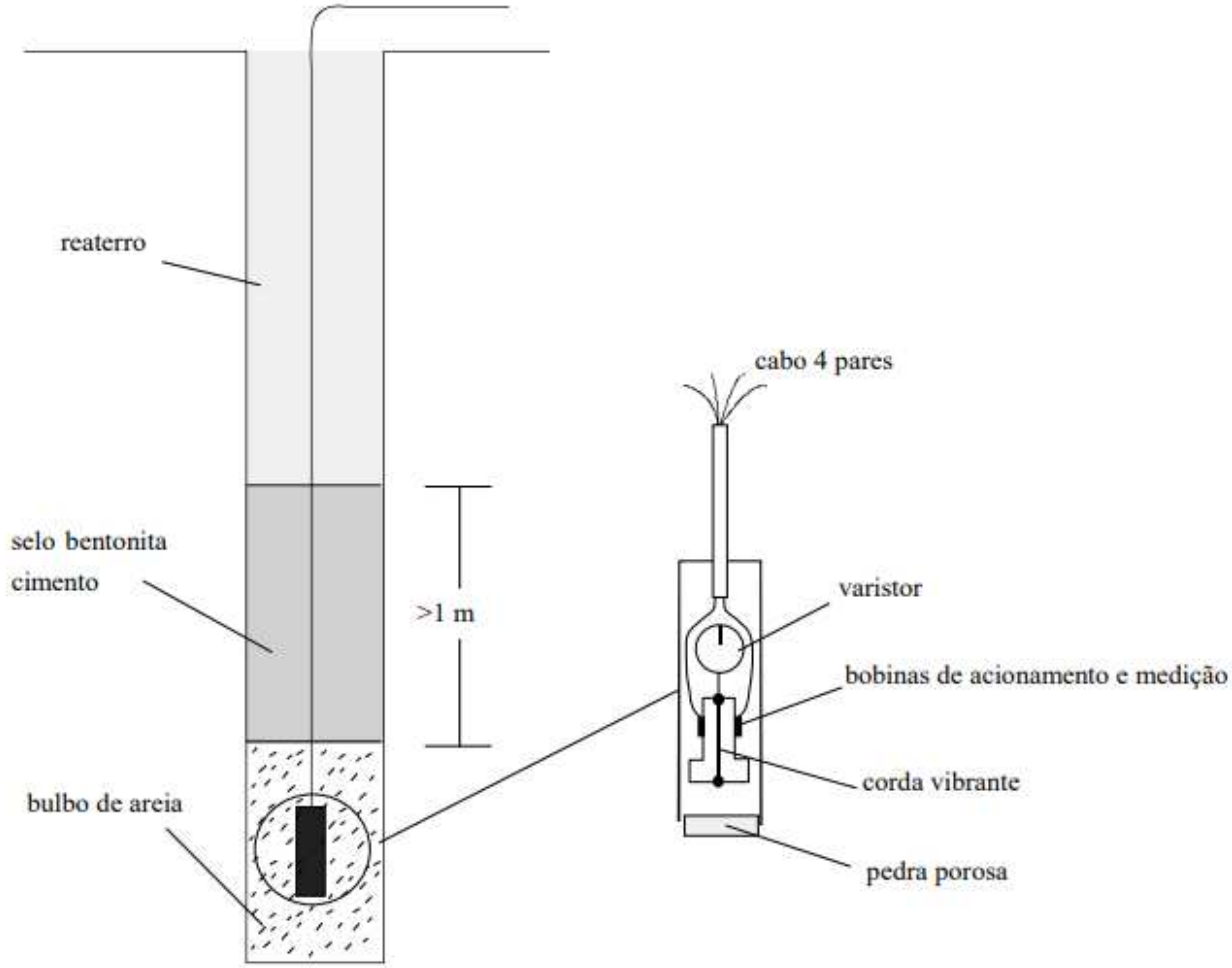
Fonte: GEOTHRA, 2025.

9.2.4.2 Piezômetro Elétrico de Corda Vibrante (PZE):

Os piezômetros elétricos medem a poropressão com alta sensibilidade, precisão e, crucialmente, rapidez, permitindo leituras remotas e automáticas (FREITAS; FREITAS, 2022). A pressão da água no ponto de instalação é transmitida a um diafragma interno. A deformação ou deflexão do diafragma é medida pela mudança na frequência de vibração de uma corda tensionada que está acoplada a ele. Essa frequência de vibração é lida por um transdutor elétrico ou por um sistema de aquisição de dados, sendo correlacionada diretamente com a pressão da água. A principal vantagem é o tempo de resposta rápido, essencial para o

monitoramento em tempo real do processo de adensamento e estabilidade durante o carregamento. A figura 85 exemplifica esquematicamente a instalação deste instrumento e seu funcionamento.

Figura 85: Esquema de um Piezômetro de Corda Vibrante



Fonte: DNIT (2022).

9.2.4.3 Pluviômetro

O pluviômetro (Figura 86) é um instrumento meteorológico de fundamental importância para a hidrologia e o planejamento territorial, sendo o principal meio de quantificar e registrar a precipitação em um determinado local. Sua função primordial é coletar e medir, em milímetros lineares (mm), a quantidade de água (líquida ou sólida) precipitada em uma área específica durante um período de tempo definido, o que é equivalente ao volume de chuva em litros por metro quadrado (L/m^2). Sua aplicação fornece dados cruciais para a avaliação do regime hídrico da área de estudo. A coleta sistemática e precisa de dados pluviométricos é essencial para a compreensão da real situação hidrológica de uma região, permitindo análises mais coerentes dos resultados encontrados nos piezômetros, por exemplo.

Figura 86: Pluviômetro.



Fonte: Catu Acontece (2025).

9.3 Instrumentação em Contenção de Solo Grampeado

Apesar de a norma brasileira ABNT NBR 16920-2:2021 não abordar diretamente a instrumentação nesses sistemas, estudos e recomendações técnicas complementares, bem como normas internacionais, orientam a escolha e a implantação dos instrumentos.

Conforme Underreiner et al. (1995) citado por Saré (2007), a mobilização da resistência dos grampos limita deslocamentos e requer instrumentação contínua para controle, principalmente para deslocamentos na face e esforços internos nos grampos durante escavação.

9.3.1 Parâmetros de Monitoramento

Lima (2007) destaca os principais parâmetros de avaliação do comportamento de taludes em solo grampeado:

- **Movimentações horizontais e verticais da face:** Medidas por marcos superficiais, inclinômetros e levantamentos topográficos.
- **Drenagem da massa reforçada:** Monitorada com piezômetros e inspeção visual.
- **Influência em estruturas adjacentes:** Avaliada por marcos superficiais e levantamentos topográficos.
- **Esforços nos grampos:** Medidos por extensômetros.
- **Precipitação pluviométrica:** Importante para avaliação da infiltração e seus efeitos no talude.
- **Infiltração de água no solo:** Avaliada por piezômetros e indicadores de nível, com relação a possíveis aumentos de poropressão e mobilização de deslocamentos.

9.3.2 Limites de Controle

Para o acompanhamento desses dados, devem ser estabelecidos limites de controle. Os limites de controle são níveis de tolerância para as leituras dos instrumentos. Eles podem ser divididos em diferentes estágios, como "Atenção", "Alerta" e "Emergência". Cada nível de alerta é associado a um critério de desempenho específico (por exemplo, uma taxa de deslocamento ou um valor de poropressão) e a um conjunto de ações correspondentes. É importante que esses limites sejam revisados periodicamente, pois as condições da estrutura podem mudar ao longo do tempo.

9.4 Soluções Adotadas

A solução adotada para a instrumentação do trecho estudado define os instrumentos a serem utilizados, as quantidades, o arranjo e a frequência de leitura.

9.4.0.1 Equipamentos e quantidades

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2021) não estabelece um método para definição da quantidade e do arranjo dos instrumentos a serem instalados. Fica a encargo do engenheiro responsável estabelecer os tipos, a disposição e a quantidade de instrumentos a serem instalados, bem como a frequência e os critérios para interrupção das leituras.

- Deslocamento Horizontal

  - Inclinômetro: Para medir a movimentação horizontal serão instalados dois inclinômetros, um em cada talude grampeado.

- Deslocamento Vertical
  - Marcos Superficiais: Serão instalados quatro marcos superficiais, distribuídos pelas bermas para monitorar as faces do talude.
  - Marco de Referência: Será instalado um marco de referência em um local próximo ao corte, sobre um solo estabilizado para servir de referência aos outros marcos.

- Poropressão
  - Piezômetro Casagrande: Serão instalados dois piezômetros de Casagrande para acompanhar o nível de água na parte mais crítica da contenção.
  - Pluviômetro: Será instalado um pluviômetro em local próximo a rodovia para acompanhamento dos períodos de chuva.

- Grampo
  - Extensômetro Elétrico de Corda Vibrante: Um grampo será selecionado para que se monitore sua deformação.

9.4.0.2 Arranjo dos equipamentos

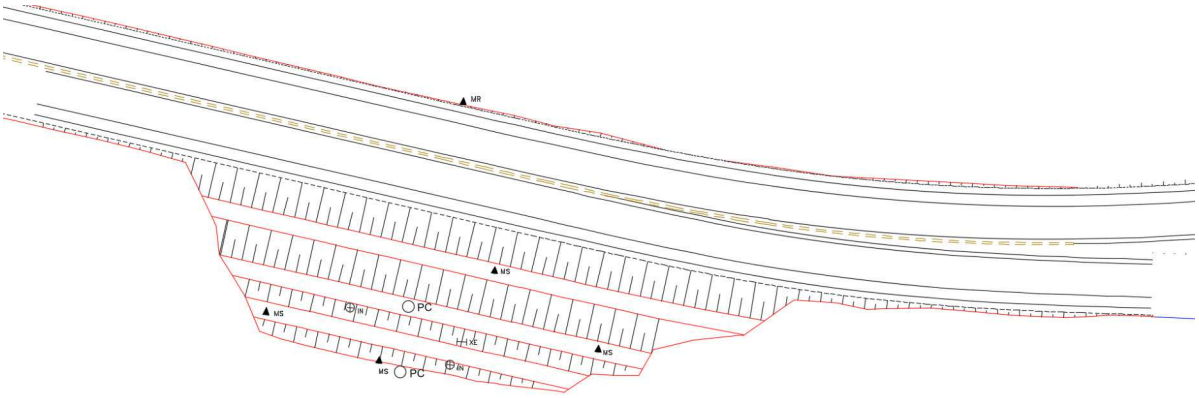
Seguindo a simbologia sugeria na tabela 65 fornecida por DNIT (2022), a figura 87 apresenta o arranjo estipulado para os instrumentos a serem instalados.

Tabela 65: Simbologia e siglas de instrumentos geotécnicos

Instrumento – Nome	Planta	Corte	Sigla
Pino de recalque	▲	▲	PI
Marco superficial	△	▲	MS
Placas de recalque	□	⊥	PR
Extensômetro magnético vertical	Y	¥	XV
Extensômetro magnético horizontal	+ + ++	+ + ++	XH
Extensômetro elétrico corda vibrante	—|—	—|—	XE
Perfilômetro	≡	≡	PF
Piezômetro elétrico de corda vibrante	•	•	PE
Piezômetro Casagrande	○	○	PC
Inclinômetro	⊙	‖	IN
Terminal de leituras	⊗	⊗	T

Fonte: DNIT (2022).

Figura 87: Arranjo instrumentos a serem instalados



9.4.0.3 Frequência de leitura

As leituras devem ser realizadas com maior intensidade no inicio do acompanhamento, e sendo gradativamente mais espaçadas. São recomendadas frequências mínimas de leituras, que devem ser reconsideradas em situações extraordinárias. Silveira (2006) recomenda que cada instrumento de auscultação instalado seja lido, preferencialmente na mesma hora do dia. Sendo assim, os instrumentos devem ser agrupados de modo que a leitura possa ser feita em um mesmo dia, programada em uma determinada sequência e com itinerário fixo. A tabela 66 apresenta um estudo desenvolvido por Cruz (2004) sobre as frequências usuais de leituras em acompanhamento de barragens. Esses dados podem ser utilizados para se ter uma base no acompanhamento do trecho do estudo em questão.

Tabela 66: Frequência de medições de instrumentos geotécnicos

Instrumento	Enchimento +3 m.	4º ao 6º mês	7º ao 12º mês	13º ao 36º mês	37º mês em diante
Piezômetros de fundação	2/semana	2/semana	Semanal	Semanal	Quinzenal
Medidores de recalques	2/semana	Semanal	Quinzenal	Mensal	Bimestral
Inclinômetros	Semanal	Quinzenal	Quinzenal	Mensal	Trimestral
Extensômetro de hastes	3/semana	2/semana	Semanal	Quinzenal	Quinzenal

Fonte: Adaptado de Cruz (2004).

9.5 Sugestão de instrumentação em Aterro de Solo Mole

A execução de aterros sobre essas fundações resulta em dois problemas geotécnicos principais:

- a instabilidade imediata ou a longo prazo (ruptura por baixa resistência não drenada) e
- a ocorrência de recalques excessivos e prolongados, causados pela compressibilidade e baixa permeabilidade.

Para mitigar esses riscos, Rocha et al. (2020), sugerem adotar soluções técnicas complexas, frequentemente em combinação, como aterros executados em etapas, o uso de sobrecarga temporária, a instalação de geodrenos verticais (para acelerar o adensamento e o ganho de resistência), e a utilização de bermas de equilíbrio ou

reforço com geossintéticos. Dessa forma, torna-se necessário um acompanhamento do aterro durante a etapa de execução da obra.

A solução adotada para a instrumentação do trecho estudado define os instrumentos a serem utilizados, as quantidades, o arranjo e a frequência de leitura.

9.5.0.1 Equipamentos e quantidades

O DNIT (1998) estipula que a quantidade e o arranjo dos instrumentos são definidos com base em:

1. Classe do Aterro:
    - Classe I: Próximo a estruturas sensíveis como pontes, viadutos e oleodutos.
    - Classe II: Aterros que não estão próximos a estruturas sensíveis, porém são altos(alturas maiores que 3 m;
    - Classe III: Aterros baixos e longe de estruturas.
2. Comprimento do Aterro:
    - Número de seções necessárias.
3. Geologia e Variação do Solo Mole:
    - Se a espessura e as características do solo mole variam significativamente ao longo do eixo do aterro, mais seções serão necessárias para capturar essa variação.
4. Método Construtivo:
    - Soluções como geodrenos, bermas de equilíbrio, ou carregamento por etapas exigem monitoramento mais rigoroso em pontos críticos.
5. Áreas de Maior Risco:
    - Pontos onde as tensões são máximas (geralmente no centro da base do aterro) ou onde as previsões de recalque/deslocamento são mais elevadas.

O trecho em estudo é classificado como Classe II, estando longe de estruturas e com mais de 3 metros de profundidade. Dessa forma, DNIT (2022) indica o uso de pelo menos uma seção por trecho com extensão maior que 500 m, no mínimo uma seção a cada 2 km de rodovia. Fica definida a necessidade de apenas uma seção. A norma ainda apresenta a tabela 67 que indica a quantidade mínima de instrumentos por seção. Sabendo-se que foram usados geodrenos, chega-se à definição de uso dos seguintes instrumentos, como apresentado na tabela 68.

Tabela 67: Instrumentação geotécnica mínima recomendada para Classe II

Instrumento	Encontro de pontes	Seção de aterro reforçado com geossintéticos	Seção com sobrecarga temporária	Aterro estaqueado	Seção com geodrenos
Placas de recalque	3	3	3	3	3
Piezômetro elétrico CV	3	3	3		3
Piezômetro Casagrande					2
Tubo de inclinômetro	1	1		1	
Extensômetro magnético V	1			1	1
Extensômetro magnético H	1	1			
Tubo para perfilômetro	1	1	1	1	1
Extensômetro elétrico CV		5			
Referência de nível	1	1	1	1	1

Fonte: Adaptado de DNIT (2022).

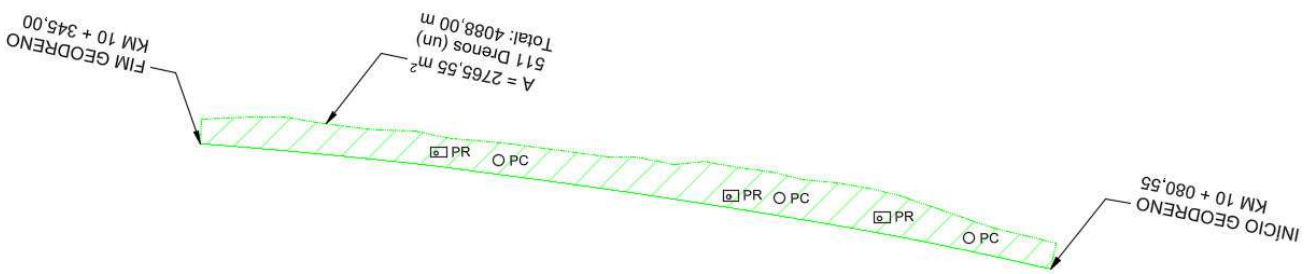
Tabela 68: Instrumentos de Monitoramento e Quantidades Sugeridas

Dispositivos Sugeridos Pela Norma	Quantidade
Placas de Recalque	3
Piezômetro elétrico de corda vibrante	3
Piezômetro de Casagrande	2
Extensômetro magnético vertical	1
Tubo para perfilômetro	1
Referência de nível	1

9.5.1 Arranjo dos equipamentos

DNIT (2022) atualizou as exigências, permitindo que o aterro estudado fosse monitorado apenas com placas de recalque. Visando maior segurança, os instrumentos definidos foram arranjados no aterro de solo mole, conforme a figura 88, usando uma mistura entre ambas as versões da norma.

Figura 88: Disposição Equipamentos Aterro Solo Mole



9.5.2 Frequência de leitura

A frequência de leitura é estipulada para três momentos distintos:

1. Durante a execução do aterro:
    - As leituras serão diárias, com pelo menos uma leitura após a execução de cada camada do aterro.
2. Após a execução e durante o período de permanência de sobrecarga temporária:
    - Leituras semanais.
3. Após a retirada da sobrecarga:
    - Leituras quinzenais por um período mínimo de 4 meses.

9.6 Análise de Desempenho e Critérios de Segurança Geotécnica Baseados em Dados de Campo

A instrumentação permite a aplicação de diversas metodologias para transformar dados de deformação e pressão em indicadores de segurança geotécnica (GUESSER, 2019). A interpretação correta dessas relações é essencial para a tomada de decisão, especialmente em obras que operam próximas ao Fator de Segurança (FS) mínimo aceitável, como um FS de aproximadamente 1,3. O projeto estudado apresenta um FS por volta de 1,7, o que proporciona uma maior margem de segurança.

9.6.1 Análise por Distorções e Velocidade de Distorção (Vd)

A distorção (d), calculada a partir dos perfis de deslocamento horizontal do inclinômetro, é o gradiente de deslocamento por profundidade, representando uma medida da tensão cisalhante mobilizada no solo (FREITAS; FREITAS, 2022). O monitoramento da evolução dessa distorção é fundamental para o controle da estabilidade. A análise por velocidade de distorção (Vd) é um método sensível para avaliar a estabilidade em relação à taxa de carregamento da obra. O crescimento contínuo e rápido de Vd é o sinal mais alarmante de que o aterro está entrando em um regime não drenado dominado pelo cisalhamento (creep não drenado) e se aproxima da ruptura (GUESSER, 2019).

A literatura geotécnica estabelece limites de alerta claros para esta taxa: valores de Vd inferiores a 0,5%/dia indicam estabilidade (embora exijam acompanhamento contínuo); valores entre 0,5%/dia e 1,5%/dia demandam atenção imediata; e valores superiores a 1,5%/dia sugerem a interrupção imediata do carregamento.

O exame da relação entre a Taxa de Distorção e a Distorção acumulada também revela o processo físico dominante. Um aumento inicial da Taxa de Distorção, seguido por uma queda e estabilização da taxa enquanto a distorção continua a aumentar, é um forte indicador da transição para um regime de adensamento controlado e ganho de segurança, afastando a ruptura por creep.

9.6.2 Método dos Volumes Deslocados

O Método dos Volumes, proposto por Sandroni, Lacerda e Brandt, é uma técnica empírica baseada na observação de aterros experimentais, que quantifica a relação entre o movimento vertical (compressão) e o movimento horizontal (cisalhamento).

O parâmetro chave é a razão entre o volume total deslocado verticalmente (Vv) e o volume total deslocado horizontalmente (Vh). O comportamento não drenado, característico da iminência de ruptura, tende a uma relação Vv / Vh próxima da unidade. Conforme ocorre o adensamento e o ganho de resistência, essa relação aumenta, indicando maior estabilidade (FREITAS; FREITAS, 2022).

Os critérios de estabilidade definidos por este método são:

- Situação Estável: Vv / Vh > 6.
- Situação Intermediária (Atenção): 3 < Vv / Vh < 6.
- Situação Instável (Ruptura Iminente): Vv / Vh < 3.

A aplicação deste método no estudo de caso da BR-470/SC (Km 18+900), a qual se encontra próxima ao local da área de estudo, realizado por Guesser (2019) resultou em relações de Vv/Vh entre 4,52 e 5,10, situando a obra na faixa intermediária. Embora afastada do risco de ruptura (abaixo de 3), a classificação como "intermediária"reforça a necessidade de um monitoramento rigoroso e frequente, como o que foi realizado.

9.6.3 Relações de Deslocamento e Estabilidade Geotécnica

Outras relações entre os deslocamentos verticais e horizontais, como as propostas por Ladd e Brugger, são utilizadas para uma avaliação qualitativa do estado de tensões e da proximidade com a superfície de escoamento.

Um critério relevante é comparar o deslocamento vertical máximo no eixo do aterro com o deslocamento horizontal médio. Valores maiores ou iguais a 6 indicam franca estabilidade, com o adensamento dominando o comportamento do solo. Por outro lado, valores menores ou iguais a 3 sugerem a iminência de ruptura, pois o deslocamento horizontal (cisalhamento) se torna muito significativo em relação à compressão vertical.

A consistência entre o Método dos Volumes e os critérios de deslocamento (Ladd/Brugger) é notável. Onde se observam valores altos de Vv/Vh (indicando estabilidade), também são observados valores que demonstram que o volume de cisalhamento é baixo em relação ao volume de compressão.

9.6.4 Retroanálise e Ajuste de Parâmetros

Conforme Guesser (2019), um dos maiores benefícios do programa de instrumentação é a capacidade de realizar a retroanálise, corrigindo as incertezas iniciais do projeto.

Ao comparar os recalques medidos pelas placas de recalque ao longo do tempo com os recalques estimados pela teoria de Terzaghi, é possível ajustar o Coeficiente de Adensamento Vertical (Cv). Segundo Guesser (2019) em Arujá-SP, por exemplo, onde os recalques medidos no estacionamento atingiram apenas 28% do valor estimado, a retroanálise revelou que o Cv real era significativamente diferente do valor adotado no projeto, forçando o ajuste dos parâmetros para cada região da obra. Essa disparidade nos parâmetros reais ressalta que o monitoramento é o único meio confiável para identificar a não uniformidade do solo mole e garantir que o modelo preditivo reflita o comportamento físico real do maciço.

Segundo Guesser (2019), monitoramento de poropressão também está diretamente ligado à confirmação do ganho de resistência (Su) da argila. A dissipação de poropressões acarreta o aumento da tensão efetiva, o que, por sua vez, aumenta a resistência (Su). A confirmação desse aumento pode ser feita com ensaios de palheta realizados durante o processo de adensamento, validando o ganho de resistência necessário para a próxima etapa de carregamento, conforme o princípio da construção em etapas.

9.7 Desafios e Implicações do Monitoramento Geotécnico

A eficácia da instrumentação pode ser comprometida por inconsistências nas leituras ou danos aos instrumentos, o que exige cautela na interpretação dos dados. A perda de dados piezométricos confiáveis, por exemplo, remove o indicador mais direto do aumento da tensão efetiva, forçando o engenheiro a depender exclusivamente dos indicadores de deformação (Inclinômetros e Placas de Recalque). Tal dependência, embora não invalide o monitoramento, impõe um risco maior à decisão de prosseguir com o carregamento ou implica na necessidade de intervenção em um corte.

Em resumo, a análise de desempenho deve ser multifacetada, utilizando a validação cruzada entre os diferentes métodos e instrumentos instalados para determinar, com alta confiança, se o maciço está se comportando dentro dos limites de segurança.

Capítulo 10

Projeto de Drenagem

10.1 Projeto de Drenagem

O objetivo principal deste Projeto de Drenagem é dimensionar e detalhar os dispositivos necessários para o manejo eficaz das águas superficiais na área da obra de contenção.

Nesse sentido, o sistema projetado visa captar e redirecionar de forma controlada o escoamento superficial proveniente das áreas adjacentes e da própria estrutura da contenção. Além disso, o projeto impede que as águas provenientes da plataforma da pista de rolamento escoem diretamente para o pé do aterro.

Consequentemente, esta abordagem integrada previne o surgimento de processos erosivos no talude e nos pontos de deságue, garantindo também o controle do nível d'água. Esta última ação é fundamental para evitar a elevação do lençol freático, que constitui um fator crítico para a estabilidade geotécnica da estrutura de contenção e do aterro.

10.2 Metodologia

O presente documento foi desenvolvido em conformidade com as diretrizes e metodologias estabelecidas nas seguintes referências bibliográficas da Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade de Santa Catarina (SIE/SC):

- Instrução de Serviço – Estudo Hidrológico (IS-06) – SIE-SC;
- Instrução de Serviço – Projeto de Drenagem (IS-11) – SIE-SC.

Para tanto, a concepção do projeto de drenagem teve como base as definições do Estudo Hidrológico, que determinou o regime pluviométrico aplicável, bem como as diretrizes dos projetos Geométrico e Geotécnico. A partir destes, foi realizada uma análise detalhada da geometria da contenção e seu entorno, verificando-se os pontos altos e baixos, as declividades transversais da pista, as declividades longitudinais (greide), a geometria dos taludes e as características do terreno natural adjacente.

Dessa forma, o desenvolvimento do projeto seguiu uma sequência metodológica, iniciando pela escolha do dispositivo de drenagem adequado para cada função (interceptação, condução, coleta e deságue). Em seguida, foi realizado o dimensionamento hidráulico de cada dispositivo, seguido da verificação criteriosa do local de deságue, assegurando que o lançamento seja feito em local seguro e estável. Por fim, foi executado o levantamento de quantitativos de todos os serviços e materiais projetados.

10.2.1 Dimensionamento Drenagem Superficial

O dimensionamento dos dispositivos lineares de drenagem superficial foi realizado com base no *comprimento crítico*, definido como a distância a partir da qual o dispositivo atinge sua capacidade máxima de vazão para a descarga de projeto. A partir desse ponto, torna-se necessária a implantação de uma saída d'água (como um bueiro de greide) ou a ampliação da seção de condução superficial no trecho de jusante ao comprimento crítico.

A metodologia adotada quantifica, primeiramente, a demanda de escoamento. Para isso, utiliza-se o Método Racional (Equação 10.1) para calcular a vazão de contribuição gerada pela chuva sobre a área de influência do dispositivo.

$$Q = C \cdot i \cdot A \tag{10.1}$$

onde:

- Q = vazão de escoamento superficial (m^3/s);
- C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- i = intensidade pluviométrica (mm/h);
- A = área de contribuição (m^2).

Em seguida, determina-se a capacidade máxima de condução do canal através da combinação da Equação de Manning (Equação 10.2) e da Equação da Continuidade (Equação 10.3), definindo o ponto em que a demanda acumulada se iguala à capacidade máxima do dispositivo, encontrando-se assim o seu comprimento crítico.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} \tag{10.2}$$

$$Q = A_m \cdot V \tag{10.3}$$

Substituindo a Equação 10.2 em 10.3, obtém-se:

$$Q = \frac{A_m}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} \tag{10.4}$$

Para determinar o comprimento crítico (d), a vazão de capacidade do canal, expressa pela Equação 10.4, é igualada à vazão de demanda acumulada ao longo do trecho. A vazão de demanda, por sua vez, é dada pelo Método Racional (Equação 10.1), onde a área de contribuição (A) é definida como um retângulo de largura L (largura da pista adicionada à largura equivalente à drenagem do talude de aterro/corte) e comprimento d (isto é, $A = L \cdot d$).

Ao igualar as duas formulações de vazão ($Q_{\text{capacidade}} = Q_{\text{demanda}}$) e isolar a variável d, obtém-se a Equação 10.5 explícita para o cálculo do comprimento crítico do dispositivo de drenagem:

$$d = \frac{A_m \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}}{n \cdot C \cdot i \cdot L} \tag{10.5}$$

onde:

- d = comprimento crítico do dispositivo de drenagem superficial (m);
- R_h = raio hidráulico da seção transversal (m);
- I = declividade do dispositivo (adimensional);
- A_m = área molhada da seção transversal (m^2);
- C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- i = intensidade pluviométrica (mm/h);
- L = largura de contribuição (m);
- n = coeficiente de Manning (adimensional).

A partir da Equação 10.5, determinaram-se ábacos (gráficos) para as sarjetas e valetas utilizadas neste projeto, relacionando o comprimento crítico (d), a largura de contribuição (L) e as declividades longitudinais (I) existentes no trecho projetado.

O valor da intensidade de precipitação (i) utilizado no dimensionamento dos dispositivos de condução foi obtido a partir do Estudo Hidrológico, correspondendo a um tempo de recorrência (T_r) de 10 anos e um tempo de duração (t_c) de 6 minutos (SIE, 2023a).

Sempre que os dispositivos atingem o comprimento crítico, são projetadas descidas d'água para o seu deságue ou descarregadas nas caixas coletoras. Quando permitido e possível, o lançamento é direcionado ao terreno natural.

10.3 Dispositivos Utilizados

Os dispositivos concebidos neste projeto são provenientes do *Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem* do DNIT. Diante disso, foram utilizados os seguintes dispositivos:

- Sarjeta Triangular de Concreto (STC);
- Valeta de Proteção de Corte em Concreto (VPCC);
- Descida d'Água de Corte em Degraus (DCD);
- Dissipador de Energia adaptável às Sarjetas e Valetas (DES);
- Dissipador de Energia adaptável às Descidas d'Água (DED).

Para os dispositivos elencados foram indicadas as saídas em terreno natural ou em drenagem projetada até que ocorra o deságue de forma apropriada. Quando possível, a fim de reduzir custos e aumentar a efetividade do projeto, foi indicado o deságue e a utilização de dispositivos que fazem parte do sistema existente de drenagem da pista e/ou do entorno do segmento em questão.

10.3.1 Sarjeta Triangular de Concreto

A sarjeta triangular de concreto tem a função de captar e conduzir as águas pluviais provenientes da superfície da plataforma ou de áreas adjacentes, direcionando-as de forma controlada até os dispositivos de drenagem subsequentes, evitando processos erosivos e garantindo a estabilidade do corpo estradal.

O revestimento em concreto confere maior resistência à erosão, durabilidade e reduz custos de manutenção, assegurando o adequado escoamento superficial e preservando a segurança dos taludes de corte.

Para o presente projeto foi escolhido o dispositivo STC 80-15 (Figura 89), cujo dimensionamento hidráulico é apresentado na Figura 90.

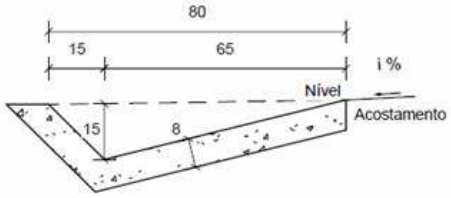
Figura 89: Sarjeta Triangular de Concreto (STC 80-15)



Fonte: Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem (DNIT, 2018).

Figura 90: Comprimento crítico da STC 80-15

STC 80-15		
Am	0,051	m²
Pm	0,748	m
R	0,068	m
n	0,017	-
c	0,600	-
i	197,3	mm/h



I (m/m)	0,05%	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%	1,00%	1,50%	2,00%	3,00%	4,00%	5,00%	6,00%	7,00%	8,00%
Largura de Contribuição	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)
10	34	48	68	83	96	108	152	186	215	264	304	340	373	403	431
15	23	32	45	56	64	72	101	124	144	176	203	227	249	269	287
20	17	24	34	42	48	54	76	93	108	132	152	170	186	201	215
25	14	19	27	33	39	43	61	75	86	105	122	136	149	161	172
30	11	16	23	28	32	36	51	62	72	88	101	113	124	134	144
35	10	14	19	24	28	31	43	53	62	75	87	97	107	115	123
40	9	12	17	21	24	27	38	47	54	66	76	85	93	101	108
45	8	11	15	19	21	24	34	41	48	59	68	76	83	90	96
50	7	10	14	17	19	22	30	37	43	53	61	68	75	81	86

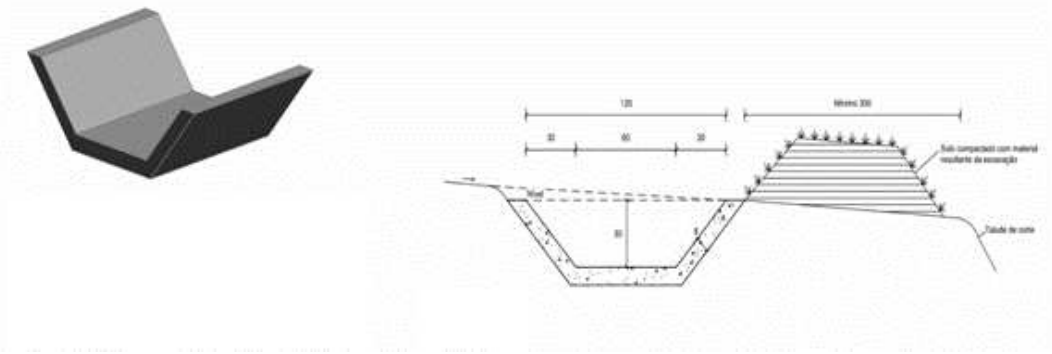
10.3.2 Valeta de Proteção de Corte

As valetas de proteção têm por objetivo proteger os taludes de corte da ação das águas que a eles convergem. Optou-se, preferencialmente, pela utilização de valetas revestidas em concreto, o dispositivo escolhido recebeu a denominação VPCC 120-30.

As valetas de proteção de crista de corte (Figura 91) têm a função de interceptar e conduzir as águas que demandam aos taludes de corte para locais adequados, tais como talvegues, descidas d'água em degraus, valas e bueiros. Esses dispositivos são posicionados a uma distância mínima de 3,00 m do offset.

Optou-se pela utilização de valetas trapezoidais, pois possuem maior eficiência hidráulica e, por serem revestidas em concreto, evitam que a infiltração provoque instabilidade no talude de corte.

Figura 91: Valeta de proteção de corte – VPCC 120-30

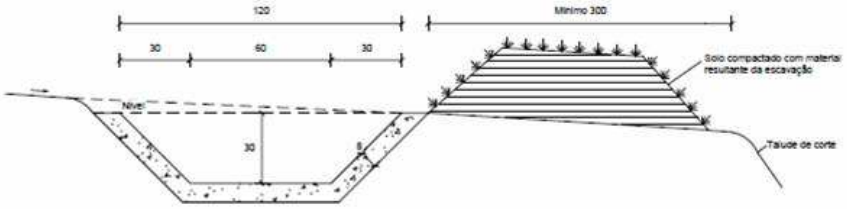


Fonte: Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem (DNIT, 2018).

Além disso, o dimensionamento desse dispositivo foi realizado através da determinação do comprimento crítico e é apresentado na Figura 92.

Figura 92: Comprimento crítico – Valeta de proteção de corte (VPCC 120-30)

VPCC - 120 - 30		
Am	0,270	m²
Pm	1,450	m
R	0,186	m
n	0,017	-
c	0,600	-
i	197,3	mm/h



I (m/m)	0,05%	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%	1,00%	1,50%	2,00%	3,00%	4,00%	5,00%	6,00%	7,00%	8,00%
Largura de Contribuição	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)
20	176	249	352	431	498	557	787	964	1.113	1.364	1.575	1.761	1.929	2.083	2.227
25	141	199	282	345	398	445	630	771	891	1.091	1.260	1.408	1.543	1.667	1.782
30	117	166	235	288	332	371	525	643	742	909	1.050	1.174	1.286	1.389	1.485
35	101	142	201	246	285	318	450	551	636	779	900	1.006	1.102	1.190	1.273
40	88	124	176	216	249	278	394	482	557	682	787	880	964	1.042	1.113
45	78	111	156	192	221	247	350	429	495	606	700	782	857	926	990
50	70	100	141	173	199	223	315	386	445	545	630	704	771	833	891

10.3.3 Sarjeta de Banqueta

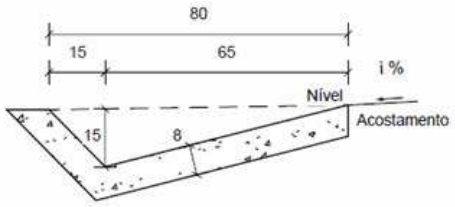
A sarjeta de banqueta é um dispositivo de drenagem superficial projetado para coletar e conduzir a água pluvial ao longo das banquetas intermediárias de taludes, prevenindo a erosão e garantindo a estabilidade da estrutura.

A implantação permite interceptar e direcionar de maneira controlada o escoamento superficial, minimizando o risco de processo erosivos e de sobrecarga hídrica nos taludes, contribuindo assim para a durabilidade e o desempenho do talude.

Para este projeto foi escolhido o dispositivo STC 80-15 (Figura 89) e devido à diferença entre o coeficiente de escoamento superficial entre a pista e o talude de corte, houve um dimensionamento hidráulico específico para esta situação (Figura 93). Além disso, para fins de quantificação desse dispositivo, por não haver composição unitária específica, foram computados juntamento com as sarjetas de bordo.

Figura 93: Comprimento crítico da STC 80-15 (banquetas)

STC 80-15 (BANQUETAS)		
Am	0,051	m²
Pm	0,748	m
R	0,068	m
n	0,017	-
c	0,750	-
i	197,3	mm/h



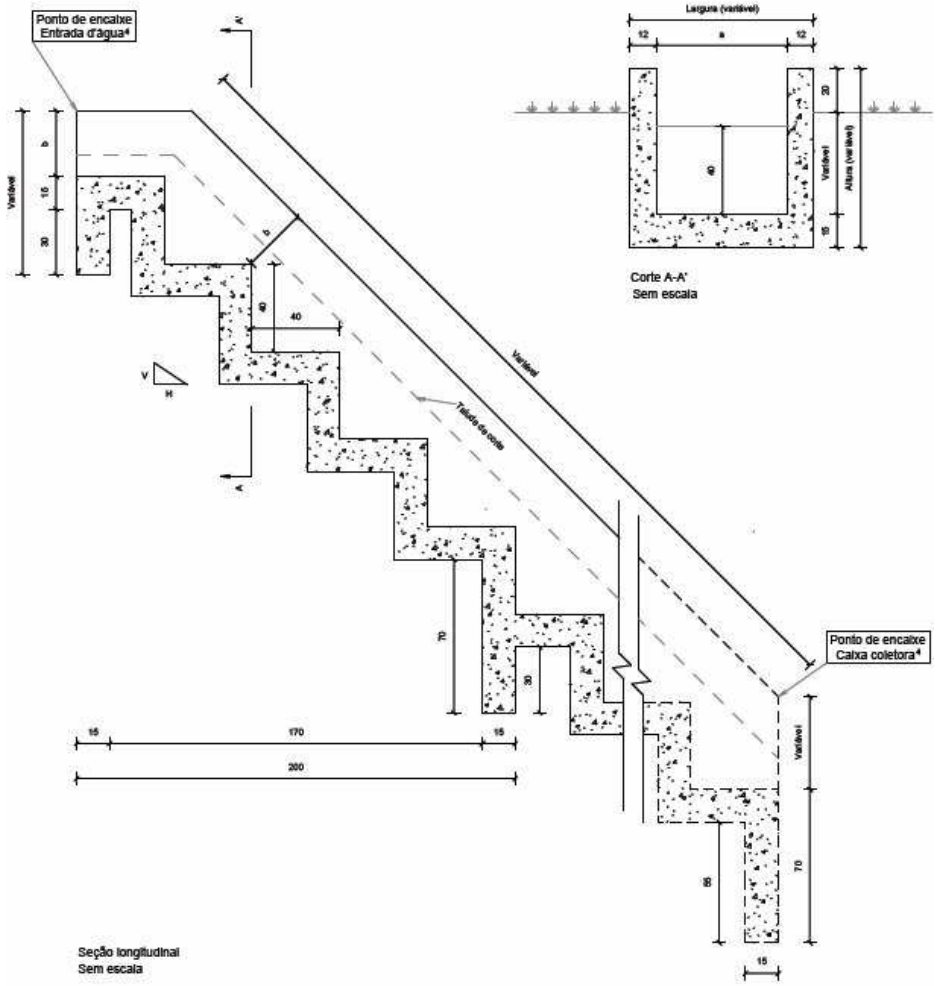
I (m/m)	0,05%	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%	1,00%	1,50%	2,00%	3,00%	4,00%	5,00%	6,00%	7,00%	8,00%
Largura de Contribuição	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)	d (m)
10	27	39	54	67	77	86	122	149	172	211	244	272	298	322	344
15	18	26	36	44	51	57	81	99	115	141	162	182	199	215	230
20	14	19	27	33	39	43	61	75	86	105	122	136	149	161	172
25	11	15	22	27	31	34	49	60	69	84	97	109	119	129	138
30	9	13	18	22	26	29	41	50	57	70	81	91	99	107	115
35	8	11	16	19	22	25	35	43	49	60	70	78	85	92	98
40	7	10	14	17	19	22	30	37	43	53	61	68	75	81	86
45	6	9	12	15	17	19	27	33	38	47	54	61	66	72	77
50	5	8	11	13	15	17	24	30	34	42	49	54	60	64	69

10.3.4 Descidas d'Água de Corte em Degraus

Este dispositivo é essencial em taludes de corte, tendo como principal função conduzir de forma segura o escoamento superficial coletado em nível superior (geralmente por uma valeta de proteção de corte) até o sistema de drenagem localizado na base da plataforma. Os degraus atuam como dissipadores de energia, reduzindo a velocidade do fluxo e prevenindo a erosão no pé do talude e no ponto de deságue, dessa forma, garantem a estabilidade da estrutura de contenção e do corpo estradal.

Neste projeto foi adotado o modelo **DCD-60-30**, por apresentar dimensões compatíveis com os demais dispositivos utilizados.

Figura 94: Descida d'água de corte em degraus – DCD 60-30



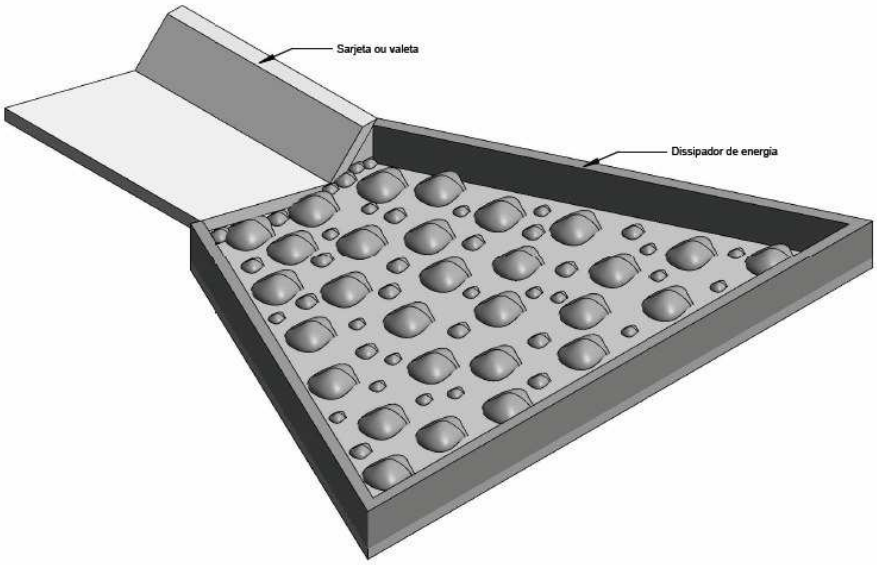
Fonte: Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem (DNIT, 2018).

10.3.5 Dissipadores de Energia

Os dissipadores de energia têm como objetivo reduzir a energia do fluxo proveniente dos dispositivos de montante, diminuindo a velocidade da água e prevenindo a erosão nos taludes e no terreno natural. As dimensões variam conforme o dispositivo a montante e são computadas por unidade, conforme o projeto-tipo.

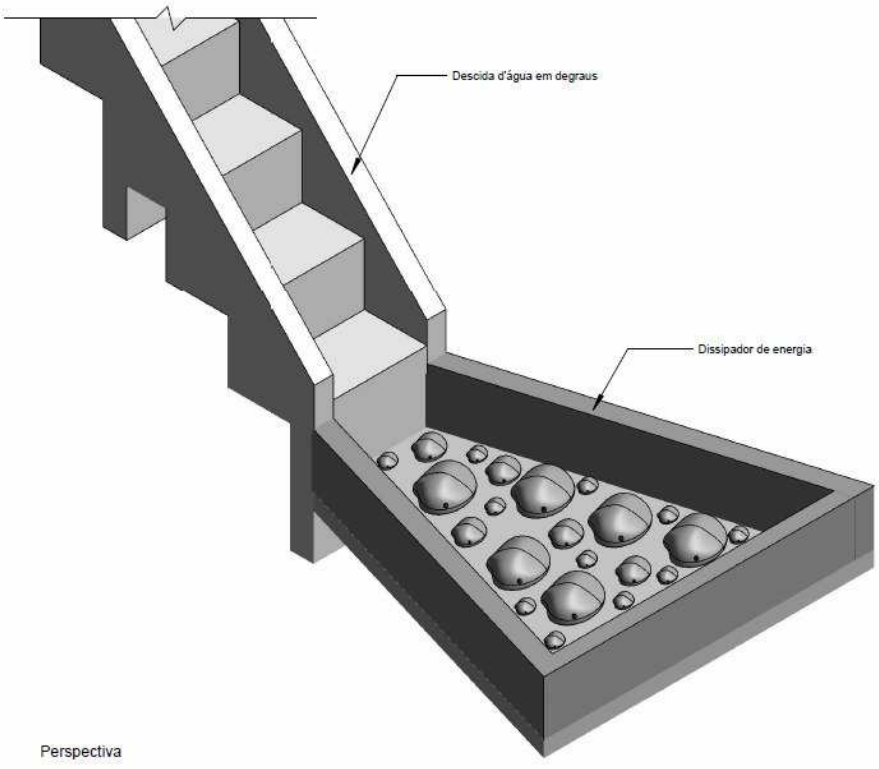
Para esse projeto foram utilizados dois tipos de dissipadores, os adaptáveis às sarjetas e valetas (DES) (Figura 95) e os adaptáveis às descidas d'água (DED) representados na Figura 96.

Figura 95: Dissipador de energia adaptável às sarjetas e valetas (DES)



Fonte: Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem (DNIT, 2018).

Figura 96: Dissipador de energia adaptável às descidas d'água (DED)



Fonte: Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem (DNIT, 2018).

10.4 Levantamento dos Quantitativos

Os dispositivos lineares, como as valetas de proteção, descidas d'água e canaletas, foram quantificado pelo somatório de suas extensões (em metros). Além disso, os dispositivos pontuais ou unitários, como dissipadores de energia e caixas de coleta, foram quantificados por unidade (un).

Tabela 69: Memória de Cálculo – Quantitativos de Drenagem Superficial

DISPOSITIVO	QTD.
Sarjeta triangular de concreto (STC 80-15) (m)	627,28
Valeta de proteção de corte (VPCC 120-30) (m)	331,39
Descidas d'água de corte em degraus (DCD 60-30) (m)	40,00
Dissipadores de energia adaptáveis às sarjetas e valetas (DES 120-360) (un)	02
Dissipadores de energia adaptáveis às descidas d'água (DED 60-30) (un)	02

Este levantamento detalhado serve como base para a elaboração da planilha de quantidades e do orçamento da obra e é apresentado na Tabela 69.

Capítulo 11

Estimativa de custos

11.1 Metodologia

A metodologia adotada para a elaboração da estimativa de custo baseou-se na obtenção das quandidades de materiais e serviços para cada um dos projetos elaborados. Para esse projeto, adotou-se como referencial de custo unitário o Sistema de Custos Rodoviários - SICRO, considerando a tabela vigente para o Estado de Santa Catarina, com data-base julho de 2025. O SICRO foi utilizado como base principal para a determinação dos preços unitários dos serviços e insumos, assegurando que a estimativa está alinhada aos parâmetros oficiais de obras públicas rodoviárias.

Além disso, ressalta-se que a presente estimativa contempla exclusivamente os custos diretos associados aos serviços previstos nos projetos desenvolvidos. Não foram considerados, nesta etapa, custos indiretos, encargos complementares, BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), administração central ou quaisquer outros elementos financeiros que compõem o orçamento global de uma obra rodoviária. Assim, os valores apresentados referem-se unicamente às disciplinas efetivamente elaboradas no âmbito deste estudo, não representando, portanto, o custo total da duplicação. Cabe destacar que não foram incluídos itens relativos a pavimentação, desapropriações, obras de arte correntes e especiais, obras complementares, sinalização, entre outros projetos não contemplados. Dessa forma, a estimativa aqui apresentada deve ser interpretada dentro do escopo específico deste trabalho, refletindo apenas os custos diretos das soluções projetadas.

Para os serviços e insumos que não possuem composição direta no banco de dados do SICRO, foram desenvolvidas composições próprias, elaboradas a partir de parâmetros técnicos consolidados, características operacionais das frentes de trabalho e condições reais da região de implantação. Essa etapa buscou garantir consistência técnica às estimativas, especialmente nos itens que demandaram adaptações ou detalhamento complementar.

As quantidades de projeto foram agrupadas em categorias de serviço, permitindo uma análise segmentada e global dos valores estimados. Além disso, foi elaborada uma síntese dos custos por grupo de serviço, com o objetivo de identificar os itens de maior representatividade no orçamento total. Esse procedimento contribui para maior transparência na estrutura de custos, bem como para a rastreabilidade dos valores apresentados na etapa final de consolidação.

11.2 Quadro de Quantidades

Na Tabela 70 é apresentado a consolidação dos insumos e serviços necessários à execução do empreendimento, estruturados conforme as diretrizes do Sistema de Custos Rodoviários – SICRO, considerando data-base julho de 2025. Dessa forma, a mesma apresenta todas as composições, custos unitários e respectivos quantitativos adotados no orçamento, permitindo uma visão global e integrada do esforço construtivo previsto.

Tabela 70: Composições e quantitativos utilizados na estimativa de custos

ITEM	FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO UN.	QUANTIDADE	CUSTO ITEM
1	**TERRAPLENAGEM**						
1.1	SICRO - Jul/25	5501700	Desmatamento, destocamento e limpeza de área com árvores de diâmetro até 0,15 m	m²	0,71	108.159,27	76.793,08
1.2	COMP. PRÓPRIA	CPU_TERRA_1	Carga, manobra e descarga de camada vegetal	ton	2,99	53.539,00	160.081,61
1.3	SICRO - Jul/25	5915319	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia em leito natural	tkm	0,95	1.873.859,33	1.780.166,36
1.4	SICRO - Jul/25	5501701	Destocamento de árvores com diâmetro de 0,15 a 0,30 m	un	52,37	1.453,00	76.093,61
1.5	SICRO - Jul/25	5501702	Destocamento de árvores com diâmetro maior que 0,30 m	un	130,93	50,00	6.546,50
1.6	SICRO - Jul/25	4915768	Corte e remoção de árvores	m³	15,45	498,00	7.694,10
1.7	COMP. PRÓPRIA	CPU_TERRA_1	Carga, manobra e descarga de camada vegetal	ton	2,99	27,39	81,90
1.8	SICRO - Jul/25	5915319	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia em leito natural	tkm	0,95	499.064,00	474.110,80
1.9	SICRO - Jul/25	5502162	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 200 a 400 m - caminho de serviço pavimentado - com	m³	6,56	2.545,00	16.695,20
1.10	SICRO - Jul/25	5502164	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 600 a 800 m - caminho de serviço pavimentado - com	m³	6,97	7.416,00	51.689,52
1.11	SICRO - Jul/25	5502165	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 800 a 1.000 m - caminho de serviço pavimentado - com	m³	7,17	15.479,00	110.984,43
1.12	SICRO - Jul/25	5502172	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 2.500 a 3.000 m - caminho de serviço pavimentado - com	m³	9,67	60,00	580,20
1.13	SICRO - Jul/25	5502836	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria na distância de 3.000 m - caminho de serviço pavimentado - com	m³	9,92	101.850,00	1.010.352,00
1.14	SICRO - Jul/25	5915321	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ - rodovia pavimentada	tkm	0,68	216.736,36	147.380,72
1.15	SICRO - Jul/25	4413984	Regularização de bota-fora com espalhamento e compactação	m³	4,44	1.535,00	6.815,40
1.16	SICRO - Jul/25	5503041	Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário	m³	6,69	33.924,30	226.953,57
1.17	SICRO - Jul/25	5502978	Compactação de aterros a 100% do Proctor normal	m³	5,78	66.420,80	383.912,22
1.18	COMP. PRÓPRIA	ESTIMADO	Taxa de recebimetno de bota-fora	m³	10,00	32.477,80	324.778,00
1.19	COMP. PRÓPRIA	ESTIMADO	Aquisição de material de jazida para Trecho	m³	35,00	80.907,00	2.831.745,00
2	**PROJETO GEOTECNICO**						
2.1	SICRO - Jul/25	2004508	Geodreno vertical para tratamento de solos moles	m	11,71	4.088,00	47.870,48
2.2	SICRO - Jul/25	5502806	Camada drenante com conformação de trator de esteira - areia comercial	m³	154,85	829,67	128.474,40
2.3	SICRO - Jul/25	Adaptado de 5605896	Grampo de aço CA-50 D = 25 mm para solo grampeado com capacidade de 80 kN - fornecimento, perfuração e instalação	m	75,94	5.100,00	387.294,00
2.4	SICRO - Jul/25	2003614	Dreno sub-horizontal - DSH 01 - material de 1ª categoria	m	153,86	4.500,00	692.370,00
2.5	SICRO - Jul/25	1513943	Proteção de taludes rochosos com telas metálicas - resistência longitudinal à tração de 121 kN/m - fornecimento e	m²	203,24	1.500,00	304.860,00
2.6	SICRO - Jul/25	4413905	Hidrossemeadura	m²	6,55	1.500,00	9.825,00
3	**DRENAGEM SUPERFICIAL DA CONTENÇÃO**						
3.1	SICRO - Jul/25	2003261	Sarjeta triangular de concreto - STC 80-15 - escavação mecânica - areia e brita comerciais	m	46,74	627,28	29.318,83
3.2	SICRO - Jul/25	2003309	Valeta de proteção de cortes com revestimento de concreto - VPCC 120-30 - escavação mecânica - areia e brita comerciais	m	98,16	331,39	32.529,64
3.3	SICRO - Jul/25	2003179	Dissipador de energia - DED 03 A - areia, brita e pedra de mão comerciais	un	674,31	2,00	1.348,62
3.4	SICRO - Jul/25	2003233	Dissipador de energia - DES 120-360 - areia, brita e pedra de mão comerciais	un	1.048,06	2,00	2.096,12
3.5	SICRO - Jul/25	2003399	Descida d'água de cortes em degraus - DCD 60-30 - areia e brita comerciais	m	617,87	40,00	24.714,80
4	**MONITORAMENTO**						
4.1	COMP. PRÓPRIA	ESTIMADO	Piezômetro tipo Casagrande - Célula piezométrica em tubo de PVC, Ø 1" (interno), comprimento 100cm com luva e caps.	un	178,31	5,00	891,55
4.2	COMP. PRÓPRIA	ESTIMADO	Piezômetro tipo Casagrande - Tubo de prolongamento de piezômetro, em PVC Rígido de Ø 1", branco, roscado com luva. Módulo de 3 metros.	un	75,81	5,00	379,05
4.3	COMP. PRÓPRIA	ESTIMADO	Marco de referência, em aço inoxidável, com gravação em baixo relevo, fixação em concreto fresco, sistema rabo de andorinha.	un	450,00	1,00	450,00
4.4	COMP. PRÓPRIA	ESTIMADO	Sistema de proteção superficial contra vandalismo e pequenos impactos - Sendo esta uma tampa metálica, a ser instalada no concreto fresco, com dobradiças e cadeado.	un	430,00	5,00	2.150,00
4.5	COMP. PRÓPRIA	ESTIMADO	Marco de deslocamento superficial para ancoragem em concreto endurecido,haste de 80 cm construído em vergalão CA-50A Ø25,4mm, com ponto de apoio em aço inoxidável.	un	365,00	4,00	1.460,00
4.6	COMP. PRÓPRIA	ESTIMADO	Fornecimento e Instalação de Placa de Recalque (Haste 2m)	un	819,42	3,00	2.458,26
4.7	COMP. PRÓPRIA	ESTIMADO	Instalação de Poço Inclinométrico (Sondagem + Tubo Guia)	m	1.148,50	2,00	2.297,00
4.8	COMP. PRÓPRIA	ESTIMADO	Kit Leitura Inclinômetro (Sonda + Cabo + Datalogger)	cj	62.500,00	1,00	62.500,00
4.9	COMP. PRÓPRIA	ESTIMADO	Fornecimento e Instalação de Extensômetro Elétrico (Corda Vibrante)	un	7.183,97	1,00	7.183,97
4.10	COMP. PRÓPRIA	ESTIMADO	Unidade de Leitura para Corda Vibrante (Readout)	un	21.000,00	1,00	21.000,00

11.3 Composições próprias

Alguns serviços previstos no projeto não possuem composições correspondentes no SICRO. Por esse motivo, foram elaboradas composições próprias unitárias, desenvolvidas a partir de parâmetros técnicos e produtividades compatíveis com obras rodoviárias de características semelhantes.

11.3.1 Projeto Geotécnico - Solo Grampeado

Para o dimensionamento e orçamentação do solo grampeado verificou-se que as composições padrão do SICRO contemplam grampos metálicos com diâmetros de 12,5 mm, 16 mm e 20 mm, não havendo composição específica para o diâmetro de 25 mm, que foi o adotado no presente projeto.

A partir da análise comparativa entre as composições fornecidas para os diferentes diâmetros, identificou-se que a principal variável que se altera de um modelo para outro é o consumo de aço por metro linear do grampo. Ou seja, o método executivo e os insumos auxiliares permanecem essencialmente constantes, variando apenas o peso do aço, que é função direta do diâmetro da barra.

Assim, foi possível adaptar a composição para o grampo de 25 mm tomando como base a composição de 20 mm e ajustando o quantitativo do item "aço CA-50 em barras", substituindo-se apenas o valor de massa por metro linear, conforme a Tabela 71.

Tabela 71: Composição própria - Grampos

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO			Santa Catarina				
Custo Unitário de Referência			Julho/2025		Produção da equipe		14,91 m
Adaptado de 5605896	Grampo de aço CA-50 D = 25 mm para solo grampeado com capacidade de 80 kN - fornecimento, perfuração e instalação						*Valores em reais (R$)*
A - EQUIPAMENTOS		**Quantidade**	**Utilização**		**Custo Horário**		**Custo Horário Total**
			Operativa	**Improdutiva**	**Produtivo**	**Improdutivo**	
E9026	Bomba para injeção de nata de cimento com capacidade de 2 MPa - 2,20 kW	0,58219	1,00	0,00	7,0254	4,0526	4,0901
E9764	Grupo gerador - 7,2 kVA	0,58219	1,00	0,00	11,4656	0,7974	6,6752
E9024	Misturador de nata cimento - 1,50 kW	0,58219	1,00	0,00	28,9406	27,7616	16,8489
E9798	Perfuratriz hidráulica rotopercussiva - 123 kW	0,49900	1,00	0,00	581,2110	281,4019	290,0243
					Custo horário total de equipamentos		317,6385
B - MÃO DE OBRA		**Quantidade**	**Unidade**		**Custo Horário**		**Custo Horário Total**
P9801	Ajudante	1,00000	h		26,7193		26,7193
P9805	Armador	1,00000	h		35,4366		35,4366
P9824	Servente	2,00000	h		24,1152		48,2304
					Custo horário total de mão de obra		110,3863
					Custo horário total de execução		**428,0248**
					Custo unitário de execução		**28,7072**
						Custo do FIC	-
						Custo do FIT	-
C - MATERIAL		**Quantidade**	**Unidade**		**Preço Unitário**		**Custo Unitário**
M0004	Aço CA 50	3,98000	kg		6,6387		26,4220
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	18,78899	kg		0,5930		11,1419
M2028	Coroa de botões cônicos - TCI tricone - D = 75 mm (2 15/16")	0,00050	un		1.194,2595		0,5971
M2487	Espaçador plástico tipo centralizador carambola para grampo de barra de aço - D ≤ 25,4 mm	0,50000	un		0,4798		0,2399
M1875	Haste de perfuração com rosca API 2 3/8" - D = 73 mm (2 7/8")	0,00020	un		728,2890		0,1457
M1880	Tubo PEAD PE 80 PN 16 - D = 20 mm	1,00000	un		4,3377		4,3377
M3095	Válvula manchete - D = 20 mm	1,50000	un		2,4054		3,6081
					Custo unitário total de material		46,4924
D - ATIVIDADES AUXILIARES		**Quantidade**	**Unidade**		**Custo Unitário**		**Custo Unitário**
					Custo total de atividades auxiliares		
						Subtotal	**65,7218**
E - TEMPO FIXO		**Código**	**Quantidade**	**Unidade**		**Custo Unitário**	**Custo Unitário**
M0004	Aço CA 50 - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00255	t		34,6200	0,0883
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,01879	t		34,6200	0,6505
M1880	Tubo PEAD PE 80 PN 16 - D = 20 mm - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00013	t		34,6200	0,0045
					Custo unitário total de tempo fixo		**0,7433**
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		**Quantidade**	**Unidade**	**DMT**			**Custo Unitário**
				LN	**RP**	**P**	
M0004	Aço CA 50 - Caminhão carroceria 15 t	0,00255	tkm	5914449	5914464	5914479	
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco - Caminhão carroceria 15 t	0,01879	tkm	5914449	5914464	5914479	
M1880	Tubo PEAD PE 80 PN 16 - D = 20 mm - Caminhão carroceria 15 t	0,00013	tkm	5914449	5914464	5914479	
					Custo unitário total de transporte		
					Custo unitário direto total		**75,94**

11.3.2 Projeto de Terraplenagem

Ao longo da elaboração do Projeto de Terraplenagem verificou-se que não há, no referido sistema, uma composição específica para o serviço: Carga, manobra e descarga de camada vegetal. Diante disso, foram analisadas composições de serviços análogos, adotando-se como base a composição 5915407 – Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ – carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga livre. Sendo assim, a composição elabora, com a devida adaptação da nomenclatura, é apresentada na Tabela 72.

Tabela 72: Composição própria - Carga, manobra e descarga de camada vegetal

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO — **Santa Catarina**

Custo Unitário de Referência — **Julho/2025** — **Produção da equipe 457,16 t**

CPU_TERRA_1 — **Carga, manobra e descarga de camada vegetal** — ***Valores em reais (R$)***

A - EQUIPAMENTOS			Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
				Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
	E9579	Caminhão basculante com capacidade de 10 m³ - 210 kW	3,00000	0,86	0,14	307,9372	90,3012	832,4045
	E9511	Carregadeira de pneus com capacidade de 3,40 m³ - 195 kW	1,00000	1,00	0,00	536,7218	264,4510	536,7218
							Custo horário total de equipamentos	1.369,1263

B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total
				Custo horário total de mão de obra	
				Custo horário total de execução	**1.369,1263**
				Custo unitário de execução	**2,9949**
				Custo do FIC	-
				Custo do FIT	-

C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário
				Custo unitário total de material	

D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares	
				Subtotal	**2,9949**

E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário
					Custo unitário total de tempo fixo	

F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT		P	Custo Unitário
				LN	RP		
					Custo unitário total de transporte		
					Custo unitário direto total		**2,99**

11.4 Síntese da Estimativa de Custos

A Tabela 73 apresenta a consolidação final da estimativa de custos, estruturada por grupo de serviços, permitindo uma visão clara da representatividade de cada etapa dentro do valor total do empreendimento. A síntese demonstra que a maior parcela dos custos está concentrada na terraplenagem, que representa 81,4% do total e reflete a complexidade construtiva associada às movimentações de solo exigidas pelo projeto. Na sequência, os custos referentes ao projeto geotécnico, à drenagem superficial e ao monitoramento contribuem com parcelas menores, porém igualmente relevantes para a caracterização global dos serviços necessários.

Tabela 73: Resumo da estimativa de custos diretors

Resumo estimativa de custos		
Grupo de serviços	**Valor total do grupo**	**% Custo**
Terraplenagem	R$ 5.842.0,34,92	76,8%
Projeto geotécnico	R$ 1.570.683,88	20,7%
Drenagem superficial	R$ 90.008,01	1,2%
Monitoramento	R$ 100.769,83	1,3%
Total geral (JUL/25)	**R$ 7.603.506,64**	**100,0%**

A totalização dos custos demonstra que o conjunto de projetos desenvolvidos resulta em um valor consolidado de R$ 9.454.925,22 (nove milhões, quatrocentos e cinquenta e quatro mil, novecentos e vinte e cinco reais e vinte e dois centavos), considerando a data-base de julho de 2025. Esse montante reflete com coerência as características técnicas, geométricas e construtivas do empreendimento, evidenciando que a estimativa apresentada está plenamente pertinente à fase de Projeto Básico, na qual o nível de definição dos elementos projetuais permite a obtenção de valores compatíveis e representativos para fins de planejamento e tomada de decisão.

Ressalta-se, entretanto, que maior precisão e refinamento dos custos somente serão alcançados na etapa de Projeto Executivo, quando todos os detalhamentos construtivos, especificações de materiais, métodos executivos e sequências operacionais estiverem definidos de forma completa. Dessa forma, o orçamento aqui consolidado serve como base sólida para o desenvolvimento das fases subsequentes, mantendo aderência às normas vigentes e oferecendo suporte técnico adequado ao processo de implantação do empreendimento.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Manual de Procedimentos para Instalação, Operação e Manutenção de Estações Pluviométricas Convencionais*. Brasília: ANA, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/monitoramento-hidrologico/monitoramento-hidrologico-do-setor-eletrico/resolucao-conjunta-ana-aneel-127-2022/ManualInstalaoEstaesPluviomtricas.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Portal HidroWeb*. 2025. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 14 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). *SIGMINE*: Sistema de Informações Geográficas de Mineração. 2025. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>. Acesso em: 09 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). *Estatístico Aquaviário*: sistema de informações estatísticas do transporte aquaviário. 2025. Disponível em: <https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/index.html#pt>. Acesso em: 17 jun. 2025.

ALMEIDA, Márcio de Souza S.; MARQUES, Maria Esther Soares. *Aterros sobre solos moles*: projeto e desempenho. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ANJOS, Gérson Jacques Miranda dos. *Estudo do comportamento de fundações escavadas em solos tropicais*. 2006. 340 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 6459*: Solo — Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 6484*: Solo — Sondagens de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 7180*: Solo — Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 7181*: Solo — Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 7182*: Solo — Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 9603*: Sondagem a trado — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 9895*: Solo — Ensaio de Índice de Suporte Califórnia (CBR). Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 11682*: Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 16920-2*: Muros e taludes em solos reforçados – Parte 2: Solos grampeados. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BENTLEY SYSTEMS. *GeoStudio SLOPE/W*: Módulo de estabilidade geral – Manual do usuário. [S. l.]: Bentley Systems, [s. d.].

BRASIL. *Principal indutor de emprego, Porto Itapoá inaugura ampliação do terminal de contêineres*. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/noticias/2024/04/principal-indutor-de-emprego-porto-itapoa-inaugura-ampliacao-do-terminal-de-containers>. Acesso em: 17 jun. 2025.

CHOW, Ven Te. A general formula for hydrologic frequency analysis. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, v. 32, n. 2, p. 231–237, 1951.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO (CONTRAN). *Resolução CONTRAN nº 738, de 6 de setembro de 2018*. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao7382018.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2025.

CRUZ, Paulo Teixeira da. *100 Barragens brasileiras*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

CURY, Leonardo Fadel. *Geologia do Terreno Paranaguá*. 2009. 202 f. Tese (Doutorado em Geociências) — Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.44.2009.tde-06072009-113335>.

DANTAS, Marcelo Eduardo. *Biblioteca de padrões de relevo do território brasileiro*. Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2016. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/publique/media/Biblioteca_Padroes_Relevo.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2025.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DE SANTA CATARINA (DETRAN/SC). *Estatísticas de sinistros*. 2025. Disponível em: <https://www.detran.sc.gov.br/estatisticas-sinistros/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem*. Rio de Janeiro: DNIT/IPR, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Álbum de Projetos-Tipo de Passarelas para Pedestres*: Volume 1 – Projeto Executivo. 2. ed. Brasília: DNIT/IPR (IPR 748), 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Instrução de Serviço nº 203*: Estudos Hidrológicos. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Publicação IS-203. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/726_diretrizes_basicas-escopos_basicos-instrucoes_de_servico.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Manual de Drenagem de Rodovias*. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724_manual_drenagem_rodovias.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem*. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/715_manual_de_hidrologia_basica.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Manual de Implantação Básica de Rodovia*. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Manual de Projeto de Interseções*. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT/IPR (IPR 718), 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais*. Brasília: DNIT, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas*. Rio de Janeiro: DNIT/IPR (IPR 740), 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/ipr_740_manual_projetos_geometricos_travessias_urbanas.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *NORMA DNIT 381/2022 – PRO*: Projeto de aterros sobre solos moles para obras viárias – Procedimento. Brasília: DNIT, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/dnit_381_2022_pro.pdf>. Acesso em: 25 set. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *SICRO – Sistema de Custos Referenciais de Obras*: tabelas de preços referenciais rodoviários (Estado de Santa Catarina; data-base jan. 2025). Brasília: DNIT, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/sicro>. Acesso em: 12 jun. 2025.

DUNNICLIFF, John. *Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance*. New York: John Wiley & Sons, 1988.

FREITAS, I. V.; FREITAS, G. Revisão metodológica para a análise de monitoramento e instrumentação de barragem de rejeitos de mineração. In: *COBRAMSEG 2022*, Campinas. Anais [...]. Campinas: Editora Cubo, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/cobramseg.2022.0881>. Acesso em: 30 out. 2025.

GCE INGENIERIA. *Tipos de piezómetros*. [S. l.]: GCE Ingenieria, 2018. Disponível em: <https://ingenieriagce.wordpress.com/2018/07/12/tipos-de-piezometros/>. Acesso em: 04 nov. 2025.

GEOTHRA. *Piezômetro Casagrande*. [S. l.]: Geothra, [s. d.]. Disponível em: <https://geothra.com.br/instrumentacao-geotecnica/piezometro-casagrande/>. Acesso em: 04 nov. 2025.

GRANDO, Ângela. *Propriedades e parâmetros geotécnicos de depósitos com argilas moles de Santa Catarina*. 2018. 807 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

GUESSER, Beatriz Koch. *Análise da instrumentação de aterros sobre solos moles*: estudo de caso da obra de duplicação da BR-470. 2019. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/197494/TCC_final.pdf>. Acesso em: 30 out. 2025.

GUTIÉRREZ, José Luis Carrasco. *Monitoramento da instrumentação da Barragem de Corumbá-I por redes neurais e modelos de Box & Jenkins*. 2003. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Bases de Dados Vetoriais de Geologia e Pedologia do Brasil*: escala 1:250.000. 2023. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geologia/levantamento_geologico/vetores/escala_250_mil/versao_2023/>. Acesso em: 09 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *IBGE Cidades: Itapoá*. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/itapoa/panorama>. Acesso em: 17 jun. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil*. 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

ISB GEO. *Instrumentação*: Marco superficial. [S. l.]: ISB Geo, [s. d.]. Disponível em: <https://isbgeo.com.br/instrumentacao/>. Acesso em: 04 nov. 2025.

JABOR, Marcos Augusto. *Estudo Hidrológico e Projeto de Drenagem*: consultor em drenagem de rodovias, ferrovias e urbana. [S. l.]: Consultoria em Engenharia e Análise do Valor, 2023. Apostila de curso.

KÖPPEN, Wladimir; GEIGER, Rudolf. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

MASSAD, Faiçal. *Obras de terra*: curso básico de geotecnia. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

NIETIEDT, Juliano Augusto. *Aterros instrumentados sobre solo mole*: estudo de caso BR-448. 2014. 133 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/110141>. Acesso em: 30 out. 2025.

NOVA ENGEVIX ENGENHARIA. *Relatórios de investigações geotécnicas e ensaios laboratoriais*: documentação técnica interna. Florianópolis, 2022.

PANDOLFO, C. et al. *Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 2002.

QEDU – ASSOCIAÇÃO QEDU TRANSPARÊNCIA EDUCACIONAL. *ESC MUN Içá Mirim*: Indicadores e dados educacionais. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://qedu.org.br/escola/42021405-esc-mun-ica-mirim>. Acesso em: 14 jun. 2025.

ROCHA, Luciana M. B.; DIAS, Marianna; CORRÊA, Celso N.; FALCONI, Frederico F. Avaliação de parâmetros de solo mole a partir da retro-análise da instrumentação de um aterro de pré-carga na região de Arujá-SP. In: *COBRAMSEG 2022*, Campinas. Anais [...]. Campinas: Editora Cubo, 2022. Disponível em: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/cobramseg.2022.0117>. Acesso em: 30 out. 2025.

SÃO PAULO (Estado). Fundação Florestal. *Diagnóstico técnico*: Produto 2: Meio Biótico — ARIE São Sebastião. São Paulo: Fundação Florestal, 2014. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/511/Documentos/ARIE_SSEBASTIAO/ARIE55_floresta_ombrofila_Rev1.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE (SIE). *Diretrizes para a Concepção de Estradas*: Condução do Traçado (DCE-C). Florianópolis: SIE, 2000.

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE (SIE). *Diretrizes para a Concepção de Estradas*: Interseções – Parte 1: Interseções de Nível Único (DCE-I-1). Florianópolis: SIE, 2000.

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE (SIE). *Diretrizes para a Concepção de Estradas*: Seções Transversais (DCE-S). Florianópolis: SIE, 2000.

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE (SIE). *ES-OS-04/92* — Empréstimos: Manual de Implantação Básica de Rodovia. Florianópolis: SIE, 1992. Disponível em: <https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/engenharia-rodoviaria/especificacao-servico/obras-complementares/ES-OS-04_92.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE (SIE). *ES-T-01/92* — Serviços Preliminares: Manual de Implantação Básica de Rodovia. Florianópolis: SIE, 1992.

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE (SIE). *ES-T-05/92* — Aterros: Manual de Implantação Básica de Rodovia. Florianópolis: SIE, 1992. Disponível em: <https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/engenharia-rodoviaria/especificacao-servico/terraplenagem/ES-T-05_92.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE (SIE). *Instrução de Serviço IS-01*: Elaboração de projetos rodoviários. Revisão B. Florianópolis: SIE, 2023. Disponível em: <https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/engenharia-rodoviaria/instrucao-servico/IS-01%20ELABORA%C3%87%C3%83O%20DE%20PROJETOS%20RODOVI%C3%81RIOS%20ABR23.pdf>.

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE (SIE). *Instrução de Serviço IS-04*: Estudo Geológico. Revisão B. Florianópolis: SIE, 2023. Disponível em: <https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/engenharia-rodoviaria/instrucao-servico/IS-04%20ESTUDO%20GEOL%C3%93GICO%20ABR23.pdf>.

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE (SIE). *Instrução de Serviço IS-06*: Estudo Hidrológico. Florianópolis: SIE, 1998. Disponível em: <https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/engenharia-rodoviaria/instrucao-servico/IS-06.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE (SIE). *Instrução de Serviço nº 08*: Projeto Geométrico (IS-08). Florianópolis: SIE, 2023. Disponível em: <https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/engenharia-rodoviaria/instrucao-servico/IS-08%20PROJETO%20GEOM%C3%89TRICO%20ABR23.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE (SIE). *Instrução de Serviço IS-09*: Projeto de Terraplenagem. Florianópolis: SIE, 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE (SIE). *Instrução de Serviço IS-11*: Projeto de Drenagem. Revisão B. Florianópolis: SIE, 2023. Disponível em: <https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/engenharia-rodoviaria/is-11-projeto-de-drenagem-abr23-com-anexos.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2025.

SECRETARIA DE PORTOS, AEROPORTOS E FERROVIAS (SPAF). *Estado e portos da Baía da Babitonga assinam contrato histórico para dragagem do canal de acesso*. 2025. Disponível em: <https://www.spaf.sc.gov.br/estado-e-portos-da-baia-da-babitonga-assinam-contrato-historico-para-dragagem-do-canal-de-acesso/>. Acesso em: 17 jun. 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM). *Mapa Geomorfológico do Estado de Santa Catarina*. 2024. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/24978>. Acesso em: 14 abr. 2025.

SILVEIRA, João Francisco Alves. *Instrumentação e segurança de barragens de terra e enrocamento*. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SPENCER, E. A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces. *Géotechnique*, v. 17, n. 1, p. 11–26, 1967.

TABORGA TORRICO, Jaime. *Práticas hidrológicas*. 2. ed. Rio de Janeiro: TRANSCON, 1975.

TECNOSONDA. *Inclinômetro*. [S. l.]: Tecnosonda, [s. d.]. Disponível em: <https://www.tecnosonda.com.br/fundacoes-e-geotecnia/inclinometro/>. Acesso em: 04 nov. 2025.

TOMAZ, Plínio. *Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais*. Guarulhos: Autor, 2002.

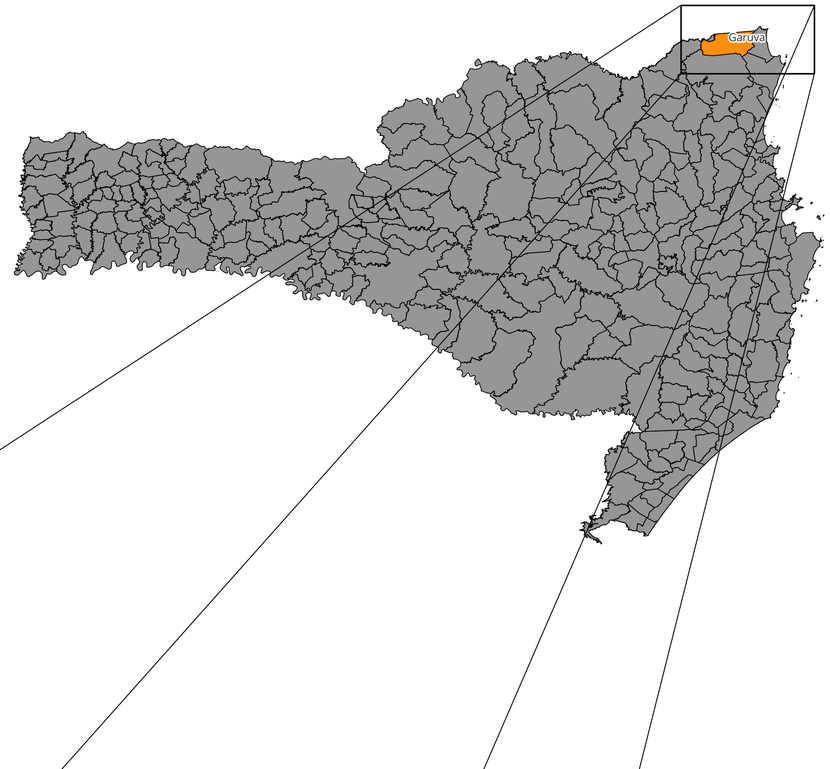
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA). Escola Politécnica. *Inclinômetro*. Salvador: UFBA, [s. d.]. Disponível em: <https://geotecnia.ufba.br/?vai=Extens%C3%A3o/Instrumenta%C3%A7%C3%A3o/Inclinometro>. Acesso em: 04 nov. 2025.

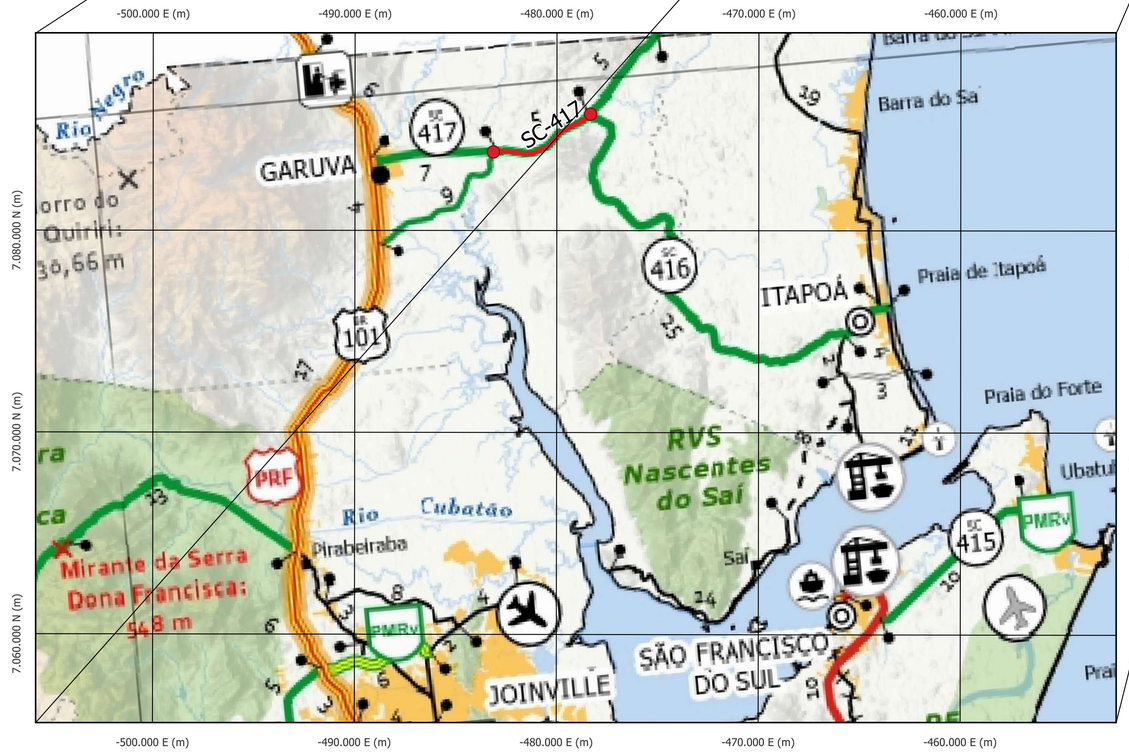
APÊNDICES

Apêndice A

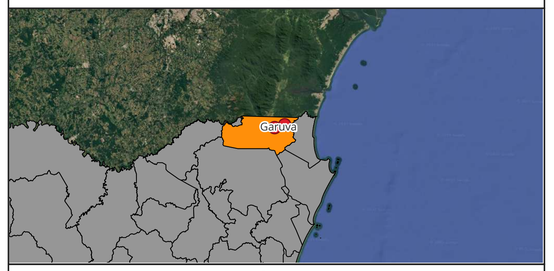
Mapa de situação







PLANTA CHAVE



LEGENDA

SC-417

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

2,900 0.0 2,900 5,800 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

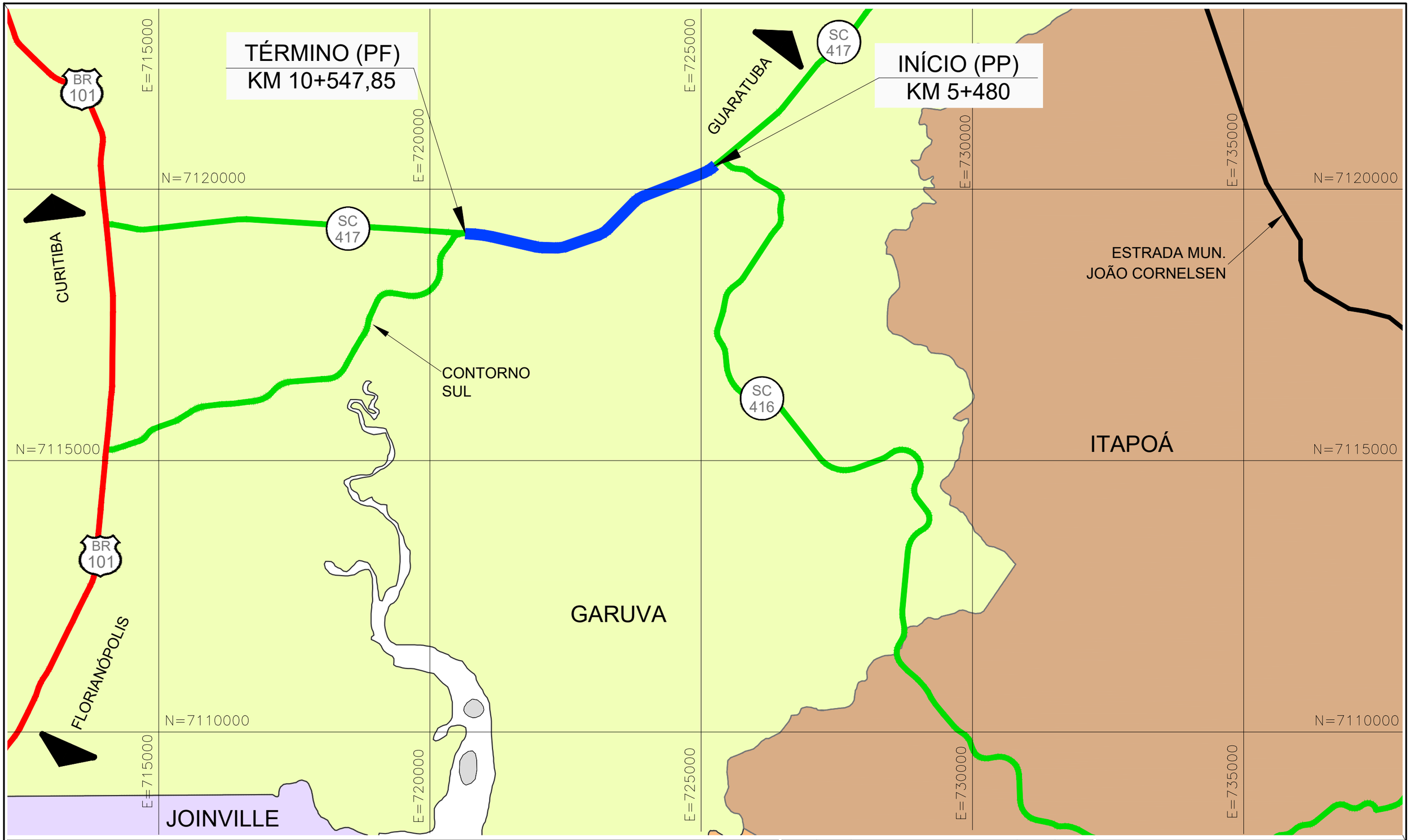
FASE DE ANTEPROJETO
MAPA DE SITUAÇÃO

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	VARIÁVEL	01/01

Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GR-DE-000	0A

Apêndice B

Mapa de localização



LEGENDA

- TRECHO DE PROJETADO
- RODOVIA ESTADUAL PAVIMENTADA
- RODOVIA FEDERAL PAVIMENTADA
- RODOVIA MUNICIPAL PAVIMENTADA
- DIVISAS

BR - RODOVIA FEDERAL

SC - RODOVIA ESTADUAL

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
A	11/06/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMS	RPB

NOTAS:

- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: MAPA DE LOCALIZAÇÃO
FASE DE ANTEPROJETO

FOLHA: 001/001

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: ALEXANDRE VITOR MORAIS DA SILVA

PROJETISTA: GABRIEL TESTONI SCHMIDT

REVISÃO: Rev.A-11/06/2025

DESENHISTA: GTS

ESCALA: SEM ESCALA

DATA: 11/06/2025

ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GR-DE-002

FORMATO A3 (420X297mm)

Apêndice C

Mapa Geológico

-485.000 E (m) -482.500 E (m) -480.000 E (m) -477.500 E (m) -475.000 E (m) -472.500 E (m)

7.087.500 N (m) 7.085.000 N (m) 7.082.500 N (m) 7.080.000 N (m) 7.077.500 N (m)

Início (0PP) = KM 5+480

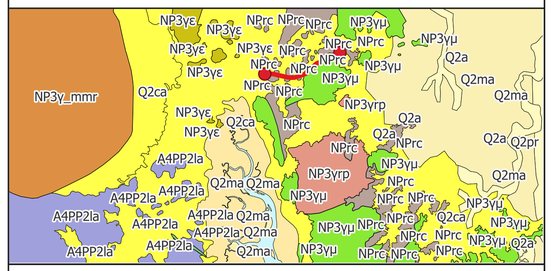
Término (PF) = KM 10+547,852

SC-417

NP3γε NP3γμ NP3γrp NPrc Q2a Q2ca Q2ma Q2pm A4PP2la

-485.000 E (m) -482.500 E (m) -480.000 E (m) -477.500 E (m) -475.000 E (m) -472.500 E (m)

PLANTA CHAVE



LEGENDA

- SC-417
- NP3γrp - Granito do Rio do Poço
- NP3γε - Granito Estrela
- NP3γμ - Morro Inglês
- NPrc - Rios das Cobras
- Q2a - Depósitos Aluvionares
- Q2ca - Depósitos colúvio-aluvionares
- Q2ma - Depósitos de Planície de maré arenosos
- Q2pm - Depósitos de pântanos de mangues

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

490 0.0 490 980 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

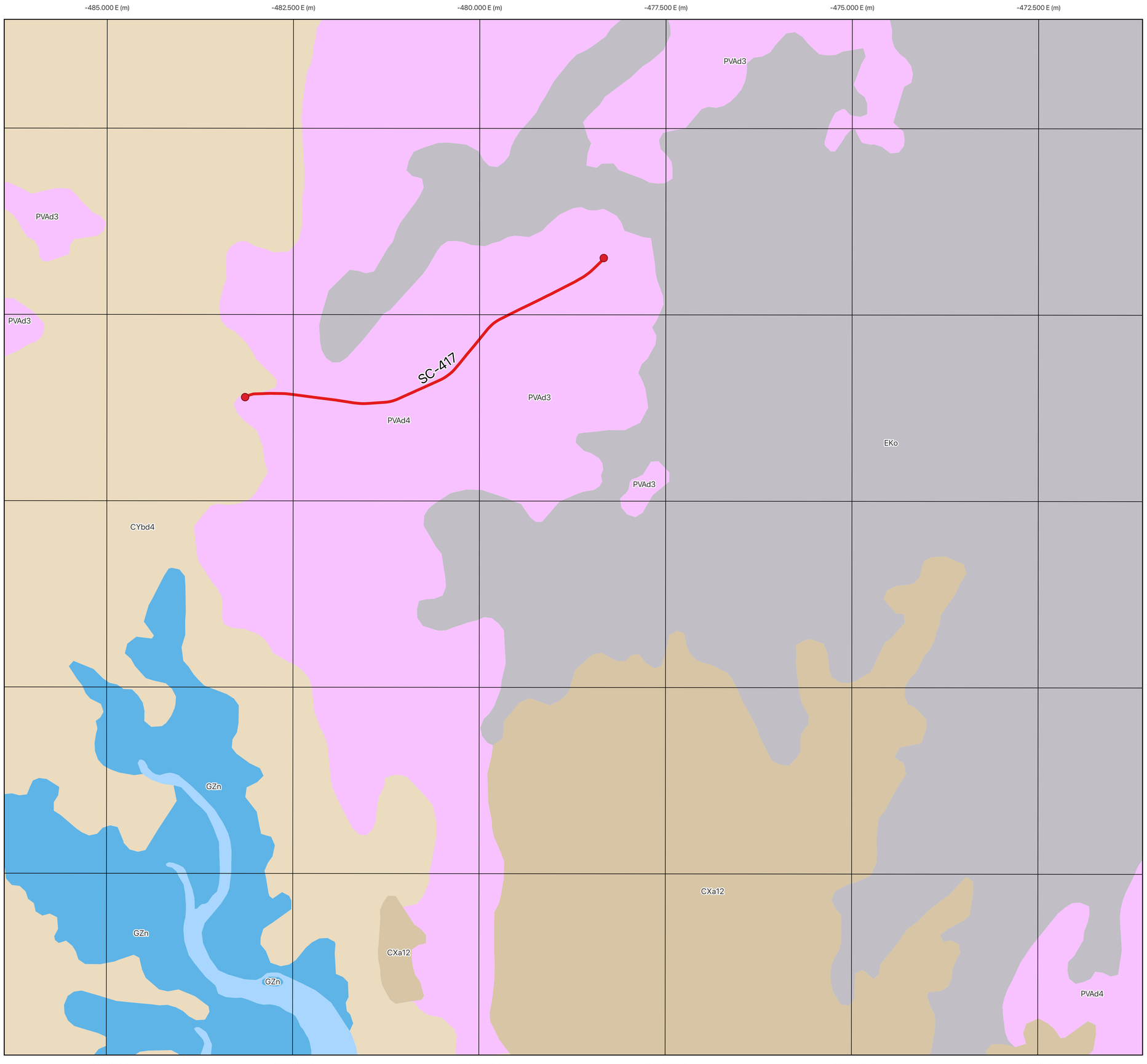
FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
MAPA GEOLÓGICO

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:25000	01/01

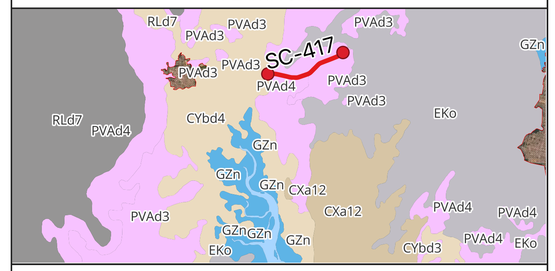
Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-001	0A

Apêndice D

Mapa Pedológico



PLANTA CHAVE



LEGENDA

- SC-417
- PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico
- CXa - Cambissolo Háplico Alumínico
- CYbd - Cambissolo Flúvico Tb Distrófico
- EKo - Espodossolo Humilúvico Órtico
- GZn - Gleissolo Sálico Sódico
- Corpo d'água continental

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento,este projeto deve ser impresso em colorido

490 0,0 490 980 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
MAPA PEDOLÓGICO

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:25000	01/01

Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-002	0A

Apêndice E

Mapa Geomorfológico

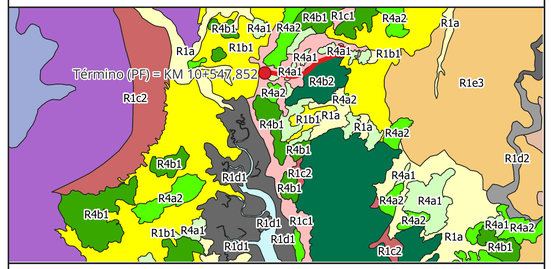
-485.000 E (m) -482.500 E (m) -480.000 E (m) -477.500 E (m) -475.000 E (m) -472.500 E (m)

7.087.500 N (m)
7.085.000 N (m)
7.082.500 N (m)
7.080.000 N (m)
7.077.500 N (m)

Início (0PP) = KM 5+480
Término (PF) = KM 10+547,852
SC-417

R1a R1b1 R1c1 R1c2 R1d1 R1d2 R1e3 R4a1 R4a2 R4b1 R4b2

PLANTA CHAVE



LEGENDA

- SC-417
- R1a - Planícies de Inundação (várzeas)
- R1b1 - Terraços Fluviais
- R1c1 - Rampas de Alúvio-Colúvio
- R1c2 - Rampas de Colúvio/ Depósito de Tálus
- R1d1 - Planícies Fluviomarinhas (mangues)
- R1e3 - Terraços Marinhos (restingas)
- R4a1 - Colinas
- R4a2 - Morros Baixos
- R4b1 - Morros Altos
- R4b2 - Cristas Isoladas e Serras Baixas

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

490 0.0 490 980 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
MAPA GEOMORFOLÓGICO - TIPO MORFOLÓGICO

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:25000	02/02

Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-003	0A

-485.000 E (m) -482.500 E (m) -480.000 E (m) -477.500 E (m) -475.000 E (m) -472.500 E (m)

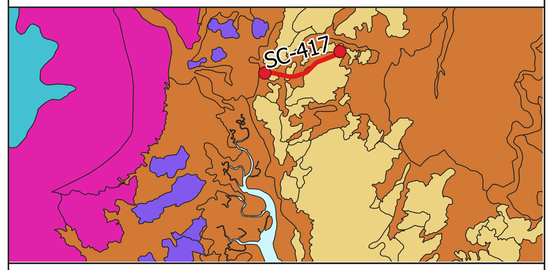
7.087.500 N (m)
7.085.000 N (m)
7.082.500 N (m)
7.080.000 N (m)
7.077.500 N (m)

Início (0PP) = KM 5+480

Término (PF) = KM 10+547,852

SC-417

PLANTA CHAVE



LEGENDA

- SC-417
- Morraria de Joinville
- Planície Costeira Norte-Catarinense / Planícies dos rios Itajaí e Itapocu
- Serrania da Península de Itapoã

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

490 0.0 490 980 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
MAPA GEOMORFOLÓGICO - UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:25000	01/02

Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-003	0A

Apêndice F

Croqui de localização de jazidas

-490.000 E (m) -488.000 E (m) -486.000 E (m) -484.000 E (m) -482.000 E (m) -480.000 E (m) -478.000 E (m) -476.000 E (m) -474.000 E (m)

7.090.000 N (m) 7.088.000 N (m) 7.086.000 N (m) 7.084.000 N (m) 7.082.000 N (m) 7.080.000 N (m) 7.078.000 N (m) 7.076.000 N (m) 7.074.000 N (m)

SAO GABRIEL MINERACAO LTDA

ACC TRANSPORTES, TERRAPLENAGEM E LOCACAO LTDA

Patricia Kluck de Araujo Epp.

MS MINERIOS DO BRASIL LTDA

Início (0PP) = KM 5+480

Término (PF) = KM 10+547,852

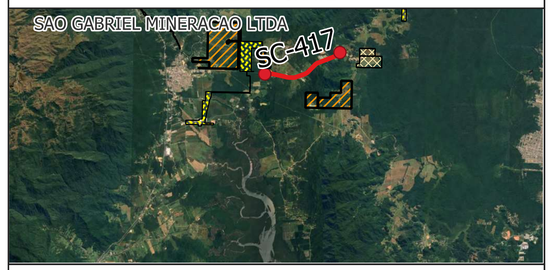
SC-417

RUDNICK MINERIOS LTDA.

RUDNICK MINERIOS LTDA.

INFRASUL - INFRAESTRUTURA E EMPREENDIMENTOS LTDA.

PLANTA CHAVE



LEGENDA

- SC-417
- Jazidas de Areia
- Jazidas de Cascalho
- Jazidas de Saibro

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

500 0.0 500 1,000 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

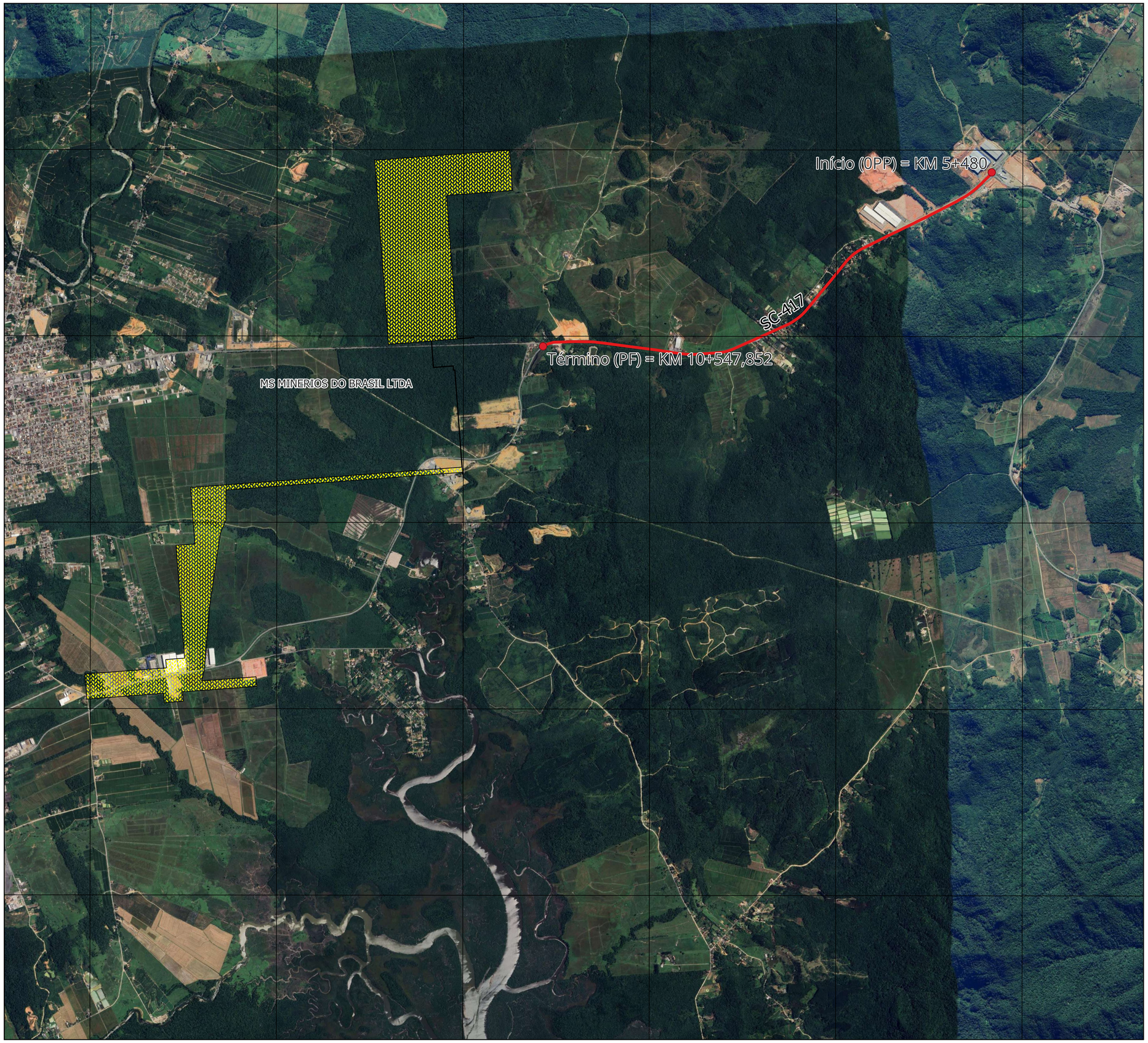
FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA - GERAL

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:20000	01/08

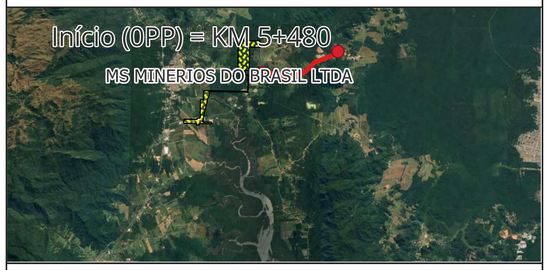
Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-004	0A

-488.000 E (m) -486.000 E (m) -484.000 E (m) -482.000 E (m) -480.000 E (m) -478.000 E (m)

7.086.000 N (m)
7.084.000 N (m)
7.082.000 N (m)
7.080.000 N (m)
7.078.000 N (m)



PLANTA CHAVE



LEGENDA

- SC-417
- Jazida de Areia - MS MINERIOS DO BRASIL LTDA

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

390 0.0 390 780 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA DE AREIA
MS MINERIOS DO BRASIL LTDA

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:20000	01/08

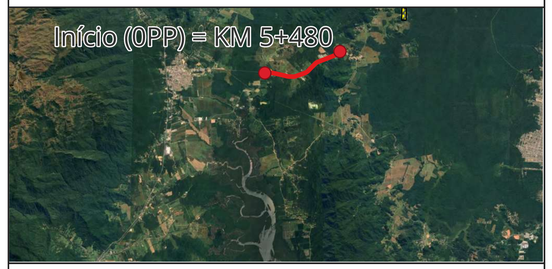
Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-004	0A

-484.000 E (m) -482.000 E (m) -480.000 E (m) -478.000 E (m) -476.000 E (m) -474.000 E (m)

7.090.000 N (m)
7.088.000 N (m)
7.086.000 N (m)
7.084.000 N (m)
7.082.000 N (m)
7.080.000 N (m)



PLANTA CHAVE



LEGENDA

- SC-417
- Jazida de Areia - HUNDT & HUNDT LTDA

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

390 0.0 390 780 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA DE AREIA
HUNDT & HUNDT LTDA

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:20000	02/08

Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-004	0A

-484.000 E (m) -482.000 E (m) -480.000 E (m) -478.000 E (m) -476.000 E (m) -474.000 E (m)

7.090.000 N (m)
7.088.000 N (m)
7.086.000 N (m)
7.084.000 N (m)
7.082.000 N (m)
7.080.000 N (m)

Início (0PP) = KM 5+480

RUDNICK MINERIOS LTDA.

SC-417

Término (PF) = KM 10+547,852

PLANTA CHAVE



LEGENDA

SC-417

Jazida de Cascalho - RUDNICK MINERIOS LTDA.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

390 0.0 390 780 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA DE AREIA
RUDNICK MINERIOS LTDA.

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:20000	03/08

Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-004	0A

-484.000 E (m) -482.000 E (m) -480.000 E (m) -478.000 E (m) -476.000 E (m) -474.000 E (m)

7.090.000 N (m)
7.088.000 N (m)
7.086.000 N (m)
7.084.000 N (m)
7.082.000 N (m)
7.080.000 N (m)



PLANTA CHAVE



LEGENDA

- SC-417
- Jazida de Cascalho - RUDNICK MINERIOS LTDA.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

390 0.0 390 780 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA DE AREIA
RUDNICK MINERIOS LTDA.

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:20000	04/08

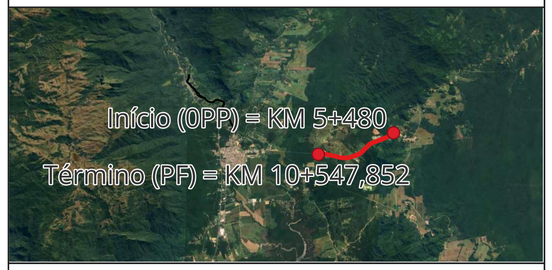
Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-004	0A

-492.000 E (m) -490.000 E (m) -488.000 E (m) -486.000 E (m) -484.000 E (m) -482.000 E (m) -480.000 E (m) -478.000 E (m)

7.092.000 N (m)
7.090.000 N (m)
7.088.000 N (m)
7.086.000 N (m)
7.084.000 N (m)
7.082.000 N (m)
7.080.000 N (m)



PLANTA CHAVE



LEGENDA

- SC-417
- Jazida de Cascalho - SAO GABRIEL MINERACAO LTDA

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

490 0.0 490 980 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

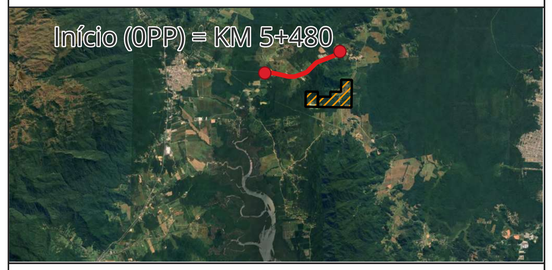
FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA DE AREIA
SAO GABRIEL MINERACAO LTDA

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:25000	05/08

Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-004	0A



PLANTA CHAVE



LEGENDA

- SC-417
- Jazida de Saibro - INFRASUL - INFRAESTRUTURA E EMPREENDIMENTOS LTDA.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

390 0.0 390 780 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA DE AREIA
INFRASUL - INFRAESTRUTURA E EMPREENDIMENTOS LTDA.

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:20000	06/08

Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-004	0A

-484.000 E (m) -482.000 E (m) -480.000 E (m) -478.000 E (m) -476.000 E (m) -474.000 E (m)

7.090.000 N (m)
7.088.000 N (m)
7.086.000 N (m)
7.084.000 N (m)
7.082.000 N (m)
7.080.000 N (m)

Início (0PP) = KM 5+480

Patricia Kluck de Araujo Epp.

SC-417

Término (PF) = KM 10+547,852

PLANTA CHAVE



LEGENDA

SC-417

Jazida de Saibro - Patricia Kluck de Araujo Epp.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

390 0.0 390 780 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA DE AREIA
Patricia Kluck de Araujo Epp.

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:20000	07/08

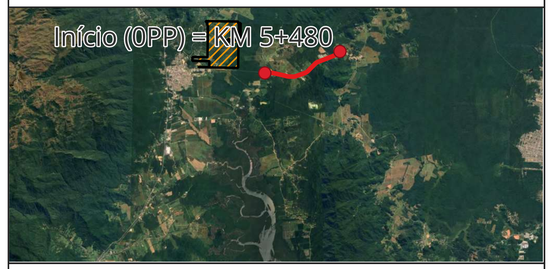
Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-004	0A

-488.000 E (m) -486.000 E (m) -484.000 E (m) -482.000 E (m) -480.000 E (m) -478.000 E (m)

7.090.000 N (m)
7.088.000 N (m)
7.086.000 N (m)
7.084.000 N (m)
7.082.000 N (m)
7.080.000 N (m)



PLANTA CHAVE



LEGENDA

- SC-417
- Jazida de Saibro - ACC TRANSPORTES, TERRAPLENAGEM E LOCACAO LTDA

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- Sistema de coordenadas projetadas | Datum SIRGAS 2000 | UTM Fuso 22 Sul
- Dimensões em metro
- Para o perfeito entendimento, este projeto deve ser impresso em colorido

390 0.0 390 780 m

REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0A	15/04/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	RFMs	RFMs

CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

EMPREENDIMENTO:
DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

TÍTULO:

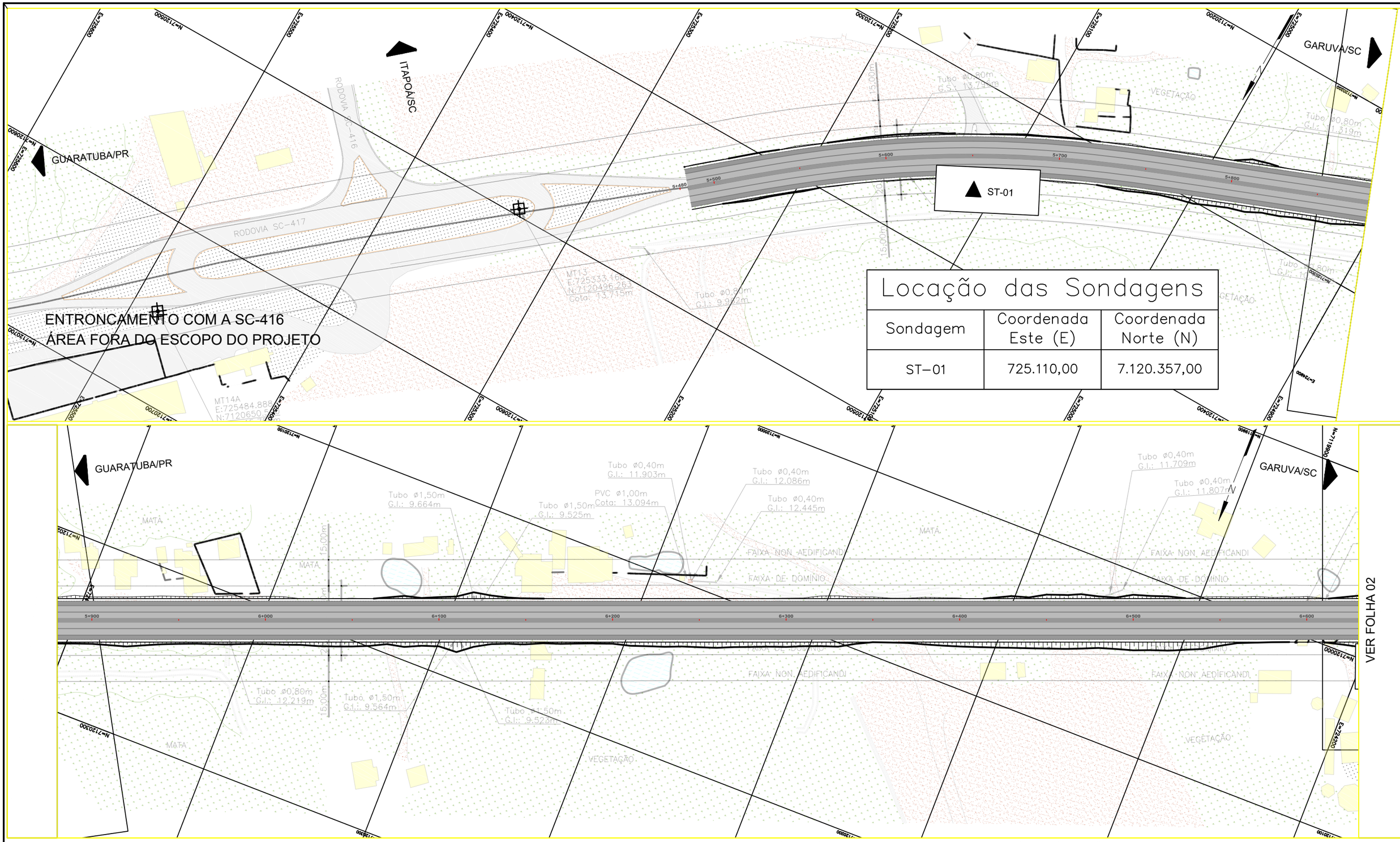
FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDO GEOLÓGICO
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA DE AREIA
ACC TRANSPORTES, TERRAPLENAGEM E LOCACAO LTDA

DATA:	ESCALA:	FOLHA:
11/06/2025	1:20000	08/08

Nº DOCUMENTO:	REVISÃO:
AGRI-ECV2903-GG-DE-004	0A

Apêndice G

Locação de sondagens



Locação das Sondagens

Sondagem	Coordenada Este (E)	Coordenada Norte (N)
ST–01	725.110,00	7.120.357,00

LEGENDA

- Sondagem a Percussão
- Sondagem a Trato

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
0	11/06/2025	EMISSÃO FINAL	AVMs	GBTs

NOTAS:

– DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
– PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
LOCAÇÃO DE SONDAGENS
PLANTA/PLANTA
KM 5+480 A KM 6+620

FOLHA: 001/004

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Alexandre Vitor Morais da Silva
PROJETISTA: Alexandre Vitor Morais da Silva
REVISÃO: Rev.0-28/05/2025

DESENHISTA: AVMs
ESCALA: 1:2000
DATA: 11/06/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GG-DE-005

FORMATO A3 (420X297mm)

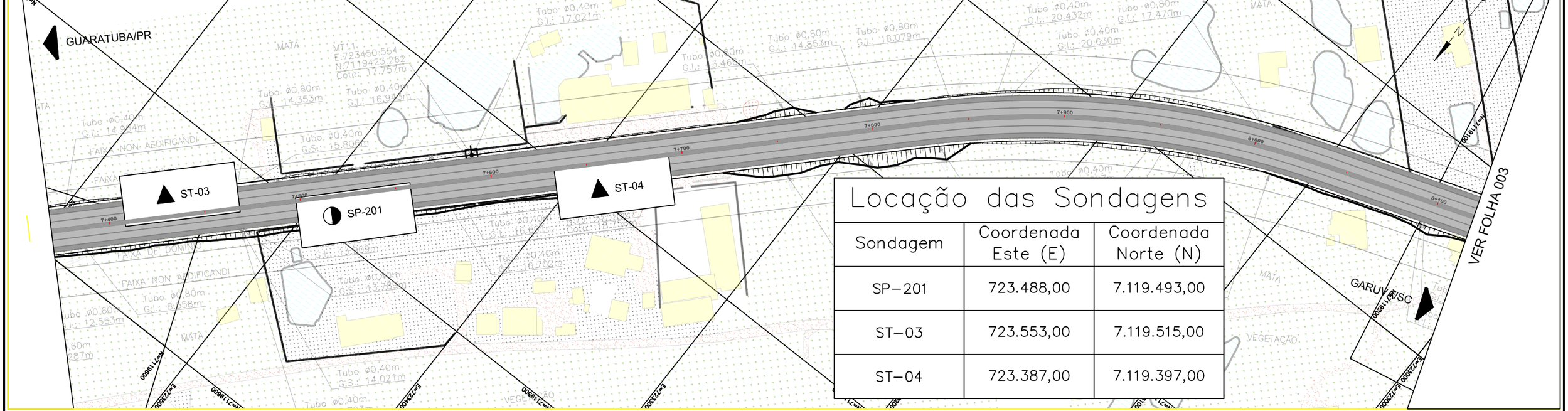
Locação das Sondagens

Sondagem	Coordenada Este (E)	Coordenada Norte (N)
ST–02	724.182,00	7.119.998,00



Locação das Sondagens

Sondagem	Coordenada Este (E)	Coordenada Norte (N)
SP–201	723.488,00	7.119.493,00
ST–03	723.553,00	7.119.515,00
ST–04	723.387,00	7.119.397,00



LEGENDA

- Sondagem a Percussão
- Sondagem a Trado

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
0	11/06/2025	EMISSÃO FINAL	AVMs	GTs

NOTAS:

- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
LOCAÇÃO DE SONDAGENS
PLANTA/PLANTA
KM 6+620 A KM 8+120

FOLHA: 002/004

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Alexandre Vitor Morais da Silva

PROJETISTA: Alexandre Vitor Morais da Silva

REVISÃO: Rev.0-28/05/2025

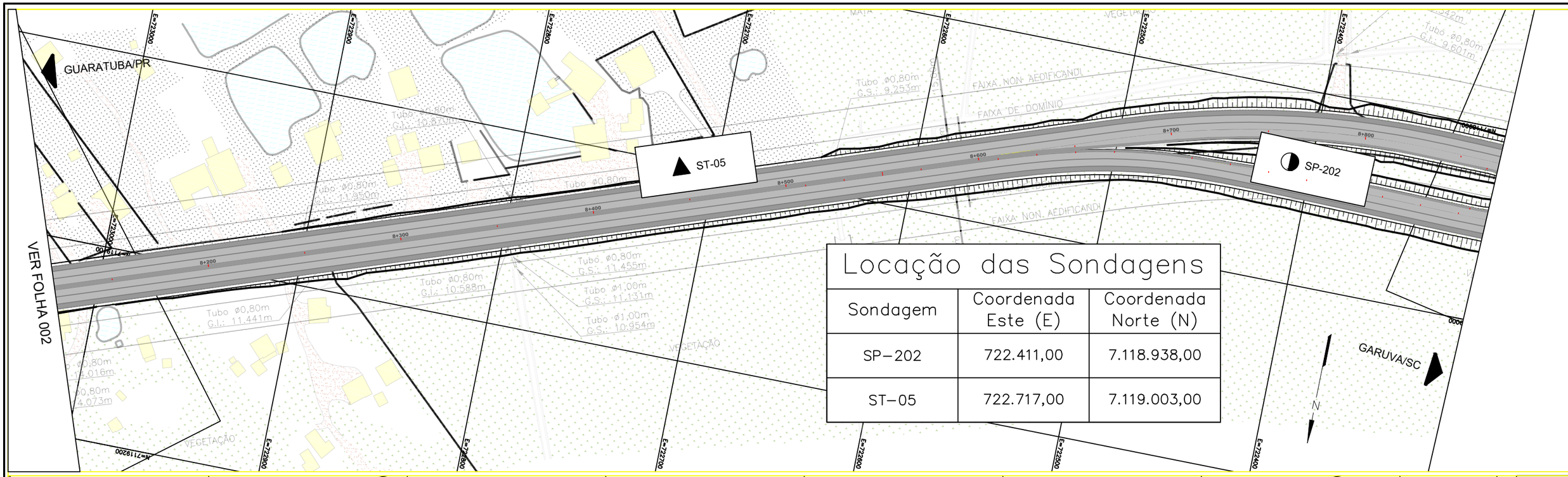
DESENHISTA: AVMs

ESCALA: 1:2000

DATA: 11/06/2025

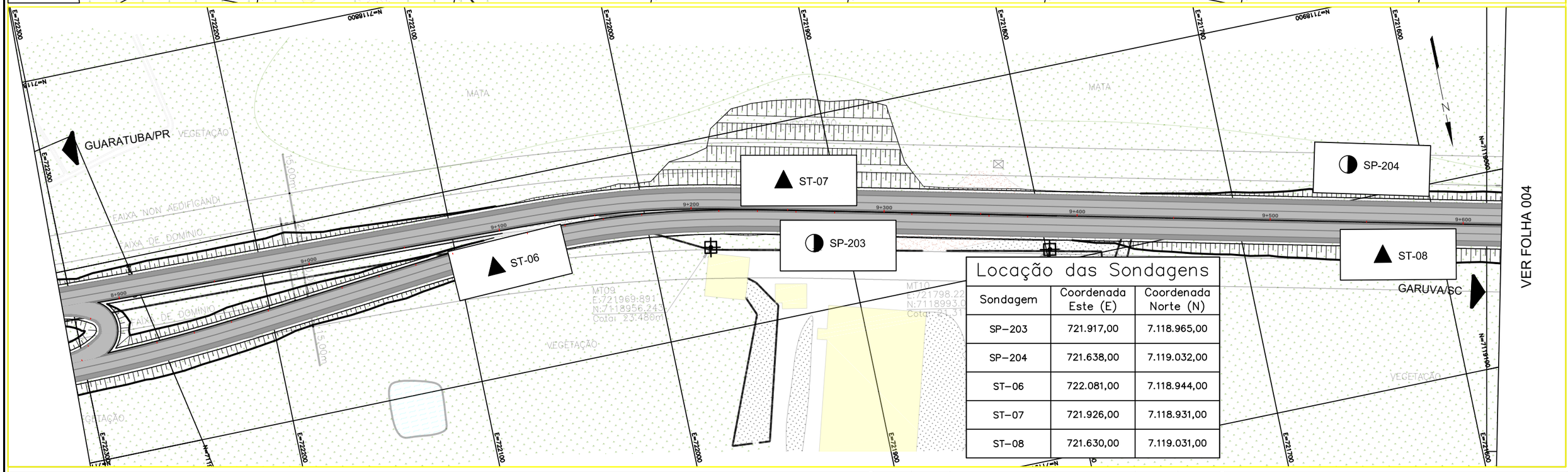
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GG-DE-005

FORMATO A3 (420X297mm)



Locação das Sondagens

Sondagem	Coordenada Este (E)	Coordenada Norte (N)
SP–202	722.411,00	7.118.938,00
ST–05	722.717,00	7.119.003,00



Locação das Sondagens

Sondagem	Coordenada Este (E)	Coordenada Norte (N)
SP–203	721.917,00	7.118.965,00
SP–204	721.638,00	7.119.032,00
ST–06	722.081,00	7.118.944,00
ST–07	721.926,00	7.118.931,00
ST–08	721.630,00	7.119.031,00

LEGENDA

- Sondagem a Percussão
- Sondagem a Trado

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
0	11/06/2025	EMISSÃO FINAL	AVMs	GTs

NOTAS:

– DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
– PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
LOCAÇÃO DE SONDAGENS
PLANTA/PLANTA
KM 8+120 - KM 9+620

FOLHA: 003/004

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Alexandre Vitor Morais da Silva

PROJETISTA: Alexandre Vitor Morais da Silva

REVISÃO: Rev.0-28/05/2025

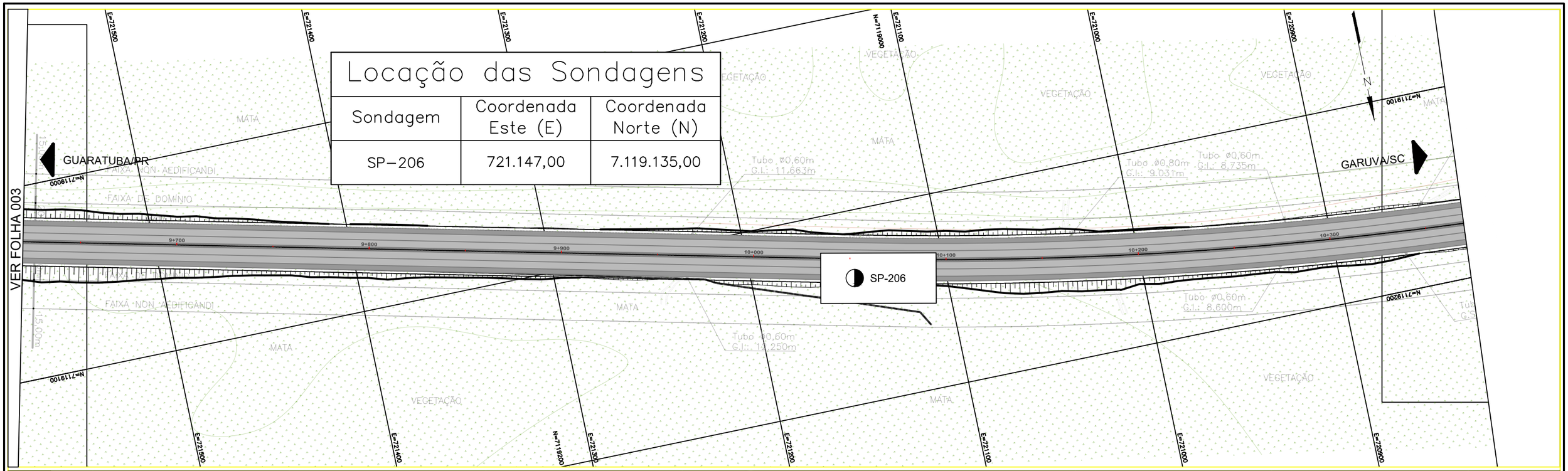
DESENHISTA: AVMs

ESCALA: 1:2000

DATA: 11/06/2024

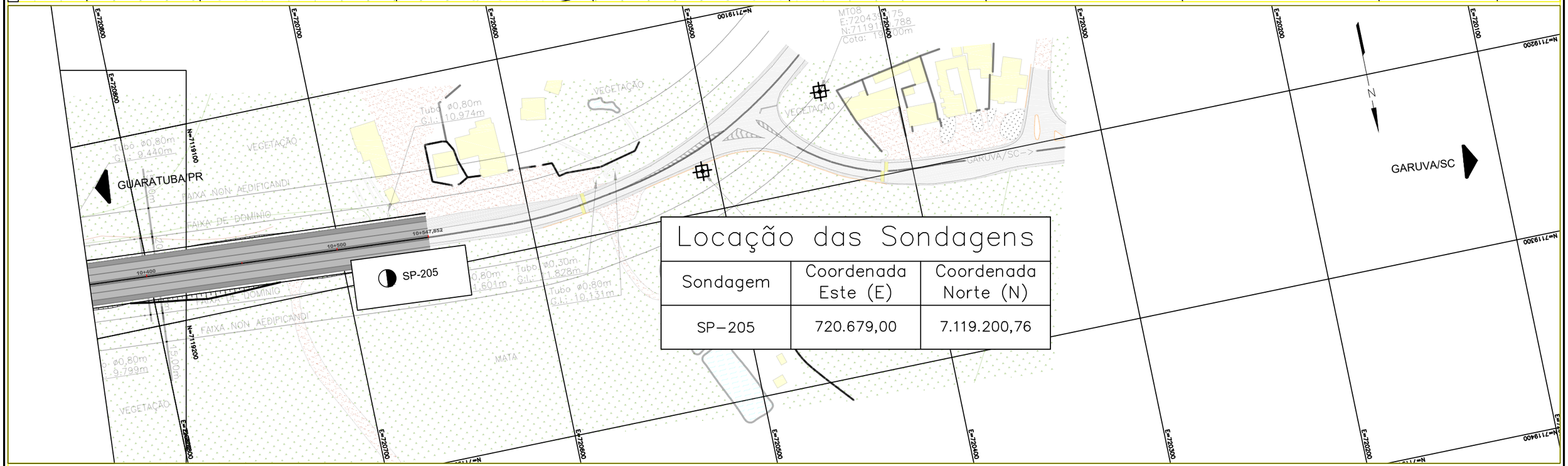
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GG-DE-005

FORMATO A3 (420X297mm)



Locação das Sondagens

Sondagem	Coordenada Este (E)	Coordenada Norte (N)
SP–206	721.147,00	7.119.135,00



Locação das Sondagens

Sondagem	Coordenada Este (E)	Coordenada Norte (N)
SP–205	720.679,00	7.119.200,76

LEGENDA

- Sondagem a Percussão
- Sondagem a Trado

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
0	11/06/2025	EMISSÃO FINAL	AVMs	GTs

NOTAS:

– DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
– PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
LOCAÇÃO DE SONDAGENS
PLANTA/PLANTA
KM 9+620-KM 10+547,852 (PF)

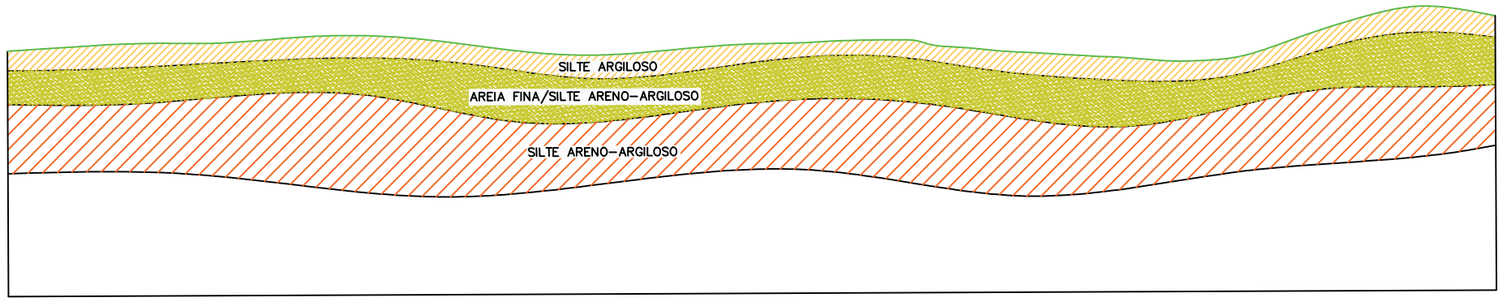
FOLHA: 004/004

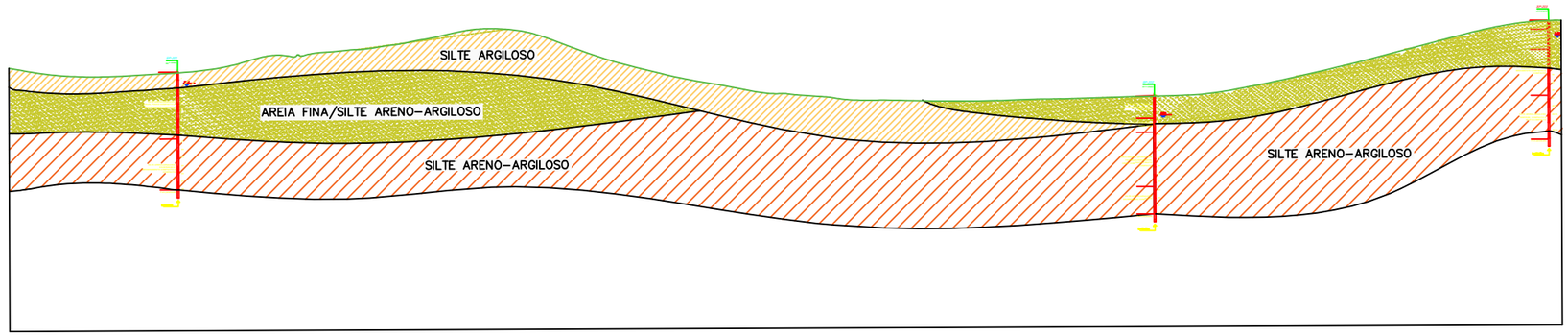
EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: Alexandre Vitor Morais da Silva
PROJETISTA: Alexandre Vitor Morais da Silva
REVISÃO: Rev.0-28/05/2025
DESENHISTA: GS
ESCALA: 1:2000
DATA: 11/06/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GG-DE-005

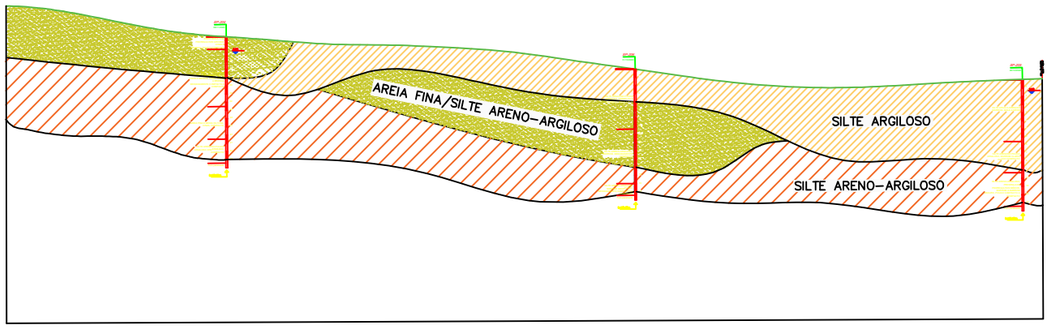
FORMATO A3 (420X297mm)

Apêndice H

Perfil Geotécnico







LEGENDA

- SILTE ARENO-ARGILOSO ARGILOSO
- SILTE ARGILOSO
- AREIA FINA/SILTE ARENO-ARGILOSO

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
0	11/06/2025	EMISSÃO INICIAL	AVMs	GTs

NOTAS:

- NOTA 1
- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO GEOMÉTRICO
PLANTA/PERFIL
KM 5+480 - KM 10+547,85

FOLHA: 001/001

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: ALEXANDRE VITOR

PROJETISTA: GABRIEL TESTONI

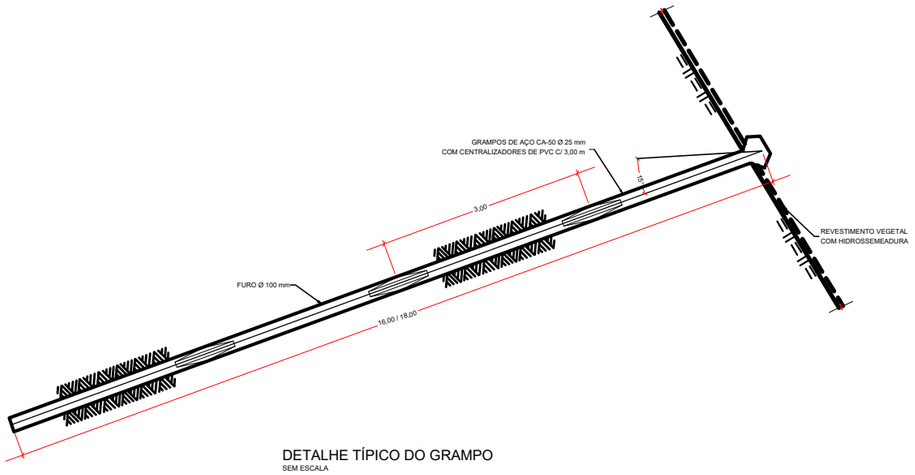
REVISÃO: Rev.0-11/06/2025

DESENHISTA	ESCALA	DATA	ARQUIVO
AVMs	1:7500	11/06/2025	AGRI-ECV2903-GG-DE-007

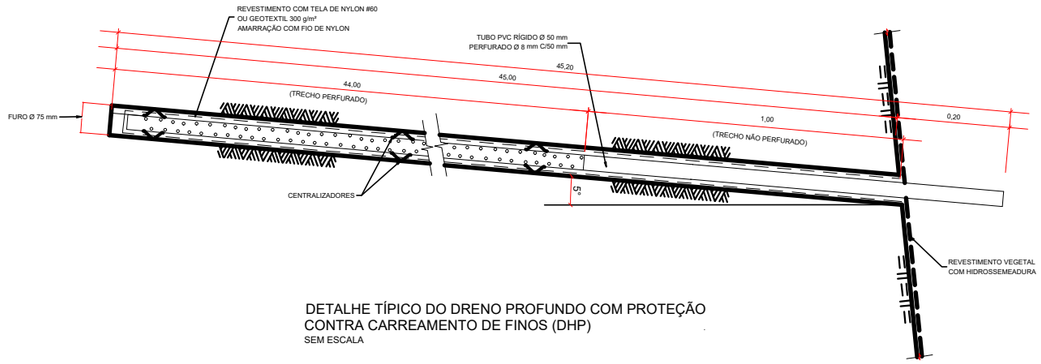
FORMATO A3 (420X297mm)

Apêndice I

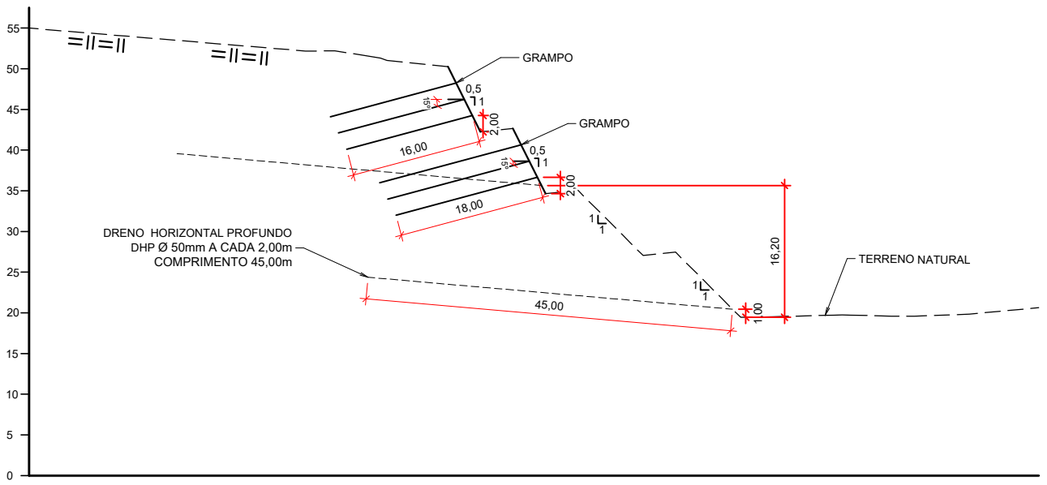
Solo Grampeado



DETALHE TÍPICO DO GRAMPO
SEM ESCALA



DETALHE TÍPICO DO DRENO PROFUNDO COM PROTEÇÃO
CONTRA CARREAMENTO DE FINOS (DHP)
SEM ESCALA



SEÇÃO TÍPICA SOLO GRAMPEADO
1:500

Linhas	Extensão (m)	Espaçamento Horizontal (m)	Comprimento Grampo (m)	Quantidade (und)	Quantidade Total (m)
1	100	2	18	150	5100
2					
3					
4			16	150	
5					
6					

Linhas	Extensão (m)	Espaçamento Horizontal (m)	Comprimento DHP (m)	Quantidade (und)	Quantidade Total (m)
1	100	2	45	80	3600
2					

LEGENDA	DESENHOS DE REFERÊNCIA	
GRAMPO		
DRENO HORIZONTAL PROFUNDO – DHP ø 50mm A CADA 2,00m		
TERRENO NATURAL		
TERRENO NATURAL		

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
00	17/11/25	EMISSÃO INICIAL	AVMS	RMS

NOTAS:
1 - DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO.
3 - COMPRIMENTOS 16,00 / 18,00 M INDICADOS NO DETALHAMENTO DO GRAMPO CORRESPONDEM ÀS VARIAÇÕES DE COMPRIMENTO MOSTRADAS NA SEÇÃO TÍPICA DO SOLO GRAMPEADO.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: PROJETOS DE ENGENHARIA PARA A DUPLICAÇÃO DA RODOVIA SC-417
Trecho: GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
SEÇÃO TÍPICA E DETALHAMENTO SOLO GRAMPEADO
SEÇÃO
KM 9+260 - KM 9+360

FOLHA: 00

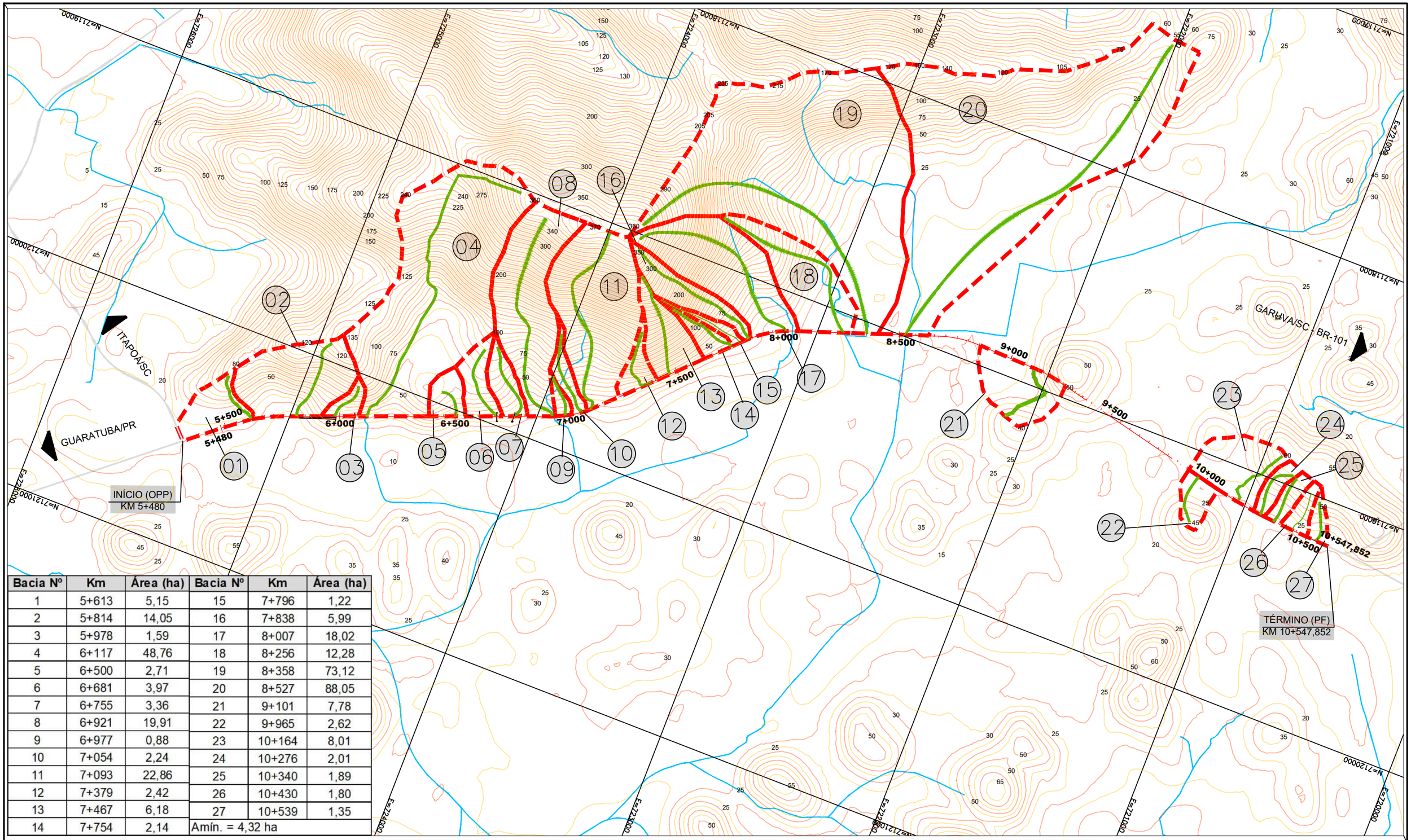
EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO	PROJETISTA	REVISÃO
RAFAEL MULLER SCHMITZ	ALEXANDRE VITOR MORAIS DA SILVA	Rev.0-17/11/2025

DESENHISTA	ESCALA	DATA	ARQUIVO
AE	INDICADA	17/11/2025	AGRI-ECV2903-GG-DE-008

Apêndice J

Mapa de delimitação das Bacias Hidrográficas



Bacia Nº	Km	Área (ha)	Bacia Nº	Km	Área (ha)
1	5+613	5,15	15	7+796	1,22
2	5+814	14,05	16	7+838	5,99
3	5+978	1,59	17	8+007	18,02
4	6+117	48,76	18	8+256	12,28
5	6+500	2,71	19	8+358	73,12
6	6+681	3,97	20	8+527	88,05
7	6+755	3,36	21	9+101	7,78
8	6+921	19,91	22	9+965	2,62
9	6+977	0,88	23	10+164	8,01
10	7+054	2,24	24	10+276	2,01
11	7+093	22,86	25	10+340	1,89
12	7+379	2,42	26	10+430	1,80
13	7+467	6,18	27	10+539	1,35
14	7+754	2,14	Amín. = 4,32 ha		

LEGENDA

- CURVA DE NÍVEL MESTRA
- CURVA DE NÍVEL AUXILIAR
- HIDROGRAFIA
- DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA
- TALVEGUE PRINCIPAL
- EIXO DE PROJETO
- RODOVIAS EXISTENTES
- (Nº) NUMERAÇÃO DA BACIA

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
A	11/06/2025	EMISSÃO INICIAL	GTS	RPB

NOTAS:

- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
ESTUDOS HIDROLÓGICOS
MAPA DE DELIMITAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

FOLHA: 001/001

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: RAFAEL PONTES BERNAD
PROJETISTA: GABRIEL TESTONI SCHMIDT
REVISÃO: Rev.A-11/06/2025
DESENHISTA: GTS
ESCALA: 1:15.000
DATA: 11/06/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-DE-HD-001

FORMATO A3 (420X297mm)

Apêndice K

Quadro de características técnicas

RODOVIA:	SC-417	**TRECHO:**	ENTR. SC-416 - CONTORNO DE GARUVA	**SEGMENTO:**	SEGMENTO 2 (DUPLICAÇÃO)
CLASSE DA RODOVIA:	A-II	**RELEVO:**	PLANO	**VELOCIDADE DE PROJETO (km/h):** 80	**EXTENSÃO TOTAL (m):** 5.067,86
PISTA:	22,00	**DISTÂNCIA MÍNIMA DE VISIBILIDADE DE PARADA (m):**	170	**VELOCIDADE OPERACIONAL V85 (km/h):** 100	**INCLINAÇÃO LONGITUDINAL MÁXIMA (%):** 3,3%
FAXA DE BORDO(m):	0,50	**INCLINAÇÃO TRANSVERSAL DE PISTA (%):**	2,50	**FOLGA DE TERRAPLENAGEM (m):** 1,50	**INCLINAÇÃO DOS TALUDES** — **CORTE:** 1:1 (H:V) (1ª CAT)
LARGURA DA PLATAFORMA DE TERRAPLENAGEM (m):	25,00	**INCLINAÇÃO TRANSVERSAL DO ACOSTAMENTO (%):**	2,50	**EXTENSÃO DE OAE * (m):** IN	**INCLINAÇÃO DOS TALUDES** — **ATERRO:** 1,5:1 (H:V)

PLANTA

CURVAS	COM TRANSIÇÃO	RAIO MÍNIMO (m)	FREQUÊNCIA	EXTENSÃO (m)
		350,000	1	172,99
		NÚMERO DE CURVAS:	7	
		EXTENSÃO TOTAL (m):	1.505,03	
	SEM TRANSIÇÃO	RAIO MÍNIMO (m)	FREQUÊNCIA	EXTENSÃO (m)
		1.000,000	1	111,50
		NÚMERO DE CURVAS:	2	
		EXTENSÃO TOTAL (m):	430,37	
	EXTENSÃO TOTAL EM CURVA (m):		1935,40	
TANGENTE	EXTENSÃO MÍNIMA EM TANGENTE(m):		10,37	
	EXTENSÃO MÁXIMA EM TANGENTE (m):		1121,11	
	EXTENSÃO TOTAL EM TANGENTE (m):		3756,31	

PERFIL

RAMPA	ACLIVE		NÍVEL	DECLIVES	
	INTERVALO (m)	EXTENSÃO (m)	EXTENSÃO (m)	INTERVALO (m)	EXTENSÃO (m)
	0 < i ≤ 1	1.140,69	0,00	0 < i ≤ 1	970,72
	1 < i ≤ 2	295,74		1 < i ≤ 2	489,37
	2 < i ≤ 3	246,42		2 < i ≤ 3	176,08
	3 < i ≤ 4	73,31		3 < i ≤ 4	0,00
	4 < i ≤ 5	0,00		4 < i ≤ 5	0,00
	5 < i ≤ 6	0,00		5 < i ≤ 6	0,00
	6 < i ≤ 7	0,00		6 < i ≤ 7	0,00
	7 < i ≤ 8	0,00		7 < i ≤ 8	0,00
	8 < i ≤ 9	0,00		8 < i ≤ 9	0,00
	9 < i ≤ 10	0,00		9 < i ≤ 10	0,00
	10 < i ≤ 11	0,00		10 < i ≤ 11	0,00
	> 11	0,00		> 11	0,00
	TOTAL	1.756,16	0,00	TOTAL	1.636,17

CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS

PARÂMETROS DE TRÁFEGO	MARCO / ANO	VEÍCULOS/DIA
TRÁFEGO MÉDIO DIÁRIO ANUAL	ANO DE ABERTURA - 2026	12.530
	10º ANO DE PROJETO - 2035	15.382

CURVAS	PARÂMETROS	VALORES MÍNIMOS			EXTENSÃO
		Rv (m)	FREQUÊNCIA	EXTENSÃO (m)	TOTAL (m)
	CÔNCAVAS	2.000,00	2,00	112,27	675,40
	CONVEXAS	4.400,00	1,00	208,44	1.000,12

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
A	11/06/25	EMISSÃO INICIAL	AE	IL

NOTAS:

- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO GEOMÉTRICO
QUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

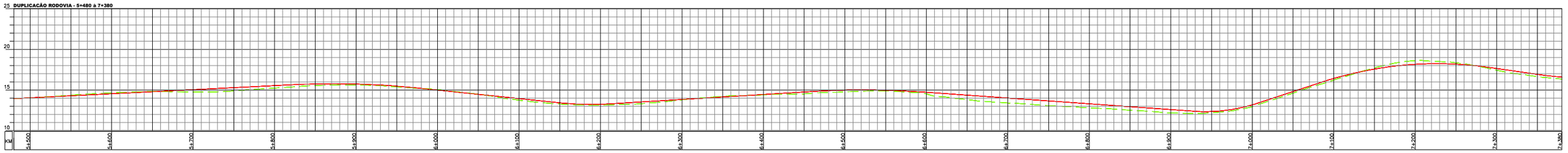
FOLHA: 001/001

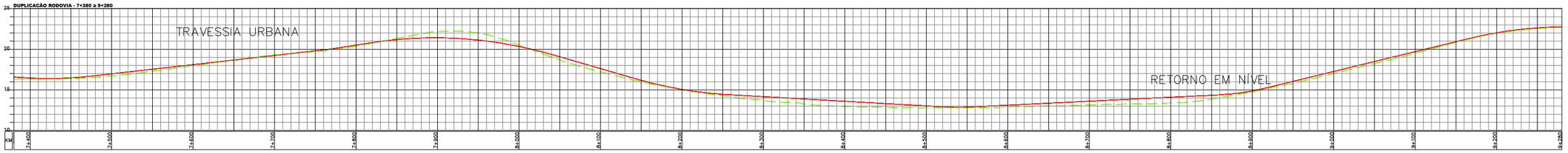
EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: IAN LOSS
PROJETISTA: ALISSON ECCHER
REVISÃO: Rev.0-11/06/2025
DESENHISTA: AE
ESCALA: S/E
DATA: 11/06/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GM-DE-001

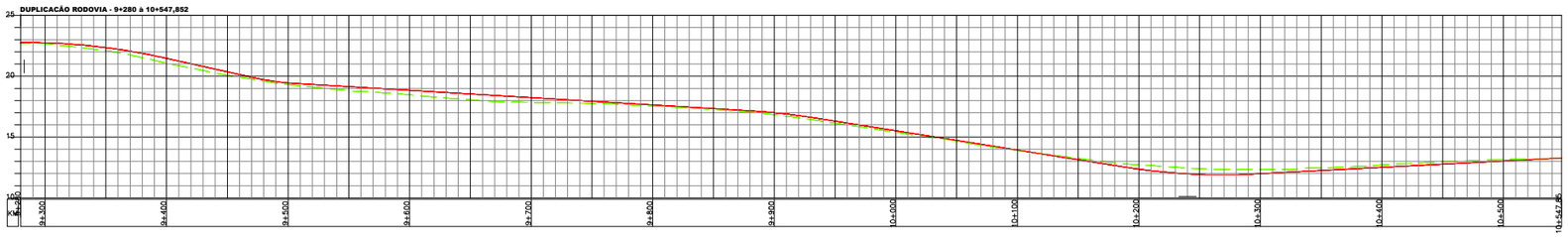
FORMATO A3 (420X297mm)

Apêndice L

Perfil geral







1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA O PERFEITO ENTENDIMENTO, ESTE DOCUMENTO DEVERÁ SER IMPRESSO COLORIDO.

TERRENO NATURAL
GREIDE DE PAVIMENTAÇÃO

ESCALA GRÁFICA

HORIZONTAL 0 25 50 75 100 125m

VERTICAL 0 2.5 5 7.5 10 12.5m

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
A	11/06/25	EMISSÃO INICIAL	AE	IL

NOTAS:

– DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
– PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UFSC

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO GEOMÉTRICO
PERFIL LONGITUDINAL

FOLHA: 001/001

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: IAN LOSS

PROJETISTA: ALISSON ECCHER

REVISÃO: Rev.0-11/06/2025

DESENHISTA: AE

ESCALA: 1:5000

DATA: 11/06/2025

ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GM-DE-002

FORMATO A3 (420X297mm)

Apêndice M

Planta e perfil - Linha Geral

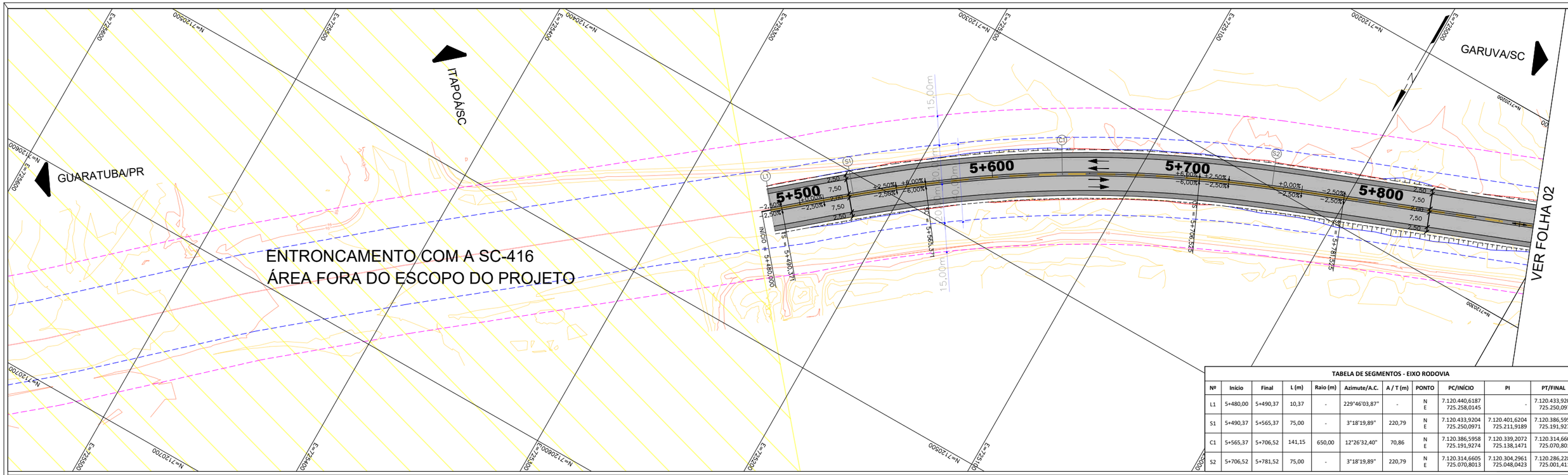
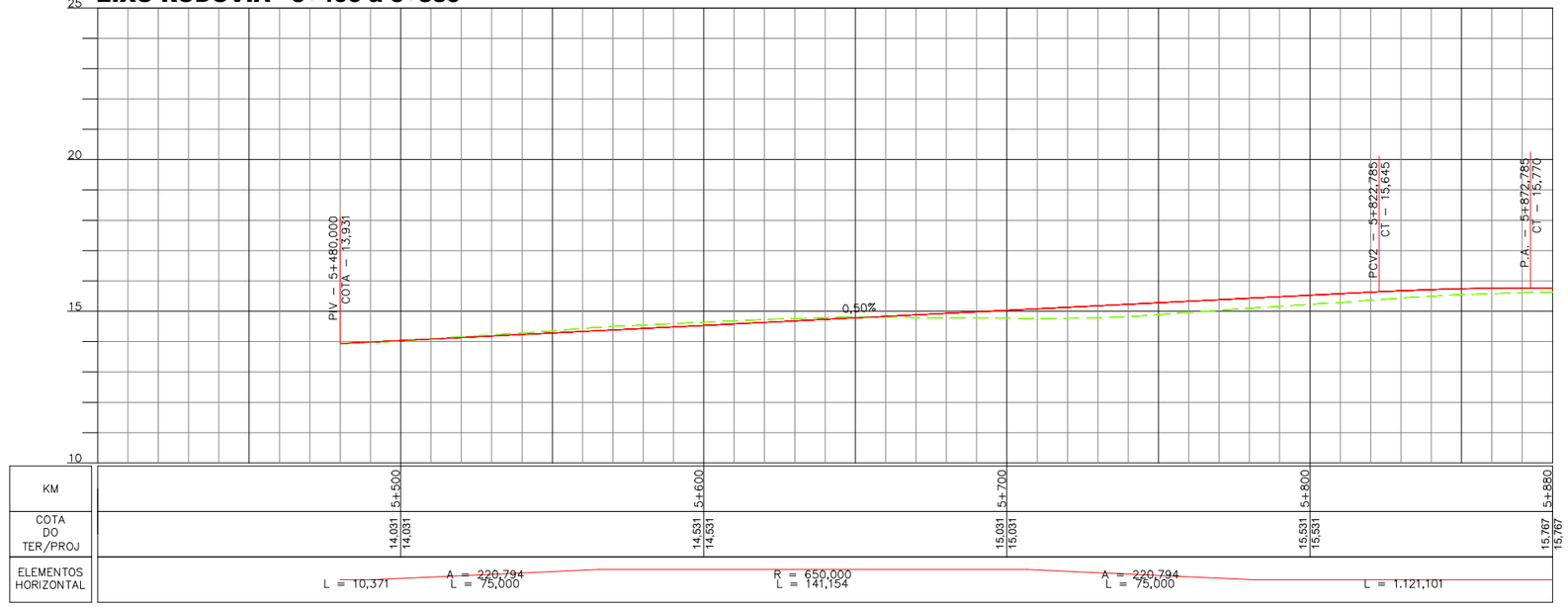


TABELA DE SEGMENTOS - EIXO RODOVIA										
Nº	Início	Final	L (m)	Raio (m)	Azimute/A.C.	A / T (m)	PONTO	PC/INÍCIO	PI	PT/FINAL
L1	5+480,00	5+490,37	10,37	-	229°46'03,87"	-	N E	7.120.440,6187 725.258,0145	-	7.120.433,9204 725.250,0971
S1	5+490,37	5+565,37	75,00	-	3°18'19,89"	220,79	N E	7.120.433,9204 725.250,0971	7.120.401,6204 725.211,9189	7.120.386,5958 725.191,9274
C1	5+565,37	5+706,52	141,15	650,00	12°26'32,40"	70,86	N E	7.120.386,5958 725.191,9274	7.120.339,2072 725.138,1471	7.120.314,6605 725.070,8013
S2	5+706,52	5+781,52	75,00	-	3°18'19,89"	220,79	N E	7.120.314,6605 725.070,8013	7.120.304,2961 725.048,0423	7.120.286,2289 725.001,4113

EIXO RODOVIA - 5+400 à 5+880



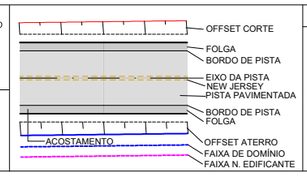
KM	5+500	5+600	5+700	5+800	5+880
COTA DO TER/PROJ	14,031 / 14,031	14,531 / 14,531	15,031 / 15,031	15,531 / 15,531	15,767 / 15,767
ELEMENTOS HORIZONTAL	L = 10,371	A = 220,794 L = 75,000	R = 650,000 L = 141,154	A = 220,794 L = 75,000	L = 1.121,101

1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA O PERFEITO ENTENDIMENTO, ESTE DOCUMENTO DEVERÁ SER IMPRESSO COLORIDO.

ESCALA GRÁFICA

HORIZONTAL 0 10 20 30 40 50m

VERTICAL 0 1 2 3 4 5m



PONTOS DE CURVAS HORIZONTAIS	
TS	TANGENTE ESPIRAL
SC	ESPIRAL CIRCULAR
CS	CIRCULAR ESPIRAL
ST	ESPIRAL TANGENTE
PC	TANGENTE CIRCULAR
PT	CIRCULAR TANGENTE
PCC	CIRCULAR CIRCULAR
PRC	CIRCULAR REVERSA

PONTOS DE CURVAS VERTICAIS	
PCV	PTO. DO PRINCÍPIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PONTO DE INTERSEÇÃO DAS RAMPAS
PTV	PONTO DE TÉRMINO DE CURVA VERTICAL
PRCV	PONTO DE ENCONTRO DE CURVAS VERTICAIS
P.B.	PONTO BAIXO
P.A.	PONTO ALTO

TABELA DE ELEMENTOS	
C	TRECHO EM CURVA
L	TRECHO EM TANGENTE

SONDAGEM

PLANTA: ST-XX — PERFIL: ST-XX / X.X

- TERRENO NATURAL
- GREIDE DE PAVIMENTAÇÃO
- OAC EM PERFIL (EXISTENTE)
- OAC EM PERFIL (PROJETADO)
- OAC EM PLANTA (EXISTENTE)
- OAC EM PLANTA (PROJETADO)
- DISSIPADOR DE ENERGIA

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
B	25/11/2025	ALTERAÇÕES E ATUALIZAÇÕES	AE	IL
A	11/06/25	EMISSÃO INICIAL	AE	IL

NOTAS:
- NOTA 1
- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO GEOMÉTRICO
PLANTA/PERFIL
KM 5+480 - KM 5+880

FOLHA: 001/008

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: ALISSON ECCHER

PROJETISTA: ALISSON ECCHER

REVISÃO: Rev.1-25/11/2025

DESENHISTA: AE

ESCALA: 1:2000

DATA: 25/11/2025

ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GM-DE-003

FORMATO A3 (420X297mm)

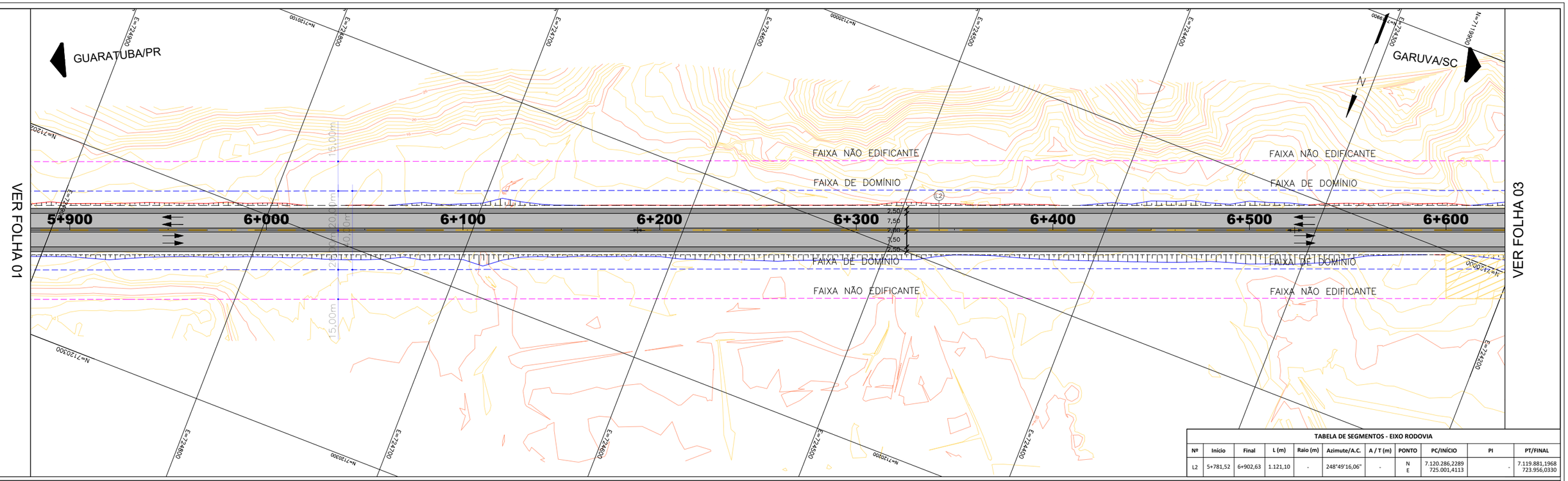
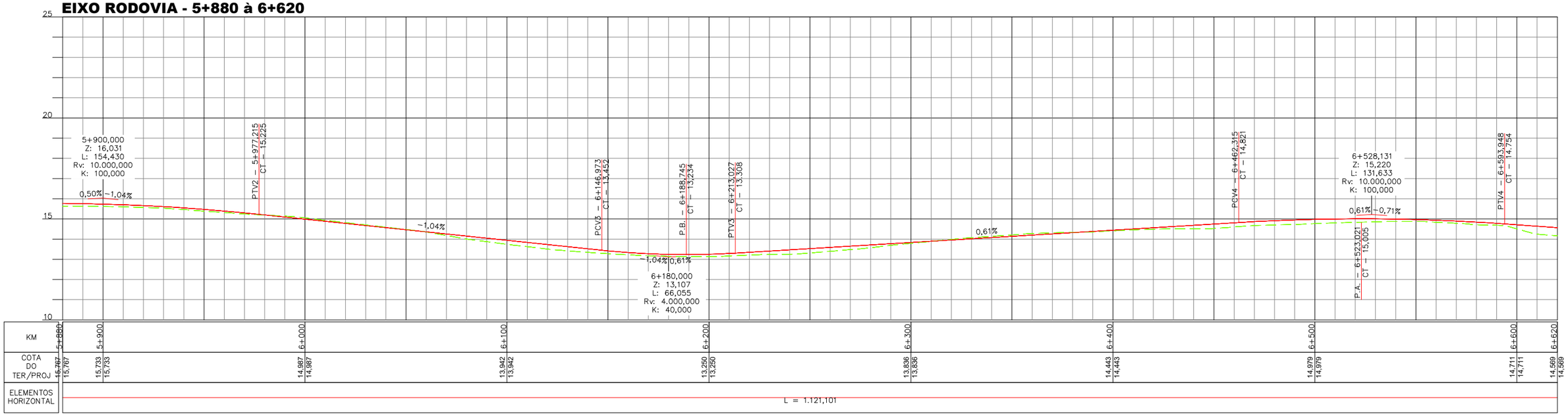


TABELA DE SEGMENTOS - EIXO RODOVIA										
Nº	Início	Final	L (m)	Raio (m)	Azimute/A.C.	A / T (m)	PONTO	PC/INÍCIO	PI	PT/FINAL
L2	5+781,52	6+902,63	1.121,10	-	248°49'16,06"	-	N E	7.120.286,2289 725.001,4113	-	7.119.881,1968 723.956,0330

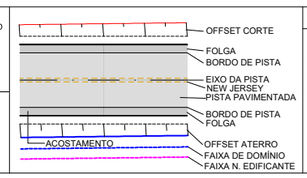
EIXO RODOVIA - 5+880 à 6+620



1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA O PERFEITO ENTENDIMENTO, ESTE DOCUMENTO DEVERÁ SER IMPRESSO COLORIDO.

ESCALA GRÁFICA

HORIZONTAL 0 10 20 30 40 50m
VERTICAL 0 1 2 3 4 5m



PONTOS DE CURVAS HORIZONTAIS	
TS	TANGENTE ESPIRAL
SC	ESPIRAL CIRCULAR
CS	CIRCULAR ESPIRAL
ST	ESPIRAL TANGENTE
PC	TANGENTE CIRCULAR
PT	CIRCULAR TANGENTE
PCC	CIRCULAR CIRCULAR
PRC	CIRCULAR REVERSA

PONTOS DE CURVAS VERTICAIS	
PCV	PTO. DO PRINCÍPIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PONTO DE INTERSEÇÃO DAS RAMPAS
PTV	PONTO DE TÉRMINO DE CURVA VERTICAL
PRCV	PONTO DE ENCONTRO DE CURVAS VERTICAIS
P.B.	PONTO BAIXO
P.A.	PONTO ALTO

TABELA DE ELEMENTOS	
C	TRECHO EM CURVA
L	TRECHO EM TANGENTE

SONDAGEM

PLANTA	PERFIL
ST-XX	ST-XX X.X

- TERRENO NATURAL
- GREIDE DE PAVIMENTAÇÃO
- OAC EM PERFIL (EXISTENTE)
- OAC EM PERFIL (PROJETADO)
- OAC EM PLANTA (EXISTENTE)
- OAC EM PLANTA (PROJETADO)
- DISSIPADOR DE ENERGIA

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
B	25/11/2025	ALTERAÇÕES E ATUALIZAÇÕES	AE	IL
A	11/06/25	EMISSÃO INICIAL	AE	IL

NOTAS:
- NOTA 1
- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO GEOMÉTRICO
PLANTA/PERFIL
KM 5+880 - KM 6+620

FOLHA: 002/008

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: ALISSON ECCHER
PROJETISTA: ALISSON ECCHER
REVISÃO: Rev.1-25/11/2025
DESENHISTA: AE
ESCALA: 1:2000
DATA: 25/11/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GM-DE-004

FORMATO A3 (420X297mm)

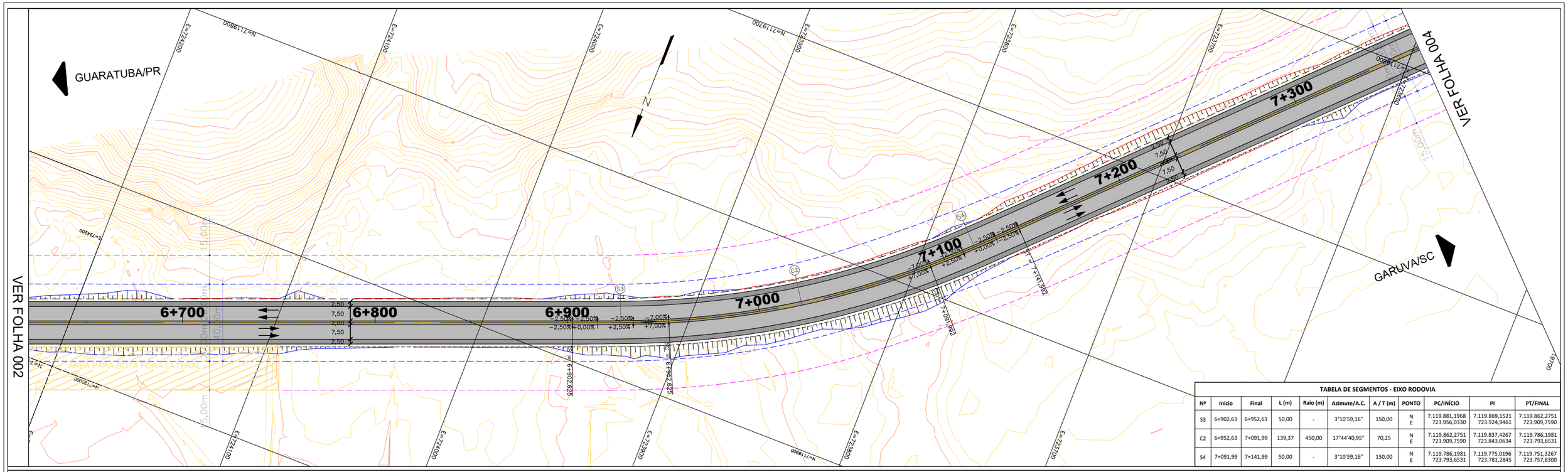
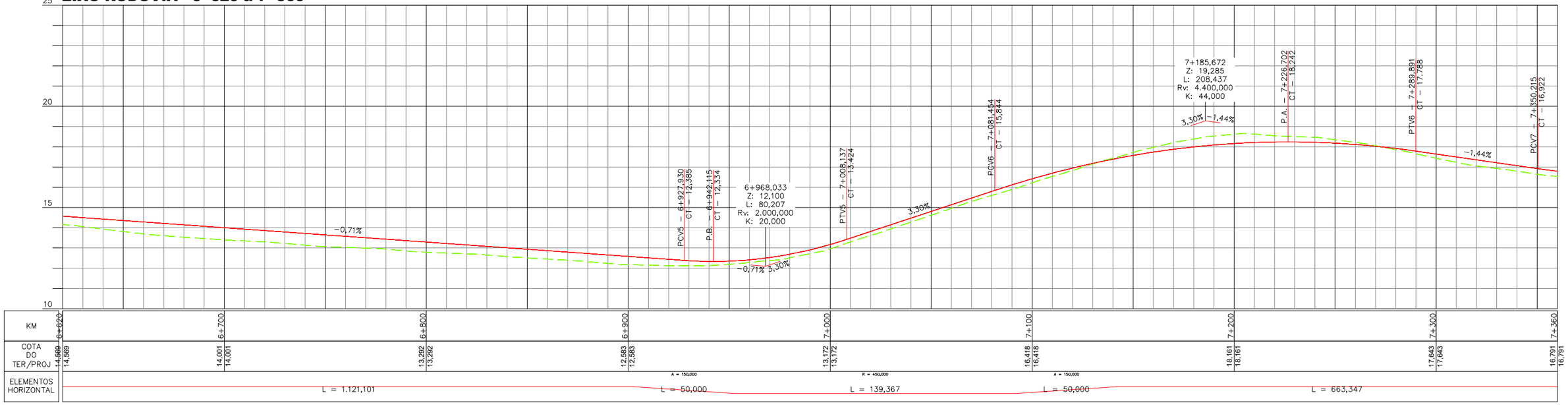


TABELA DE SEGMENTOS - EIXO RODOVIA										
Nº	Início	Final	L (m)	Raio (m)	Azimute/A.C.	A / T (m)	PONTO	PC/INÍCIO	PI	PT/FINAL
S3	6+902,63	6+952,63	50,00	-	3°10'59,16"	150,00	N E	7.119.881,1968 723.956,0330	7.119.869,1521 723.924,9461	7.119.862,2751 723.909,7590
C2	6+952,63	7+091,99	139,37	450,00	17°44'40,95"	70,25	N E	7.119.862,2751 723.909,7590	7.119.837,4267 723.843,0634	7.119.786,1981 723.793,6531
S4	7+091,99	7+141,99	50,00	-	3°10'59,16"	150,00	N E	7.119.786,1981 723.793,6531	7.119.775,0196 723.781,2845	7.119.751,3267 723.757,8300

EIXO RODOVIA - 6+620 à 7+360

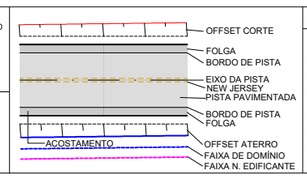


1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA O PERFEITO ENTENDIMENTO, ESTE DOCUMENTO DEVERÁ SER IMPRESSO COLORIDO.

ESCALA GRÁFICA

HORIZONTAL 0 10 20 30 40 50m

VERTICAL 0 1 2 3 4 5m



PONTOS DE CURVAS HORIZONTAIS	
TS	TANGENTE ESPIRAL
SC	ESPIRAL CIRCULAR
CS	CIRCULAR ESPIRAL
ST	ESPIRAL TANGENTE
PC	TANGENTE CIRCULAR
PT	CIRCULAR TANGENTE
PCC	CIRCULAR CIRCULAR
PRC	CIRCULAR REVERSA

PONTOS DE CURVAS VERTICAIS	
PCV	PTO. DO PRINCÍPIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PONTO DE INTERSEÇÃO DAS RAMPAS
PTV	PONTO DE TÉRMINO DE CURVA VERTICAL
PRCV	PONTO DE ENCONTRO DE CURVAS VERTICAIS
P.B.	PONTO BAIXO
P.A.	PONTO ALTO

TABELA DE ELEMENTOS	
C	TRECHO EM CURVA
L	TRECHO EM TANGENTE

SONDAGEM

PLANTA	PERFIL
ST-XX	ST-XX / X.X

TERRENO NATURAL
GREIDE DE PAVIMENTAÇÃO
OAC EM PERFIL (EXISTENTE)
OAC EM PERFIL (PROJETADO)
OAC EM PLANTA (EXISTENTE)
OAC EM PLANTA (PROJETADO)
DISSIPADOR DE ENERGIA

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
B	25/11/2025	ALTERAÇÕES E ATUALIZAÇÕES	AE	IL
A	11/06/25	EMISSÃO INICIAL	AE	IL

NOTAS:
- NOTA 1
- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO GEOMÉTRICO
PLANTA/PERFIL
KM 6+620 - KM 7+360

FOLHA: 003/008

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: ALISSON ECCHER
PROJETISTA: ALISSON ECCHER
REVISÃO: Rev.1-25/11/2025
DESENHISTA: AE
ESCALA: 1:2000
DATA: 11/06/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GM-DE-005

FORMATO A3 (420X297mm)

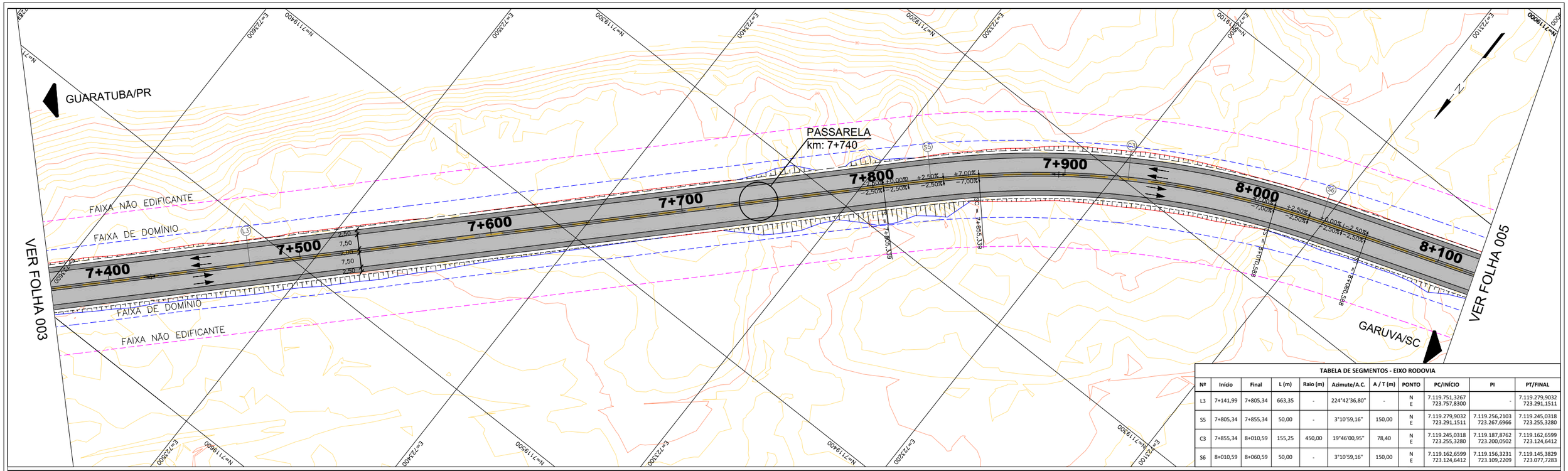
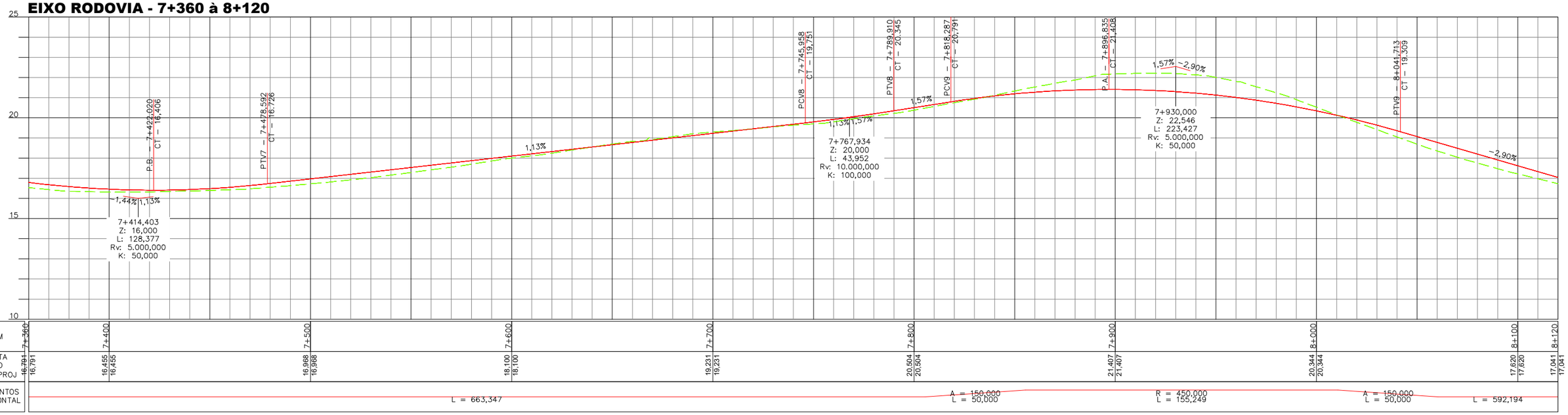


TABELA DE SEGMENTOS - EIXO RODOVIA										
Nº	Início	Final	L (m)	Raio (m)	Azimute/A.C.	A / T (m)	PONTO	PC/INÍCIO	PI	PT/FINAL
L3	7+141,99	7+805,34	663,35	-	224°42'36,80"	-	N E	7.119.751,3267 723.757,8300	-	7.119.279,9032 723.291,1511
S5	7+805,34	7+855,34	50,00	-	3°10'59,16"	150,00	N E	7.119.279,9032 723.291,1511	7.119.256,2103 723.267,6966	7.119.245,0318 723.255,3280
C3	7+855,34	8+010,59	155,25	450,00	19°46'00,95"	78,40	N E	7.119.245,0318 723.255,3280	7.119.187,8762 723.200,0502	7.119.162,6599 723.124,6412
S6	8+010,59	8+060,59	50,00	-	3°10'59,16"	150,00	N E	7.119.162,6599 723.124,6412	7.119.156,3231 723.109,2209	7.119.145,3829 723.077,7283

EIXO RODOVIA - 7+360 à 8+120

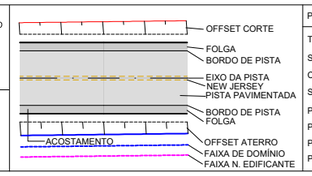


1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA O PERFEITO ENTENDIMENTO, ESTE DOCUMENTO DEVERÁ SER IMPRESSO COLORIDO.

ESCALA GRÁFICA

HORIZONTAL 0 10 20 30 40 50m

VERTICAL 0 1 2 3 4 5m



PONTOS DE CURVAS HORIZONTAIS	
TS	TANGENTE ESPIRAL
SC	ESPIRAL CIRCULAR
CS	CIRCULAR ESPIRAL
ST	ESPIRAL TANGENTE
PC	TANGENTE CIRCULAR
PT	CIRCULAR TANGENTE
PCC	CIRCULAR CIRCULAR
PRC	CIRCULAR REVERSA

PONTOS DE CURVAS VERTICAIS	
PCV	PTO. DO PRINCÍPIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PONTO DE INTERSEÇÃO DAS RAMPAS
PTV	PONTO DE TÉRMINO DE CURVA VERTICAL
PRCV	PONTO DE ENCONTRO DE CURVAS VERTICAIS
P.B.	PONTO BAIXO
P.A.	PONTO ALTO

TABELA DE ELEMENTOS	
C	TRECHO EM CURVA
L	TRECHO EM TANGENTE

SONDAGEM

PLANTA: ST-XX — PERFIL: ST-XX / X.X

TERRENO NATURAL
GREIDE DE PAVIMENTAÇÃO
OAC EM PERFIL (EXISTENTE)
OAC EM PERFIL (PROJETADO)
OAC EM PLANTA (EXISTENTE)
OAC EM PLANTA (PROJETADO)
DISSIPADOR DE ENERGIA

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
B	25/11/2026	ALTERAÇÕES E ATUALIZAÇÕES	AE	IL
A	11/06/25	EMISSÃO INICIAL	AE	IL

NOTAS:
- NOTA 1
- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO GEOMÉTRICO
PLANTA/PERFIL
KM 7+360 - KM 8+120

FOLHA: 004/008

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: ALISSON ECCHER

PROJETISTA: ALISSON ECCHER

REVISÃO: Rev.1-25/11/2025

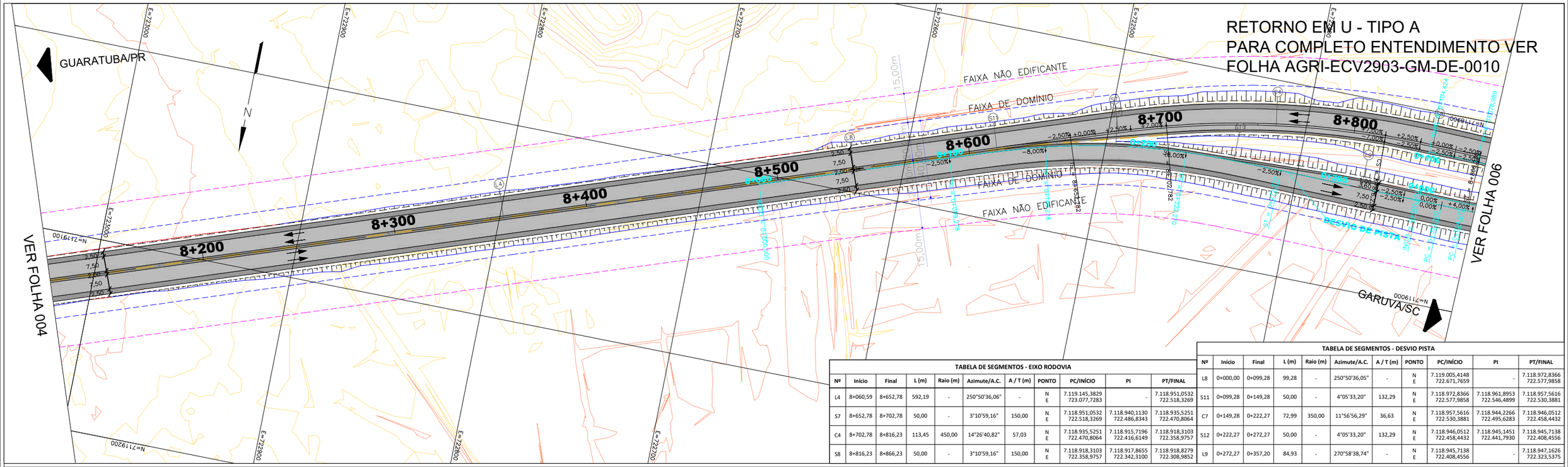
DESENHISTA: AE

ESCALA: 1:2000

DATA: 25/11/2025

ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GM-DE-006

FORMATO A3 (420X297mm)



RETORNO EM U - TIPO A
PARA COMPLETO ENTENDIMENTO VER FOLHA AGRI-ECV2903-GM-DE-0010

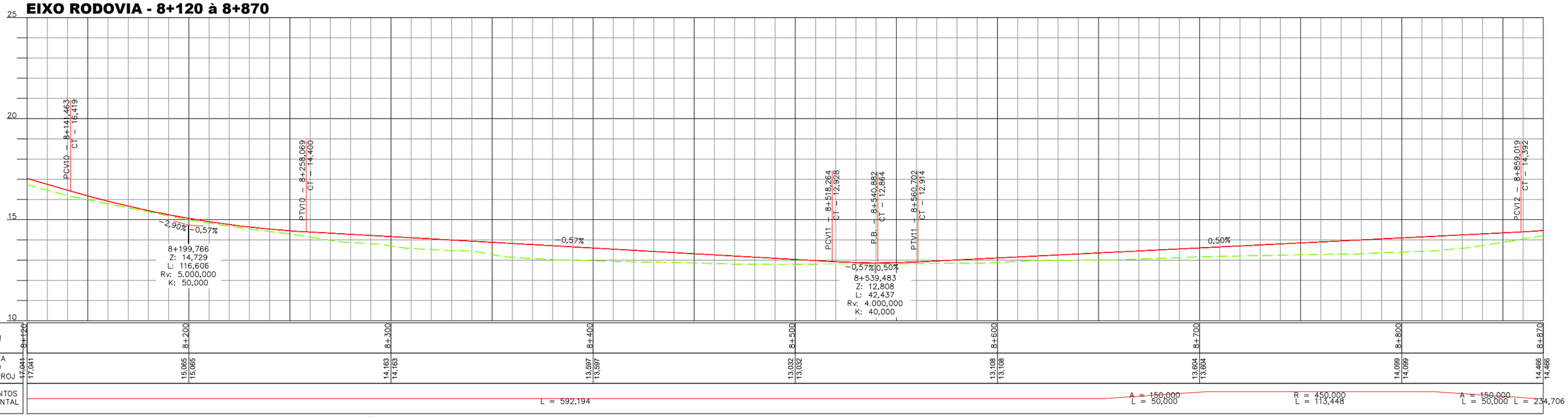
TABELA DE SEGMENTOS - EIXO RODOVIA

Nº	Início	Final	L (m)	Raio (m)	Azimute/A.C.	A / T (m)	PONTO	PC/INÍCIO	PI	PT/FINAL
L4	8+060,59	8+652,78	592,19	-	250°50'36,06"	-	N E	7.119.145,3829 723.077,7283	-	7.118.951,0532 722.518,3269
S7	8+652,78	8+702,78	50,00	-	3°10'59,16"	150,00	N E	7.118.951,0532 722.518,3269	7.118.940,1130 722.486,8343	7.118.935,5251 722.470,8064
C4	8+702,78	8+816,23	113,45	450,00	14°26'40,82"	57,03	N E	7.118.935,5251 722.470,8064	7.118.915,7196 722.416,6149	7.118.918,3103 722.358,9757
S8	8+816,23	8+866,23	50,00	-	3°10'59,16"	150,00	N E	7.118.918,3103 722.358,9757	7.118.917,8655 722.342,3100	7.118.918,8279 722.308,9852

TABELA DE SEGMENTOS - DESVIO PISTA

Nº	Início	Final	L (m)	Raio (m)	Azimute/A.C.	A / T (m)	PONTO	PC/INÍCIO	PI	PT/FINAL
L8	0+000,00	0+099,28	99,28	-	250°50'36,05"	-	N E	7.119.005,4148 722.671,7659	-	7.118.972,8366 722.577,9858
S11	0+099,28	0+149,28	50,00	-	4°05'33,20"	132,29	N E	7.118.972,8366 722.577,9858	7.118.961,8953 722.546,4899	7.118.957,5616 722.530,3881
C7	0+149,28	0+222,27	72,99	350,00	11°56'56,29"	36,63	N E	7.118.957,5616 722.530,3881	7.118.944,2266 722.495,6283	7.118.946,0512 722.458,4432
S12	0+222,27	0+272,27	50,00	-	4°05'33,20"	132,29	N E	7.118.946,0512 722.458,4432	7.118.945,1451 722.441,7930	7.118.945,7138 722.408,4556
L9	0+272,27	0+357,20	84,93	-	270°58'38,74"	-	N E	7.118.945,7138 722.408,4556	-	7.118.947,1626 722.323,5375

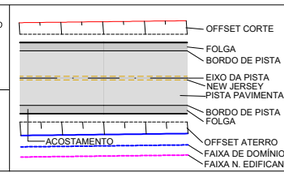
EIXO RODOVIA - 8+120 à 8+870



1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA O PERFEITO ENTENDIMENTO, ESTE DOCUMENTO DEVERÁ SER IMPRESSO COLORIDO.

ESCALA GRÁFICA

HORIZONTAL 0 10 20 30 40 50m
VERTICAL 0 1 2 3 4 5m



PONTOS DE CURVAS HORIZONTAIS	
TS	TANGENTE ESPIRAL
SC	ESPIRAL CIRCULAR
CS	CIRCULAR ESPIRAL
ST	ESPIRAL TANGENTE
PC	TANGENTE CIRCULAR
PT	CIRCULAR TANGENTE
PCC	CIRCULAR CIRCULAR
PRC	CIRCULAR REVERSA

PONTOS DE CURVAS VERTICAIS	
PCV	PTO. DO PRINCÍPIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PONTO DE INTERSEÇÃO DAS RAMPAS
PTV	PONTO DE TÉRMINO DE CURVA VERTICAL
PRCV	PONTO DE ENCONTRO DE CURVAS VERTICAIS
P.B.	PONTO BAIXO
P.A.	PONTO ALTO

TABELA DE ELEMENTOS	
C	TRECHO EM CURVA
L	TRECHO EM TANGENTE

SONDAGEM: PLANTA ST-XX; PERFIL ST-XX, X.X

TERRENO NATURAL
GREIDE DE PAVIMENTAÇÃO
OAC EM PERFIL (EXISTENTE)
OAC EM PERFIL (PROJETADO)
OAC EM PLANTA (EXISTENTE)
OAC EM PLANTA (PROJETADO)
DISSIPADOR DE ENERGIA

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
B	25/11/25	ALTERAÇÕES E ATUALIZAÇÕES	AE	IL
A	11/06/25	EMISSÃO INICIAL	AE	IL

NOTAS:
- NOTA 1
- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

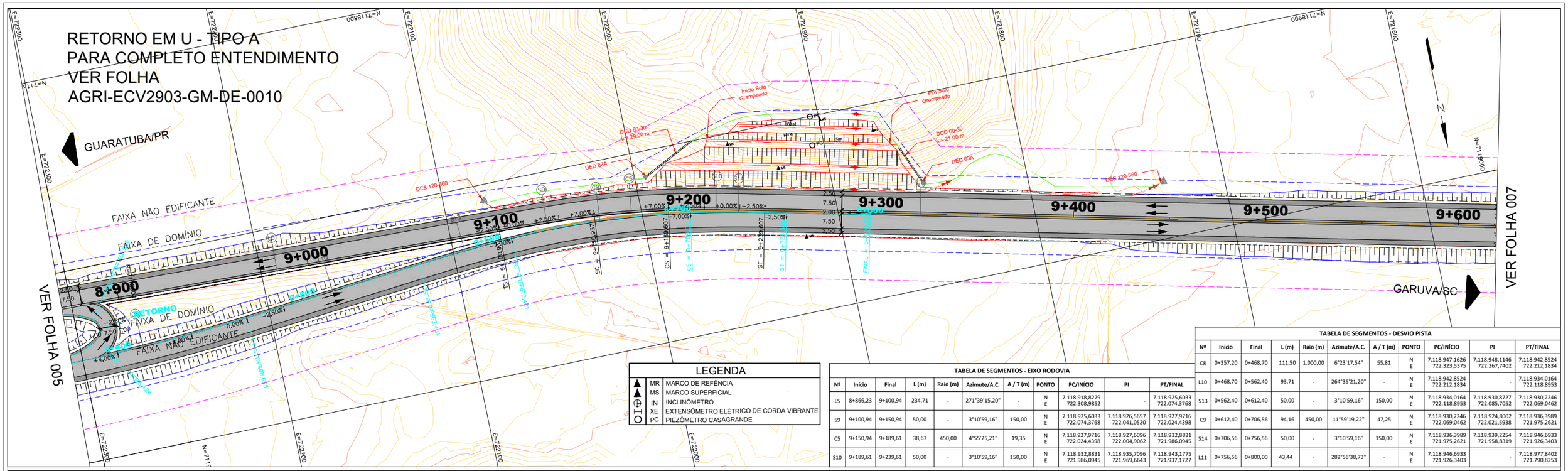
SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO GEOMÉTRICO
PLANTA/PERFIL
KM 8+120 - KM 8+870

FOLHA: 005/008

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: ALISSON ECCHER
PROJETISTA: ALISSON ECCHER
REVISÃO: Rev.1-25/11/2025
DESENHISTA: AE
ESCALA: 1:2000
DATA: 25/11/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GM-DE-007

FORMATO A3 (420X297mm)

RETORNO EM U - TIPO A
PARA COMPLETO ENTENDIMENTO
VER FOLHA
AGRI-ECV2903-GM-DE-0010



LEGENDA	
MR	MARCO DE REFÊNCIA
MS	MARCO SUPERFICIAL
IN	INCLINÔMETRO
XE	EXTENSÔMETRO ELÉTRICO DE CORDA VIBRANTE
PC	PIEZÔMETRO CASAGRANDE

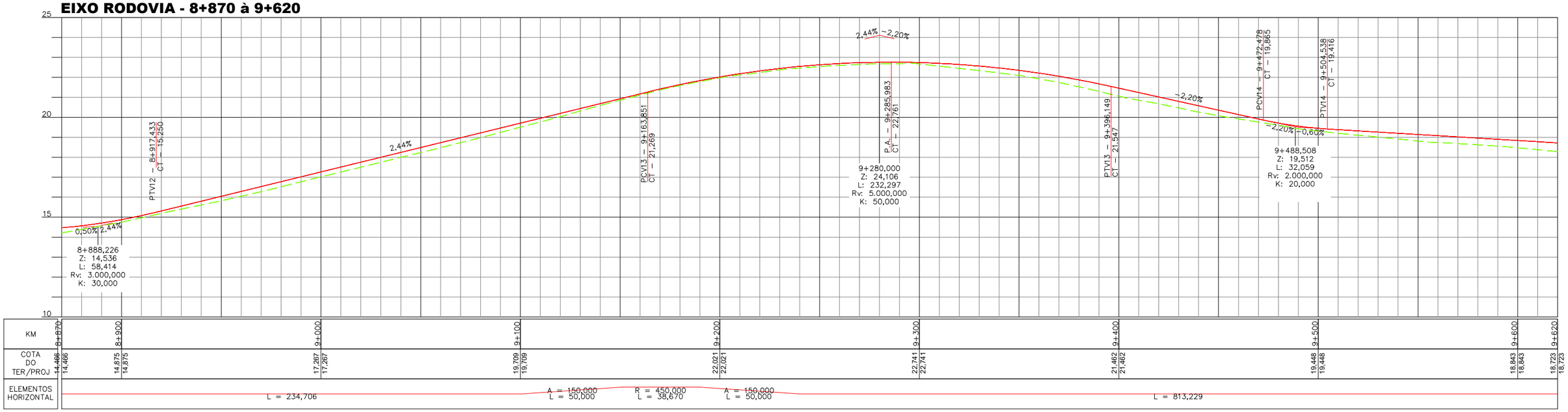
TABELA DE SEGMENTOS - EIXO RODOVIA

Nº	Início	Final	L (m)	Raio (m)	Azimute/A.C.	A / T (m)	PONTO	PC/INÍCIO	PI	PT/FINAL
L5	8+866,23	9+100,94	234,71	-	271°39'15,20"	-	N E	7.118.918,8279 722.308,9852	-	7.118.925,6033 722.074,3768
S9	9+100,94	9+150,94	50,00	-	3°10'59,16"	150,00	N E	7.118.925,6033 722.074,3768	7.118.926,5657 722.041,0520	7.118.927,9716 722.024,4398
C5	9+150,94	9+189,61	38,67	450,00	4°55'25,21"	19,35	N E	7.118.927,9716 722.024,4398	7.118.927,6096 722.004,9062	7.118.932,8831 721.986,0945
S10	9+189,61	9+239,61	50,00	-	3°10'59,16"	150,00	N E	7.118.932,8831 721.986,0945	7.118.935,7096 721.969,6643	7.118.943,1775 721.937,1727

TABELA DE SEGMENTOS - DESVIO PISTA

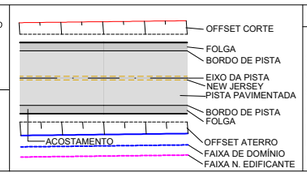
Nº	Início	Final	L (m)	Raio (m)	Azimute/A.C.	A / T (m)	PONTO	PC/INÍCIO	PI	PT/FINAL
C8	0+357,20	0+468,70	111,50	1.000,00	6°23'17,54"	55,81	N E	7.118.947,1626 722.323,5375	7.118.948,1146 722.267,7402	7.118.942,8524 722.212,1834
L10	0+468,70	0+562,40	93,71	-	264°35'21,20"	-	N E	7.118.942,8524 722.212,1834	-	7.118.934,0164 722.118,8953
S13	0+562,40	0+612,40	50,00	-	3°10'59,16"	150,00	N E	7.118.934,0164 722.118,8953	7.118.930,8727 722.085,7052	7.118.930,2246 722.069,0462
C9	0+612,40	0+706,56	94,16	450,00	11°59'19,22"	47,25	N E	7.118.930,2246 722.069,0462	7.118.924,8002 722.021,5938	7.118.936,3989 721.975,2621
S14	0+706,56	0+756,56	50,00	-	3°10'59,16"	150,00	N E	7.118.936,3989 721.975,2621	7.118.939,2254 721.958,8319	7.118.946,6933 721.926,3403
L11	0+756,56	0+800,00	43,44	-	282°56'38,73"	-	N E	7.118.946,6933 721.926,3403	-	7.118.977,8402 721.790,8253

EIXO RODOVIA - 8+870 à 9+620



1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA O PERFEITO ENTENDIMENTO, ESTE DOCUMENTO DEVERÁ SER IMPRESSO COLORIDO.

ESCALA GRÁFICA
HORIZONTAL 0 10 20 30 40 50m
VERTICAL 0 1 2 3 4 5m



PONTOS DE CURVAS HORIZONTAIS	
TS	TANGENTE ESPIRAL
SC	ESPIRAL CIRCULAR
CS	CIRCULAR ESPIRAL
ST	ESPIRAL TANGENTE
PC	TANGENTE CIRCULAR
PT	CIRCULAR TANGENTE
PCC	CIRCULAR CIRCULAR
PRC	CIRCULAR REVERSA

PONTOS DE CURVAS VERTICAIS	
PCV	PTO. DO PRINCÍPIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PONTO DE INTERSEÇÃO DAS RAMPAS
PTV	PONTO DE TÉRMINO DE CURVA VERTICAL
PRCV	PONTO DE ENCONTRO DE CURVAS VERTICAIS
P.B.	PONTO BAIXO
P.A.	PONTO ALTO

TABELA DE ELEMENTOS	
C	TRECHO EM CURVA
L	TRECHO EM TANGENTE

SONDAGEM: PLANTA ST-XX; PERFIL ST-XX, X.X

TERRENO NATURAL
GREIDE DE PAVIMENTAÇÃO
OAC EM PERFIL (EXISTENTE)
OAC EM PERFIL (PROJETADO)
OAC EM PLANTA (EXISTENTE)
OAC EM PLANTA (PROJETADO)
DISSIPADOR DE ENERGIA

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
B	25/11/25	ALTERAÇÕES E ATUALIZAÇÕES	AE	IL
A	11/06/25	EMISSÃO INICIAL	AE	IL

NOTAS:
– NOTA 1
– DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
– PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO GEOMÉTRICO
PLANTA/PERFIL
KM 8+870 - KM 9+620

FOLHA: 006/008

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: ALISSON ECCHER
PROJETISTA: ALISSON ECCHER
REVISÃO: Rev.1-25/11/2025
DESENHISTA: AE
ESCALA: 1:2000
DATA: 25/11/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GM-DE-008

FORMATO A3 (420X297mm)

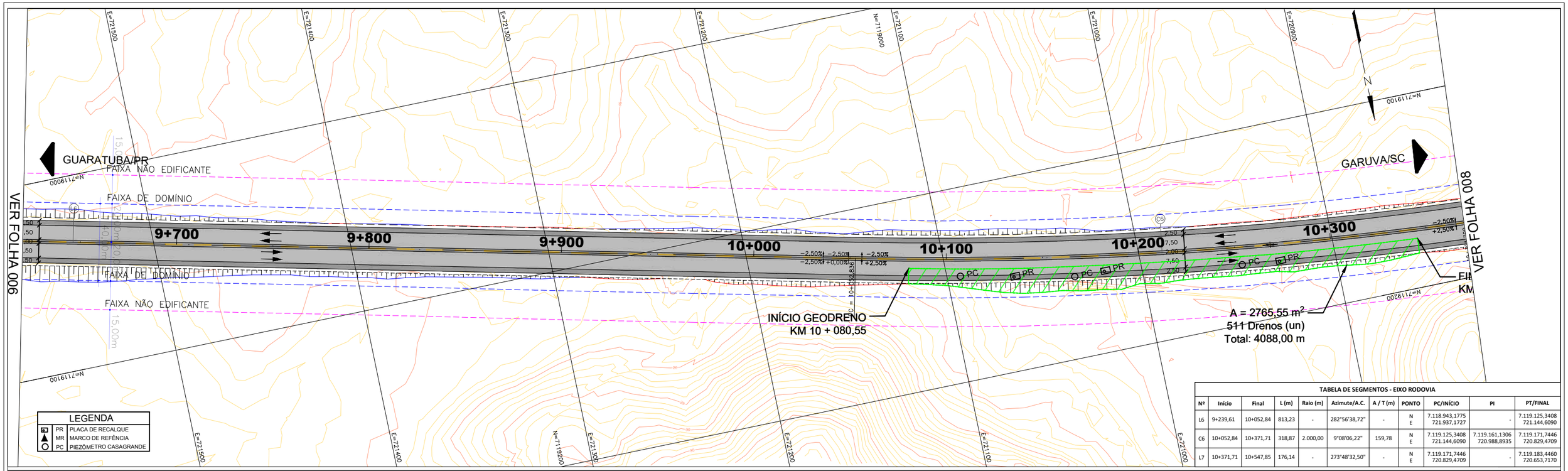
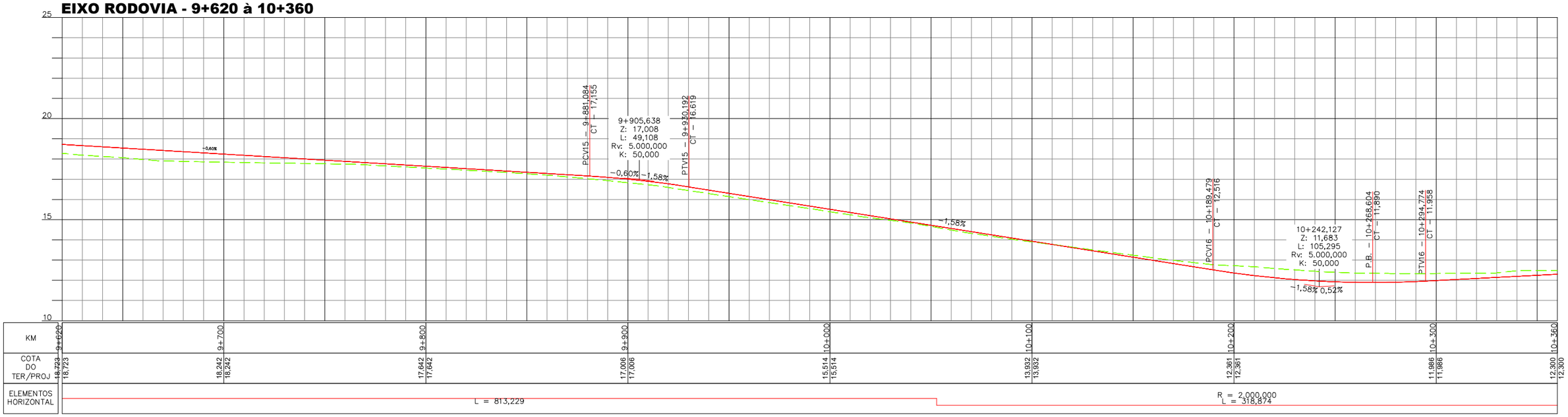


TABELA DE SEGMENTOS - EIXO RODOVIA										
Nº	Início	Final	L (m)	Raio (m)	Azimute/A.C.	A / T (m)	PONTO	PC/INÍCIO	PI	PT/FINAL
L6	9+239,61	10+052,84	813,23	-	282°56'38,72"	-	N E	7.118.943,1775 721.937,1727	-	7.119.125,3408 721.144,6090
C6	10+052,84	10+371,71	318,87	2.000,00	9°08'06,22"	159,78	N E	7.119.125,3408 721.144,6090	7.119.161,1306 720.988,8935	7.119.171,7446 720.829,4709
L7	10+371,71	10+547,85	176,14	-	273°48'32,50"	-	N E	7.119.171,7446 720.829,4709	-	7.119.183,4460 720.653,7170

EIXO RODOVIA - 9+620 à 10+360

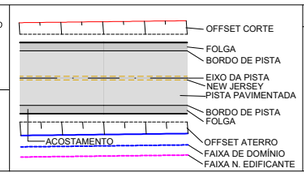


KM	9+620	9+700	9+800	9+900	10+000	10+100	10+200	10+300	10+360
COTA DO TER/PROJ	18,723 18,723	18,242 18,242	17,642 17,642	17,006 17,006	15,514 15,514	13,932 13,932	12,361 12,361	11,986 11,986	12,300 12,300
ELEMENTOS HORIZONTAL	L = 813,229						R = 2.000,000 L = 318,874		

1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA O PERFEITO ENTENDIMENTO, ESTE DOCUMENTO DEVERÁ SER IMPRESSO COLORIDO.

ESCALA GRÁFICA

HORIZONTAL 0 10 20 30 40 50m
VERTICAL 0 1 2 3 4 5m



PONTOS DE CURVAS HORIZONTAIS	
TS	TANGENTE ESPIRAL
SC	ESPIRAL CIRCULAR
CS	CIRCULAR ESPIRAL
ST	ESPIRAL TANGENTE
PC	TANGENTE CIRCULAR
PT	CIRCULAR TANGENTE
PCC	CIRCULAR CIRCULAR
PRC	CIRCULAR REVERSA

PONTOS DE CURVAS VERTICAIS	
PCV	PTO. DO PRINCÍPIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PONTO DE INTERSEÇÃO DAS RAMPAS
PTV	PONTO DE TÉRMINO DE CURVA VERTICAL
PRCV	PONTO DE ENCONTRO DE CURVAS VERTICAIS
P.B.	PONTO BAIXO
P.A.	PONTO ALTO

TABELA DE ELEMENTOS	
C	TRECHO EM CURVA
L	TRECHO EM TANGENTE

SONDAGEM

PLANTA	PERFIL
ST-XX	ST-XX / X.X

TERRENO NATURAL
GREIDE DE PAVIMENTAÇÃO
OAC EM PERFIL (EXISTENTE)
OAC EM PERFIL (PROJETADO)
OAC EM PLANTA (EXISTENTE)
OAC EM PLANTA (PROJETADO)
DISSIPADOR DE ENERGIA

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
B	25/11/25	ALTERAÇÕES E ATUALIZAÇÕES	AE	IL
A	11/06/25	EMISSÃO INICIAL	AE	IL

NOTAS:
- NOTA 1
- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO GEOMÉTRICO
PLANTA/PERFIL
KM 9+620 - KM 10+360

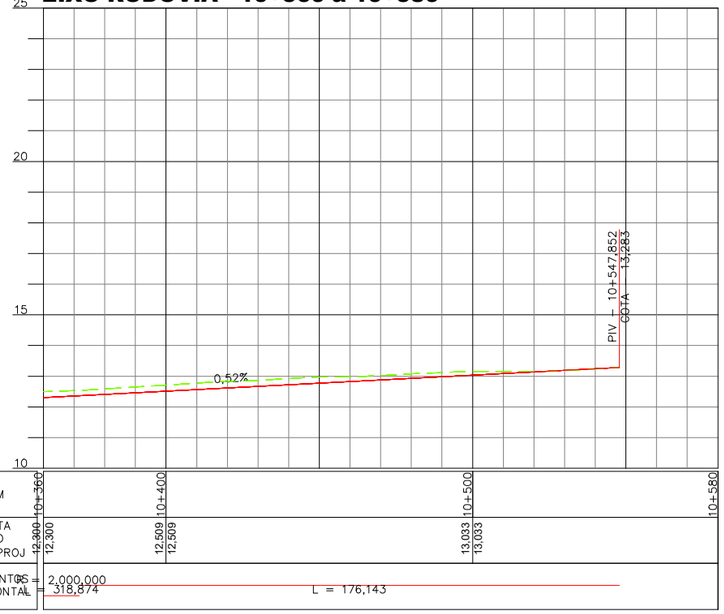
FOLHA: 007/008

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: ALISSON ECCHER
PROJETISTA: ALISSON ECCHER
REVISÃO: Rev.1-25/11/2025
DESENHISTA: AE
ESCALA: 1:2000
DATA: 25/11/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GM-DE-009

FORMATO A3 (420X297mm)



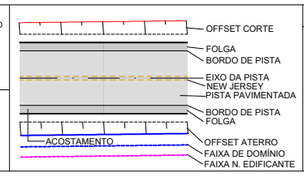
TABELA DE SEGMENTOS - EIXO RODOVIA										
Nº	Início	Final	L (m)	Raio (m)	Azimute/A.C.	A / T (m)	PONTO	PC/INÍCIO	PI	PT/FINAL
L7	10+371,71	10+547,85	176,14	-	273°48'32,50"	-	N E	7.119.171,7446 720.829,4709	-	7.119.183,4460 720.653,7170



1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA O PERFEITO ENTENDIMENTO, ESTE DOCUMENTO DEVERÁ SER IMPRESSO COLORIDO.

ESCALA GRÁFICA

HORIZONTAL 0 10 20 30 40 50m
VERTICAL 0 1 2 3 4 5m



PONTOS DE CURVAS HORIZONTAIS	
TS	TANGENTE ESPIRAL
SC	ESPIRAL CIRCULAR
CS	CIRCULAR ESPIRAL
ST	ESPIRAL TANGENTE
PC	TANGENTE CIRCULAR
PT	CIRCULAR TANGENTE
PCC	CIRCULAR CIRCULAR
PRC	CIRCULAR REVERSA

PONTOS DE CURVAS VERTICAIS	
PCV	PTO. DO PRINCÍPIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PONTO DE INTERSEÇÃO DAS RAMPAS
PTV	PONTO DE TÉRMINO DE CURVA VERTICAL
PRCV	PONTO DE ENCONTRO DE CURVAS VERTICAIS
P.B.	PONTO BAIXO
P.A.	PONTO ALTO

TABELA DE ELEMENTOS	
C	TRECHO EM CURVA
L	TRECHO EM TANGENTE

SONDAGEM

PLANTA	PERFIL
ST-XX	ST-XX / X.X

TERRENO NATURAL
GREIDE DE PAVIMENTAÇÃO
OAC EM PERFIL (EXISTENTE)
OAC EM PERFIL (PROJETADO)
OAC EM PLANTA (EXISTENTE)
OAC EM PLANTA (PROJETADO)
DISSIPADOR DE ENERGIA

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
B	25/11/25	ALTERAÇÕES E ATUALIZAÇÕES	AE	IL
A	11/06/25	EMISSÃO INICIAL	AE	IL

NOTAS:
- NOTA 1
- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO GEOMÉTRICO
PLANTA/PERFIL
KM 10+360 - KM 10+547,852 (PF)

FOLHA: 008/008

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: ALISSON ECCHER
PROJETISTA: ALISSON ECCHER
REVISÃO: Rev.1-25/11/2025
DESENHISTA: AE
ESCALA: 1:2000
DATA: 25/11/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GM-DE-010

FORMATO A3 (420X297mm)

Apêndice N

Planta e perfil - Interseção

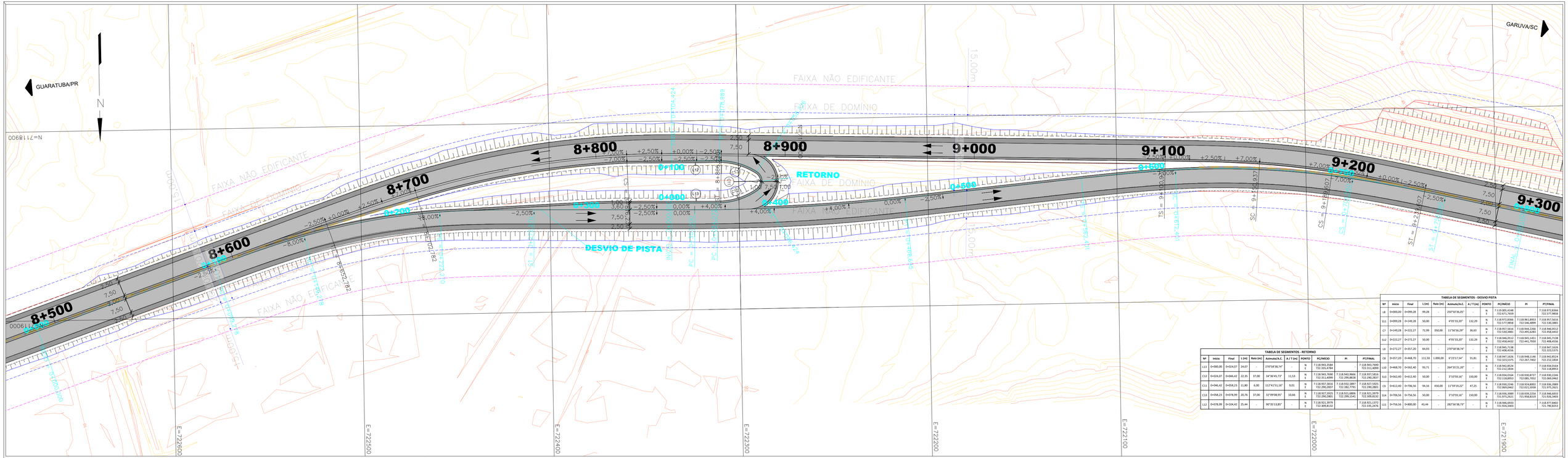


TABELA DE SEGMENTOS - DESVIO PISTA

Nº	Início	Final	L (m)	Raio (m)	Azimute/A.C.	Δ / T (m)	PONTO	PC/INÍCIO	PI	PT/FINAL
L8	0+000,00	0+099,28	99,28	-	250°59'36,05"	-	N E	7.118.071,8148 722.671,7459		7.118.972,8369 722.577,9858
S11	0+099,28	0+149,28	50,00	-	4°05'33,20"	132,29	N E	7.118.972,8369 722.577,9858	7.118.961,8953 722.546,4899	7.118.957,5614 722.530,3881
C7	0+149,28	0+222,27	72,99	350,00	11°56'56,29"	36,63	N E	7.118.957,5616 722.530,3881	7.118.944,2286 722.499,6438	7.118.946,0512 722.456,4453
S12	0+222,27	0+272,27	50,00	-	4°05'33,20"	132,29	N E	7.118.946,0512 722.456,4453	7.118.945,2451 722.441,7930	7.118.945,7138 722.408,4554
L9	0+272,27	0+353,20	84,93	-	270°58'38,74"	-	N E	7.118.945,7138 722.408,4554		7.118.947,1624 722.323,5373
C8	0+357,20	0+468,70	111,50	1.000,00	6°23'17,54"	55,81	N E	7.118.947,1626 722.323,5375	7.118.948,1146 722.267,7402	7.118.942,8524 722.212,1834
L10	0+468,70	0+562,40	93,71	-	264°35'31,20"	-	N E	7.118.942,8524 722.212,1834		7.118.934,0164 722.118,8953
S13	0+562,40	0+612,40	50,00	-	3°19'59,16"	150,00	N E	7.118.934,0164 722.118,8953	7.118.930,9727 722.085,7052	7.118.930,2246 722.069,0462
C9	0+612,40	0+706,56	94,16	450,00	11°59'19,23"	47,25	N E	7.118.930,2246 722.069,0462	7.118.924,8002 722.021,5518	7.118.936,3989 721.975,2923
S14	0+706,56	0+756,56	50,00	-	3°19'59,16"	150,00	N E	7.118.936,3989 721.975,2923	7.118.939,2254 721.958,8318	7.118.946,6933 721.926,3403
L11	0+756,56	0+800,00	43,44	-	282°56'38,73"	-	N E	7.118.946,6933 721.926,3403		7.118.977,8403 721.790,8253

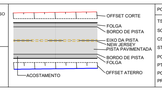
TABELA DE SEGMENTOS - RETORNO

Nº	Início	Final	L (m)	Raio (m)	Azimute/A.C.	Δ / T (m)	PONTO	PC/INÍCIO	PI	PT/FINAL
L13	0+000,00	0+024,07	24,07	-	270°58'38,74"	-	N E	7.118.943,3584 722.335,4784		7.118.943,7090 722.311,4056
C10	0+024,07	0+046,42	22,35	37,00	34°36'45,73"	11,53	N E	7.118.943,7090 722.311,4059	7.118.943,9666 722.299,8628	7.118.937,5816 722.290,2837
C11	0+046,42	0+058,23	11,80	6,00	112°41'51,16"	9,01	N E	7.118.937,5816 722.290,2837	7.118.932,5887 722.282,7791	7.118.927,5925 722.285,2837
C12	0+058,23	0+078,99	20,76	37,00	32°09'08,95"	10,66	N E	7.118.927,5925 722.285,2837	7.118.921,6806 722.299,2141	7.118.921,3970 722.309,8132
L12	0+078,99	0+104,43	25,44	-	90°33'13,85"	-	N E	7.118.921,3970 722.309,8132		7.118.921,1372 722.335,2474

1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA O PERFEITO ENTENDIMENTO, ESTE DOCUMENTO DEVERÁ SER IMPRESSO COLORIDO.

ESCALA GRÁFICA

HORIZONTAL 0 1 2 3 4 5 10m



PONTOS DE CURVAS HORIZONTAIS	
TS	TANGENTE ESPIRAL
SC	ESPIRAL CIRCULAR
CS	CIRCULAR ESPIRAL
ST	ESPIRAL TANGENTE
PC	TANGENTE CIRCULAR
PT	CIRCULAR TANGENTE
PCC	CIRCULAR CIRCULAR
PRC	CIRCULAR REVERSA

PONTOS DE CURVAS VERTICAIS	
PCV	PTO. DO PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PONTO DE INTERSEÇÃO DAS RAMPAS
PTV	PONTO DE TÉRMINO DE CURVA VERTICAL
PRCV	PONTO DE ENCONTRO DE CURVAS VERTICAIS
P.B.	PONTO BAIXO
P.A.	PONTO ALTO

TABELA DE ELEMENTOS	
C	TRECHO EM CURVA
L	TRECHO EM TANGENTE

SONDAGEM	
PLANTA	PERFIL
ST-XX	0+XX

TERRENO NATURAL	
GREIDE DE PAVIMENTAÇÃO	
OAC EM PERFIL (EXISTENTE)	
OAC EM PERFIL (PROJETADO)	
OAC EM PLANTA (EXISTENTE)	
OAC EM PLANTA (PROJETADO)	
DISSIPADOR DE ENERGIA	

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
B	20/11/25	ATUALIZAÇÕES	AE	JL
A	11/09/25	EMISSÃO INICIAL	AE	IL

NOTAS:
- NOTA
- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO.

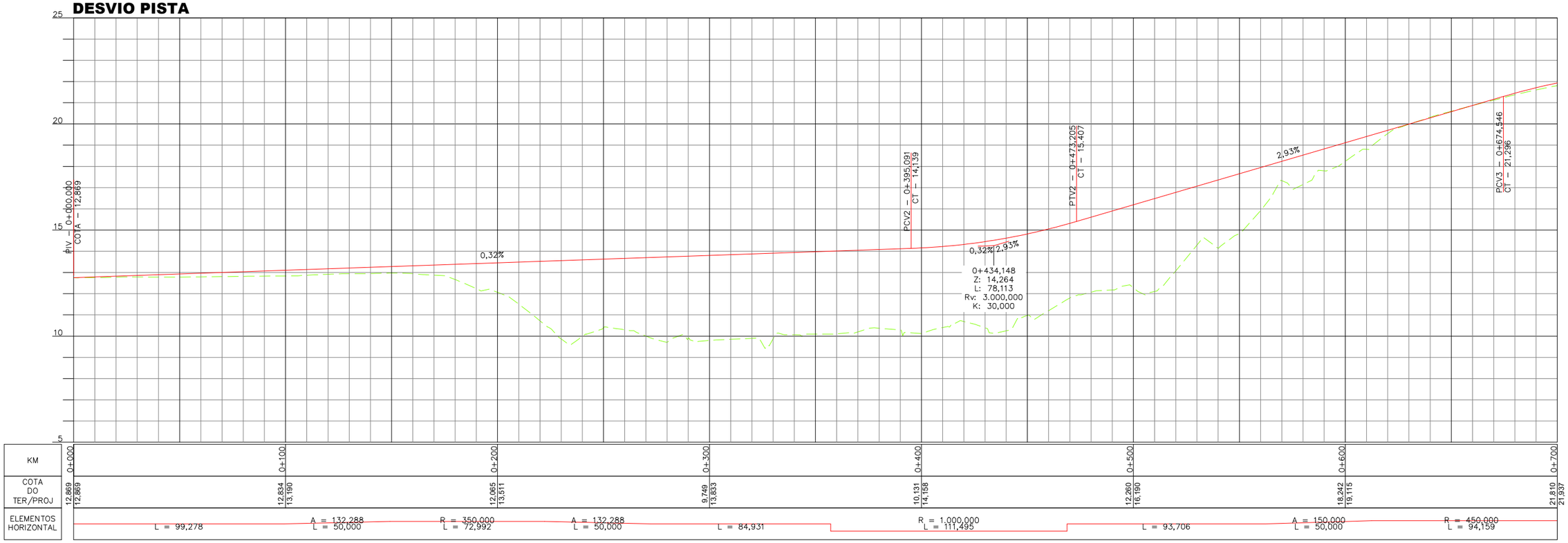
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

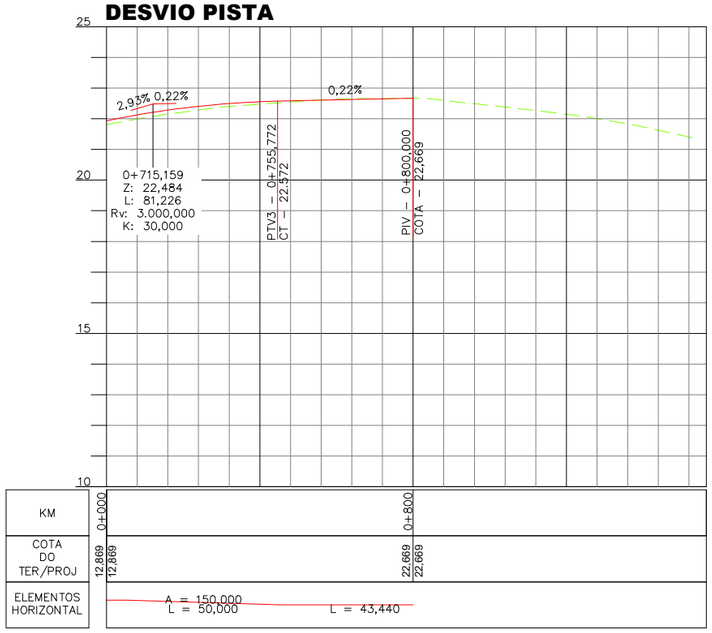
ESFAÇO: FASE DE ANTEPROJETO PROJETO GEOMÉTRICO INTERSEÇÃO			FOLHA: 001/002
EMPRESA: AGRI ENGENHARIA	RESPONSÁVEL TÉCNICO: ALISSON ECCHER	PROJETISTA: ALISSON ECCHER	REVISÃO: Rev-1-25/11/2025
DESENHISTA: AE	ESCALA: 1:1000	DATA: 25/11/2025	ARQUIVO: AGRI-EC-V3903-GM-DE-0010

FORMATO A3 (420X297mm)

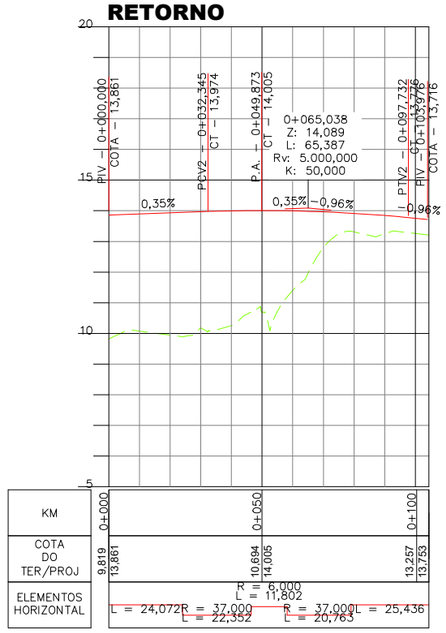
DESVIO PISTA



DESVIO PISTA



RETORNO



1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA O PERFEITO ENTENDIMENTO, ESTE DOCUMENTO DEVERÁ SER IMPRESSO COLORIDO.

TERRENO NATURAL
GREIDE DE PAVIMENTAÇÃO

ESCALA GRÁFICA

HORIZONTAL 0 10 20 30 40 50m
VERTICAL 0 1 2 3 4 5m

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
A	11/06/25	EMISSÃO INICIAL	AE	IL

NOTAS:

– DIMENSOES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
– PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO – PROJETO GEOMÉTRICO – INTERSEÇÃO
FOLHA: 002/002

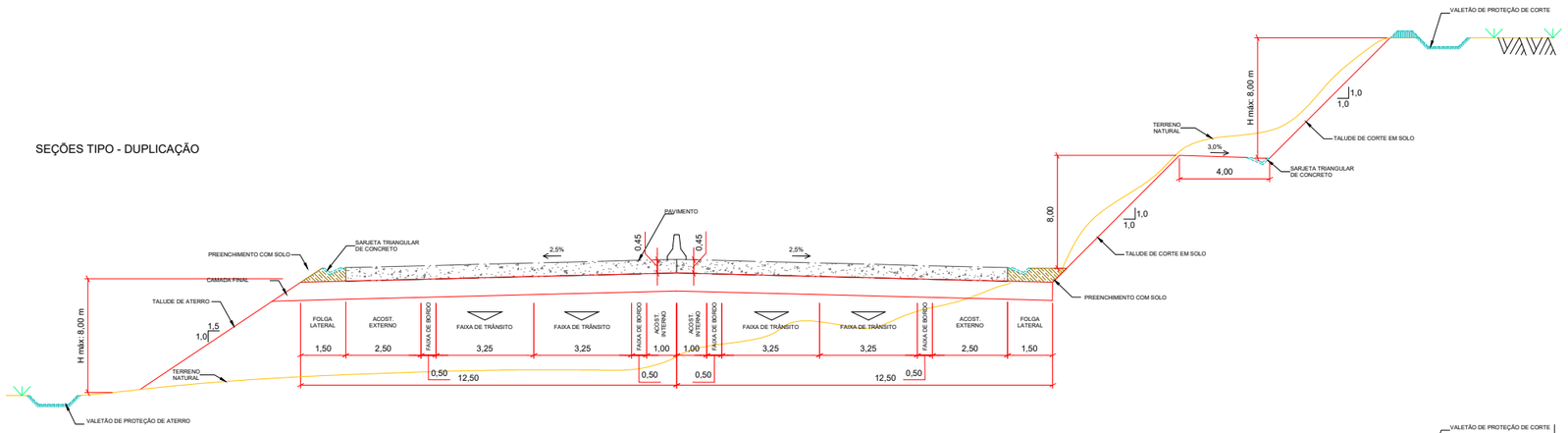
EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: IAN LOSS
PROJETISTA: ALISSON ECCHER
REVISÃO: Rev.0-11/06/2025
DESENHISTA: AE
ESCALA: 1:2000
DATA: 11/06/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GM-DE-011

FORMATO A3 (420X297mm)

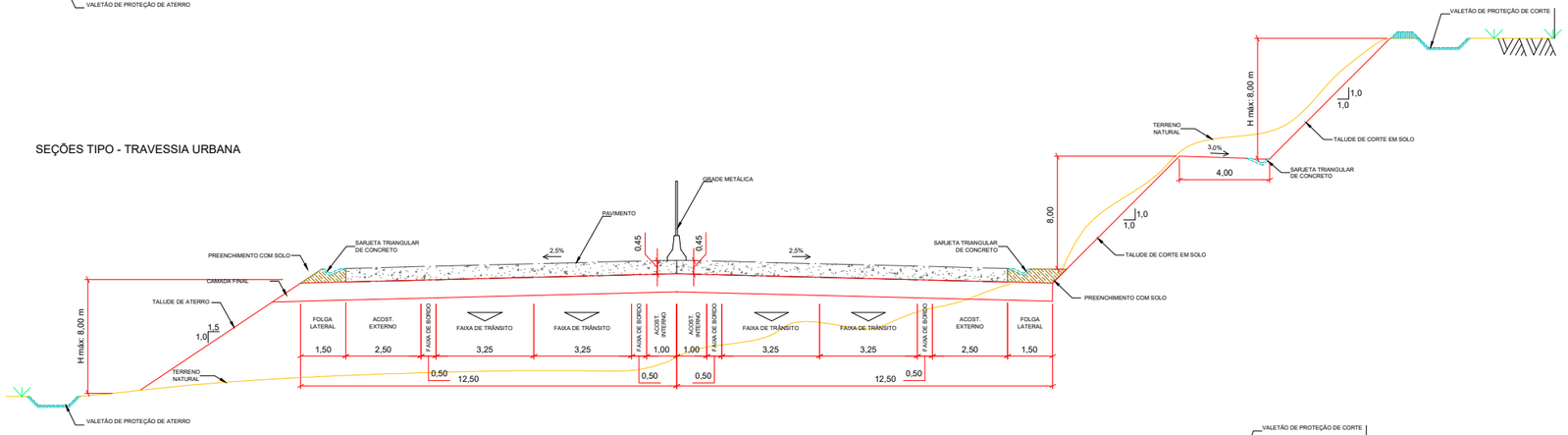
Apêndice O

Seção transversal tipo

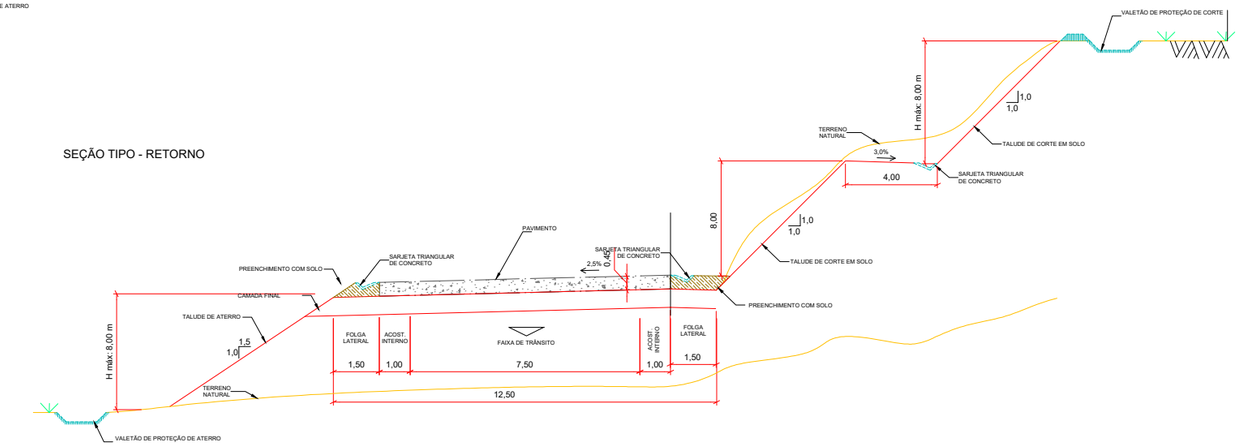
SEÇÕES TIPO - DUPLICAÇÃO



SEÇÕES TIPO - TRAVESSIA URBANA



SEÇÃO TIPO - RETORNO



1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2 - PARA O PERFEITO ENTENDIMENTO, ESTE DOCUMENTO DEVERÁ SER IMPRESSO COLORIDO.

ESCALA GRÁFICA

HORIZONTAL 0 1 2 3 4 5m

VERTICAL 0 1 2 3 4 5m

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	AUTORIA	VERIFICAÇÃO
B	25/11/25	EDIÇÃO CONTEMPLANDO P_TERRA	AE	IL
A	11/06/25	EMISSÃO INCIAL	AE	IL

NOTAS:

- DIMENSÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
- PARA PERFEITO ENTENDIMENTO ESTE DOCUMENTO DEVE SER IMPRESSO EM COLORIDO;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO GEOMÉTRICO E TERRAPLENAGEM
SEÇÕES TIPO

FOLHA: 001/001

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: IAN LOSS

PROJETISTA: ALISSON ECCHER

REVISÃO: Rev.1-25/11/2025

DESENHISTA: AE

ESCALA: 1:200

DATA: 25/11/2025

ARQUIVO: AGRI-ECV2903-GM-DE-012

FORMATO A3 (420X297mm)

Apêndice P

Projeto de Terraplenagem

DISTRIBUÍÇÃO DE TERRAPLENAGEM

ORIGEM												DESTINO								
DESIGNAÇÃO	LOCALIZAÇÃO Km a Km	CENTRO DA SEÇÃO	CLASSIFICAÇÃO (%)				VOLUMES ESCAVADOS (m3)					DESIGNAÇÃO	LOCALIZAÇÃO Km a Km	CENTRO DA SEÇÃO	VOLUMES DE ATERRO (m3)					DMT TOTAL (m)
			1ª Cat.	2ª Cat.	3ª Cat.	Inservivel	1ª Cat.	2ª Cat.	3ª Cat.	Inservivel	TOTAL				1ª Cat.	2ª Cat.	3ª Cat.	Inservivel	TOTAL	
C1	5+480 a 8+140	6810	100	0	0	0	5.933	0	0	0	5.933	CA1	5+480 a 6+820	6150	5.933	0	0	0	5.933	660
E	- -	-	100	0	0	0	2.406	0	0	0	2.406	CA1	5+480 a 6+820	6150	2.406	0	0	0	2.406	6500
E	6+840 a 7+260	7050	100	0	0	0	6.461	0	0	0	6.461	CA2	6+840 a 7+260	7050	6.461	0	0	0	6.461	6500
C3	9+040 a 9+400	9220	100	0	0	0	11.469	0	0	0	11.469	CA3	7+280 a 9+340	8310	11.469	0	0	0	11.469	910
C2	8+160 a 9+020	8590	100	0	0	0	2.036	0	0	0	2.036	CA3	7+280 a 9+340	8310	2.036	0	0	0	2.036	280
E	- -	-	100	0	0	0	22.492	0	0	0	22.492	CA3	7+280 a 9+340	8310	22.492	0	0	0	22.492	6500
E	- -	-	100	0	0	0	15.624	0	0	0	15.624	CA4	9+360 a 10+548	9954	15.624	0	0	0	15.624	6500
E	- -	-	100	0	0	0	12.869	0	0	0	12.869	CF1	5+480 a 7+900	6690	12.869	0	0	0	12.869	6500
E	- -	-	100	0	0	0	21.055	0	0	0	21.055	CF2	7+920 a 10+548	9234	21.055	0	0	0	21.055	6500
C4	9+420 a 9+800	9610	0	0	0	100	0	0	0	48	48	BFL	6+640 6+760	6700	0	0	0	48	48	2910
C5	9+820 a 10+180	10000	0	0	0	100	0	0	0	573	573	BFL	6+640 6+760	6700	0	0	0	573	573	3300
C6	1+200 a 10+548	5874	0	0	0	100	0	0	0	914	914	BFL	6+640 6+760	6700	0	0	0	914	914	826
TOTAL							**100.345**	**0**	**0**	**1.535**	**101.880**	**TOTAL**			**100.345**	**0**	**0**	**1.535**	**101.880**	**ESTRADA**

C - Corte | CA - Corpo de Aterro | CF - Camada Final | E - Emprestimo | BF - Bota Fora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO TERRAPLENAGEM
PLANILHAS

FOLHA: 001/007

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: IAN LOSS
PROJETISTA: ALISSON ECCHER
REVISÃO: Rev.0-09/11/2025
DESENHISTA: AE
ESCALA: S/E
DATA: 09/11/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-TR-PL-001

FORMATO A3 (420X297mm)

CÁLCULO DE VOLUME DE TERRAPLENAGEM - CORTE				
KM	ÁREA (m²)	SOMA DAS ÁREAS (m²)	SEMI-DISTÂNCIA (m)	VOLUME (m³)
5+480	0,00	0,00	0,00	0,00
5+500	1,07	1,07	10,00	10,70
5+520	0,20	1,27	10,00	12,70
5+540	0,14	0,34	10,00	3,40
5+560	0,32	0,46	10,00	4,60
5+580	0,54	0,86	10,00	8,60
5+600	1,91	2,45	10,00	24,50
5+620	1,58	3,49	10,00	34,90
5+640	1,54	3,12	10,00	31,20
5+660	0,79	2,33	10,00	23,30
5+680	0,42	1,21	10,00	12,10
5+700	1,36	1,78	10,00	17,80
5+720	0,00	1,36	10,00	13,60
5+740	1,12	1,12	10,00	11,20
5+760	0,09	1,21	10,00	12,10
5+780	1,17	1,26	10,00	12,60
5+800	0,00	1,17	10,00	11,70
5+820	0,00	0,00	10,00	0,00
5+840	0,00	0,00	10,00	0,00
5+860	0,07	0,07	10,00	0,70
5+880	1,69	1,76	10,00	17,60
5+900	1,72	3,41	10,00	34,10
5+920	2,20	3,92	10,00	39,20
5+940	6,81	9,01	10,00	90,10
5+960	3,17	9,98	10,00	99,80
5+980	3,23	6,40	10,00	64,00
6+000	4,17	7,40	10,00	74,00
6+020	0,37	4,54	10,00	45,40
6+040	0,20	0,57	10,00	5,70
6+060	0,08	0,28	10,00	2,80
6+080	0,01	0,09	10,00	0,90
6+100	0,00	0,01	10,00	0,10
6+120	0,00	0,00	10,00	0,00
6+140	0,00	0,00	10,00	0,00
6+160	0,00	0,00	10,00	0,00
6+180	0,00	0,00	10,00	0,00
6+200	0,00	0,00	10,00	0,00
6+220	0,00	0,00	10,00	0,00
6+240	0,00	0,00	10,00	0,00
6+260	0,00	0,00	10,00	0,00
6+280	0,00	0,00	10,00	0,00
6+300	0,04	0,04	10,00	0,40
6+320	0,76	0,80	10,00	8,00
6+340	2,10	2,86	10,00	28,60
6+360	1,41	3,51	10,00	35,10
6+380	1,53	2,94	10,00	29,40
6+400	0,38	1,91	10,00	19,10
6+420	0,03	0,41	10,00	4,10
6+440	0,00	0,03	10,00	0,30
6+460	0,00	0,00	10,00	0,00
6+480	0,00	0,00	10,00	0,00
6+500	0,00	0,00	10,00	0,00
6+520	0,00	0,00	10,00	0,00
6+540	0,88	0,88	10,00	8,80
6+560	1,20	2,08	10,00	20,80
6+580	0,22	1,42	10,00	14,20
6+600	1,27	1,49	10,00	14,90
6+620	0,00	1,27	10,00	12,70
6+640	0,00	0,00	10,00	0,00
6+660	0,00	0,00	10,00	0,00
6+680	0,00	0,00	10,00	0,00
6+700	0,00	0,00	10,00	0,00
6+720	0,00	0,00	10,00	0,00
6+740	0,09	0,09	10,00	0,90
6+760	0,00	0,09	10,00	0,90
6+780	0,00	0,00	10,00	0,00
6+800	0,00	0,00	10,00	0,00
6+820	0,00	0,00	10,00	0,00
6+840	0,03	0,03	10,00	0,30
6+860	0,72	0,75	10,00	7,50
6+880	0,02	0,74	10,00	7,40
6+900	0,00	0,02	10,00	0,20
6+920	0,00	0,00	10,00	0,00
6+940	0,00	0,00	10,00	0,00
6+960	0,00	0,00	10,00	0,00
6+980	0,00	0,00	10,00	0,00
7+000	0,35	0,35	10,00	3,50
7+020	0,58	0,93	10,00	9,30
7+040	1,40	1,98	10,00	19,80
7+060	1,19	2,59	10,00	25,90
7+080	1,80	2,99	10,00	29,90
7+100	0,00	1,80	10,00	18,00
7+120	0,02	0,02	10,00	0,20
7+140	8,19	8,21	10,00	82,10
7+160	7,37	15,56	10,00	155,60
7+180	12,00	19,37	10,00	193,70
7+200	17,68	29,68	10,00	296,80
7+220	23,32	41,00	10,00	410,00
7+240	15,27	38,59	10,00	385,90
7+260	14,12	29,39	10,00	293,90
7+280	7,34	21,46	10,00	214,60
7+300	8,17	15,51	10,00	155,10
7+320	0,94	9,11	10,00	91,10
7+340	2,54	3,48	10,00	34,80
7+360	3,31	5,85	10,00	58,50
7+380	1,01	4,32	10,00	43,20
7+400	0,98	1,99	10,00	19,90
7+420	0,99	1,97	10,00	19,70
7+440	2,83	3,82	10,00	38,20

CÁLCULO DE VOLUME DE TERRAPLENAGEM - CORTE				
KM	ÁREA (m²)	SOMA DAS ÁREAS (m²)	SEMI-DISTÂNCIA (m)	VOLUME (m³)
7+460	0,29	3,12	10,00	31,20
7+480	0,07	0,36	10,00	3,60
7+500	3,15	3,22	10,00	32,20
7+520	0,85	4,00	10,00	40,00
7+540	0,61	1,46	10,00	14,60
7+560	0,00	0,61	10,00	6,10
7+580	0,00	0,00	10,00	0,00
7+600	0,00	0,00	10,00	0,00
7+620	0,22	0,22	10,00	2,20
7+640	1,92	2,14	10,00	21,40
7+660	2,48	4,40	10,00	44,00
7+680	2,67	5,15	10,00	51,50
7+700	2,66	5,33	10,00	53,30
7+720	1,71	4,37	10,00	43,70
7+740	0,11	1,82	10,00	18,20
7+760	0,01	0,12	10,00	1,20
7+780	0,49	0,50	10,00	5,00
7+800	0,13	0,62	10,00	6,20
7+820	0,36	0,49	10,00	4,90
7+840	1,55	1,91	10,00	19,10
7+860	5,64	7,19	10,00	71,90
7+880	8,12	13,76	10,00	137,60
7+900	17,15	25,27	10,00	252,70
7+920	16,74	33,89	10,00	338,90
7+940	21,65	38,39	10,00	383,90
7+960	17,51	39,16	10,00	391,60
7+980	9,76	27,27	10,00	272,70
8+000	2,37	12,13	10,00	121,30
8+020	0,00	2,37	10,00	23,70
8+040	0,00	0,00	10,00	0,00
8+060	0,37	0,37	10,00	3,70
8+080	0,00	0,37	10,00	3,70
8+100	0,00	0,00	10,00	0,00
8+120	0,00	0,00	10,00	0,00
8+140	0,00	0,00	10,00	0,00
8+160	0,89	0,89	10,00	8,90
8+180	0,90	1,79	10,00	17,90
8+200	1,21	2,11	10,00	21,10
8+220	0,01	1,22	10,00	12,20
8+240	0,00	0,01	10,00	0,10
8+260	0,00	0,00	10,00	0,00
8+280	0,00	0,00	10,00	0,00
8+300	0,00	0,00	10,00	0,00
8+320	0,00	0,00	10,00	0,00
8+340	0,00	0,00	10,00	0,00
8+360	0,00	0,00	10,00	0,00
8+380	0,00	0,00	10,00	0,00
8+400	0,00	0,00	10,00	0,00
8+420	0,00	0,00	10,00	0,00
8+440	0,00	0,00	10,00	0,00
8+460	0,00	0,00	10,00	0,00
8+480	0,00	0,00	10,00	0,00
8+500	0,00	0,00	10,00	0,00
8+520	0,00	0,00	10,00	0,00
8+540	0,09	0,09	10,00	0,90
8+560	0,01	0,10	10,00	1,00
8+580	0,00	0,01	10,00	0,10
8+600	0,00	194,84	10,00	1948,40
8+620	0,00	0,00	10,00	0,00
8+640	0,00	0,00	10,00	0,00
8+660	0,00	0,00	10,00	0,00
8+680	0,00	0,00	10,00	0,00
8+700	0,00	0,00	10,00	0,00
8+720	0,00	0,00	10,00	0,00
8+740	0,00	0,00	10,00	0,00
8+760	0,00	0,00	10,00	0,00
8+780	0,00	0,00	10,00	0,00
8+800	0,00	0,00	10,00	0,00
8+820	0,00	0,00	10,00	0,00
8+840	0,00	0,00	10,00	0,00
8+860	0,01	0,01	10,00	0,10
8+880	0,22	0,23	10,00	2,30
8+900	0,17	0,39	10,00	3,90
8+920	0,33	0,50	10,00	5,00
8+940	0,15	0,48	10,00	4,80
8+960	0,17	0,32	10,00	3,20
8+980	0,11	0,28	10,00	2,80
9+000	0,06	0,17	10,00	1,70
9+020	0,11	0,17	10,00	1,70
9+040	0,22	0,33	10,00	3,30
9+060	0,28	0,50	10,00	5,00
9+080	0,20	0,48	10,00	4,80
9+100	0,56	0,76	10,00	7,60
9+120	0,72	1,28	10,00	12,80
9+140	1,46	2,18	10,00	21,80
9+160	2,50	3,96	10,00	39,60
9+180	11,80	14,30	10,00	143,00
9+200	15,76	27,56	10,00	275,60
9+220	75,44	91,20	10,00	912,00
9+240	145,23	220,67	10,00	2206,67
9+260	157,72	302,95	10,00	3029,51
9+280	108,48	266,20	10,00	2662,02
9+300	44,25	152,73	10,00	1527,28
9+320	3,52	47,77	10,00	477,70
9+340	2,22	5,74	10,00	57,40
9+360	2,31	4,53	10,00	45,30
9+380	0,74	3,05	10,00	30,50
9+400	0,00	0,74	10,00	7,40
9+420	0,61	0,61	10,00	6,10

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO TERRAPLENAGEM
PLANILHAS

FOLHA: 002/007

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: IAN LOSS

PROJETISTA: ALISSON ECCHER

REVISÃO: Rev.0-09/11/2025

DESENHISTA: AE | ESCALA: S/E | DATA: 09/11/2025 | ARQUIVO: AGRI-ECV2903-TR-PL-001

FORMATO A3 (420X297mm)

CÁLCULO DE VOLUME DE TERRAPLENAGEM - CORTE				
KM	ÁREA (m²)	SOMA DAS ÁREAS (m²)	SEMI-DISTÂNCIA (m)	VOLUME (m³)
9+440	0,71	1,32	10,00	13,20
9+460	0,54	1,25	10,00	12,50
9+480	0,00	0,54	10,00	5,40
9+500	0,00	0,00	10,00	0,00
9+520	0,00	0,00	10,00	0,00
9+540	0,00	0,00	10,00	0,00
9+560	0,00	0,00	10,00	0,00
9+580	0,00	0,00	10,00	0,00
9+600	0,00	0,00	10,00	0,00
9+620	0,00	0,00	10,00	0,00
9+640	0,00	0,00	10,00	0,00
9+660	0,00	0,00	10,00	0,00
9+680	0,00	0,00	10,00	0,00
9+700	0,00	0,00	10,00	0,00
9+720	0,00	0,00	10,00	0,00
9+740	0,00	0,00	10,00	0,00
9+760	0,00	0,00	10,00	0,00
9+780	0,52	0,52	10,00	5,20
9+800	0,00	0,52	10,00	5,20
9+820	0,00	0,00	10,00	0,00
9+840	0,01	0,01	10,00	0,10
9+860	0,02	0,03	10,00	0,30
9+880	0,57	0,59	10,00	5,90
9+900	0,00	0,57	10,00	5,70
9+920	0,32	0,32	10,00	3,20
9+940	0,57	0,89	10,00	8,90
9+960	0,00	0,57	10,00	5,70
9+980	2,61	2,61	10,00	26,10
10+000	6,52	9,13	10,00	91,30
10+020	8,21	14,73	10,00	147,30
10+040	7,17	15,38	10,00	153,80
10+060	2,07	9,24	10,00	92,40
10+080	0,00	2,07	10,00	20,70
10+100	0,01	0,01	10,00	0,10
10+120	0,05	0,06	10,00	0,60
10+140	0,08	0,13	10,00	1,30
10+160	0,13	0,21	10,00	2,10
10+180	0,63	0,76	10,00	7,60
10+200	0,76	1,39	10,00	13,90
10+220	1,53	2,29	10,00	22,90
10+240	2,87	4,40	10,00	44,00
10+260	2,92	5,79	10,00	57,90
10+280	0,69	3,61	10,00	36,10
10+300	6,29	6,98	10,00	69,80
10+320	5,66	11,95	10,00	119,50
10+340	6,11	11,77	10,00	117,70
10+360	6,35	12,46	10,00	124,60
10+380	4,35	10,70	10,00	107,00
10+400	1,04	5,39	10,00	53,90
10+420	1,17	2,21	10,00	22,10
10+440	1,95	3,12	10,00	31,20
10+460	1,90	3,85	10,00	38,50
10+480	0,73	2,63	10,00	26,30
10+500	0,56	1,29	10,00	12,90
10+520	0,30	0,86	10,00	8,60
10+540	0,09	0,39	10,00	3,90
10+548	0,76	0,85	3,93	3,34
VOLUME				**20973**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO TERRAPLENAGEM
PLANILHAS

FOLHA: 003/007

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: IAN LOSS

PROJETISTA: ALISSON ECCHER

REVISÃO: Rev.0-09/11/2025

DESENHISTA: AE

ESCALA: S/E

DATA: 09/11/2025

ARQUIVO: AGRI-ECV2903-TR-PL-001

FORMATO A3 (420X297mm)

CÁLCULO DE VOLUME DE TERRAPLENAGEM - CORPO DE ATERRO					
KM	AREA (m²)	SOMA DAS AREAS (m²)	SEMI-DISTANCIA (m)	VOLUME (m³)	VOLUME/FH (m³)
5+480	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5+500	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
5+520	0,75	0,75	10,00	7,50	8,33
5+540	0,00	0,75	10,00	7,50	8,33
5+560	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
5+580	1,30	1,30	10,00	13,00	14,44
5+600	1,84	3,14	10,00	31,40	34,89
5+620	0,16	2,00	10,00	20,00	22,22
5+640	0,00	0,16	10,00	1,60	1,78
5+660	0,02	0,02	10,00	0,20	0,22
5+680	0,35	0,37	10,00	3,70	4,11
5+700	0,00	0,35	10,00	3,50	3,89
5+720	0,05	0,05	10,00	0,50	0,56
5+740	0,66	0,71	10,00	7,10	7,89
5+760	0,61	1,27	10,00	12,70	14,11
5+780	6,77	7,38	10,00	73,80	82,00
5+800	5,82	12,59	10,00	125,90	139,89
5+820	5,93	11,75	10,00	117,50	130,56
5+840	4,03	9,96	10,00	99,60	110,67
5+860	7,03	11,06	10,00	110,60	122,89
5+880	0,68	7,71	10,00	77,10	85,67
5+900	0,98	1,66	10,00	16,60	18,44
5+920	4,30	5,28	10,00	52,80	58,67
5+940	0,64	4,94	10,00	49,40	54,89
5+960	0,19	0,83	10,00	8,30	9,22
5+980	1,49	1,68	10,00	16,80	18,67
6+000	1,96	3,45	10,00	34,50	38,33
6+020	1,98	3,94	10,00	39,40	43,78
6+040	5,76	7,74	10,00	77,40	86,00
6+060	4,38	10,14	10,00	101,40	112,67
6+080	11,76	16,14	10,00	161,40	179,33
6+100	7,36	19,12	10,00	191,20	212,44
6+120	20,75	28,11	10,00	281,10	312,33
6+140	0,50	21,25	10,00	212,50	236,11
6+160	0,10	0,60	10,00	6,00	6,67
6+180	0,54	0,64	10,00	6,40	7,11
6+200	1,66	2,20	10,00	22,00	24,44
6+220	7,51	9,17	10,00	91,70	101,89
6+240	7,97	15,48	10,00	154,80	172,00
6+260	9,36	17,33	10,00	173,30	192,56
6+280	7,41	16,77	10,00	167,70	186,33
6+300	5,55	12,96	10,00	129,60	144,00
6+320	6,27	11,82	10,00	118,20	131,33
6+340	0,34	6,61	10,00	66,10	73,44
6+360	0,01	0,35	10,00	3,50	3,89
6+380	1,39	1,40	10,00	14,00	15,56
6+400	6,72	8,11	10,00	81,10	90,11
6+420	9,15	15,87	10,00	158,70	176,33
6+440	13,33	22,48	10,00	224,80	249,78
6+460	17,05	30,38	10,00	303,80	337,56
6+480	12,55	29,60	10,00	296,00	328,89
6+500	16,29	28,84	10,00	288,40	320,44
6+520	18,01	34,30	10,00	343,00	381,11
6+540	9,45	27,46	10,00	274,60	305,11
6+560	0,06	9,51	10,00	95,10	105,67
6+580	0,01	0,07	10,00	0,70	0,78
6+600	0,00	0,01	10,00	0,10	0,11
6+620	3,80	3,80	10,00	38,00	42,22
6+640	15,20	19,00	10,00	190,00	211,11
6+660	25,05	40,25	10,00	402,50	447,22
6+680	32,11	57,16	10,00	571,60	635,11
6+700	13,48	45,59	10,00	455,90	506,56
6+720	11,08	24,56	10,00	245,60	272,89
6+740	9,38	20,46	10,00	204,60	227,33
6+760	15,48	24,86	10,00	248,60	276,22
6+780	0,88	16,36	10,00	163,60	181,78
6+800	0,00	0,88	10,00	8,80	9,78
6+820	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
6+840	0,01	0,01	10,00	0,10	0,11
6+860	0,00	0,01	10,00	0,10	0,11
6+880	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
6+900	10,88	10,88	10,00	108,80	120,89
6+920	32,84	43,72	10,00	437,20	485,78
6+940	21,53	54,37	10,00	543,70	604,11
6+960	22,02	43,55	10,00	435,50	483,89
6+980	27,19	49,21	10,00	492,10	546,78
7+000	19,37	46,56	10,00	465,60	517,33
7+020	16,18	35,55	10,00	355,50	395,00
7+040	22,59	38,77	10,00	387,70	430,78
7+060	37,34	59,93	10,00	599,30	665,89
7+080	59,22	96,56	10,00	965,60	1072,89
7+100	20,20	79,42	10,00	794,20	882,44
7+120	1,36	21,56	10,00	215,60	239,56
7+140	0,00	1,36	10,00	13,60	15,11
7+160	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
7+180	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
7+200	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00

CÁLCULO DE VOLUME DE TERRAPLENAGEM - CORPO DE ATERRO					
KM	AREA (m²)	SOMA DAS AREAS (m²)	SEMI-DISTANCIA (m)	VOLUME (m³)	VOLUME/FH (m³)
7+220	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
7+240	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
7+260	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
7+280	0,01	0,01	10,00	0,10	0,11
7+300	0,51	0,52	10,00	5,20	5,78
7+320	8,20	8,71	10,00	87,10	96,78
7+340	0,00	8,20	10,00	82,00	91,11
7+360	0,34	0,34	10,00	3,40	3,78
7+380	2,17	2,51	10,00	25,10	27,89
7+400	2,68	4,85	10,00	48,50	53,89
7+420	2,27	4,95	10,00	49,50	55,00
7+440	2,01	4,28	10,00	42,80	47,56
7+460	9,28	11,29	10,00	112,90	125,44
7+480	11,35	20,63	10,00	206,30	229,22
7+500	8,44	19,79	10,00	197,90	219,89
7+520	9,45	17,89	10,00	178,90	198,78
7+540	10,64	20,09	10,00	200,90	223,22
7+560	8,62	19,26	10,00	192,60	214,00
7+580	4,90	13,52	10,00	135,20	150,22
7+600	0,65	5,55	10,00	55,50	61,67
7+620	0,51	1,16	10,00	11,60	12,89
7+640	0,09	0,60	10,00	6,00	6,67
7+660	0,00	0,09	10,00	0,90	1,00
7+680	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
7+700	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
7+720	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
7+740	14,96	14,96	10,00	149,60	166,22
7+760	20,92	35,88	10,00	358,80	398,67
7+780	3,25	24,17	10,00	241,70	268,56
7+800	34,49	37,74	10,00	377,40	419,33
7+820	11,59	46,08	10,00	460,80	512,00
7+840	8,37	19,96	10,00	199,60	221,78
7+860	0,00	8,37	10,00	83,70	93,00
7+880	0,12	0,12	10,00	1,20	1,33
7+900	0,02	0,14	10,00	1,40	1,56
7+920	0,04	0,06	10,00	0,60	0,67
7+940	0,00	0,04	10,00	0,40	0,44
7+960	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
7+980	0,01	0,01	10,00	0,10	0,11
8+000	0,25	0,26	10,00	2,60	2,89
8+020	0,16	0,41	10,00	4,10	4,56
8+040	1,78	1,94	10,00	19,40	21,56
8+060	1,10	2,88	10,00	28,80	32,00
8+080	1,25	2,35	10,00	23,50	26,11
8+100	19,10	20,35	10,00	203,50	226,11
8+120	0,29	19,39	10,00	193,90	215,44
8+140	0,01	0,30	10,00	3,00	3,33
8+160	0,08	0,09	10,00	0,90	1,00
8+180	1,06	1,14	10,00	11,40	12,67
8+200	0,27	1,33	10,00	13,30	14,78
8+220	1,01	1,28	10,00	12,80	14,22
8+240	5,21	6,22	10,00	62,20	69,11
8+260	15,93	21,14	10,00	211,40	234,89
8+280	9,12	25,05	10,00	250,50	278,33
8+300	13,67	22,79	10,00	227,90	253,22
8+320	13,84	27,51	10,00	275,10	305,67
8+340	14,61	28,45	10,00	284,50	316,11
8+360	12,26	26,87	10,00	268,70	298,56
8+380	10,32	22,58	10,00	225,80	250,89
8+400	9,15	19,47	10,00	194,70	216,33
8+420	9,20	18,35	10,00	183,50	203,89
8+440	8,06	17,26	10,00	172,60	191,78
8+460	8,02	16,08	10,00	160,80	178,67
8+480	8,69	16,71	10,00	167,10	185,67
8+500	8,78	17,47	10,00	174,70	194,11
8+520	10,45	19,23	10,00	192,30	213,67
8+540	6,95	17,40	10,00	174,00	193,33
8+560	12,90	19,85	10,00	198,50	220,56
8+580	15,87	28,77	10,00	287,70	319,67
8+600	14,06	29,93	10,00	299,30	332,56
8+620	12,67	26,73	10,00	267,30	297,00
8+640	16,20	28,87	10,00	288,70	320,78
8+660	18,14	34,34	10,00	343,40	381,56
8+680	33,48	51,62	10,00	516,20	573,56
8+700	41,01	74,49	10,00	744,90	827,67
8+720	57,57	98,58	10,00	985,80	1095,33
8+740	80,22	137,79	10,00	1377,90	1531,00
8+760	74,33	154,55	10,00	1545,50	1717,22
8+780	74,72	149,05	10,00	1490,50	1656,11
8+800	72,99	147,71	10,00	1477,10	1641,22
8+820	94,32	167,31	10,00	1673,10	1859,00
8+840	78,21	172,53	10,00	1725,30	1917,00
8+860	72,31	150,52	10,00	1505,20	1672,44
8+880	51,32	123,63	10,00	1236,30	1373,67
8+900	59,50	110,82	10,00	1108,20	1231,33
8+920	52,02	111,52	10,00	1115,20	1239,11
8+940	65,10	117,12	10,00	1171,20	1301,33

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO TERRAPLENAGEM
PLANILHAS

FOLHA: 004/007

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: IAN LOSS
PROJETISTA: ALISSON ECCHER
REVISÃO: Rev.0-09/11/2025
DESENHISTA: AE
ESCALA: S/E
DATA: 09/11/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-TR-PL-001

FORMATO A3 (420X297mm)

CALCULO DE VOLUME DE TERRAPLENAGEM - CORPO DE ATERRO					
KM	ÁREA (m²)	SOMA DAS ÁREAS (m²)	SEMI-DISTÂNCIA (m)	VOLUME (m³)	VOLUME/FH (m³)
8+960	48,72	113,82	10,00	1138,20	1264,67
8+980	57,95	106,67	10,00	1066,70	1185,22
9+000	45,53	103,48	10,00	1034,80	1149,78
9+020	39,14	84,67	10,00	846,70	940,78
9+040	38,61	77,75	10,00	777,50	863,89
9+060	8,96	47,57	10,00	475,70	528,56
9+080	6,11	15,07	10,00	150,70	167,44
9+100	4,06	10,17	10,00	101,70	113,00
9+120	0,84	4,90	10,00	49,00	54,44
9+140	0,00	0,84	10,00	8,40	9,33
9+160	0,03	0,03	10,00	0,30	0,33
9+180	4,88	4,91	10,00	49,10	54,56
9+200	0,00	4,88	10,00	48,80	54,22
9+220	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
9+240	0,07	0,07	10,00	0,70	0,78
9+260	0,03	0,10	10,00	1,00	1,11
9+280	0,27	0,30	10,00	3,00	3,33
9+300	1,23	1,50	10,00	15,00	16,67
9+320	0,00	1,23	10,00	12,30	13,67
9+340	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
9+360	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
9+380	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
9+400	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
9+420	0,79	0,79	10,00	7,90	8,78
9+440	15,02	15,81	10,00	158,10	175,67
9+460	22,56	37,58	10,00	375,80	417,56
9+480	23,14	45,70	10,00	457,00	507,78
9+500	21,94	45,08	10,00	450,80	500,89
9+520	37,29	59,23	10,00	592,30	658,11
9+540	36,85	74,14	10,00	741,40	823,78
9+560	40,86	77,71	10,00	777,10	863,44
9+580	41,90	82,76	10,00	827,60	919,56
9+600	37,07	78,97	10,00	789,70	877,44
9+620	41,99	79,06	10,00	790,60	878,44
9+640	47,08	89,07	10,00	890,70	989,67
9+660	43,96	91,04	10,00	910,40	1011,56
9+680	34,44	78,40	10,00	784,00	871,11
9+700	20,57	55,01	10,00	550,10	611,22
9+720	15,76	36,33	10,00	363,30	403,67
9+740	9,48	25,24	10,00	252,40	280,44
9+760	8,08	17,56	10,00	175,60	195,11
9+780	8,28	16,36	10,00	163,60	181,78
9+800	6,53	14,81	10,00	148,10	164,56
9+820	8,03	14,56	10,00	145,60	161,78
9+840	3,12	11,15	10,00	111,50	123,89
9+860	0,97	4,09	10,00	40,90	45,44
9+880	2,30	3,27	10,00	32,70	36,33
9+900	1,04	3,34	10,00	33,40	37,11
9+920	0,00	1,04	10,00	10,40	11,56
9+940	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
9+960	9,21	9,21	10,00	92,10	102,33
9+980	2,66	11,87	10,00	118,70	131,89
10+000	0,38	3,04	10,00	30,40	33,78
10+020	1,59	1,97	10,00	19,70	21,89
10+040	0,14	1,73	10,00	17,30	19,22
10+060	2,67	2,81	10,00	28,10	31,22
10+080	3,62	6,29	10,00	62,90	69,89
10+100	6,87	10,49	10,00	104,90	116,56
10+120	21,96	28,83	10,00	288,30	320,33
10+140	23,71	45,67	10,00	456,70	507,44
10+160	19,36	43,07	10,00	430,70	478,56
10+180	12,65	32,01	10,00	320,10	355,67
10+200	10,76	23,41	10,00	234,10	260,11
10+220	4,24	15,00	10,00	150,00	166,67
10+240	3,95	8,19	10,00	81,90	91,00
10+260	3,51	7,46	10,00	74,60	82,89
10+280	13,44	16,95	10,00	169,50	188,33
10+300	2,86	16,30	10,00	163,00	181,11
10+320	4,12	6,98	10,00	69,80	77,56
10+340	1,31	5,43	10,00	54,30	60,33
10+360	0,00	1,31	10,00	13,10	14,56
10+380	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
10+400	5,75	5,75	10,00	57,50	63,89
10+420	10,24	15,99	10,00	159,90	177,67
10+440	8,03	18,27	10,00	182,70	203,00
10+460	0,48	8,51	10,00	85,10	94,56
10+480	0,03	0,51	10,00	5,10	5,67
10+500	0,01	0,04	10,00	0,40	0,44
10+520	0,22	0,23	10,00	2,30	2,56
10+540	0,03	0,25	10,00	2,50	2,78
10+548	0,47	0,50	10,00	5,00	5,56
VOLUME				**59779**	**66421**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO TERRAPLENAGEM
PLANILHAS

FOLHA: 005/007

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: IAN LOSS

PROJETISTA: ALISSON ECCHER

REVISÃO: Rev.0-09/11/2025

DESENHISTA: AE

ESCALA: S/E

DATA: 09/11/2025

ARQUIVO: AGRI-ECV2903-TR-PL-001

FORMATO A3 (420X297mm)

CÁLCULO DE VOLUME DE TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL					
KM	ÁREA (m²)	SOMA DAS ÁREAS (m²)	SEMI-DISTÂNCIA (m)	VOLUME (m³)	VOLUME/FH (m³)
5+480	0,28	0,28	0,00	0,00	0,00
5+500	0,45	0,73	10,00	7,30	8,11
5+520	4,95	5,40	10,00	54,00	60,00
5+540	4,76	9,71	10,00	97,10	107,89
5+560	3,74	8,50	10,00	85,00	94,44
5+580	4,88	8,62	10,00	86,20	95,78
5+600	3,96	8,84	10,00	88,40	98,22
5+620	3,18	7,14	10,00	71,40	79,33
5+640	1,25	4,43	10,00	44,30	49,22
5+660	0,23	1,48	10,00	14,80	16,44
5+680	3,11	3,34	10,00	33,40	37,11
5+700	3,71	6,82	10,00	68,20	75,78
5+720	3,73	7,44	10,00	74,40	82,67
5+740	3,01	6,74	10,00	67,40	74,89
5+760	4,88	7,89	10,00	78,90	87,67
5+780	4,82	9,70	10,00	97,00	107,78
5+800	4,89	9,71	10,00	97,10	107,89
5+820	7,56	12,45	10,00	124,50	138,33
5+840	5,00	12,56	10,00	125,60	139,56
5+860	4,36	9,36	10,00	93,60	104,00
5+880	4,15	8,51	10,00	85,10	94,56
5+900	4,06	8,21	10,00	82,10	91,22
5+920	2,50	6,56	10,00	65,60	72,89
5+940	1,93	4,43	10,00	44,30	49,22
5+960	1,37	3,30	10,00	33,00	36,67
5+980	3,84	5,21	10,00	52,10	57,89
6+000	4,05	7,89	10,00	78,90	87,67
6+020	5,24	9,29	10,00	92,90	103,22
6+040	5,67	10,91	10,00	109,10	121,22
6+060	4,65	10,32	10,00	103,20	114,67
6+080	7,83	12,48	10,00	124,80	138,67
6+100	8,08	15,91	10,00	159,10	176,78
6+120	9,13	17,21	10,00	172,10	191,22
6+140	5,77	14,90	10,00	149,00	165,56
6+160	3,23	9,00	10,00	90,00	100,00
6+180	4,21	7,44	10,00	74,40	82,67
6+200	5,31	9,52	10,00	95,20	105,78
6+220	6,20	11,51	10,00	115,10	127,89
6+240	5,44	11,64	10,00	116,40	129,33
6+260	5,31	10,75	10,00	107,50	119,44
6+280	5,26	10,57	10,00	105,70	117,44
6+300	4,70	9,96	10,00	99,60	110,67
6+320	5,52	10,22	10,00	102,20	113,56
6+340	3,10	8,62	10,00	86,20	95,78
6+360	1,55	4,65	10,00	46,50	51,67
6+380	4,19	5,74	10,00	57,40	63,78
6+400	4,81	9,00	10,00	90,00	100,00
6+420	6,76	11,57	10,00	115,70	128,56
6+440	8,14	14,90	10,00	149,00	165,56
6+460	9,35	17,49	10,00	174,90	194,33
6+480	8,75	18,10	10,00	181,00	201,11
6+500	8,23	16,98	10,00	169,80	188,67
6+520	7,90	16,13	10,00	161,30	179,22
6+540	5,32	13,22	10,00	132,20	146,89
6+560	3,55	8,87	10,00	88,70	98,56
6+580	4,93	8,48	10,00	84,80	94,22
6+600	3,23	8,16	10,00	81,60	90,67
6+620	8,99	12,22	10,00	122,20	135,78
6+640	10,33	19,32	10,00	193,20	214,67
6+660	11,39	21,72	10,00	217,20	241,33
6+680	11,73	23,12	10,00	231,20	256,89
6+700	9,82	21,55	10,00	215,50	239,44
6+720	8,71	18,53	10,00	185,30	205,89
6+740	8,55	17,26	10,00	172,60	191,78
6+760	10,28	18,83	10,00	188,30	209,22
6+780	7,07	17,35	10,00	173,50	192,78
6+800	6,66	13,73	10,00	137,30	152,56
6+820	4,07	10,73	10,00	107,30	119,22
6+840	2,73	6,80	10,00	68,00	75,56
6+860	1,96	4,69	10,00	46,90	52,11
6+880	2,89	4,85	10,00	48,50	53,89
6+900	9,55	12,44	10,00	124,40	138,22
6+920	9,63	19,18	10,00	191,80	213,11
6+940	6,22	15,85	10,00	158,50	176,11
6+960	8,15	14,37	10,00	143,70	159,67
6+980	9,40	17,55	10,00	175,50	195,00
7+000	5,21	14,61	10,00	146,10	162,33
7+020	5,49	10,70	10,00	107,00	118,89
7+040	6,02	11,51	10,00	115,10	127,89
7+060	6,18	12,20	10,00	122,00	135,56
7+080	6,37	12,55	10,00	125,50	139,44
7+100	7,85	14,22	10,00	142,20	158,00
7+120	4,52	12,37	10,00	123,70	137,44
7+140	0,13	4,65	10,00	46,50	51,67
7+160	0,10	0,23	10,00	2,30	2,56
7+180	0,43	0,53	10,00	5,30	5,89
7+200	0,11	0,54	10,00	5,40	6,00

CÁLCULO DE VOLUME DE TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL					
KM	ÁREA (m²)	SOMA DAS ÁREAS (m²)	SEMI-DISTÂNCIA (m)	VOLUME (m³)	VOLUME/FH (m³)
7+220	0,11	0,22	10,00	2,20	2,44
7+240	0,12	0,23	10,00	2,30	2,56
7+260	0,20	0,32	10,00	3,20	3,56
7+280	0,45	0,65	10,00	6,50	7,22
7+300	4,44	4,89	10,00	48,90	54,33
7+320	5,43	9,87	10,00	98,70	109,67
7+340	2,76	8,19	10,00	81,90	91,00
7+360	3,82	6,58	10,00	65,80	73,11
7+380	5,29	9,11	10,00	91,10	101,22
7+400	4,89	10,18	10,00	101,80	113,11
7+420	3,93	8,82	10,00	88,20	98,00
7+440	3,59	7,52	10,00	75,20	83,56
7+460	5,00	8,59	10,00	85,90	95,44
7+480	5,82	10,82	10,00	108,20	120,22
7+500	4,65	10,47	10,00	104,70	116,33
7+520	4,81	9,46	10,00	94,60	105,11
7+540	4,75	9,56	10,00	95,60	106,22
7+560	5,35	10,10	10,00	101,00	112,22
7+580	5,33	10,68	10,00	106,80	118,67
7+600	4,14	9,47	10,00	94,70	105,22
7+620	3,23	7,37	10,00	73,70	81,89
7+640	2,23	5,46	10,00	54,60	60,67
7+660	1,56	3,79	10,00	37,90	42,11
7+680	0,72	2,28	10,00	22,80	25,33
7+700	0,46	1,18	10,00	11,80	13,11
7+720	0,15	0,61	10,00	6,10	6,78
7+740	7,63	7,78	10,00	77,80	86,44
7+760	8,45	16,08	10,00	160,80	178,67
7+780	4,43	12,88	10,00	128,80	143,11
7+800	7,91	12,34	10,00	123,40	137,11
7+820	6,45	14,36	10,00	143,60	159,56
7+840	3,88	10,33	10,00	103,30	114,78
7+860	0,61	4,49	10,00	44,90	49,89
7+880	0,08	0,69	10,00	6,90	7,67
7+900	0,09	0,17	10,00	1,70	1,89
7+920	0,06	0,15	10,00	1,50	1,67
7+940	0,10	0,16	10,00	1,60	1,78
7+960	0,09	0,19	10,00	1,90	2,11
7+980	0,08	0,17	10,00	1,70	1,89
8+000	1,83	1,91	10,00	19,10	21,22
8+020	4,86	6,69	10,00	66,90	74,33
8+040	5,36	10,22	10,00	102,20	113,56
8+060	4,85	10,21	10,00	102,10	113,44
8+080	6,63	11,48	10,00	114,80	127,56
8+100	6,64	13,27	10,00	132,70	147,44
8+120	5,88	12,52	10,00	125,20	139,11
8+140	2,35	8,23	10,00	82,30	91,44
8+160	1,23	3,58	10,00	35,80	39,78
8+180	1,54	2,77	10,00	27,70	30,78
8+200	2,83	4,37	10,00	43,70	48,56
8+220	4,87	7,70	10,00	77,00	85,56
8+240	5,72	10,59	10,00	105,90	117,67
8+260	7,04	12,76	10,00	127,60	141,78
8+280	7,12	14,16	10,00	141,60	157,33
8+300	9,34	16,46	10,00	164,60	182,89
8+320	10,53	19,87	10,00	198,70	220,78
8+340	11,22	21,75	10,00	217,50	241,67
8+360	11,85	23,07	10,00	230,70	256,33
8+380	11,87	23,72	10,00	237,20	263,56
8+400	10,85	22,72	10,00	227,20	252,44
8+420	10,57	21,42	10,00	214,20	238,00
8+440	9,38	19,95	10,00	199,50	221,67
8+460	7,30	16,68	10,00	166,80	185,33
8+480	6,34	13,64	10,00	136,40	151,56
8+500	5,55	11,89	10,00	118,90	132,11
8+520	5,59	11,14	10,00	111,40	123,78
8+540	6,97	12,56	10,00	125,60	139,56
8+560	8,15	15,12	10,00	151,20	168,00
8+580	7,91	16,06	10,00	160,60	178,44
8+600	8,41	16,32	10,00	163,20	181,33
8+620	8,82	17,23	10,00	172,30	191,44
8+640	9,04	17,86	10,00	178,60	198,44
8+660	10,90	19,94	10,00	199,40	221,56
8+680	13,21	24,11	10,00	241,10	267,89
8+700	14,57	27,78	10,00	277,80	308,67
8+720	15,30	29,87	10,00	298,70	331,89
8+740	16,19	31,49	10,00	314,90	349,89
8+760	24,97	41,16	10,00	411,60	457,33
8+780	18,93	43,90	10,00	439,00	487,78
8+800	21,84	40,77	10,00	407,70	453,00
8+820	19,10	40,94	10,00	409,40	454,89
8+840	17,00	36,10	10,00	361,00	401,11
8+860	25,38	42,38	10,00	423,80	470,89
8+880	28,55	53,93	10,00	539,30	599,22
8+900	20,21	48,76	10,00	487,60	541,78
8+920	13,16	33,37	10,00	333,70	370,78
8+940	12,83	25,99	10,00	259,90	288,78

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO TERRAPLENAGEM
PLANILHAS

FOLHA: 006/007

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: IAN LOSS
PROJETISTA: ALISSON ECCHER
REVISÃO: Rev.0-09/11/2025
DESENHISTA: AE
ESCALA: S/E
DATA: 09/11/2025
ARQUIVO: AGRI-ECV2903-TR-PL-001

FORMATO A3 (420X297mm)

CALCULO DE VOLUME DE TERRAPLENAGEM - CAMADA FINAL					
KM	ÁREA (m²)	SOMA DAS ÁREAS (m²)	SEMI-DISTÂNCIA (m)	VOLUME (m³)	VOLUME/FH (m³)
8+960	15,48	28,31	10,00	283,10	314,56
8+980	4,78	20,26	10,00	202,60	225,11
9+000	22,06	26,84	10,00	268,40	298,22
9+020	12,65	34,71	10,00	347,10	385,67
9+040	9,89	22,54	10,00	225,40	250,44
9+060	8,28	18,17	10,00	181,70	201,89
9+080	9,55	17,83	10,00	178,30	198,11
9+100	7,02	16,57	10,00	165,70	184,11
9+120	5,46	12,48	10,00	124,80	138,67
9+140	0,12	5,58	10,00	55,80	62,00
9+160	2,03	2,15	10,00	21,50	23,89
9+180	0,19	2,22	10,00	22,20	24,67
9+200	1,38	1,57	10,00	15,70	17,44
9+220	1,63	3,01	10,00	30,10	33,44
9+240	2,06	3,69	10,00	36,90	41,00
9+260	1,47	3,53	10,00	35,30	39,22
9+280	0,66	2,13	10,00	21,30	23,67
9+300	5,57	6,23	10,00	62,30	69,22
9+320	0,51	6,08	10,00	60,80	67,56
9+340	0,38	0,89	10,00	8,90	9,89
9+360	0,47	0,85	10,00	8,50	9,44
9+380	0,66	1,13	10,00	11,30	12,56
9+400	2,91	3,57	10,00	35,70	39,67
9+420	4,74	7,65	10,00	76,50	85,00
9+440	5,14	9,88	10,00	98,80	109,78
9+460	6,33	11,47	10,00	114,70	127,44
9+480	8,45	14,78	10,00	147,80	164,22
9+500	9,11	17,56	10,00	175,60	195,11
9+520	9,23	18,34	10,00	183,40	203,78
9+540	9,20	18,43	10,00	184,30	204,78
9+560	9,49	18,69	10,00	186,90	207,67
9+580	9,59	19,08	10,00	190,80	212,00
9+600	9,56	19,15	10,00	191,50	212,78
9+620	9,73	19,29	10,00	192,90	214,33
9+640	9,90	19,63	10,00	196,30	218,11
9+660	10,13	20,03	10,00	200,30	222,56
9+680	9,86	19,99	10,00	199,90	222,11
9+700	9,39	19,25	10,00	192,50	213,89
9+720	9,35	18,74	10,00	187,40	208,22
9+740	9,03	18,38	10,00	183,80	204,22
9+760	7,47	16,50	10,00	165,00	183,33
9+780	4,90	12,37	10,00	123,70	137,44
9+800	7,91	12,81	10,00	128,10	142,33
9+820	7,67	15,58	10,00	155,80	173,11
9+840	4,51	12,18	10,00	121,80	135,33
9+860	4,22	8,73	10,00	87,30	97,00
9+880	4,44	8,66	10,00	86,60	96,22
9+900	4,42	8,86	10,00	88,60	98,44
9+920	1,18	5,60	10,00	56,00	62,22
9+940	2,54	3,72	10,00	37,20	41,33
9+960	7,43	9,97	10,00	99,70	110,78
9+980	4,26	11,69	10,00	116,90	129,89
10+000	1,96	6,22	10,00	62,20	69,11
10+020	4,21	6,17	10,00	61,70	68,56
10+040	2,34	6,55	10,00	65,50	72,78
10+060	5,50	7,84	10,00	78,40	87,11
10+080	7,08	12,58	10,00	125,80	139,78
10+100	7,87	14,95	10,00	149,50	166,11
10+120	8,66	16,53	10,00	165,30	183,67
10+140	8,46	17,12	10,00	171,20	190,22
10+160	7,87	16,33	10,00	163,30	181,44
10+180	5,34	13,21	10,00	132,10	146,78
10+200	6,43	11,77	10,00	117,70	130,78
10+220	4,96	11,39	10,00	113,90	126,56
10+240	3,13	8,09	10,00	80,90	89,89
10+260	3,38	6,51	10,00	65,10	72,33
10+280	6,87	10,25	10,00	102,50	113,89
10+300	3,62	10,49	10,00	104,90	116,56
10+320	3,53	7,15	10,00	71,50	79,44
10+340	2,96	6,49	10,00	64,90	72,11
10+360	0,08	3,04	10,00	30,40	33,78
10+380	0,40	0,48	10,00	4,80	5,33
10+400	4,46	4,86	10,00	48,60	54,00
10+420	4,64	9,10	10,00	91,00	101,11
10+440	3,96	8,60	10,00	86,00	95,56
10+460	4,05	8,01	10,00	80,10	89,00
10+480	1,03	5,08	10,00	50,80	56,44
10+500	1,26	2,29	10,00	22,90	25,44
10+520	3,56	4,82	10,00	48,20	53,56
10+540	3,18	6,74	10,00	67,40	74,89
10+548	2,67	5,85	10,00	58,50	65,00
VOLUME					**33924**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO INTEGRADOR 1 E 2

Projeto: DUPLICAÇÃO DE TRECHO DA ROD. SC-417 - GARUVA AO PORTO DE ITAPOÁ
Trecho: ENTR. SC-416 ATÉ O CONTORNO DE GARUVA

SERVIÇO: FASE DE ANTEPROJETO
PROJETO TERRAPLENAGEM
PLANILHAS

FOLHA: 007/007

EMPRESA: AGRI ENGENHARIA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: IAN LOSS

PROJETISTA: ALISSON ECCHER

REVISÃO: Rev.0-09/11/2025

DESENHISTA: AE

ESCALA: S/E

DATA: 09/11/2025

ARQUIVO: AGRI-ECV2903-TR-PL-001

FORMATO A3 (420X297mm)

ANEXOS

Anexos A

Boletins de sondagem a percussão

PERFIL INDIVÍDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

OBRA: SEGMENTO 2
LOCAL: GARUVA - SC

INÍCIO: 09/11/2022
TÉRMINO: 09/11/2022
COTA:

FURO SP-201

REVESTIMENTO = 63.5 mm
AMOSTRADOR: Ø INTERNO = 34.9 mm; Ø EXTERNO = 50.8 mm
PESO = 65 kg - ALTURA DE QUEDA = 75 cm

REV. AVANÇO TC/TH/CA	COTA N.A. (m)	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLÓGICO / Nº DE AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	ENSAIO PENETRO-MÉTRICO 1º 2º 3º	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO 30 cm INICIAIS	30 cm FINAIS
			1	SILTE ARENO-ARGILOSO, CINZA, POUCO COMPACTO A MEDIANAMENTE COMPACTO	2/15 3/15 4/15	5	7
	1,40 N.A. 09/11/2022		2		3/15 3/15 3/15	6	6
			3		4/15 4/15 4/15	8	8
			4		4/15 5/15 5/15	9	10
			5		3/15 4/15 4/15	7	8
			6		3/15 4/15 5/15	7	9
			7		4/15 4/15 3/15	8	7
			8		6/15 6/15 8/15	12	14
		8,50	9		6/15 9/15 12/15	15	21
			10		7/15 10/15 14/15	17	24
			11		8/15 10/15 13/15	18	23
			12	SILTE ARENO-ARGILOSO, ESVERDEADO, MEDIANAMENTE COMPACTO A COMPACTO	9/15 12/15 13/15	21	25
			13		8/15 10/15 12/15	18	22
			14		10/15 10/15 11/15	20	21
			15		8/15 10/15 10/15	18	20
		15,45		FURO TERMINADO COM 15,45m			

PENETRAÇÃO (GOLPES)
30 cm INICIAIS
30 cm FINAIS
COMPACIDADE - SOLOS ARENOSOS (SPT)

FOFA	POU. C.	MED. COMP.	COMPACTA	MUITO COMP.
4	8	18	40	

CONSISTÊNCIA - SOLOS ARGILOSOS (SPT)

M. MOLE	MOLE	MÉDIA	RIJA	DURA
2	5	10	19	

OBS.: MOTIVO DO TÉRMINO: 15,45 metros limitado pelo cliente.

MÉTODO EXECUTIVO

AVANÇO DO FURO	Ø	PROFUNDIDADE (m)	
TRADO CAVADEIRA	4"		
TRADO HELICOIDAL	2 ¼"	0.00	0.80
CIRCULAÇÃO DE ÁGUA	2"		
REVESTIMENTO	2½"	0.00	2.00
SPT	2"	ENSAIOS	

LAVAGEM POR TEMPO

TEMPO (min.):	AVANÇO (m):
10	-
10	-
10	-

TABELA DO NÍVEL D'ÁGUA

DATA	HORA	N.A. (m)	PROF. FURO (m)
09/11/2022	24 HORAS	1.40	

FOLHA: 01 / 01
ESCALA: 1/100
COORDENADAS:

PERFIL INDIVÍDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

OBRA: SEGMENTO 2
LOCAL: GARUVA - SC

INÍCIO: 07/11/2022
TÉRMINO: 07/11/2022
COTA:

FURO SP-202

REVESTIMENTO = 63.5 mm
AMOSTRADOR: Ø INTERNO = 34.9 mm; Ø EXTERNO = 50.8 mm
PESO = 65 kg - ALTURA DE QUEDA = 75 cm

REV. AVANÇO TC/TH/CA	COTA N.A. (m)	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLÓGICO / Nº DE AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	ENSAIO PENETRO-MÉTRICO 1º	2º	3º	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO 30 cm INICIAIS	30 cm FINAIS
			1	SILTE ARGILO-ARENOSO, MARROM AVERMELHADO, MÉDIO A RIJO	4/15	5/15	5/15	9	10
			2		4/15	5/15	6/15	9	11
	2,37 N.A.		3		2/15	2/15	2/15	4	4
	07/11/2022	2,80	4	ARGILA POUCO ARENOSA, CINZA, MOLE	2/15	1/15	2/15	3	3
		4,60	5	AREIA MÉDIA E GROSSA COM PEDREGULHOS MÉDIOS, CINZA, COMPACTA A MUITO COMPACTA	12/15	14/15	15/15	26	29
			6		13/15	15/15	18/15	28	33
			7		15/15	20/15	23/15	35	43
			8		15/15	11/15	13/15	26	24
			9		16/15	18/15	20/15	34	38
			10		14/15	19/15	21/15	33	40
			11		12/15	12/15	18/15	24	30
		11,50	12		8/15	10/15	10/15	18	20
			13		8/15	11/15	12/15	19	23
			14	SILTE ARENO-ARGILOSO, ESVERDEADO, COMPACTO	6/15	8/15	13/15	14	21
			15		9/15	12/15	14/15	21	26
		15,45		FURO TERMINADO COM 15,45m					

PENETRAÇÃO (GOLPES)
30 cm INICIAIS
30 cm FINAIS
COMPACIDADE - SOLOS ARENOSOS (SPT)

FOFA	POU. C.	MED. COMP.	COMPACTA	MUITO COMP.
4	8	18	40	

M. MOLE	MOLE	MÉDIA	RIJA	DURA
2	5	10	19	

CONSISTÊNCIA - SOLOS ARGILOSOS (SPT)

OBS.: MOTIVO DO TÉRMINO: 15,45 metros limitado pelo cliente.

MÉTODO EXECUTIVO

AVANÇO DO FURO	Ø	PROFUNDIDADE (m)	
TRADO CAVADEIRA	4"		
TRADO HELICOIDAL	2 ¼"	0.00	0.80
CIRCULAÇÃO DE ÁGUA	2"		
REVESTIMENTO	2½"	0.00	2.00
SPT	2"	ENSAIOS	

LAVAGEM POR TEMPO

TEMPO (min.):	AVANÇO (m):
10	-
10	-
10	-

TABELA DO NÍVEL D'ÁGUA

DATA	HORA	N.A. (m)	PROF. FURO (m)
07/11/2022	24 HORAS	2.37	

FOLHA: 01 / 01
ESCALA: 1/100
COORDENADAS:

PERFIL INDIVÍDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

OBRA: SEGMENTO 2
LOCAL: GARUVA - SC

INÍCIO: 24/10/2022
TÉRMINO: 24/10/2022
COTA:

FURO SP-203

REVESTIMENTO = 63.5 mm
AMOSTRADOR: Ø INTERNO = 34.9 mm; Ø EXTERNO = 50.8 mm
PESO = 65 kg - ALTURA DE QUEDA = 75 cm

REV. AVANÇO TC/TH/CA	COTA N.A. (m)	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLÓGICO / Nº DE AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	ENSAIO PENETRO-MÉTRICO 1º / 2º / 3º	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO 30 cm INICIAIS	30 cm FINAIS
		0,80	1	ATERRO, SILTE ARENOSO PRESENÇA DE CASCALHOS, MARROM	5/15 6/15 7/15	11	13
	1,80 N.A. 24/10/22		2	SILTE ARENO-ARGILOSO, MARROM E RÓSEO COM PORÇÕES VARIEGADO, MEDIAMENTE COMPACTO	6/15 6/15 8/15	12	14
			3		7/15 5/15 8/15	12	13
		3,67	·		–/15 –/15 –/15		
			5		7/15 7/15 9/15	14	16
			6		6/15 6/15 10/15	12	16
			7	SILTE ARENO-ARGILOSO, ROSADO E VERMELHO, MEDIAMENTE COMPACTO A COMPACTO	8/15 9/15 10/15	17	19
			8		8/15 9/15 9/15	17	18
			9		10/15 12/15 14/15	22	26
		9,53	10		15/15 18/15 23/15	33	41
			11		31/15 20/5 -	51/20	20/5
			12		28/15 23/15 -	51	23/15
			13	SILTE ARENO-ARGILOSO, MARROM, COMPACTO A MUITO COMPACTO	23/15 21/15 -	44	21/15
			14		19/15 25/10 -	44/25	25/10
			15		30/10 - -	30/10	-
		15,10		FURO TERMINADO COM 15,10 m			

PENETRAÇÃO (GOLPES)
30 cm INICIAIS
30 cm FINAIS
COMPACIDADE - SOLOS ARENOSOS (SPT)

FOFA	POU. C.	MED. COMP.	COMPACTA	MUITO COMP.
4	8	18	40	

NT. MOLE	MOLE	MÉDIA	RIJA	DURA
2	5	10	19	

CONSISTÊNCIA - SOLOS ARGILOSOS (SPT)

OBS.: MOTIVO DO TÉRMINO: 15,10 metros limitado pelo cliente.

MÉTODO EXECUTIVO

AVANÇO DO FURO	Ø	PROFUNDIDADE (m)	
TRADO CAVADEIRA	4"		
TRADO HELICOIDAL	2 ¼"	0.00	0.50
CIRCULAÇÃO DE ÁGUA	2"		
REVESTIMENTO	2½"	0.00	2.00
SPT	2"	ENSAIOS	

LAVAGEM POR TEMPO

TEMPO (min.):	AVANÇO (m):
10	-
10	-
10	-

TABELA DO NÍVEL D'ÁGUA

DATA	HORA	N.A. (m)	PROF. FURO (m)
24/10/2022	24 HORAS	1.80	

FOLHA: 01 / 01
ESCALA: 1/100
COORDENADAS:

PERFIL INDIVÍDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

OBRA: SEGMENTO 2
LOCAL: GARUVA - SC

INÍCIO: 08/11/2022
TÉRMINO: 08/11/2022
COTA:

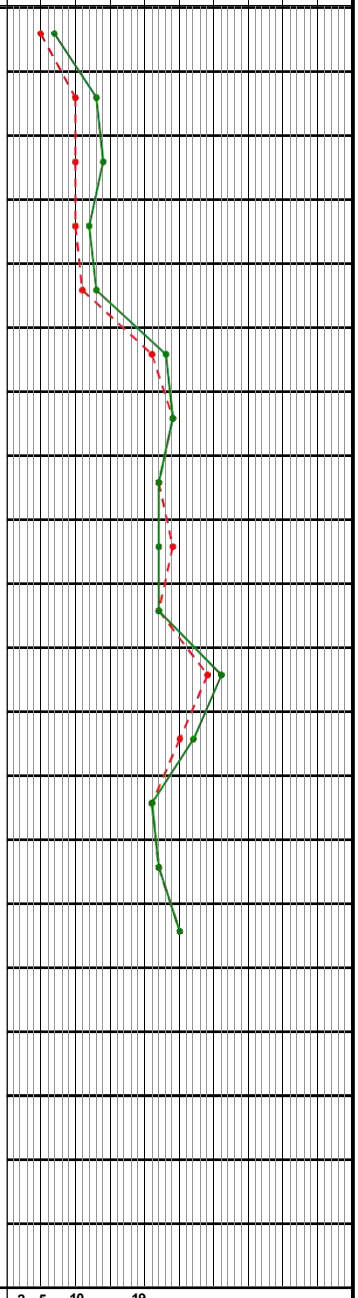
FURO SP-204

REVESTIMENTO = 63.5 mm
AMOSTRADOR: Ø INTERNO = 34.9 mm; Ø EXTERNO = 50.8 mm
PESO = 65 kg - ALTURA DE QUEDA = 75 cm

REV. AVANÇO TC/TH/CA	COTA N.A. (m)	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLÓGICO / Nº DE AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	ENSAIO PENETRO-MÉTRICO 1º / 2º / 3º	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO 30 cm INICIAIS	30 cm FINAIS
			1	AREIA MÉDIA COM PEDREGULHOS GROSSO, CINZA E BRANCA, POUCO COMPACTA	2/15 3/15 4/15	5	7
	1,70 N.A. 08/11/2022	1,53	2		4/15 6/15 7/15	10	13
			3		3/15 7/15 7/15	10	14
			4		4/15 6/15 6/15	10	12
			5	AREIA FINA E MÉDIA, PRESENÇA DE PEDREGULHOS FINOS E MÉDIOS, CINZA CLARA A BRANCA, MEDIANAMENTE COMPACTA A COMPACTA	5/15 6/15 7/15	11	13
			6		10/15 11/15 12/15	21	23
			7		12/15 12/15 12/15	24	24
			8		12/15 10/15 12/15	22	22
		8,52	9		13/15 11/15 11/15	24	22
			10		12/15 10/15 12/15	22	22
			11	AREIA FINA E MÉDIA SILTOSA, CINZA, COMPACTA	14/15 15/15 16/15	29	31
			12		13/15 12/15 15/15	25	27
		12,50	13		10/15 11/15 10/15	21	21
			14		12/15 10/15 12/15	22	22
			15	SILTE ARENOSO POUCO ARGILOSO, ESVERDEADO, COMPACTO	12/15 13/15 12/15	25	25
		15,45		FURO TERMINADO COM 15,45m			

PENETRAÇÃO (GOLPES)
30 cm INICIAIS
30 cm FINAIS
COMPACIDADE - SOLOS ARENOSOS (SPT)

FOFA	POU. C.	MED. COMP.	COMPACTA	MUITO COMP.
4	8	18	40	



CONSISTÊNCIA - SOLOS ARGILOSOS (SPT)

M. MOLE	MOLE	MÉDIA	RIJA	DURA
2	5	10	19	

OBS.: MOTIVO DO TÉRMINO: 15,45 metros limitado pelo cliente.

MÉTODO EXECUTIVO

AVANÇO DO FURO	Ø	PROFUNDIDADE (m)	
TRADO CAVADEIRA	4"		
TRADO HELICOIDAL	2 ¼"	0.00	0.80
CIRCULAÇÃO DE ÁGUA	2"		
REVESTIMENTO	2½"	0.00	2.00
SPT	2"	ENSAIOS	

LAVAGEM POR TEMPO

TEMPO (min.):	AVANÇO (m):
10	-
10	-
10	-

TABELA DO NÍVEL D'ÁGUA

DATA	HORA	N.A. (m)	PROF. FURO (m)
08/11/2022	24 HORAS	1.70	

FOLHA: 01 / 01
ESCALA: 1/100
COORDENADAS:

PERFIL INDIVÍDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

OBRA: SEGMENTO 2
LOCAL: GARUVA - SC

INÍCIO: 26/10/2022
TÉRMINO: 26/10/2022
COTA:

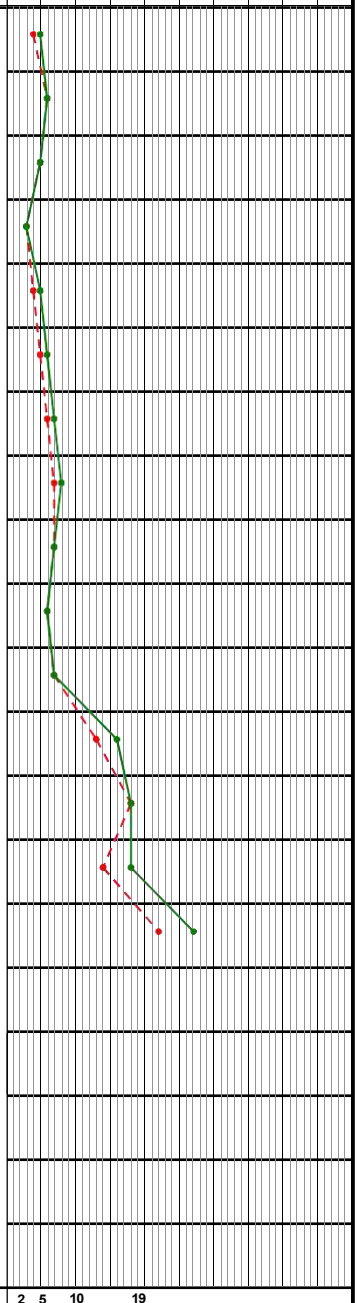
FURO SP-205

REVESTIMENTO = 63.5 mm
AMOSTRADOR: Ø INTERNO = 34.9 mm; Ø EXTERNO = 50.8 mm
PESO = 65 kg - ALTURA DE QUEDA = 75 cm

REV. AVANÇO TC/TH/CA	COTA N.A. (m)	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLÓGICO / Nº DE AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	ENSAIO PENETRO-MÉTRICO 1º 2º 3º	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO 30 cm INICIAIS	30 cm FINAIS
			1	SILTE ARGILO-ARENOSO, MARROM, MOLE	2/15 2/15 3/15	1	2
	1,30 N.A.		2		3/15 3/15 3/15	3	3
	27/10/2022		3		3/15 2/15 3/15	2	2
			4		2/15 1/15 2/15	1	1
			5		2/15 2/15 3/15	1	2
			6		2/15 3/15 3/15	2	3
			7		2/15 4/15 3/15	3	4
		7,52	8		3/15 4/15 4/15	4	5
			9		4/15 3/15 4/15	7	7
			10	SILTE ARENOSO POUCO ARGILOSO, MARROM CLARO, POUCO COMPACTO	4/15 2/15 4/15	6	6
			11		3/15 4/15 3/15	7	7
		11,33	12		6/15 7/15 9/15	13	16
			13		8/15 10/15 8/15	18	18
			14	SILTE ARENO-ARGILOSO, PRESENÇA DE PEDREGULHOS MÉDIOS, MARROM A MARROM ESCURO, POUCO COMPACTO A COMPACTO	6/15 8/15 10/15	14	18
			15		10/15 12/15 15/15	22	27
		15,45		FURO TERMINADO COM 15,45m			

PENETRAÇÃO (GOLPES)
30 cm INICIAIS
30 cm FINAIS
COMPACIDADE - SOLOS ARENOSOS (SPT)

FOFA	POU. C.	MED. COMP.	COMPACTA	MUITO COMP.
2	8	18	40	



CONSISTÊNCIA - SOLOS ARGILOSOS (SPT)

M. MOLE	MOLE	MÉDIA	RIJA	DURA
2	5	10	19	

OBS.: MOTIVO DO TÉRMINO: 15,45 metros limitado pelo cliente.

MÉTODO EXECUTIVO

AVANÇO DO FURO	Ø	PROFUNDIDADE (m)	
TRADO CAVADEIRA	4"		
TRADO HELICOIDAL	2 ¼"	0.00	1.00
CIRCULAÇÃO DE ÁGUA	2"		
REVESTIMENTO	2½"	0.00	2.00
SPT	2"	ENSAIOS	

LAVAGEM POR TEMPO

TEMPO (min.):	AVANÇO (m):
10	-
10	-
10	-

TABELA DO NÍVEL D'ÁGUA

DATA	HORA	N.A. (m)	PROF. FURO (m)
27/10/2022	24 HORAS	1.30	

FOLHA: 01 / 01
ESCALA: 1/100
COORDENADAS:

PERFIL INDIVÍDUAL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

OBRA: SEGMENTO 2
LOCAL: GARUVA - SC

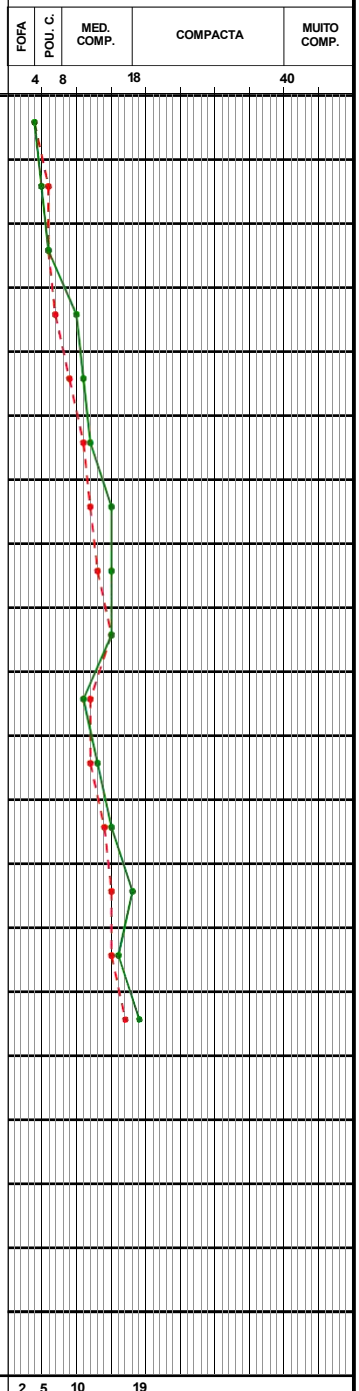
INÍCIO: 31/10/2022
TÉRMINO: 31/10/2022
COTA:

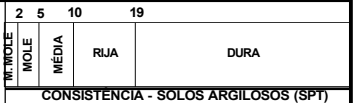
FURO SP-206

REVESTIMENTO = 63.5 mm
AMOSTRADOR: Ø INTERNO = 34.9 mm; Ø EXTERNO = 50.8 mm
PESO = 65 kg - ALTURA DE QUEDA = 75 cm

REV. AVANÇO TC/TH/CA	COTA N.A. (m)	PROFUNDIDADE (m)	PERFIL GEOLÓGICO	Nº DE AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	ENSAIO PENETRO-MÉTRICO 1º	2º	3º	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO 30 cm INICIAIS	30 cm FINAIS
	N.A.	0,00		1		2/15	2/15	2/15	4	4
				2		3/15	3/15	2/15	6	5
				3		3/15	3/15	3/15	6	6
				4	SILTE ARGILOSO POUCO ARENOSO, VERMELHO E AMARELO, MOLE A RIJO	3/15	4/15	6/15	7	10
				5		4/15	5/15	6/15	9	11
				6		5/15	6/15	6/15	11	12
				7		5/15	7/15	8/15	12	15
		7,35		8		6/15	7/15	8/15	13	15
				9		7/15	8/15	7/15	15	15
				10		6/15	6/15	5/15	12	11
				11	SILTE ARENO-ARGILOSO, MARROM, MEDIANAMENTE COMPACTO	5/15	7/15	6/15	12	13
				12		6/15	8/15	7/15	14	15
				13		6/15	9/15	9/15	15	18
				14		7/15	8/15	8/15	15	16
		14,00		15	SILTE ARENO-ARGILOSO, MARROM AMARELADO, MEDIANAMENTE COMPACTO A COMPACTO	8/15	9/15	10/15	17	19
		15,45			FURO TERMINADO COM 15,45m					

PENETRAÇÃO (GOLPES)
30 cm INICIAIS
30 cm FINAIS
COMPACIDADE - SOLOS ARENOSOS (SPT)





CONSISTÊNCIA - SOLOS ARGILOSOS (SPT)

OBS.: MOTIVO DO TÉRMINO: 15,45 metros limitado pelo cliente.

MÉTODO EXECUTIVO			
AVANÇO DO FURO	Ø	PROFUNDIDADE (m)	
TRADO CAVADEIRA	4"		
TRADO HELICOIDAL	2 ¼"	0.00	0.80
CIRCULAÇÃO DE ÁGUA	2"		
REVESTIMENTO	2½"	0.00	2.00
SPT	2"	ENSAIOS	

LAVAGEM POR TEMPO	
TEMPO (min.):	AVANÇO (m):
10	-
10	-
10	-

TABELA DO NÍVEL D'ÁGUA			
DATA	HORA	N.A. (m)	PROF. FURO (m)
31/10/22	24 HORAS	0.00	

FOLHA:	ESCALA:	COORDENADAS:
01 / 01	1/100	

Anexos B

Boletins de sondagem a trado

Sondagem a Trado

		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data:	**10/06/2022**
		Norma ABNT:	**NBR 9603:2015**

IDENTIFICAÇÃO	
Nº	ST-01
Coord.	E: 725110.000 N: 7120357.000
Prof. NA (Inst.)	2,50 m
Condição climática	Tempo bom (Nublado)

Camadas e classificação dos materiais:				Espessuras:
Camada Vegetal	0,00	a	0,30	0,30 m
Areia Siltosa Marrom (Material 01)	0,30	a	0,50	0,20 m
Areia Siltosa Variegada com Pedregulhos (Material 02)	0,50	a	1,00	0,50 m
Silte Arenoso Cinza (Material 03)	1,00	a	3,00	2,00 m
Limite da sondagem a trado (3,00m)		Total		3,00 m

Registro Fotográfico









Sondagem a Trado

		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data:	**10/06/2022**
		Norma ABNT:	**NBR 9603:2015**

IDENTIFICAÇÃO	
Nº	ST-02
Coord.	E: 724182.000 N: 7119998.000
Prof. NA (Inst.)	2,00 m
Condição climática	Tempo bom (Nublado)

Camadas e classificação dos materiais:				Espessuras:
Camada Vegetal	0,00	a	0,40	0,40 m
Silte Arenoso Variegado (Material 01)	0,40	a	2,30	1,90 m
Encerramento da sondagem devido aos sucessivos desmoronamentos do furo (2,30m)			Total	2,30 m

Registro Fotográfico



Execução da Sondagem



Material 01

Sondagem a Trado

		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data:	**10/06/2022**
		Norma ABNT:	**NBR 9603:2015**

IDENTIFICAÇÃO	
Nº	ST-03
Coord.	E: 723553.000 N: 7119515.000
Prof. NA (Inst.)	Seco
Condição climática	Tempo bom (Nublado)

Camadas e classificação dos materiais:				Espessuras:
Camada Vegetal	0,00	a	0,30	0,30 m
Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos (Material 01)	0,30	a	1,00	0,70 m
Impenetrável - Rochas (1,00m)			Total	1,00 m

Registro Fotográfico



Execução da Sondagem



Material 01

Sondagem a Trado

Registro: **141**

Projeto: **Duplicação**

Ordem de Serviço: **10432**

Endereço: **Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**

Data: **13/06/2022**

Norma ABNT: **NBR 9603:2015**

IDENTIFICAÇÃO	
Nº	ST-04
Coord.	E: 723387.000 N: 7119397.000
Prof. NA (Inst.)	1,30 m
Condição climática	Tempo bom (Ensolarado)

Camadas e classificação dos materiais:			Espessuras:
Camada Vegetal	0,00	a 0,20	0,20 m
Silte Arenoso Marrom (Material 01)	0,20	a 1,50	1,30 m
Encerramento da sondagem devido aos sucessivos desmoronamentos do furo (1,50m)		Total	1,50 m

Registro Fotográfico



Execução da Sondagem



Material 01

Sondagem a Trado

		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data:	**10/06/2022**
		Norma ABNT:	**NBR 9603:2015**

IDENTIFICAÇÃO	
Nº	ST-05
Coord.	E: 722717.000 N: 7119003.000
Prof. NA (Inst.)	2,40 m
Condição climática	Tempo bom (Nublado)

Camadas e classificação dos materiais:				Espessuras:
Camada Vegetal	0,00	a	0,20	0,20 m
Silte Arenoso Marrom (Material 01)	0,20	a	1,30	1,10 m
Silte Arenoso Cinza (Material 02)	1,30	a	1,80	0,50 m
Argila Arenosa Cinza (Material 03)	1,80	a	2,70	0,90 m
Encerramento da sondagem devido aos sucessivos desmoronamentos do furo (2,70m)			Total	2,70 m

Registro Fotográfico



Execução da Sondagem



Material 01



Material 02



Material 03

Sondagem a Trado

Registro: **141**

Projeto: **Duplicação**

Ordem de Serviço: **10432**

Endereço: **Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**

Data: **10/06/2022**

Norma ABNT: **NBR 9603:2015**

IDENTIFICAÇÃO	
Nº	ST-06
Coord.	E: 722081.000 N: 7118944.000
Prof. NA (Inst.)	Seco
Condição climática	Tempo bom (Nublado)

Camadas e classificação dos materiais:				Espessuras:
Camada Vegetal	0,00	a	0,30	0,30 m
Silte Arenoso Marrom (Material 01)	0,30	a	0,50	0,20 m
Silte Arenoso Marrom com Pedregulhos (Material 02)	0,50	a	1,10	0,60 m
Argila Arenosa Cinza (Material 03)	1,10	a	1,50	0,40 m
Impenetrável - Rochas (1,50m)		Total		1,50 m

Registro Fotográfico



Execução da Sondagem



Material 01



Material 02



Material 03

Sondagem a Trado

Registro: **141**

Projeto: **Duplicação**

Ordem de Serviço: **10432**

Endereço: **Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**

Data: **10/06/2022**

Norma ABNT: **NBR 9603:2015**

IDENTIFICAÇÃO	
Nº	ST-07
Coord.	E: 721926.000 N: 7118931.000
Prof. NA (Inst.)	Seco
Condição climática	Tempo bom (Nublado)

Camadas e classificação dos materiais:				Espessuras:
Camada Vegetal	0,00	a	0,30	0,30 m
Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos (Material 01)	0,30	a	1,50	1,20 m
Impenetrável - Rochas (1,50m)			Total	1,50 m

Registro Fotográfico



Execução da Sondagem



Material 01

Sondagem a Trado

		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data:	**14/06/2022**
		Norma ABNT:	**NBR 9603:2015**

IDENTIFICAÇÃO	
Nº	ST-08
Coord.	E: 721630.000 N: 7119031.000
Prof. NA (Inst.)	Seco
Condição climática	Tempo bom (Ensolarado)

Camadas e classificação dos materiais:				Espessuras:
Camada Vegetal	0,00	a	0,30	0,30 m
Argila Cinza (Material 01)	0,30	a	3,00	2,70 m
Limite da sondagem a trado (3,00m)			Total	3,00 m

Registro Fotográfico



Execução da Sondagem



Material 01

Anexos C

Ensaios laboratoriais

Gráficos de Compactação, ISC e Expansão

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Areia Siltosa Variegada com Pedregulhos**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 725110.000; N: 7120357.000**	Local da Coleta:	**28/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7182:2016; ABNT NBR 9895:2016**	Prof. Coleta:	**ST-01**
		Amostra:	**0,70 m**
			AM-101

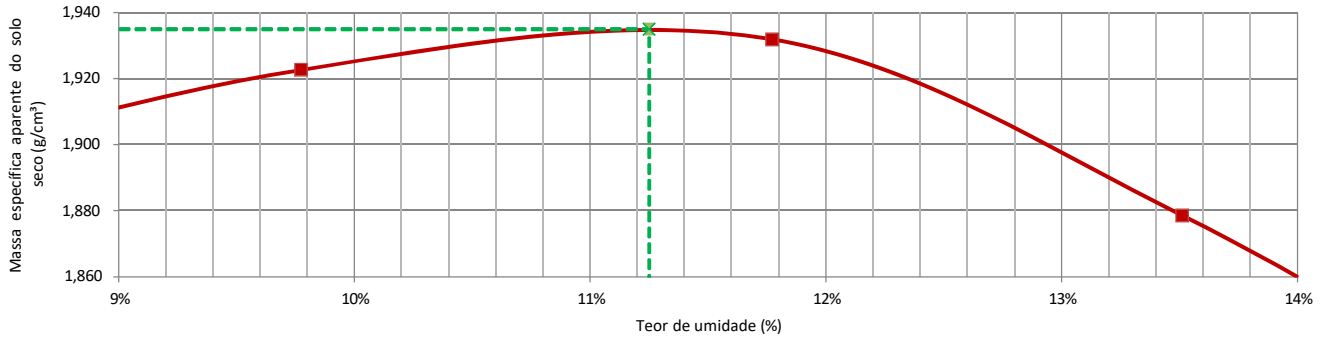
Data do Ensaio:

Energia de Compactação: **Normal**

Resumo

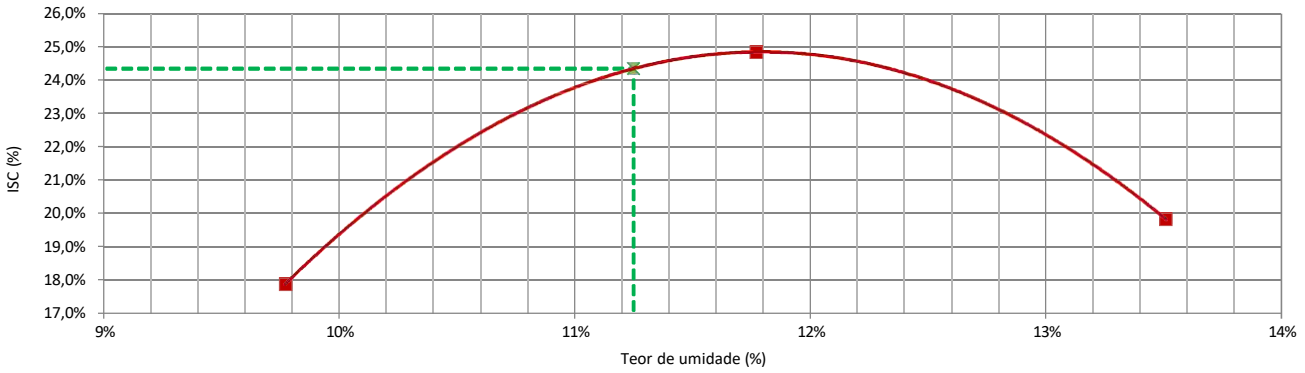
Ponto	1	2	3
ISC (%)	17,9%	24,8%	19,8%
Umidade (%)	9,77%	11,77%	13,51%
Massa esp. aparente seca (g/cm³)	1,923	1,932	1,879
Expansão (%)	0,84%	0,66%	0,45%

Compactação



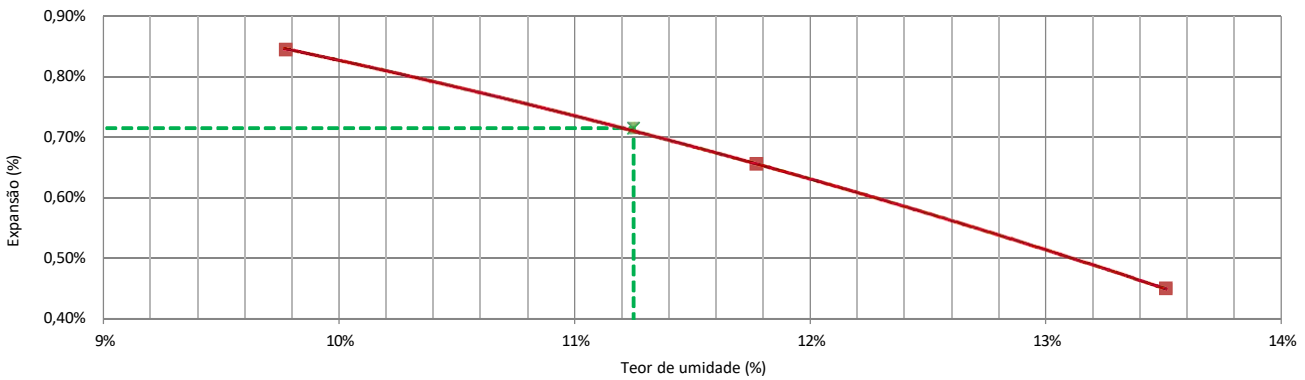
Massa específica aparente seca (máxima) (g/cm³)	**1,935**
Umidade ótima (%)	**11,3%**

ISC - Índice de Suporte Califórnia



ISC (%)	**24,4%**

Expansão



Expansão (%)	**0,72%**

Ensaio de Compactação

		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Descrição:	**Areia Siltosa Variegada com Pedregulhos**	Data do Ensaio:	**24/06/2022**
Coordenadas:	**E: 725110.000; N: 7120357.000**	Local da Coleta:	**ST-01**
Norma:	**ABNT NBR 7182:2016**	Prof. Coleta:	**0,70 m**
		Amostra:	**AM-101**
		Energia de Compactação:	**Normal**

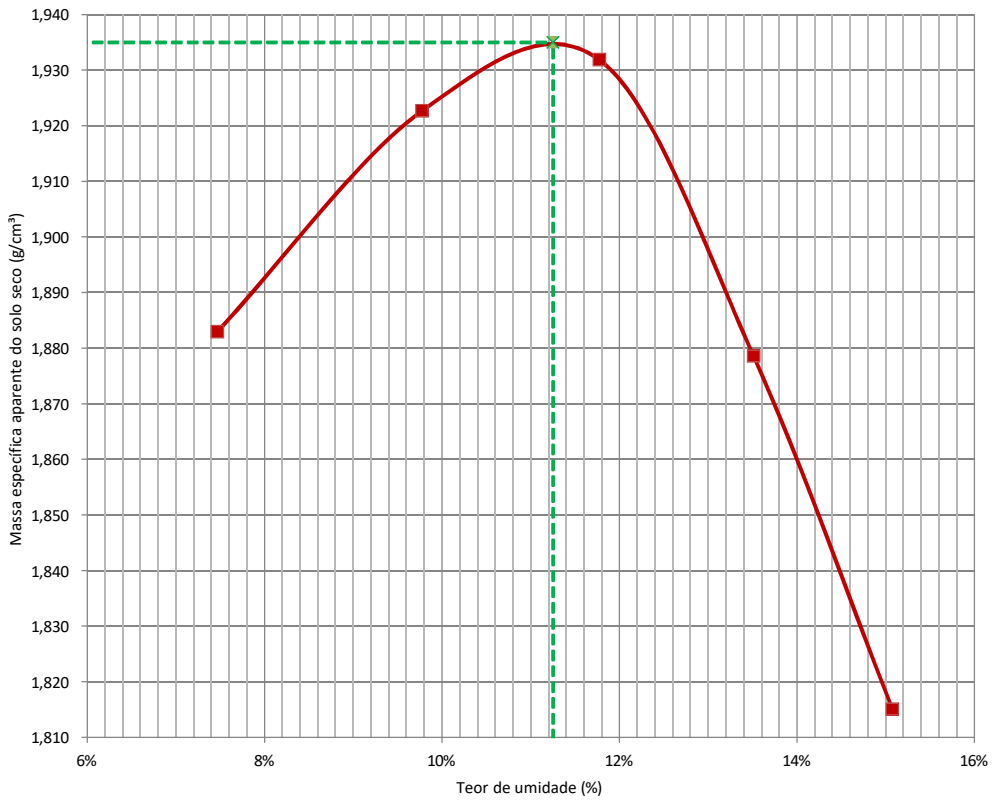
Compactação

Número do cilindro	1	39	18	2	40
Peso do cilindro (g)	**4866,0**	**4852,0**	**5376,0**	**4875,0**	**4844,0**
Volume do cilindro (cm³)	**2080,4**	**2091,4**	**2044,2**	**2067,6**	**2049,6**
Peso do cilindro + solo úmido (g)	9076,0	9266,0	9790,0	9284,0	9125,0
Peso do solo úmido (g)	**4210,0**	**4414,0**	**4414,0**	**4409,0**	**4281,0**
Massa esp. do solo úmido (g/cm³)	**2,024**	**2,111**	**2,159**	**2,132**	**2,089**

Teor de Umidade

Cápsula nº	91	69	70	100	68	105	66	71	65	67
Peso da cápsula + solo úmido (g)	159,80	132,40	176,30	153,00	135,40	179,20	192,70	165,20	185,00	169,40
Peso da cápsula + solo seco (g)	150,80	125,30	163,10	142,10	124,00	163,60	172,70	149,40	164,50	150,70
Peso da cápsula (g)	**32,90**	**28,08**	**26,65**	**31,68**	**26,39**	**32,09**	**27,94**	**29,74**	**28,06**	**27,03**
Peso da água (g)	**9,00**	**7,10**	**13,20**	**10,90**	**11,40**	**15,60**	**20,00**	**15,80**	**20,50**	**18,70**
Peso do solo úmido (g)	**126,90**	**104,32**	**149,65**	**121,32**	**109,01**	**147,11**	**164,76**	**135,46**	**156,94**	**142,37**
Peso do solo seco (g)	**117,90**	**97,22**	**136,45**	**110,42**	**97,61**	**131,51**	**144,76**	**119,66**	**136,44**	**123,67**
Umidade (%)	**7,63%**	**7,30%**	**9,67%**	**9,87%**	**11,68%**	**11,86%**	**13,82%**	**13,20%**	**15,02%**	**15,12%**
Umidade média (%)	**7,47%**		**9,77%**		**11,77%**		**13,51%**		**15,07%**	
Massa esp. do solo seco (g/cm³)	**1,883**		**1,923**		**1,932**		**1,879**		**1,815**	

Curva de Compactação



OBS: Amostra sem reuso de material e secagem prévia até a umidade higroscópica.

Resultado

Massa específica aparente seca máxima (g/cm³)	**1,935**
Umidade ótima (%)	**11,3%**

Ensaio de ISC

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Areia Siltosa Variegada com Pedregulhos**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 725110.000; N: 7120357.000**	Data do Ensaio:	**28/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 9895:2016**	Local da Coleta:	**ST-01**
		Prof. Coleta:	**0,70 m**
		Amostra:	**AM-101**
		Energia de Compactação:	**Normal**

Constantes

Número do Anel	1	Constante do anel	0,09558

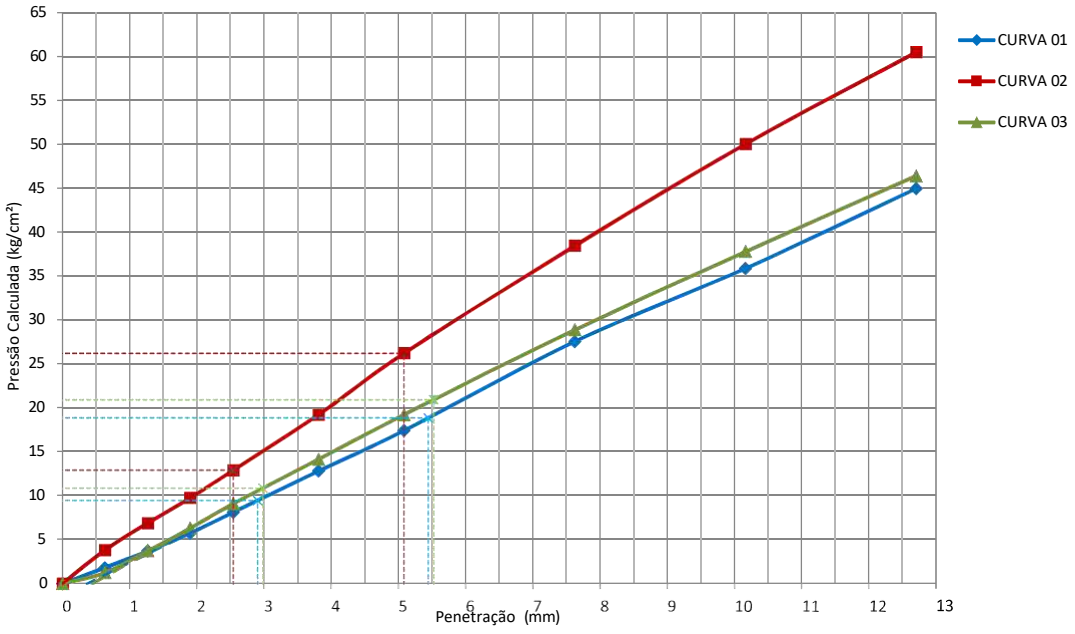
Expansão

Ponto		1				2				3			
Número do Cilindro		39	Altura inicial (mm)		114,80	18	Altura inicial (mm)		112,80	2	Altura inicial (mm)		113,20
Data	Hora	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão
		(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)	(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)	(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)
24/06/22	00h00		100,00	-			100,00	-			100,00	-	
28/06/22	96h00		197,00	**97,00**	**0,84%**		174,00	**74,00**	**0,66%**		151,00	**51,00**	**0,45%**

Penetração

Ponto			1				2				3			
Penetração	Tempo	Pressão Padrão	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC
(mm)	(min)	(kg/cm²)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)
0,00	0,00		0,0	0,00			0,0	0,00			0,0	0,00		
0,63	0,50		19,0	1,82			40,0	3,82			13,0	1,24		
1,27	1,00		39,0	3,73			72,0	6,88			39,0	3,73		
1,90	1,50		60,0	5,73			102,0	9,75			66,0	6,31		
2,54	2,00	70,30	85,0	8,12	9,47	**13,5%**	135,0	12,90	12,90	**18,4%**	95,0	9,08	10,85	**15,4%**
3,81	3,00		134,0	12,81			201,0	19,21			148,0	14,15		
5,08	4,00	105,40	182,0	17,40	18,85	**17,9%**	274,0	26,19	26,19	**24,8%**	201,0	19,21	20,90	**19,8%**
7,62	6,00		288,0	27,53			402,0	38,42			302,0	28,87		
10,16	8,00		375,0	35,84			523,0	49,99			395,0	37,75		
12,70	10,00		470,0	44,92			632,0	60,41			485,0	46,36		

Pressão X Penetração



Resumo

Ponto	1	2	3
ISC	**17,9%**	**24,8%**	**19,8%**
Umidade	**9,77%**	**11,77%**	**13,51%**
Expansão	**0,84%**	**0,66%**	**0,45%**

Análise Granulométrica por Peneiramento

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Areia Siltosa Variegada com Pedregulhos**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 725110.000; N: 7120357.000**	Data do Ensaio:	**21/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7181:2016**	Local da Coleta:	**ST-01**
		Prof. Coleta:	**0,70 m**
		Amostra:	**AM-101**

Massa total da amostra seca

Massa da amostra seca ao ar [Mt] (g)	1.000,00
Massa do material seco retido #10 [Mg] (g)	**478,90**
Massa total da amostra seca [Ms] (g)	**993,29**

Teor de umidade

Número da cápsula	64	71	105
Solo úmido + tara (g)	121,60	102,80	113,70
Solo seco + tara (g)	120,50	102,00	112,40
Tara da cápsula (g)	**27,94**	**29,74**	**32,09**
Água (g)	**1,10**	**0,80**	**1,30**
Solo seco (g)	**92,56**	**72,26**	**80,31**
Teor de umidade (%)	**1,19%**	**1,11%**	**1,62%**
Umidade média (%)	**1,30%**		

Resumo

Pedregulho (Material retido na peneira n°10)	**48,2%**
Areia grossa (Passando na nº 10 e retido na nº 40)	**25,2%**
Areia fina (Passando na nº 40 e retido na nº 200)	**18,0%**
Passando na peneira nº 200	**8,6%**
Total	**100,0%**

Peneiramento Grosso

Peneira		Peso da amostra seca (g)		% que passa
nº	mm	Retido	Passado	
2"	50,00	180,00	**813,29**	**81,9%**
1 1/2"	38,00	-	**813,29**	**81,9%**
1"	25,00	78,40	**734,89**	**74,0%**
3/4"	19,00	31,80	**703,09**	**70,8%**
3/8"	9,50	75,50	**627,59**	**63,2%**
4	4,75	60,90	**566,69**	**57,1%**
10	2,00	52,30	**514,39**	**51,8%**

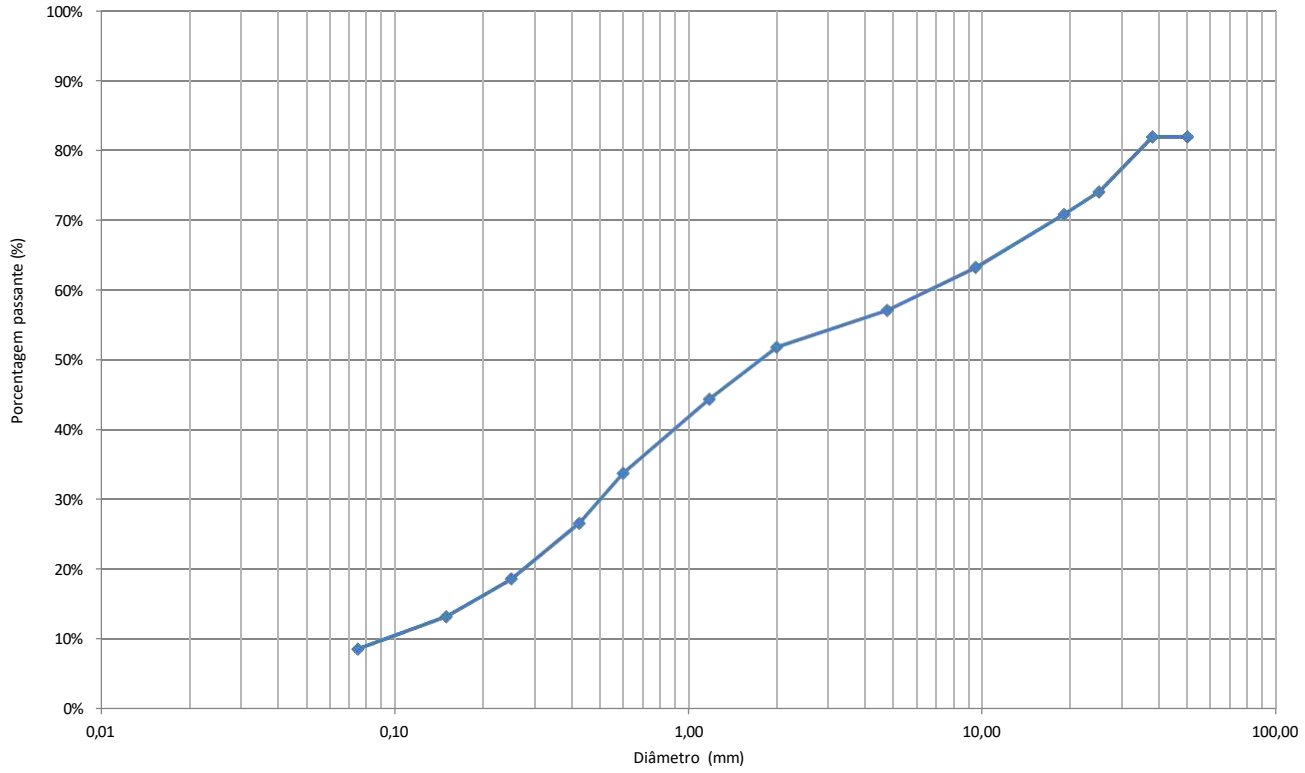
Peneiramento Fino

Peso da amostra úmida [Mw] (g):					120,00
Peneira	Peso da amostra seca (g)			% que passa	
nº	mm	Retido	Passado	Parcial	Total
16	1,180	17,00	**101,45**	**85,6%**	**44,4%**
30	0,600	24,30	**77,15**	**65,1%**	**33,7%**
40	0,425	16,40	**60,75**	**51,3%**	**26,6%**
60	0,250	18,20	**42,55**	**35,9%**	**18,6%**
100	0,150	12,30	**30,25**	**25,5%**	**13,2%**
200	0,075	10,60	**19,65**	**16,6%**	**8,6%**

Classificação

Classificação HRB	-
Classificação pelo Sistema Unificado	**SP-SM**

Curva Granulométrica (Peneiramento)



Ensaios Físicos (Limite de Plasticidade e Limite de Liquidez)

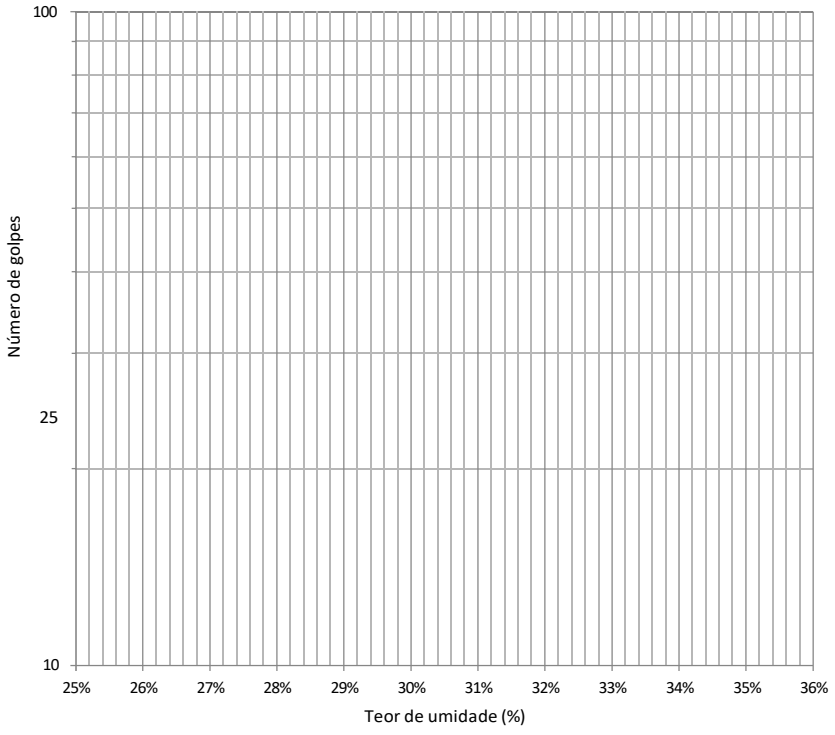
		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
		Data do Ensaio:	**21/06/2022**
Descrição:	**Areia Siltosa Variegada com Pedregulhos**	Local da Coleta:	**ST-01**
Coordenadas:	**E: 725110.000; N: 7120357.000**	Prof. Coleta:	**0,70 m**
Norma:	**ABNT NBR 6459:2016; ABNT NBR 7180:2016**	Amostra:	**AM-101**

Ensaios Físicos

	Limite de Liquidez					Limite de Plasticidade				
Número da cápsula										
Solo úmido + cápsula (g)										
Solo seco + cápsula (g)										
Peso da cápsula (g)			**NL**					**NP**		
Peso da água (g)		**Não apresenta limite de liquidez**					**Não apresenta limite de plasticidade**			
Peso do solo úmido (g)										
Peso do solo seco (g)										
Teor de umidade (%)										
Número de golpes										

Média	-
Limite inferior (95%)	-
Limite superior (105%)	-
Limite de Plasticidade	-

Gráfico do Limite de Liquidez



Resultado

Limite de Liquidez (LL)	**NL**
Limite de Plasticidade (LP)	**NP**
Índice de Plasticidade (IP)	**-**
Índice de Grupo (IG)	**-**

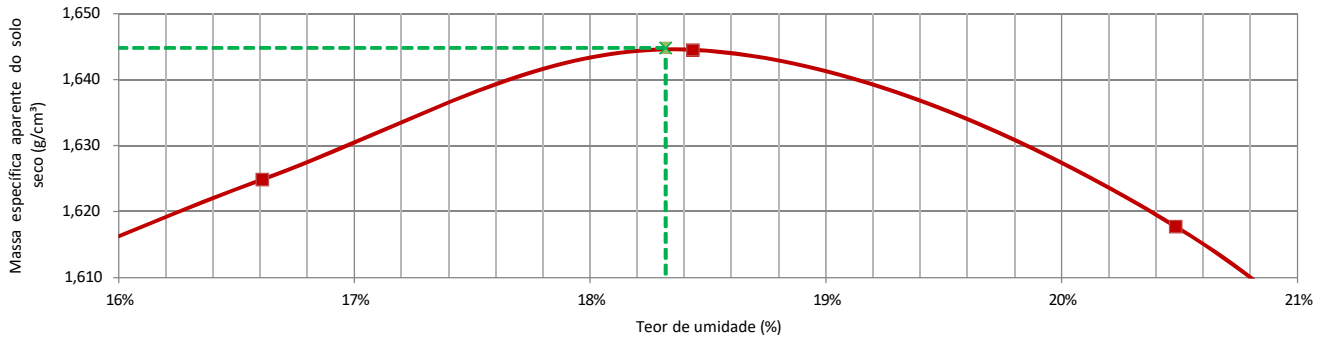
Gráficos de Compactação, ISC e Expansão

		Registro:	141
Projeto:	Duplicação	Ordem de Serviço:	10432
Endereço:	Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC	Data da Coleta:	10/06/2022
		Data do Ensaio:	28/06/2022
Descrição:	Argila Arenosa Variegada	Local da Coleta:	ST-02
Coordenadas:	E: 724182.000; N: 7119998.000	Prof. Coleta:	0,60 m
Norma:	ABNT NBR 7182:2016; ABNT NBR 9895:2016	Amostra:	AM-102
		Energia de Compactação:	Normal

Resumo

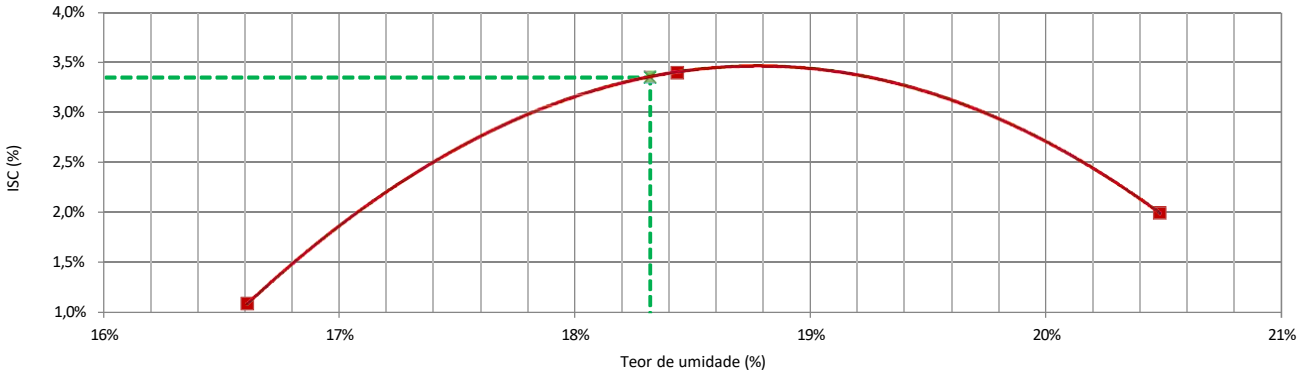
Ponto	1	2	3
ISC (%)	1,1%	3,4%	2,0%
Umidade (%)	16,61%	18,44%	20,48%
Massa esp. aparente seca (g/cm³)	1,625	1,645	1,618
Expansão (%)	0,83%	0,45%	0,13%

Compactação



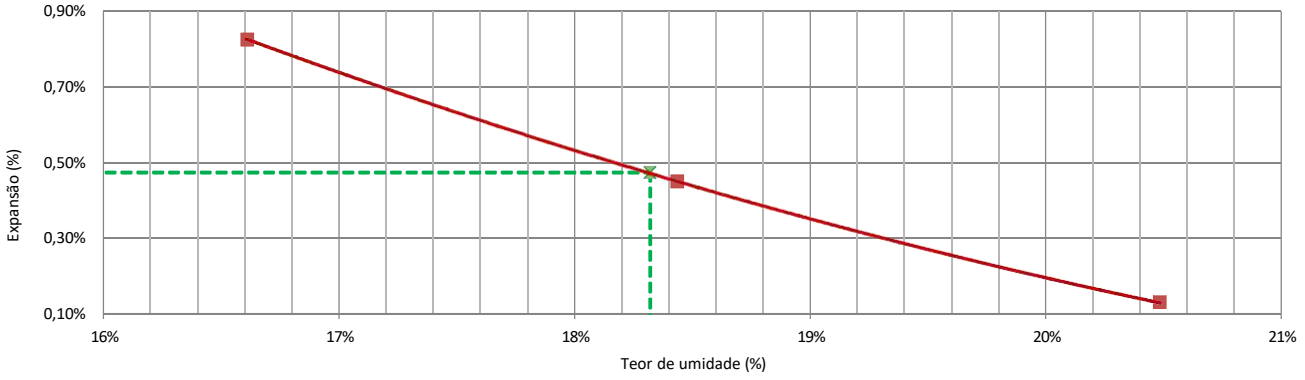
Massa específica aparente seca (máxima) (g/cm³)	1,645
Umidade ótima (%)	18,3%

ISC - Índice de Suporte Califórnia



ISC (%)	3,4%

Expansão



Expansão (%)	0,47%

Ensaio de Compactação

Projeto:	**Duplicação**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**
Descrição:	**Argila Arenosa Variegada**
Coordenadas:	**E: 724182.000; N: 7119998.000**
Norma:	**ABNT NBR 7182:2016**

Registro:	**141**
Ordem de Serviço:	**10432**
Data da Coleta:	**10/06/2022**
Data do Ensaio:	**24/06/2022**
Local da Coleta:	**ST-02**
Prof. Coleta:	**0,60 m**
Amostra:	**AM-102**

Energia de Compactação: **Normal**

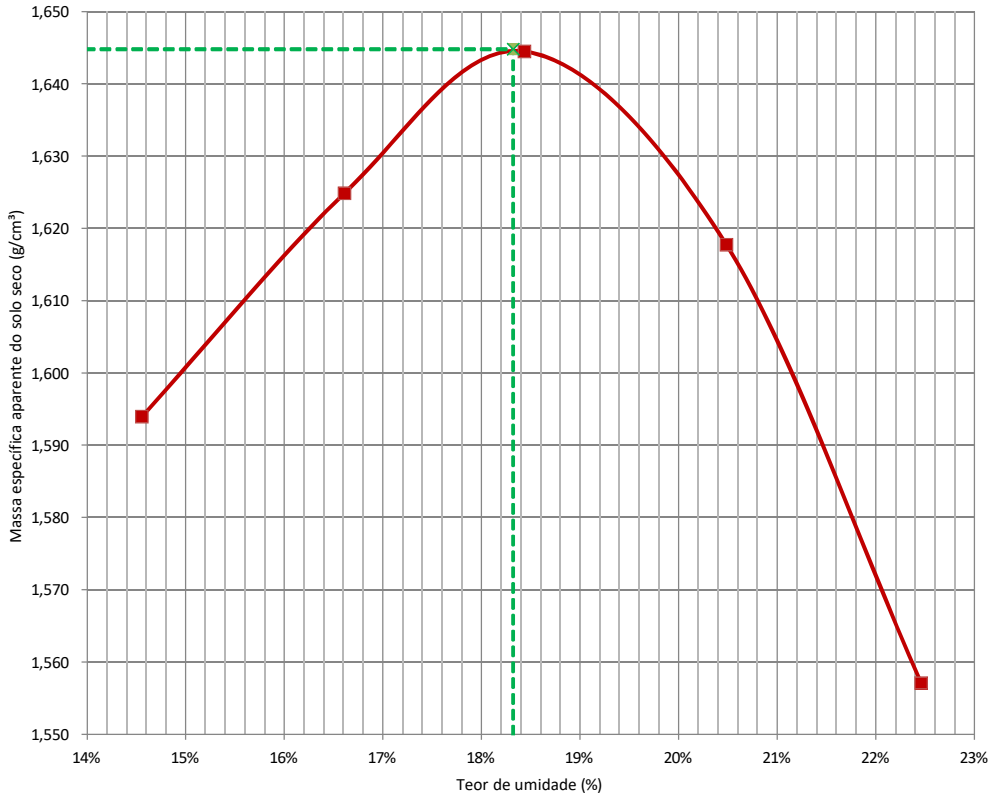
Compactação

Número do cilindro	41	35	9	31	1
Peso do cilindro (g)	**4871,0**	**4940,0**	**4825,0**	**5115,0**	**4866,0**
Volume do cilindro (cm³)	**2101,4**	**2096,8**	**2060,4**	**2080,4**	**2080,4**
Peso do cilindro + solo úmido (g)	8708,0	8913,0	8838,0	9170,0	8833,0
Peso do solo úmido (g)	**3837,0**	**3973,0**	**4013,0**	**4055,0**	**3967,0**
Massa esp. do solo úmido (g/cm³)	**1,826**	**1,895**	**1,948**	**1,949**	**1,907**

Teor de Umidade

Cápsula nº	58	107	7	10	13	17	24	33	43	50
Peso da cápsula + solo úmido (g)	85,60	88,70	79,50	97,50	83,50	76,80	81,40	67,70	86,60	92,90
Peso da cápsula + solo seco (g)	76,80	79,60	70,50	86,10	73,00	67,40	70,00	58,70	73,20	79,10
Peso da cápsula (g)	**17,71**	**15,58**	**15,90**	**17,98**	**15,36**	**17,01**	**14,87**	**14,34**	**14,66**	**16,45**
Peso da água (g)	**8,80**	**9,10**	**9,00**	**11,40**	**10,50**	**9,40**	**11,40**	**9,00**	**13,40**	**13,80**
Peso do solo úmido (g)	**67,89**	**73,12**	**63,60**	**79,52**	**68,14**	**59,79**	**66,53**	**53,36**	**71,94**	**76,45**
Peso do solo seco (g)	**59,09**	**64,02**	**54,60**	**68,12**	**57,64**	**50,39**	**55,13**	**44,36**	**58,54**	**62,65**
Umidade (%)	**14,89%**	**14,21%**	**16,48%**	**16,74%**	**18,22%**	**18,65%**	**20,68%**	**20,29%**	**22,89%**	**22,03%**
Umidade média (%)	**14,55%**		**16,61%**		**18,44%**		**20,48%**		**22,46%**	
Massa esp. do solo seco (g/cm³)	**1,594**		**1,625**		**1,645**		**1,618**		**1,557**	

Curva de Compactação



OBS: Amostra sem reuso de material e secagem prévia até a umidade higroscópica.

Resultado

Massa específica aparente seca máxima (g/cm³)	**1,645**
Umidade ótima (%)	**18,3%**

Ensaio de ISC

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Argila Arenosa Variegada**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 724182.000; N: 7119998.000**	Data do Ensaio:	**28/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 9895:2016**	Local da Coleta:	**ST-02**
		Prof. Coleta:	**0,60 m**
		Amostra:	**AM-102**
		Energia de Compactação:	**Normal**

Constantes

Número do Anel	1	Constante do anel	0,09558

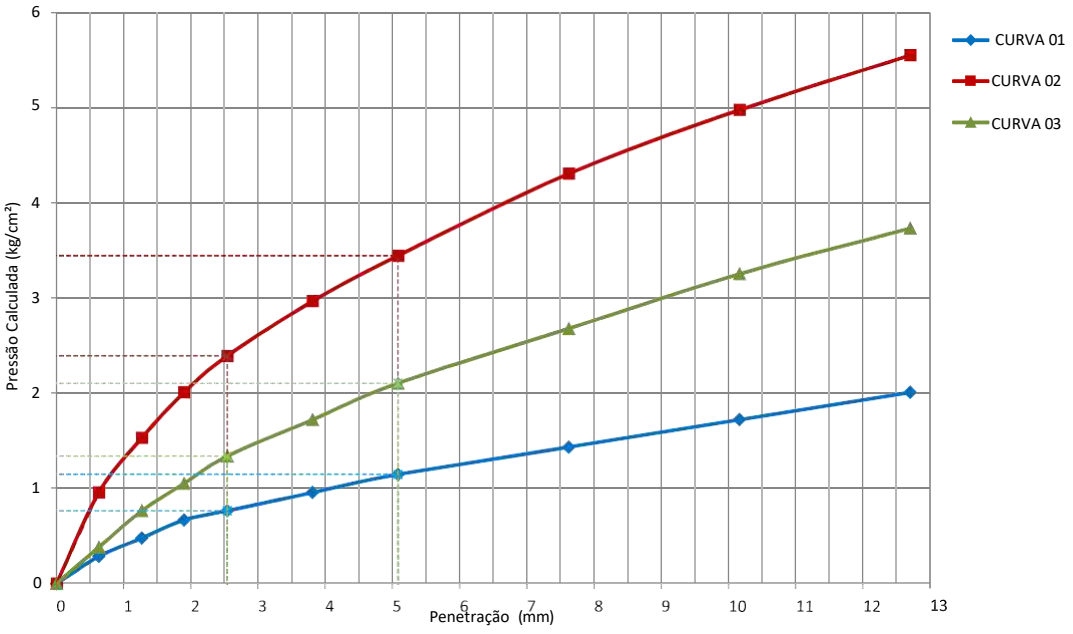
Expansão

Ponto	1				2				3			
Número do Cilindro	35	Altura inicial (mm)		115,10	9	Altura inicial (mm)		113,10	31	Altura inicial (mm)		114,50
Data / Hora	Tempo (min)	Leitura x 0,01mm	Dif. Leitura x 0,01mm	Expansão (%)	Tempo (min)	Leitura x 0,01mm	Dif. Leitura x 0,01mm	Expansão (%)	Tempo (min)	Leitura x 0,01mm	Dif. Leitura x 0,01mm	Expansão (%)
24/06/22 00h00		100,00	-			100,00	-			100,00	-	
28/06/22 96h00		195,00	**95,00**	**0,83%**		151,00	**51,00**	**0,45%**		115,00	**15,00**	**0,13%**

Penetração

Ponto			1				2				3			
Penetração (mm)	Tempo (min)	Pressão Padrão (kg/cm²)	Leitura Anel ($mm*10^{-3}$)	Pressão (kg/cm²) Calculada	Pressão (kg/cm²) Corrigida	ISC (%)	Leitura Anel ($mm*10^{-3}$)	Pressão (kg/cm²) Calculada	Pressão (kg/cm²) Corrigida	ISC (%)	Leitura Anel ($mm*10^{-3}$)	Pressão (kg/cm²) Calculada	Pressão (kg/cm²) Corrigida	ISC (%)
0,00	0,00		0,0	0,00			0,0	0,00			0,0	0,00		
0,63	0,50		3,0	0,29			10,0	0,96			4,0	0,38		
1,27	1,00		5,0	0,48			16,0	1,53			8,0	0,76		
1,90	1,50		7,0	0,67			21,0	2,01			11,0	1,05		
2,54	2,00	70,30	8,0	0,76	0,76	**1,1%**	25,0	2,39	2,39	**3,4%**	14,0	1,34	1,34	**1,9%**
3,81	3,00		10,0	0,96			31,0	2,96			18,0	1,72		
5,08	4,00	105,40	12,0	1,15	1,15	**1,1%**	36,0	3,44	3,44	**3,3%**	22,0	2,10	2,10	**2,0%**
7,62	6,00		15,0	1,43			45,0	4,30			28,0	2,68		
10,16	8,00		18,0	1,72			52,0	4,97			34,0	3,25		
12,70	10,00		21,0	2,01			58,0	5,54			39,0	3,73		

Pressão X Penetração



Resumo

Ponto	1	2	3
ISC	**1,1%**	**3,4%**	**2,0%**
Umidade	**16,61%**	**18,44%**	**20,48%**
Expansão	**0,83%**	**0,45%**	**0,13%**

Análise Granulométrica por Peneiramento

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Argila Arenosa Variegada**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 724182.000; N: 7119998.000**	Data do Ensaio:	**21/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7181:2016**	Local da Coleta:	**ST-02**
		Prof. Coleta:	**0,60 m**
		Amostra:	**AM-102**

Massa total da amostra seca

Massa da amostra seca ao ar [Mt] (g)	1.002,00
Massa do material seco retido #10 [Mg] (g)	**7,70**
Massa total da amostra seca [Ms] (g)	**952,04**

Teor de umidade

Número da cápsula	81	104	105
Solo úmido + tara (g)	164,40	162,90	172,50
Solo seco + tara (g)	157,50	156,40	165,30
Tara da cápsula (g)	**26,06**	**31,80**	**32,09**
Água (g)	**6,90**	**6,50**	**7,20**
Solo seco (g)	**131,44**	**124,60**	**133,21**
Teor de umidade (%)	**5,25%**	**5,22%**	**5,40%**
Umidade média (%)		**5,29%**	

Resumo

Pedregulho (Material retido na peneira n°10)	**0,8%**
Areia grossa (Passando na nº 10 e retido na nº 40)	**23,0%**
Areia fina (Passando na nº 40 e retido na nº 200)	**23,5%**
Passando na peneira nº 200	**52,7%**
Total	**100,0%**

Peneiramento Grosso

Peneira		Peso da amostra seca (g)		% que passa
nº	mm	Retido	Passado	
2"	50,00	-	**952,04**	**100,0%**
1 1/2"	38,00	-	**952,04**	**100,0%**
1"	25,00	-	**952,04**	**100,0%**
3/4"	19,00	-	**952,04**	**100,0%**
3/8"	9,50	-	**952,04**	**100,0%**
4	4,75	-	**952,04**	**100,0%**
10	2,00	7,70	**944,34**	**99,2%**

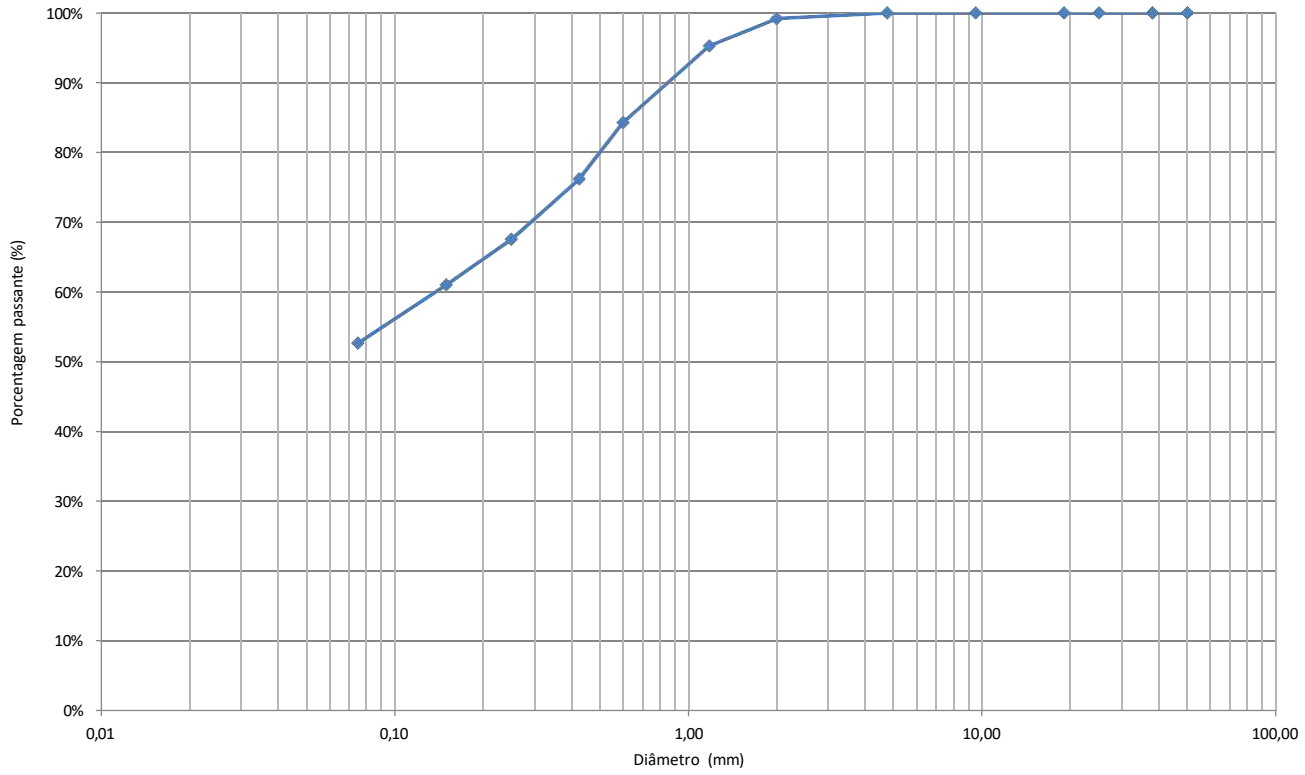
Peneiramento Fino

Peso da amostra úmida [Mw] (g):					120,00
Peneira	Peso da amostra seca (g)			% que passa	
nº	mm	Retido	Passado	Parcial	Total
16	1,180	4,50	**109,47**	**96,1%**	**95,3%**
30	0,600	12,60	**96,87**	**85,0%**	**84,3%**
40	0,425	9,30	**87,57**	**76,8%**	**76,2%**
60	0,250	9,90	**77,67**	**68,1%**	**67,6%**
100	0,150	7,50	**70,17**	**61,6%**	**61,1%**
200	0,075	9,60	**60,57**	**53,1%**	**52,7%**

Classificação

Classificação HRB	**A6**
Classificação pelo Sistema Unificado	**CL**

Curva Granulométrica (Peneiramento)



Ensaios Físicos (Limite de Plasticidade e Limite de Liquidez)

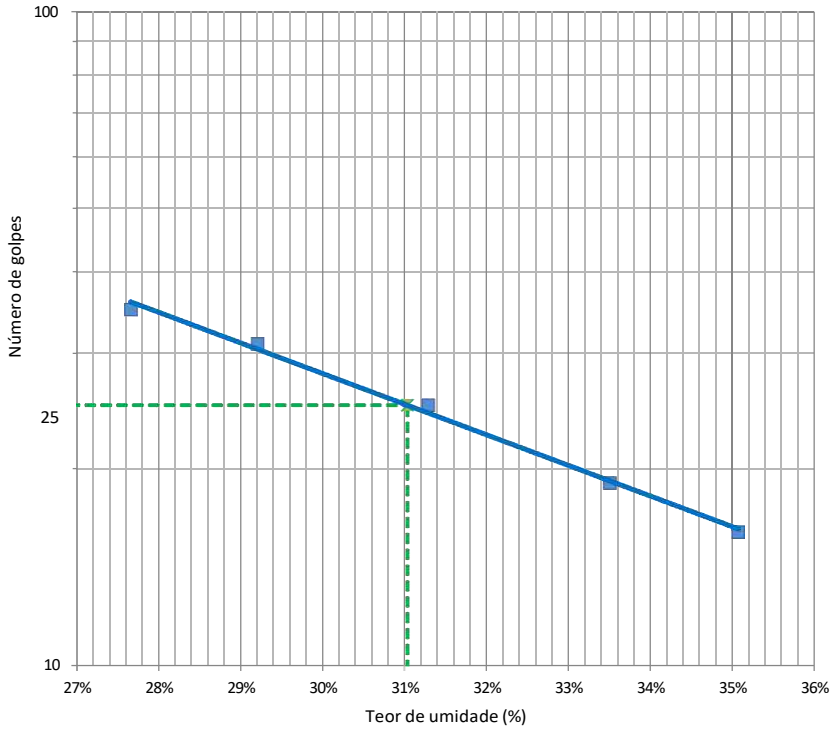
		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
		Data do Ensaio:	**27/06/2022**
Descrição:	**Argila Arenosa Variegada**	Local da Coleta:	**ST-02**
Coordenadas:	**E: 724182.000; N: 7119998.000**	Prof. Coleta:	**0,60 m**
Norma:	**ABNT NBR 6459:2016; ABNT NBR 7180:2016**	Amostra:	**AM-102**

Ensaios Físicos

	Limite de Liquidez					Limite de Plasticidade				
Número da cápsula	123	126	132	136	147	153	160	167	176	179
Solo úmido + cápsula (g)	14,28	15,05	13,08	15,32	14,29	4,54	6,64	5,33	4,15	4,21
Solo seco + cápsula (g)	12,39	13,04	11,55	13,36	12,55	4,33	6,38	5,11	4,00	4,05
Peso da cápsula (g)	**7,00**	**7,04**	**6,66**	**6,65**	**6,26**	**3,06**	**4,84**	**3,72**	**3,13**	**3,10**
Peso da água (g)	**1,89**	**2,01**	**1,53**	**1,96**	**1,74**	**0,21**	**0,26**	**0,22**	**0,15**	**0,16**
Peso do solo úmido (g)	**7,28**	**8,01**	**6,42**	**8,67**	**8,03**	**1,48**	**1,80**	**1,61**	**1,02**	**1,11**
Peso do solo seco (g)	**5,39**	**6,00**	**4,89**	**6,71**	**6,29**	**1,27**	**1,54**	**1,39**	**0,87**	**0,95**
Teor de umidade (%)	**35,06%**	**33,50%**	**31,29%**	**29,21%**	**27,66%**	**16,54%**	**16,88%**	**15,83%**	**17,24%**	**16,84%**
Número de golpes	16	19	25	31	35					

Média	**16,7%**
Limite inferior (95%)	**15,8%**
Limite superior (105%)	**17,5%**
Limite de Plasticidade	**17%**

Gráfico do Limite de Liquidez



Resultado

Limite de Liquidez (LL)	**31**
Limite de Plasticidade (LP)	**17**
Índice de Plasticidade (IP)	**14**
Índice de Grupo (IG)	**5**

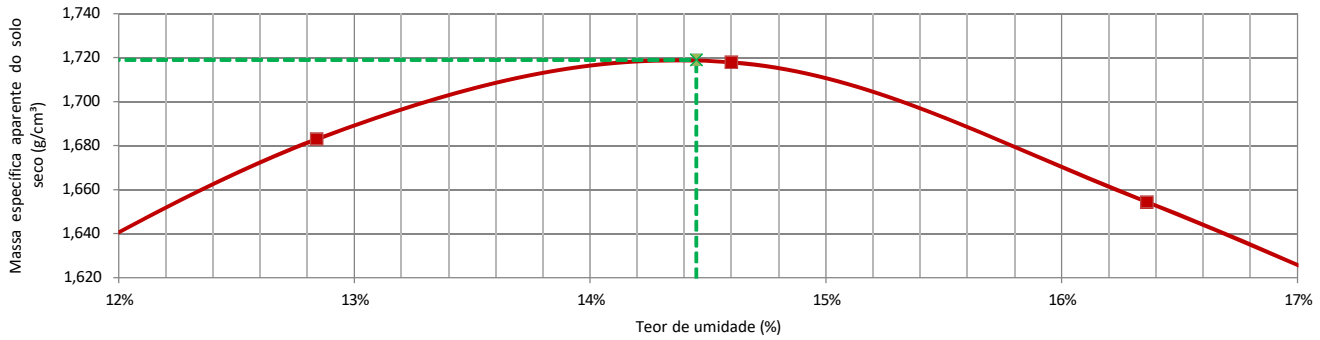
Gráficos de Compactação, ISC e Expansão

		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
		Data do Ensaio:	**01/07/2022**
Descrição:	**Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos**	Local da Coleta:	**ST-03**
Coordenadas:	**E: 723553.000; N: 7119515.000**	Prof. Coleta:	**0,60 m**
Norma:	**ABNT NBR 7182:2016; ABNT NBR 9895:2016**	Amostra:	**AM-103**
		Energia de Compactação:	**Normal**

Resumo

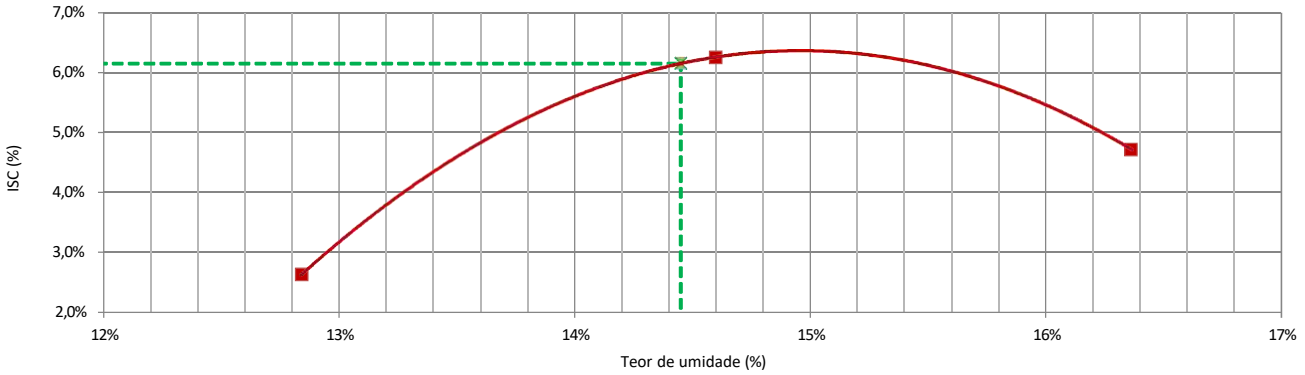
Ponto	1	2	3
ISC (%)	2,6%	6,3%	4,7%
Umidade (%)	12,84%	14,60%	16,36%
Massa esp. aparente seca (g/cm³)	1,683	1,718	1,654
Expansão (%)	1,53%	0,80%	0,21%

Compactação



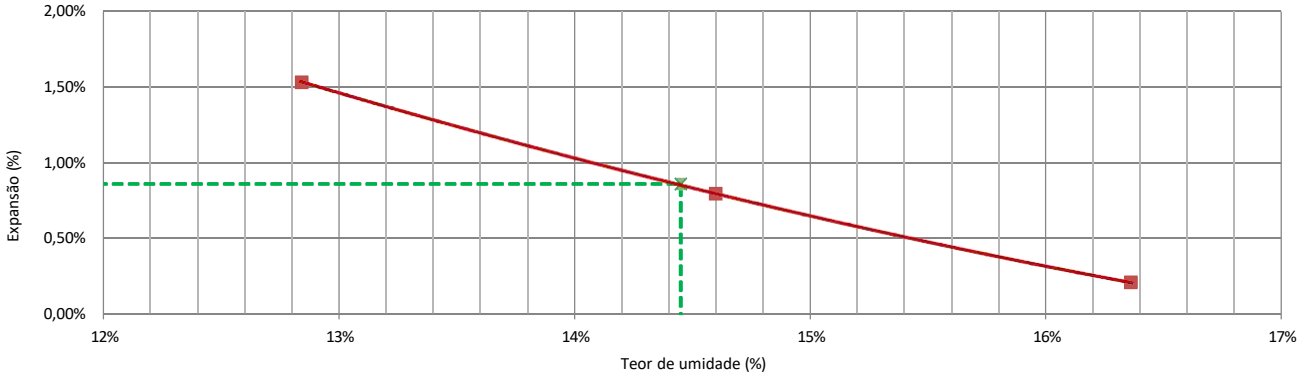
Massa específica aparente seca (máxima) (g/cm³)	**1,719**
Umidade ótima (%)	**14,5%**

ISC - Índice de Suporte Califórnia



ISC (%)	**6,2%**

Expansão



Expansão (%)	**0,86%**

Ensaio de Compactação

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 723553.000; N: 7119515.000**	Data do Ensaio:	**27/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7182:2016**	Local da Coleta:	**ST-03**
		Prof. Coleta:	**0,60 m**
		Amostra:	**AM-103**
		Energia de Compactação:	**Normal**

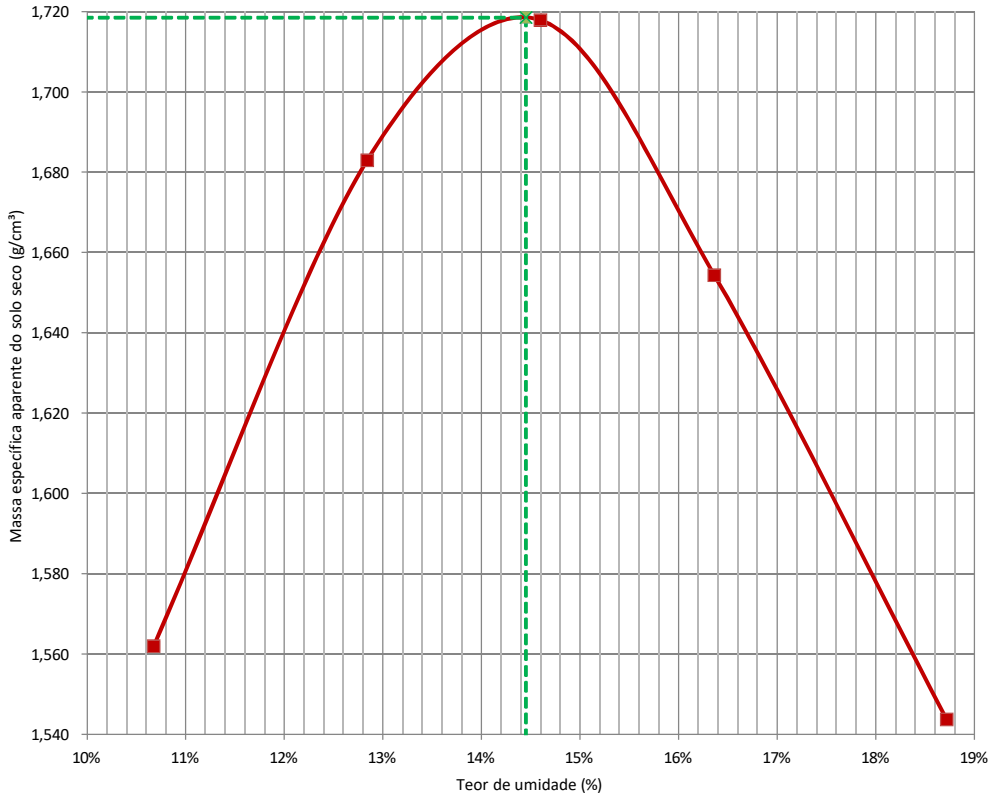
Compactação

Número do cilindro	6	16	40	1	37
Peso do cilindro (g)	**4849,0**	**5376,0**	**4844,0**	**4866,0**	**4854,0**
Volume do cilindro (cm³)	**2100,5**	**2080,4**	**2049,6**	**2080,4**	**2055,0**
Peso do cilindro + solo úmido (g)	8480,0	9327,0	8879,0	8871,0	8620,0
Peso do solo úmido (g)	**3631,0**	**3951,0**	**4035,0**	**4005,0**	**3766,0**
Massa esp. do solo úmido (g/cm³)	**1,729**	**1,899**	**1,969**	**1,925**	**1,833**

Teor de Umidade

Cápsula nº	25	4	26	32	36	38	43	51	1	16
Peso da cápsula + solo úmido (g)	101,30	85,00	78,70	64,20	79,20	64,20	78,30	64,10	92,90	92,40
Peso da cápsula + solo seco (g)	93,40	78,20	71,50	59,00	70,90	58,10	69,30	57,70	81,00	80,60
Peso da cápsula (g)	**17,99**	**15,65**	**15,88**	**18,17**	**15,03**	**15,56**	**14,66**	**18,32**	**17,53**	**17,45**
Peso da água (g)	**7,90**	**6,80**	**7,20**	**5,20**	**8,30**	**6,10**	**9,00**	**6,40**	**11,90**	**11,80**
Peso do solo úmido (g)	**83,31**	**69,35**	**62,82**	**46,03**	**64,17**	**48,64**	**63,64**	**45,78**	**75,37**	**74,95**
Peso do solo seco (g)	**75,41**	**62,55**	**55,62**	**40,83**	**55,87**	**42,54**	**54,64**	**39,38**	**63,47**	**63,15**
Umidade (%)	**10,48%**	**10,87%**	**12,94%**	**12,74%**	**14,86%**	**14,34%**	**16,47%**	**16,25%**	**18,75%**	**18,69%**
Umidade média (%)	**10,67%**		**12,84%**		**14,60%**		**16,36%**		**18,72%**	
Massa esp. do solo seco (g/cm³)	**1,562**		**1,683**		**1,718**		**1,654**		**1,544**	

Curva de Compactação



OBS: Amostra sem reuso de material e secagem prévia até a umidade higroscópica.

Resultado

Massa específica aparente seca máxima (g/cm³)	**1,719**
Umidade ótima (%)	**14,5%**

Ensaio de ISC

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 723553.000; N: 7119515.000**	Data do Ensaio:	**01/07/2022**
Norma:	**ABNT NBR 9895:2016**	Local da Coleta:	**ST-03**
		Prof. Coleta:	**0,60 m**
		Amostra:	**AM-103**
		Energia de Compactação:	**Normal**

Constantes

Número do Anel	1	Constante do anel	0,09558

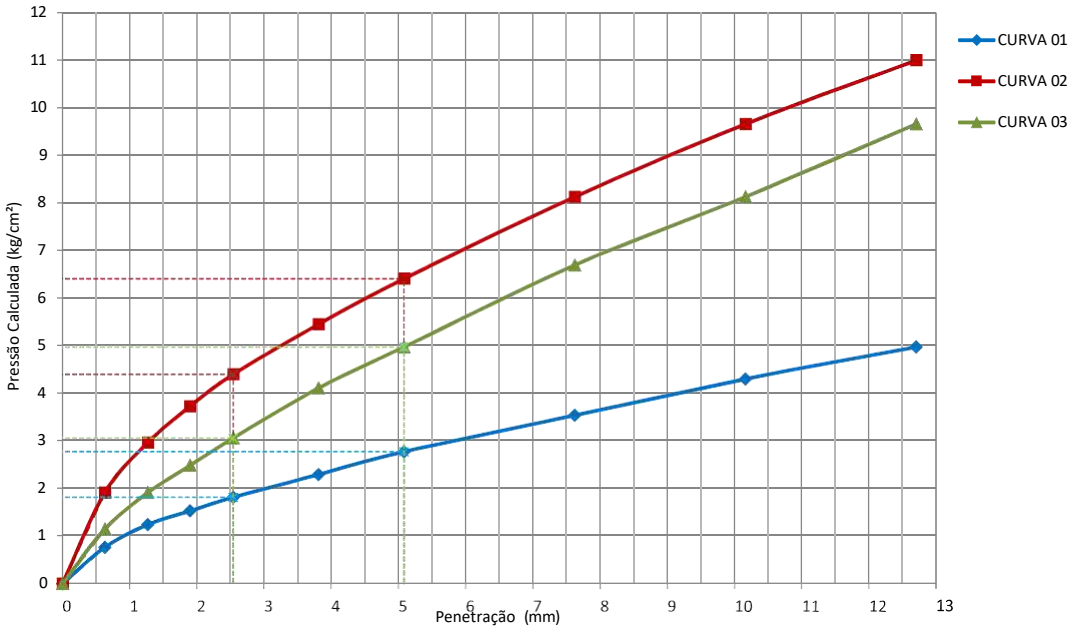
Expansão

Ponto		1				2				3			
Número do Cilindro		16	Altura inicial (mm)		114,20	40	Altura inicial (mm)		113,10	1	Altura inicial (mm)		114,50
Data	Hora	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão
		(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)	(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)	(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)
27/06/22	00h00		100,00	-			100,00	-			100,00	-	
01/07/22	96h00		275,00	**175,00**	**1,53%**		190,00	**90,00**	**0,80%**		124,00	**24,00**	**0,21%**

Penetração

Ponto			1				2				3			
Penetração	Tempo	Pressão Padrão	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC
(mm)	(min)	(kg/cm²)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)
0,00	0,00		0,0	0,00			0,0	0,00			0,0	0,00		
0,63	0,50		8,0	0,76			20,0	1,91			12,0	1,15		
1,27	1,00		13,0	1,24			31,0	2,96			20,0	1,91		
1,90	1,50		16,0	1,53			39,0	3,73			26,0	2,49		
2,54	2,00	70,30	19,0	1,82	1,82	**2,6%**	46,0	4,40	4,40	**6,3%**	32,0	3,06	3,06	**4,4%**
3,81	3,00		24,0	2,29			57,0	5,45			43,0	4,11		
5,08	4,00	105,40	29,0	2,77	2,77	**2,6%**	67,0	6,40	6,40	**6,1%**	52,0	4,97	4,97	**4,7%**
7,62	6,00		37,0	3,54			85,0	8,12			70,0	6,69		
10,16	8,00		45,0	4,30			101,0	9,65			85,0	8,12		
12,70	10,00		52,0	4,97			115,0	10,99			101,0	9,65		

Pressão X Penetração



Resumo

Ponto	1	2	3
ISC	**2,6%**	**6,3%**	**4,7%**
Umidade	**12,84%**	**14,60%**	**16,36%**
Expansão	**1,53%**	**0,80%**	**0,21%**

Análise Granulométrica por Peneiramento

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 723553.000; N: 7119515.000**	Data do Ensaio:	**21/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7181:2016**	Local da Coleta:	**ST-03**
		Prof. Coleta:	**0,60 m**
		Amostra:	**AM-103**

Massa total da amostra seca

Massa da amostra seca ao ar [Mt] (g)	1.000,00
Massa do material seco retido #10 [Mg] (g)	**512,30**
Massa total da amostra seca [Ms] (g)	**975,10**

Teor de umidade

Número da cápsula	19	48	57
Solo úmido + tara (g)	82,50	77,20	75,60
Solo seco + tara (g)	79,20	74,00	72,60
Tara da cápsula (g)	**17,69**	**15,77**	**15,80**
Água (g)	**3,30**	**3,20**	**3,00**
Solo seco (g)	**61,51**	**58,23**	**56,80**
Teor de umidade (%)	**5,36%**	**5,50%**	**5,28%**
Umidade média (%)	**5,38%**		

Resumo

Pedregulho (Material retido na peneira n°10)	**52,5%**
Areia grossa (Passando na nº 10 e retido na nº 40)	**14,5%**
Areia fina (Passando na nº 40 e retido na nº 200)	**11,1%**
Passando na peneira nº 200	**21,8%**
Total	**100,0%**

Peneiramento Grosso

Peneira		Peso da amostra seca (g)		% que passa
nº	mm	Retido	Passado	
2"	50,00	296,80	**678,30**	**69,6%**
1 1/2"	38,00	74,60	**603,70**	**61,9%**
1"	25,00	-	**603,70**	**61,9%**
3/4"	19,00	20,60	**583,10**	**59,8%**
3/8"	9,50	50,30	**532,80**	**54,6%**
4	4,75	29,50	**503,30**	**51,6%**
10	2,00	40,50	**462,80**	**47,5%**

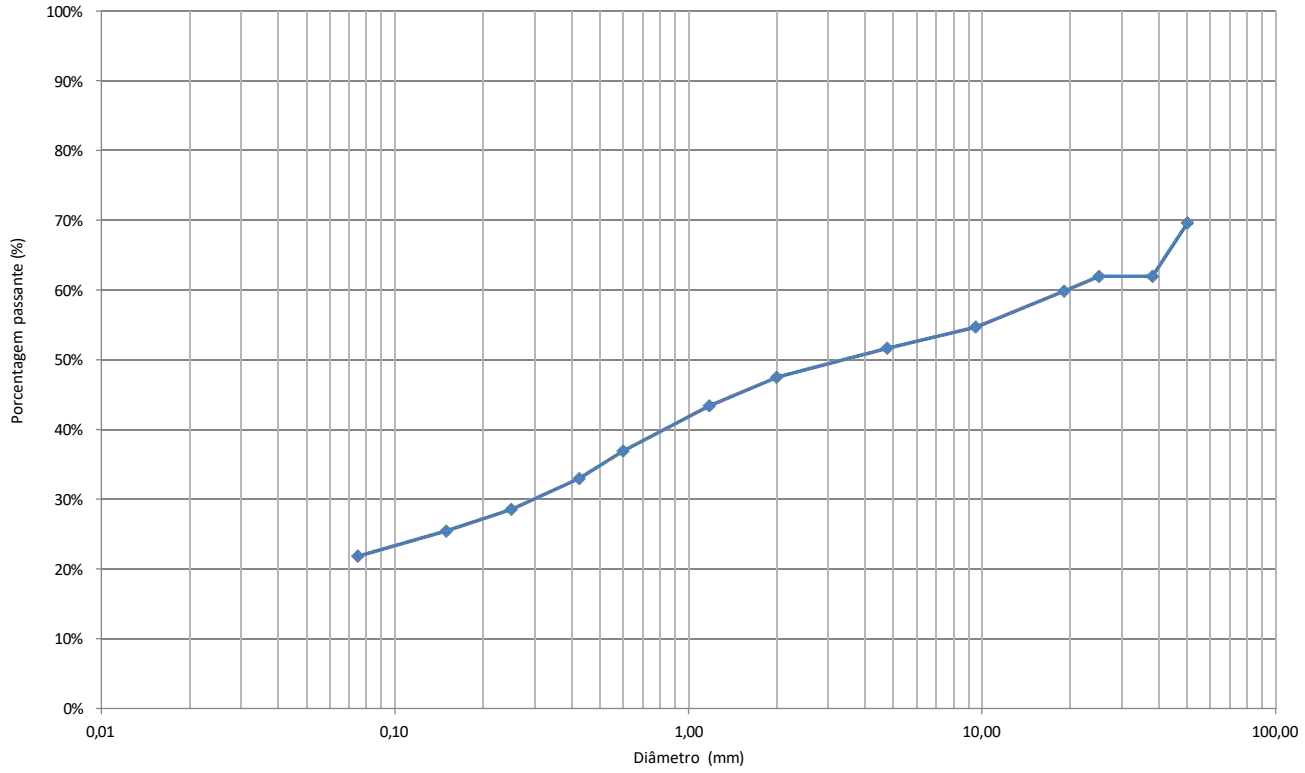
Peneiramento Fino

Peso da amostra úmida [Mw] (g):			120,00		
Peneira	Peso da amostra seca (g)			% que passa	
nº	mm	Retido	Passado	Parcial	Total
16	1,180	9,80	**104,07**	**91,4%**	**43,4%**
30	0,600	15,50	**88,57**	**77,8%**	**36,9%**
40	0,425	9,50	**79,07**	**69,4%**	**33,0%**
60	0,250	10,60	**68,47**	**60,1%**	**28,5%**
100	0,150	7,50	**60,97**	**53,5%**	**25,4%**
200	0,075	8,60	**52,37**	**46,0%**	**21,8%**

Classificação

Classificação HRB	**A2-4**
Classificação pelo Sistema Unificado	**SM**

Curva Granulométrica (Peneiramento)



Ensaios Físicos (Limite de Plasticidade e Limite de Liquidez)

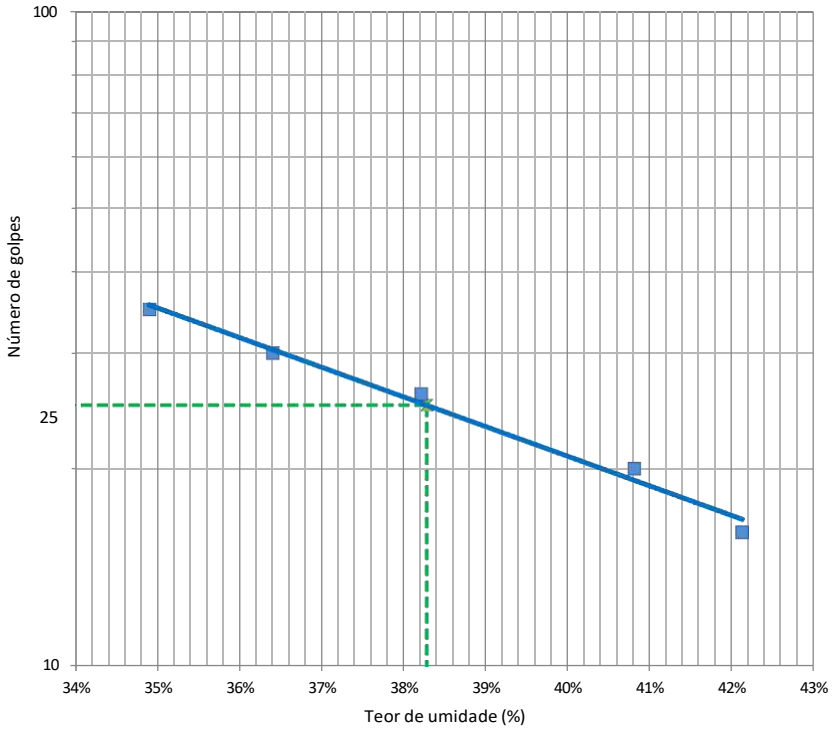
		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
		Data do Ensaio:	**21/06/2022**
Descrição:	**Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos**	Local da Coleta:	**ST-03**
Coordenadas:	**E: 723553.000; N: 7119515.000**	Prof. Coleta:	**0,60 m**
Norma:	**ABNT NBR 6459:2016; ABNT NBR 7180:2016**	Amostra:	**AM-103**

Ensaios Físicos

	Limite de Liquidez					Limite de Plasticidade				
Número da cápsula	147	130	131	132	129	159	63	167	177	180
Solo úmido + cápsula (g)	15,10	15,75	14,14	12,58	13,05	5,20	5,61	4,76	7,85	9,35
Solo seco + cápsula (g)	12,48	13,73	12,60	11,00	11,42	4,93	5,33	4,51	7,58	9,10
Peso da cápsula (g)	**6,26**	**8,78**	**8,57**	**6,66**	**6,75**	**4,06**	**4,41**	**3,72**	**6,69**	**8,28**
Peso da água (g)	**2,62**	**2,02**	**1,54**	**1,58**	**1,63**	**0,27**	**0,28**	**0,25**	**0,27**	**0,25**
Peso do solo úmido (g)	**8,84**	**6,97**	**5,57**	**5,92**	**6,30**	**1,14**	**1,20**	**1,04**	**1,16**	**1,07**
Peso do solo seco (g)	**6,22**	**4,95**	**4,03**	**4,34**	**4,67**	**0,87**	**0,92**	**0,79**	**0,89**	**0,82**
Teor de umidade (%)	**42,12%**	**40,81%**	**38,21%**	**36,41%**	**34,90%**	**31,03%**	**30,43%**	**31,65%**	**30,34%**	**30,49%**
Número de golpes	16	20	26	30	35					

Média	**30,8%**
Limite inferior (95%)	**29,2%**
Limite superior (105%)	**32,3%**
Limite de Plasticidade	**31%**

Gráfico do Limite de Liquidez



Resultado

Limite de Liquidez (LL)	**38**
Limite de Plasticidade (LP)	**31**
Índice de Plasticidade (IP)	**7**
Índice de Grupo (IG)	**0**

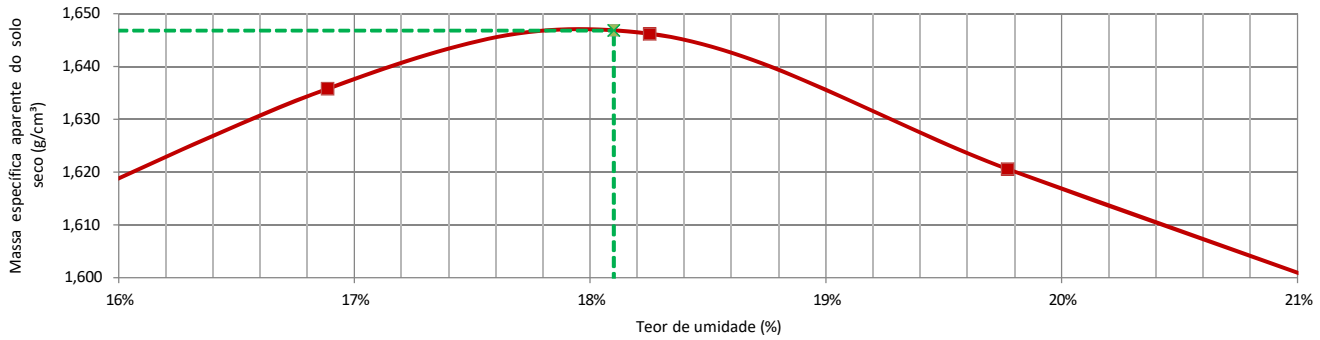
Gráficos de Compactação, ISC e Expansão

		Registro:	141
Projeto:	Duplicação	Ordem de Serviço:	10432
Endereço:	Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC	Data da Coleta:	13/06/2022
		Data do Ensaio:	28/06/2022
Descrição:	Silte Arenoso Vermelho	Local da Coleta:	ST-04
Coordenadas:	E: 723387.000; N: 7119397.000	Prof. Coleta:	0,50 m
Norma:	ABNT NBR 7182:2016; ABNT NBR 9895:2016	Amostra:	AM-104
		Energia de Compactação:	Normal

Resumo

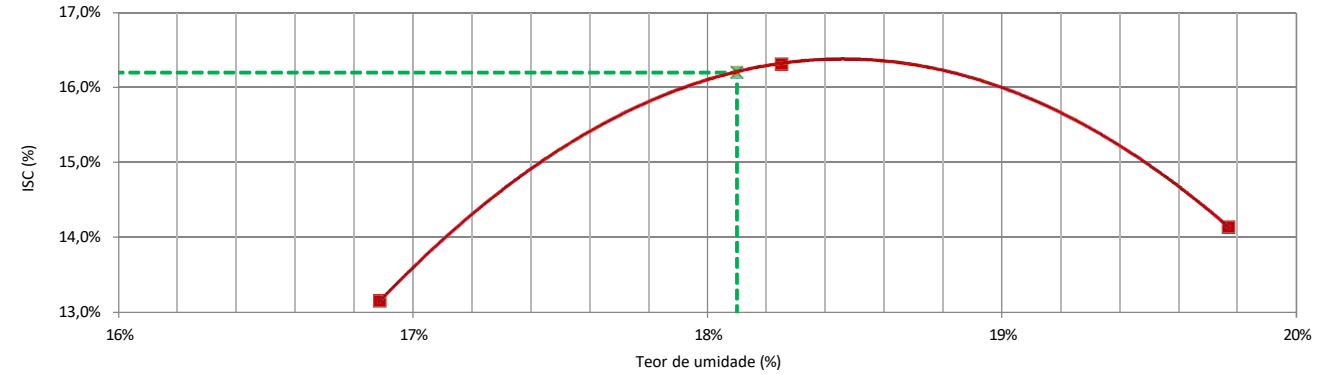
Ponto	1	2	3
ISC (%)	13,1%	16,3%	14,1%
Umidade (%)	16,89%	18,25%	19,77%
Massa esp. aparente seca (g/cm³)	1,636	1,646	1,621
Expansão (%)	2,33%	1,65%	1,41%

Compactação



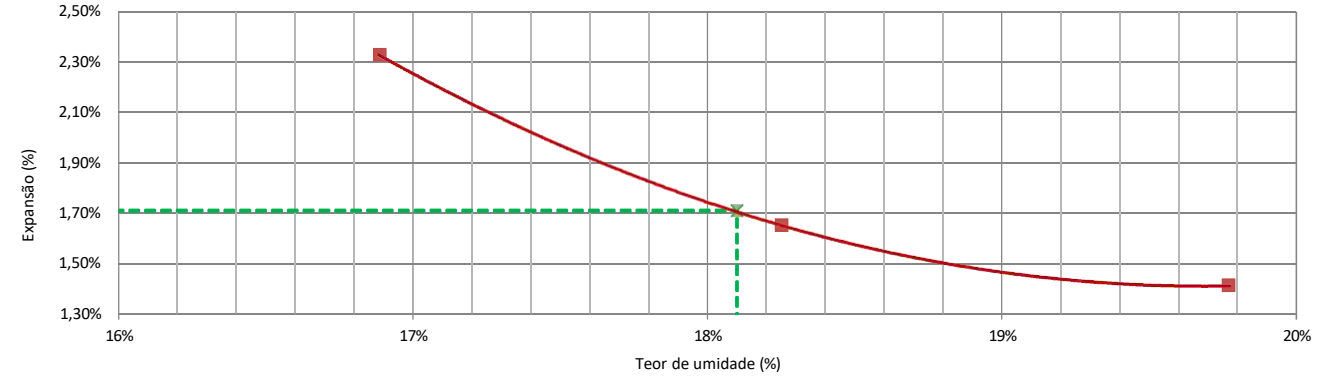
Massa específica aparente seca (máxima) (g/cm³)	1,647
Umidade ótima (%)	18,1%

ISC - Índice de Suporte Califórnia



ISC (%)	16,2%

Expansão



Expansão (%)	1,71%

Ensaio de Compactação

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Silte Arenoso Vermelho**	Data da Coleta:	**13/06/2022**
Coordenadas:	**E: 723387.000; N: 7119397.000**	Data do Ensaio:	**24/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7182:2016**	Local da Coleta:	**ST-04**
		Prof. Coleta:	**0,50 m**
		Amostra:	**AM-104**
		Energia de Compactação:	**Normal**

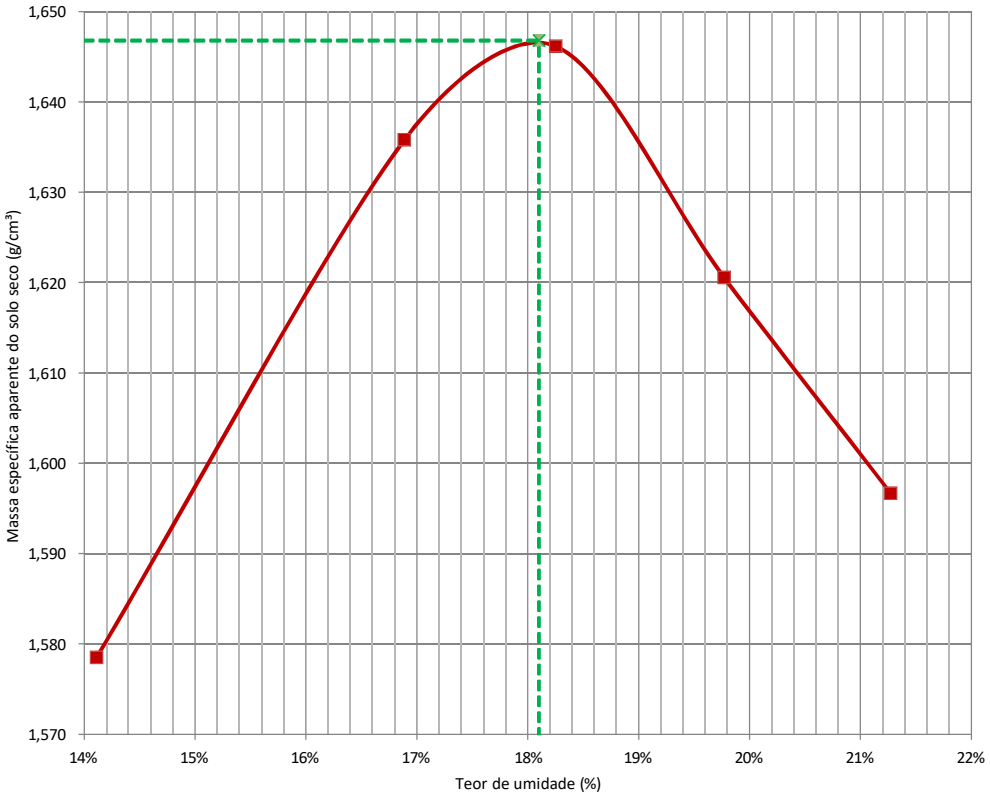
Compactação

Número do cilindro	42	34	15	8	41
Peso do cilindro (g)	**4888,0**	**4993,0**	**5530,0**	**4879,0**	**4871,0**
Volume do cilindro (cm³)	**2084,1**	**2065,9**	**2087,7**	**2088,6**	**2101,4**
Peso do cilindro + solo úmido (g)	8642,0	8943,0	9594,0	8933,0	8940,0
Peso do solo úmido (g)	**3754,0**	**3950,0**	**4064,0**	**4054,0**	**4069,0**
Massa esp. do solo úmido (g/cm³)	**1,801**	**1,912**	**1,947**	**1,941**	**1,936**

Teor de Umidade

Cápsula nº	74	75	77	78	79	84	89	95	99	104
Peso da cápsula + solo úmido (g)	186,80	186,40	160,10	157,20	162,70	151,80	178,20	165,20	170,10	142,10
Peso da cápsula + solo seco (g)	167,00	167,00	141,10	138,80	141,70	132,60	153,80	143,50	145,60	122,80
Peso da cápsula (g)	**26,48**	**29,74**	**28,08**	**30,32**	**27,34**	**26,76**	**30,43**	**33,69**	**30,75**	**31,80**
Peso da água (g)	**19,80**	**19,40**	**19,00**	**18,40**	**21,00**	**19,20**	**24,40**	**21,70**	**24,50**	**19,30**
Peso do solo úmido (g)	**160,32**	**156,66**	**132,02**	**126,88**	**135,36**	**125,04**	**147,77**	**131,51**	**139,35**	**110,30**
Peso do solo seco (g)	**140,52**	**137,26**	**113,02**	**108,48**	**114,36**	**105,84**	**123,37**	**109,81**	**114,85**	**91,00**
Umidade (%)	**14,09%**	**14,13%**	**16,81%**	**16,96%**	**18,36%**	**18,14%**	**19,78%**	**19,76%**	**21,33%**	**21,21%**
Umidade média (%)	**14,11%**		**16,89%**		**18,25%**		**19,77%**		**21,27%**	
Massa esp. do solo seco (g/cm³)	**1,579**		**1,636**		**1,646**		**1,621**		**1,597**	

Curva de Compactação



OBS: Amostra sem reuso de material e secagem prévia até a umidade higroscópica.

Resultado

Massa específica aparente seca máxima (g/cm³)	**1,647**
Umidade ótima (%)	**18,1%**

Ensaio de ISC

Projeto:	**Duplicação**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**
Descrição:	**Silte Arenoso Vermelho**
Coordenadas:	**E: 723387.000; N: 7119397.000**
Norma:	**ABNT NBR 9895:2016**

Registro:	**141**
Ordem de Serviço:	**10432**
Data da Coleta:	**13/06/2022**
Data do Ensaio:	**28/06/2022**
Local da Coleta:	**ST-04**
Prof. Coleta:	**0,50 m**
Amostra:	**AM-104**
Energia de Compactação:	**Normal**

Constantes

Número do Anel	1	Constante do anel	0,09558

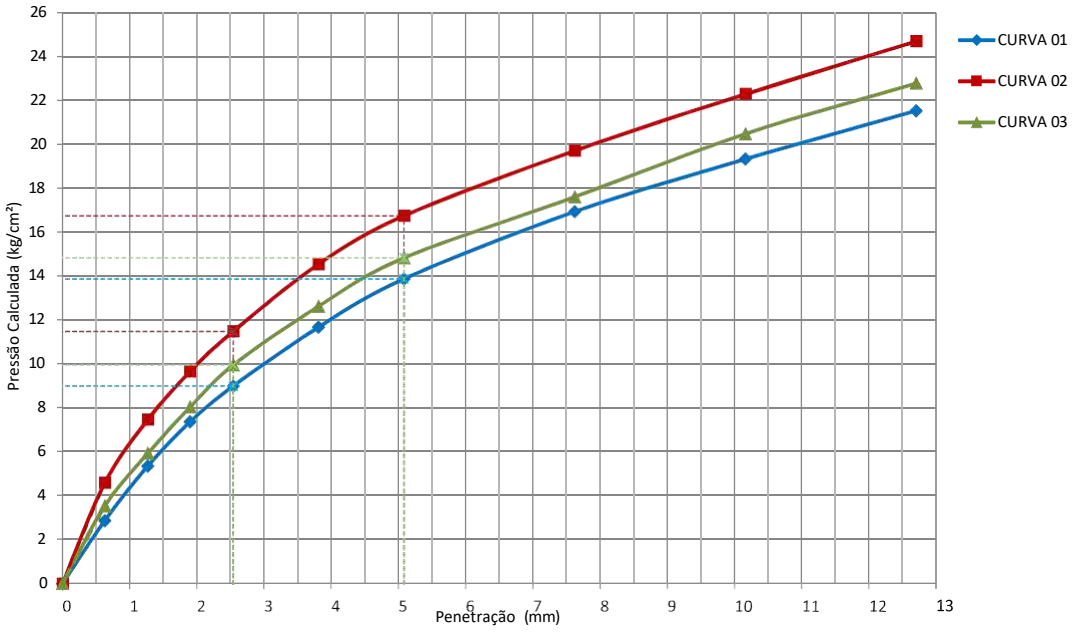
Expansão

Ponto	1				2				3			
Número do Cilindro	34	Altura inicial (mm)		113,40	15	Altura inicial (mm)		114,90	8	Altura inicial (mm)		114,50
Data / Hora	Tempo (min)	Leitura x 0,01mm	Dif. Leitura x 0,01mm	Expansão (%)	Tempo (min)	Leitura x 0,01mm	Dif. Leitura x 0,01mm	Expansão (%)	Tempo (min)	Leitura x 0,01mm	Dif. Leitura x 0,01mm	Expansão (%)
24/06/22 00h00		100,00	-			100,00	-			100,00	-	
28/06/22 96h00		364,00	**264,00**	**2,33%**		290,00	**190,00**	**1,65%**		262,00	**162,00**	**1,41%**

Penetração

Ponto			1				2				3			
Penetração (mm)	Tempo (min)	Pressão Padrão (kg/cm²)	Leitura Anel ($mm*10^{-3}$)	Pressão (kg/cm²) Calculada	Pressão (kg/cm²) Corrigida	ISC (%)	Leitura Anel ($mm*10^{-3}$)	Pressão (kg/cm²) Calculada	Pressão (kg/cm²) Corrigida	ISC (%)	Leitura Anel ($mm*10^{-3}$)	Pressão (kg/cm²) Calculada	Pressão (kg/cm²) Corrigida	ISC (%)
0,00	0,00		0,0	0,00			0,0	0,00			0,0	0,00		
0,63	0,50		30,0	2,87			48,0	4,59			37,0	3,54		
1,27	1,00		56,0	5,35			78,0	7,46			62,0	5,93		
1,90	1,50		77,0	7,36			101,0	9,65			84,0	8,03		
2,54	2,00	70,30	94,0	8,98	8,98	**12,8%**	120,0	11,47	11,47	**16,3%**	104,0	9,94	9,94	**14,1%**
3,81	3,00		122,0	11,66			152,0	14,53			132,0	12,62		
5,08	4,00	105,40	145,0	13,86	13,86	**13,1%**	175,0	16,73	16,73	**15,9%**	155,0	14,81	14,81	**14,1%**
7,62	6,00		177,0	16,92			206,0	19,69			184,0	17,59		
10,16	8,00		202,0	19,31			233,0	22,27			214,0	20,45		
12,70	10,00		225,0	21,51			258,0	24,66			238,0	22,75		

Pressão X Penetração



Resumo

Ponto	1	2	3
ISC	**13,1%**	**16,3%**	**14,1%**
Umidade	**16,89%**	**18,25%**	**19,77%**
Expansão	**2,33%**	**1,65%**	**1,41%**

Análise Granulométrica por Peneiramento

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Silte Arenoso Vermelho**	Data da Coleta:	**13/06/2022**
Coordenadas:	**E: 723387.000; N: 7119397.000**	Data do Ensaio:	**22/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7181:2016**	Local da Coleta:	**ST-04**
		Prof. Coleta:	**0,50 m**
		Amostra:	**AM-104**

Massa total da amostra seca

Massa da amostra seca ao ar [Mt] (g)	1.000,00
Massa do material seco retido #10 [Mg] (g)	**70,90**
Massa total da amostra seca [Ms] (g)	**910,14**

Teor de umidade

Número da cápsula	16	39	6
Solo úmido + tara (g)	88,00	68,50	82,40
Solo seco + tara (g)	81,20	63,60	76,00
Tara da cápsula (g)	**17,45**	**17,44**	**16,95**
Água (g)	**6,80**	**4,90**	**6,40**
Solo seco (g)	**63,75**	**46,16**	**59,05**
Teor de umidade (%)	**10,67%**	**10,62%**	**10,84%**
Umidade média (%)	**10,71%**		

Resumo

Pedregulho (Material retido na peneira n°10)	**7,8%**
Areia grossa (Passando na nº 10 e retido na nº 40)	**18,7%**
Areia fina (Passando na nº 40 e retido na nº 200)	**19,7%**
Passando na peneira nº 200	**53,8%**
Total	**100,0%**

Peneiramento Grosso

Peneira		Peso da amostra seca (g)		% que passa
nº	mm	Retido	Passado	
2"	50,00	-	**910,14**	**100,0%**
1 1/2"	38,00	-	**910,14**	**100,0%**
1"	25,00	-	**910,14**	**100,0%**
3/4"	19,00	10,70	**899,44**	**98,8%**
3/8"	9,50	17,70	**881,74**	**96,9%**
4	4,75	16,70	**865,04**	**95,0%**
10	2,00	25,80	**839,24**	**92,2%**

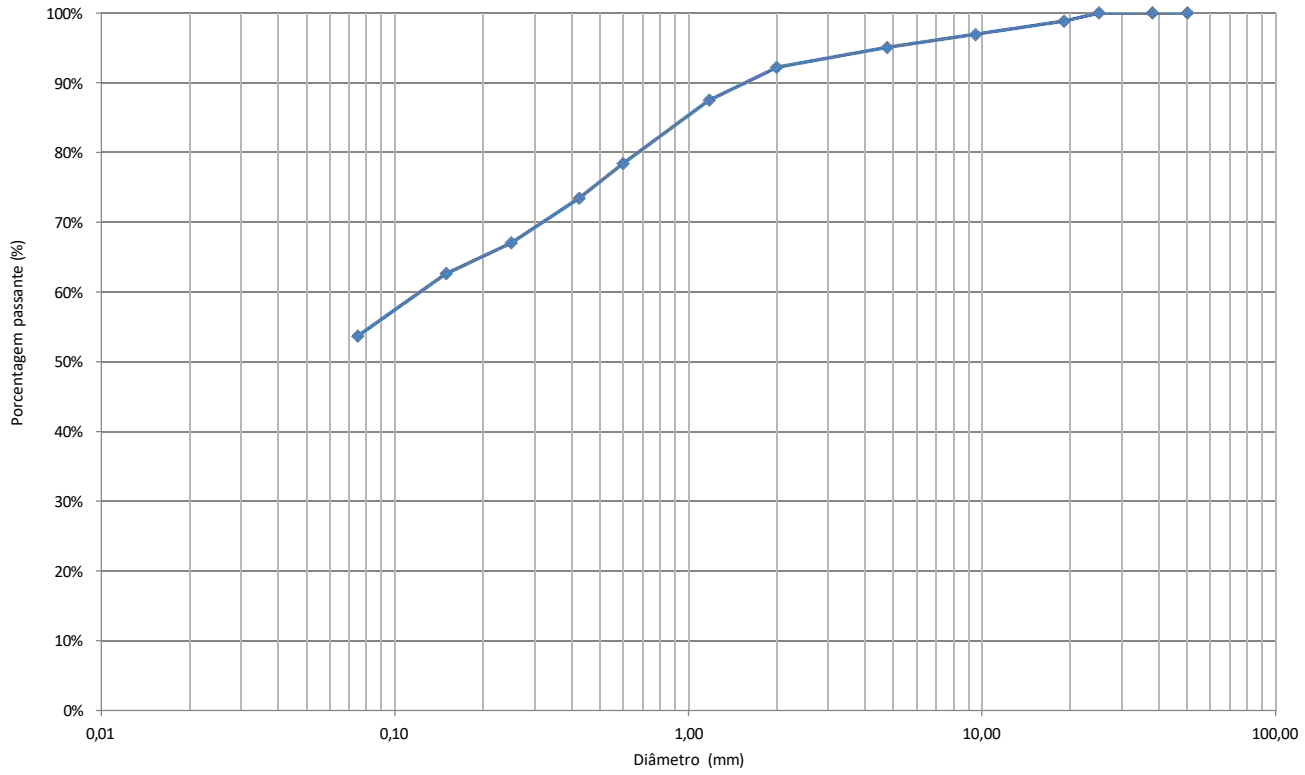
Peneiramento Fino

Peso da amostra úmida [Mw] (g):					120,00
Peneira	Peso da amostra seca (g)			% que passa	
nº	mm	Retido	Passado	Parcial	Total
16	1,180	5,50	**102,89**	**94,9%**	**87,5%**
30	0,600	10,70	**92,19**	**85,1%**	**78,4%**
40	0,425	5,80	**86,39**	**79,7%**	**73,5%**
60	0,250	7,50	**78,89**	**72,8%**	**67,1%**
100	0,150	5,20	**73,69**	**68,0%**	**62,7%**
200	0,075	10,50	**63,19**	**58,3%**	**53,8%**

Classificação

Classificação HRB	**A4**
Classificação pelo Sistema Unificado	**-**

Curva Granulométrica (Peneiramento)



Ensaios Físicos (Limite de Plasticidade e Limite de Liquidez)

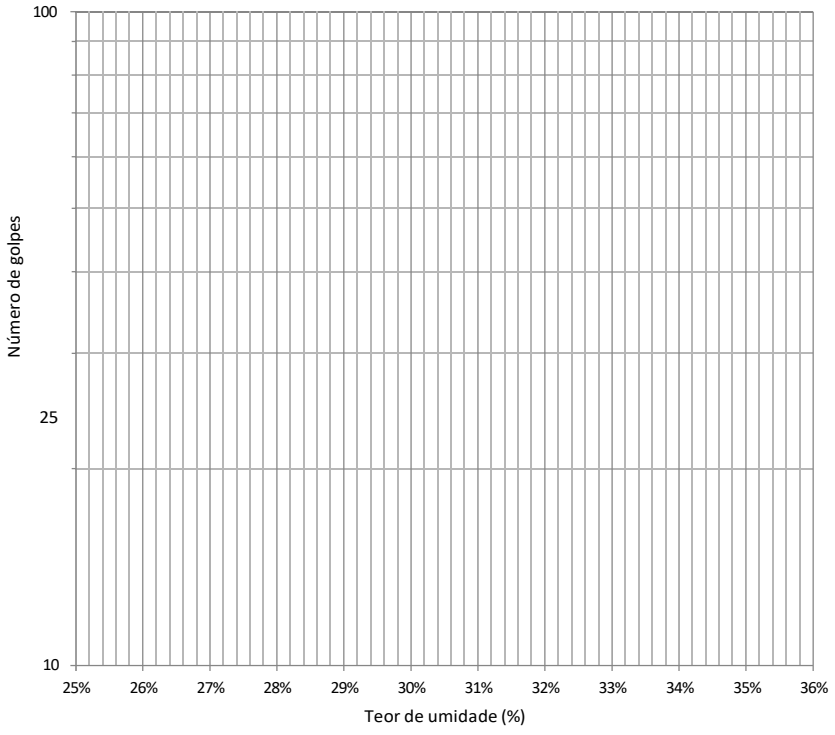
		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data da Coleta:	**13/06/2022**
		Data do Ensaio:	**22/06/2022**
Descrição:	**Silte Arenoso Vermelho**	Local da Coleta:	**ST-04**
Coordenadas:	**E: 723387.000; N: 7119397.000**	Prof. Coleta:	**0,50 m**
Norma:	**ABNT NBR 6459:2016; ABNT NBR 7180:2016**	Amostra:	**AM-104**

Ensaios Físicos

	Limite de Liquidez					Limite de Plasticidade				
Número da cápsula										
Solo úmido + cápsula (g)										
Solo seco + cápsula (g)										
Peso da cápsula (g)			**NL**					**NP**		
Peso da água (g)		**Não apresenta limite de liquidez**					**Não apresenta limite de plasticidade**			
Peso do solo úmido (g)										
Peso do solo seco (g)										
Teor de umidade (%)										
Número de golpes										

Média	**-**
Limite inferior (95%)	**-**
Limite superior (105%)	**-**
Limite de Plasticidade	**-**

Gráfico do Limite de Liquidez



Resultado

Limite de Liquidez (LL)	**NL**
Limite de Plasticidade (LP)	**NP**
Índice de Plasticidade (IP)	**-**
Índice de Grupo (IG)	**-**

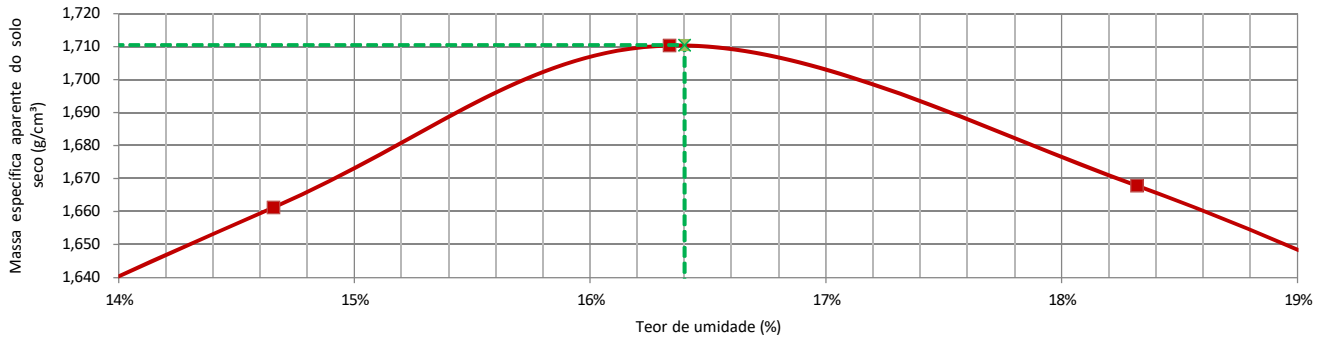
Gráficos de Compactação, ISC e Expansão

		Registro:	141
Projeto:	Duplicação	Ordem de Serviço:	10432
Endereço:	Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC	Data da Coleta:	10/06/2022
		Data do Ensaio:	28/06/2022
Descrição:	Silte Arenoso Marrom	Local da Coleta:	ST-05
Coordenadas:	E: 722717.000; N: 7119003.000	Prof. Coleta:	0,50 m
Norma:	ABNT NBR 7182:2016; ABNT NBR 9895:2016	Amostra:	AM-105
		Energia de Compactação:	Normal

Resumo

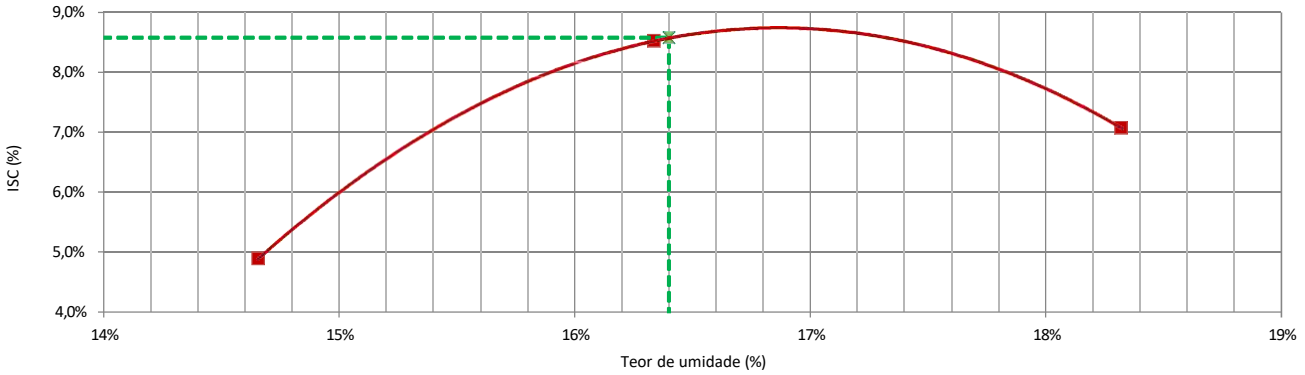
Ponto	1	2	3
ISC (%)	4,9%	8,5%	7,1%
Umidade (%)	14,66%	16,34%	18,32%
Massa esp. aparente seca (g/cm³)	1,661	1,710	1,668
Expansão (%)	1,62%	0,78%	0,10%

Compactação



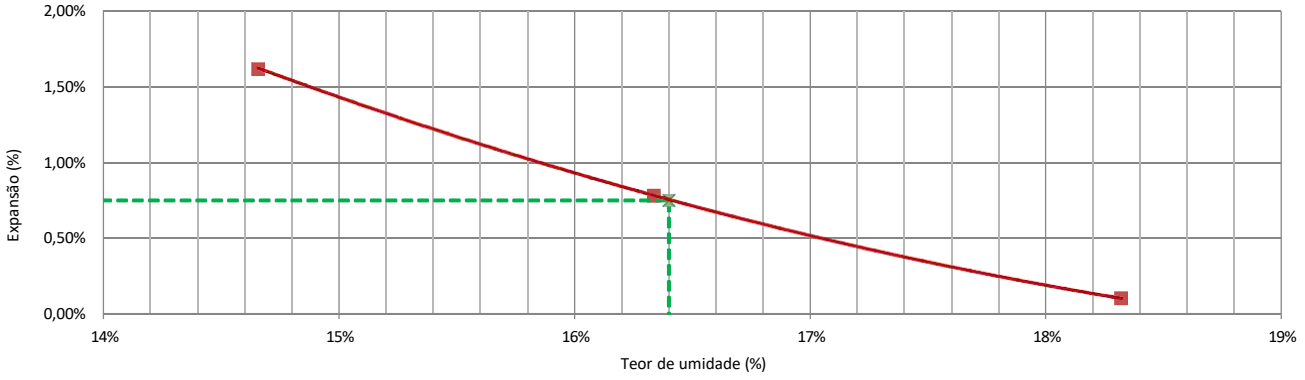
Massa específica aparente seca (máxima) (g/cm³)	1,711
Umidade ótima (%)	16,4%

ISC - Índice de Suporte Califórnia



ISC (%)	8,6%

Expansão



Expansão (%)	0,75%

Ensaio de Compactação

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Silte Arenoso Marrom**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 722717.000; N: 7119003.000**	Data do Ensaio:	**24/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7182:2016**	Local da Coleta:	**ST-05**
		Prof. Coleta:	**0,50 m**
		Amostra:	**AM-105**

Energia de Compactação: **Normal**

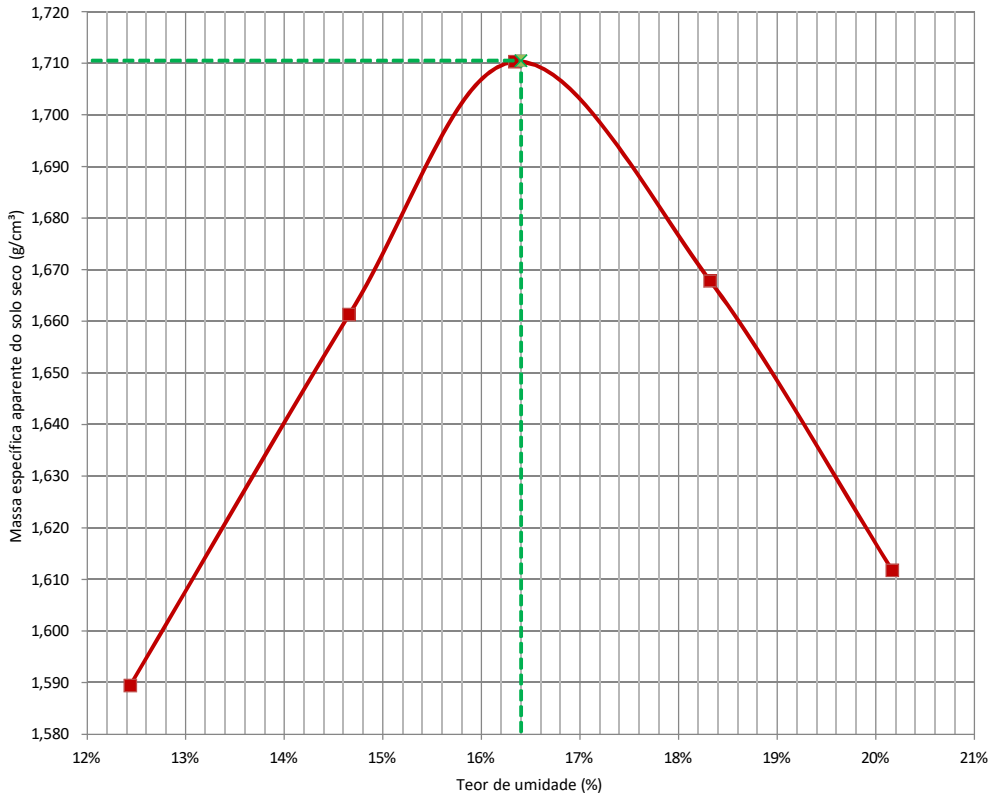
Compactação

Número do cilindro	1	7	17	32	41
Peso do cilindro (g)	**4866,0**	**4879,0**	**5514,0**	**4986,0**	**4871,0**
Volume do cilindro (cm³)	**2080,4**	**2079,5**	**2068,6**	**2095,9**	**2101,4**
Peso do cilindro + solo úmido (g)	8584,0	8840,0	9630,0	9122,0	8941,0
Peso do solo úmido (g)	**3718,0**	**3961,0**	**4116,0**	**4136,0**	**4070,0**
Massa esp. do solo úmido (g/cm³)	**1,787**	**1,905**	**1,990**	**1,973**	**1,937**

Teor de Umidade

Cápsula nº	2	4	5	8	14	47	34	36	60	40
Peso da cápsula + solo úmido (g)	86,00	80,30	93,30	90,80	93,80	94,00	104,80	103,00	102,00	99,30
Peso da cápsula + solo seco (g)	78,40	73,10	83,50	81,20	82,70	83,30	91,20	89,50	88,00	85,50
Peso da cápsula (g)	**16,81**	**15,65**	**16,16**	**16,16**	**14,93**	**17,63**	**17,73**	**15,03**	**18,21**	**17,43**
Peso da água (g)	**7,60**	**7,20**	**9,80**	**9,60**	**11,10**	**10,70**	**13,60**	**13,50**	**14,00**	**13,80**
Peso do solo úmido (g)	**69,19**	**64,65**	**77,14**	**74,64**	**78,87**	**76,37**	**87,07**	**87,97**	**83,79**	**81,87**
Peso do solo seco (g)	**61,59**	**57,45**	**67,34**	**65,04**	**67,77**	**65,67**	**73,47**	**74,47**	**69,79**	**68,07**
Umidade (%)	**12,34%**	**12,53%**	**14,55%**	**14,76%**	**16,38%**	**16,29%**	**18,51%**	**18,13%**	**20,06%**	**20,27%**
Umidade média (%)	**12,44%**		**14,66%**		**16,34%**		**18,32%**		**20,17%**	
Massa esp. do solo seco (g/cm³)	**1,589**		**1,661**		**1,710**		**1,668**		**1,612**	

Curva de Compactação



OBS: Amostra sem reuso de material e secagem prévia até a umidade higroscópica.

Resultado

Massa específica aparente seca máxima (g/cm³)	**1,711**
Umidade ótima (%)	**16,4%**

Ensaio de ISC

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Silte Arenoso Marrom**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 722717.000; N: 7119003.000**	Data do Ensaio:	**28/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 9895:2016**	Local da Coleta:	**ST-05**
		Prof. Coleta:	**0,50 m**
		Amostra:	**AM-105**
		Energia de Compactação:	**Normal**

Constantes

Número do Anel	1	Constante do anel	0,09558

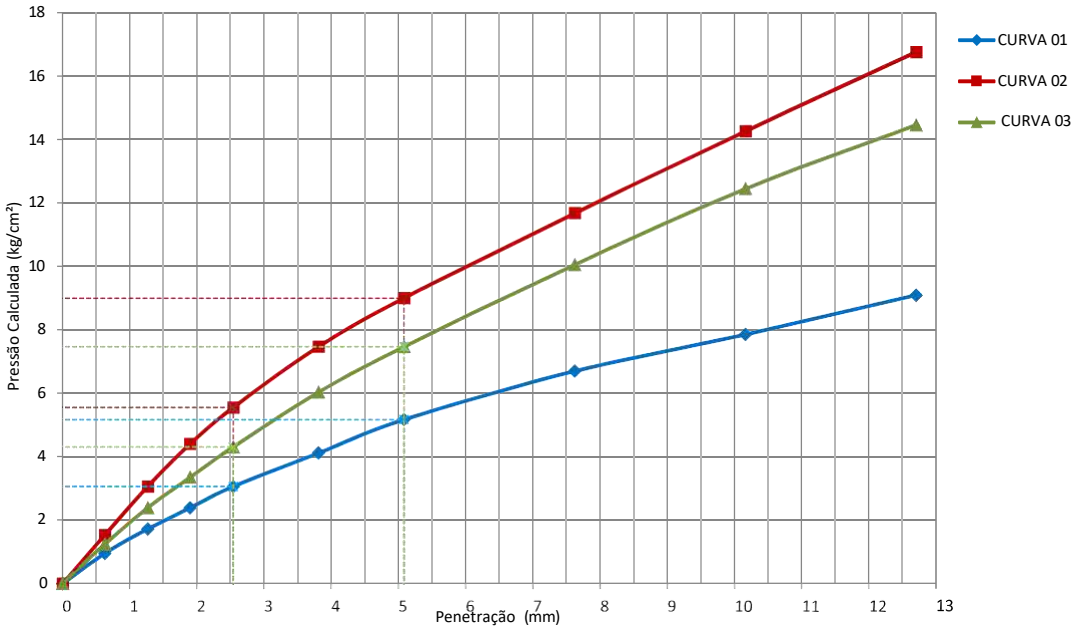
Expansão

Ponto		1				2				3			
Número do Cilindro		7	Altura inicial (mm)		113,70	17	Altura inicial (mm)		114,00	32	Altura inicial (mm)		115,20
Data	Hora	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão
		(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)	(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)	(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)
24/06/22	00h00		100,00	-			100,00	-			100,00	-	
28/06/22	96h00		284,00	**184,00**	**1,62%**		189,00	**89,00**	**0,78%**		112,00	**12,00**	**0,10%**

Penetração

Ponto			1				2				3			
Penetração	Tempo	Pressão Padrão	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC
(mm)	(min)	(kg/cm²)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)
0,00	0,00		0,0	0,00			0,0	0,00			0,0	0,00		
0,63	0,50		10,0	0,96			16,0	1,53			13,0	1,24		
1,27	1,00		18,0	1,72			32,0	3,06			25,0	2,39		
1,90	1,50		25,0	2,39			46,0	4,40			35,0	3,35		
2,54	2,00	70,30	32,0	3,06	3,06	**4,4%**	58,0	5,54	5,54	**7,9%**	45,0	4,30	4,30	**6,1%**
3,81	3,00		43,0	4,11			78,0	7,46			63,0	6,02		
5,08	4,00	105,40	54,0	5,16	5,16	**4,9%**	94,0	8,98	8,98	**8,5%**	78,0	7,46	7,46	**7,1%**
7,62	6,00		70,0	6,69			122,0	11,66			105,0	10,04		
10,16	8,00		82,0	7,84			149,0	14,24			130,0	12,43		
12,70	10,00		95,0	9,08			175,0	16,73			151,0	14,43		

Pressão X Penetração



Resumo

Ponto	1	2	3
ISC	**4,9%**	**8,5%**	**7,1%**
Umidade	**14,66%**	**16,34%**	**18,32%**
Expansão	**1,62%**	**0,78%**	**0,10%**

Análise Granulométrica por Peneiramento

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Silte Arenoso Marrom**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 722717.000; N: 7119003.000**	Data do Ensaio:	**22/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7181:2016**	Local da Coleta:	**ST-05**
		Prof. Coleta:	**0,50 m**
		Amostra:	**AM-105**

Massa total da amostra seca

Massa da amostra seca ao ar [Mt] (g)	1.289,20
Massa do material seco retido #10 [Mg] (g)	**61,80**
Massa total da amostra seca [Ms] (g)	**1.190,79**

Teor de umidade

Número da cápsula	35	44	50
Solo úmido + tara (g)	87,80	76,70	79,30
Solo seco + tara (g)	82,30	72,20	73,80
Tara da cápsula (g)	**16,27**	**17,52**	**16,45**
Água (g)	**5,50**	**4,50**	**5,50**
Solo seco (g)	**66,03**	**54,68**	**57,35**
Teor de umidade (%)	**8,33%**	**8,23%**	**9,59%**
Umidade média (%)	**8,72%**		

Resumo

Pedregulho (Material retido na peneira n°10)	**5,2%**
Areia grossa (Passando na nº 10 e retido na nº 40)	**9,3%**
Areia fina (Passando na nº 40 e retido na nº 200)	**16,2%**
Passando na peneira nº 200	**69,3%**
Total	**100,0%**

Peneiramento Grosso

Peneira		Peso da amostra seca (g)		% que passa
nº	mm	Retido	Passado	
2"	50,00	-	**1.190,79**	**100,0%**
1 1/2"	38,00	-	**1.190,79**	**100,0%**
1"	25,00	-	**1.190,79**	**100,0%**
3/4"	19,00	-	**1.190,79**	**100,0%**
3/8"	9,50	19,80	**1.170,99**	**98,3%**
4	4,75	23,60	**1.147,39**	**96,4%**
10	2,00	18,40	**1.128,99**	**94,8%**

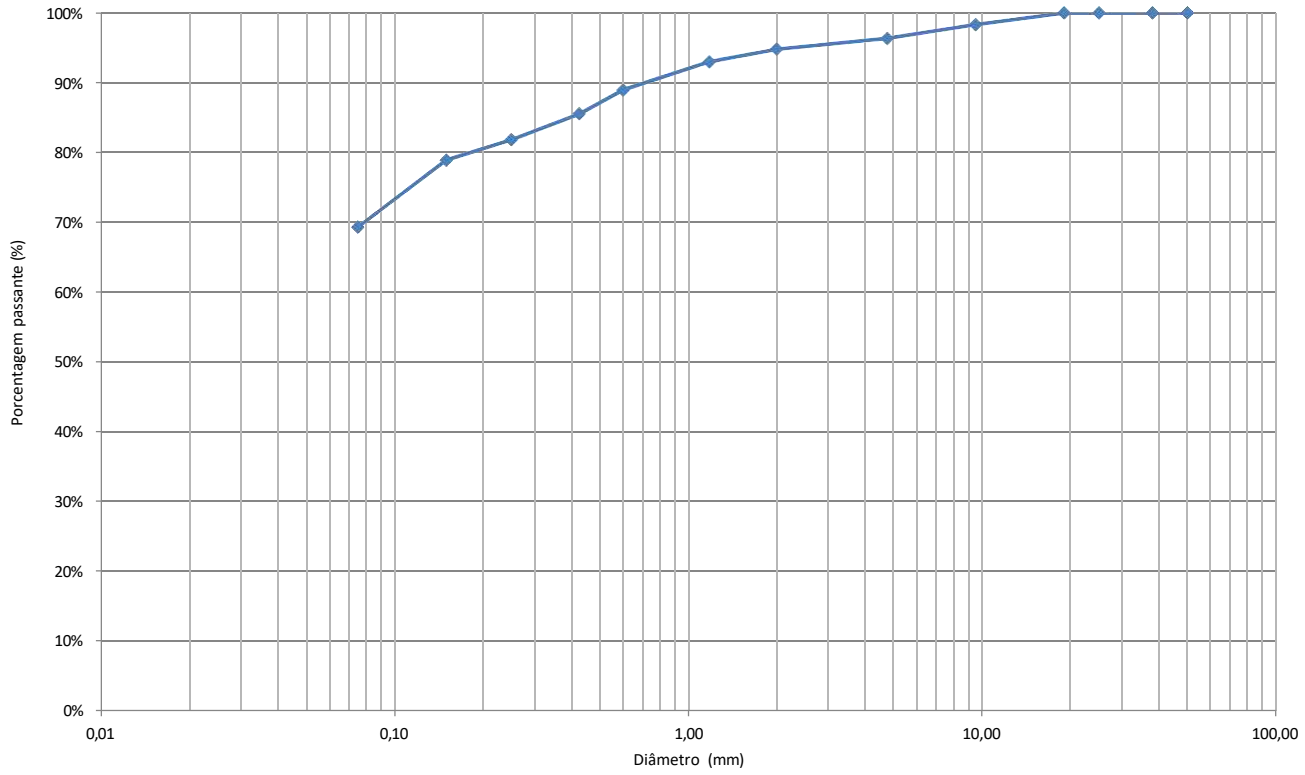
Peneiramento Fino

Peso da amostra úmida [Mw] (g):					120,00
Peneira	Peso da amostra seca (g)			% que passa	
nº	mm	Retido	Passado	Parcial	Total
16	1,180	2,10	**108,28**	**98,1%**	**93,0%**
30	0,600	4,70	**103,58**	**93,8%**	**89,0%**
40	0,425	4,00	**99,58**	**90,2%**	**85,5%**
60	0,250	4,30	**95,28**	**86,3%**	**81,8%**
100	0,150	3,40	**91,88**	**83,2%**	**78,9%**
200	0,075	11,20	**80,68**	**73,1%**	**69,3%**

Classificação

Classificação HRB	**A4**
Classificação pelo Sistema Unificado	**-**

Curva Granulométrica (Peneiramento)



Ensaios Físicos (Limite de Plasticidade e Limite de Liquidez)

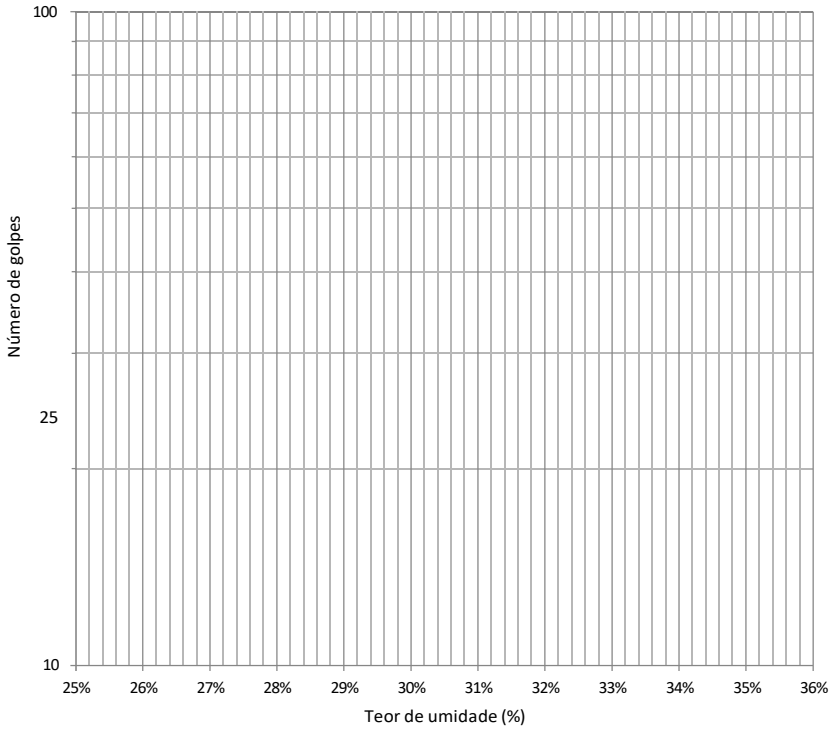
Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
		Data da Coleta:	**10/06/2022**
		Data do Ensaio:	**22/06/2022**
Descrição:	**Silte Arenoso Marrom**	Local da Coleta:	**ST-05**
Coordenadas:	**E: 722717.000; N: 7119003.000**	Prof. Coleta:	**0,50 m**
Norma:	**ABNT NBR 6459:2016; ABNT NBR 7180:2016**	Amostra:	**AM-105**

Ensaios Físicos

	Limite de Liquidez					Limite de Plasticidade				
Número da cápsula										
Solo úmido + cápsula (g)										
Solo seco + cápsula (g)										
Peso da cápsula (g)			**NL**					**NP**		
Peso da água (g)		**Não apresenta limite de liquidez**					**Não apresenta limite de plasticidade**			
Peso do solo úmido (g)										
Peso do solo seco (g)										
Teor de umidade (%)										
Número de golpes										

Média	-
Limite inferior (95%)	-
Limite superior (105%)	-
Limite de Plasticidade	-

Gráfico do Limite de Liquidez



Resultado

Limite de Liquidez (LL)	**NL**
Limite de Plasticidade (LP)	**NP**
Índice de Plasticidade (IP)	**-**
Índice de Grupo (IG)	**-**

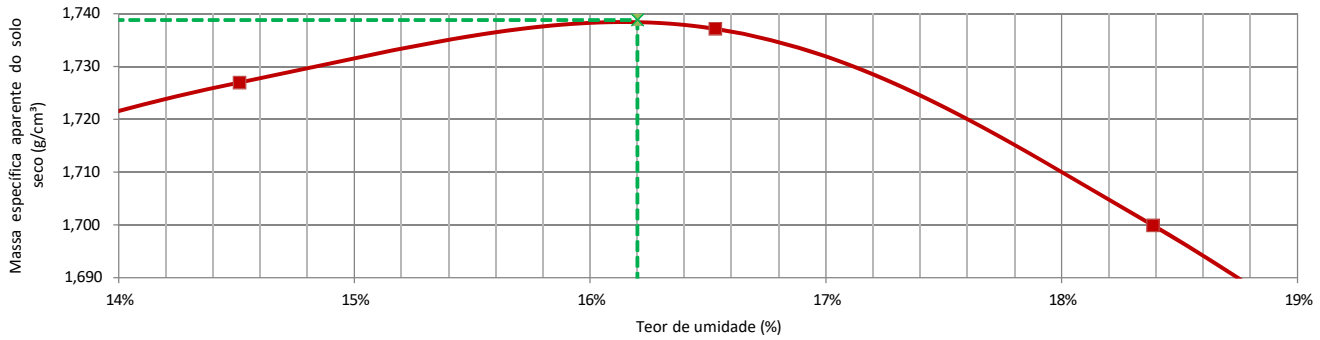
Gráficos de Compactação, ISC e Expansão

		Registro:	141
Projeto:	Duplicação	Ordem de Serviço:	10432
Endereço:	Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC	Data da Coleta:	10/06/2022
		Data do Ensaio:	28/06/2022
Descrição:	Silte Arenoso Marrom	Local da Coleta:	ST-06
Coordenadas:	E: 722081.000; N: 7118944.000	Prof. Coleta:	0,80 m
Norma:	ABNT NBR 7182:2016; ABNT NBR 9895:2016	Amostra:	AM-106
		Energia de Compactação:	Normal

Resumo

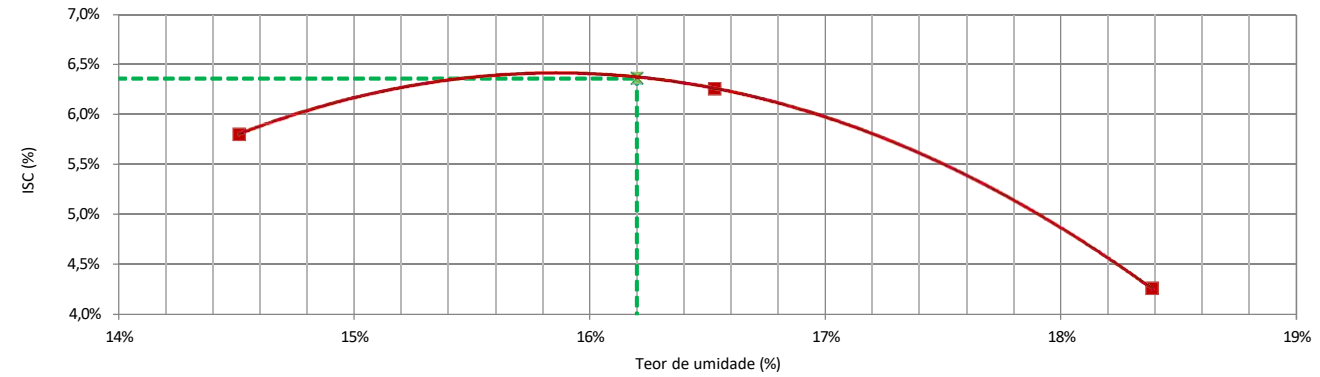
Ponto	1	2	3
ISC (%)	5,8%	6,3%	4,3%
Umidade (%)	14,51%	16,53%	18,39%
Massa esp. aparente seca (g/cm³)	1,727	1,737	1,700
Expansão (%)	1,66%	1,15%	0,44%

Compactação



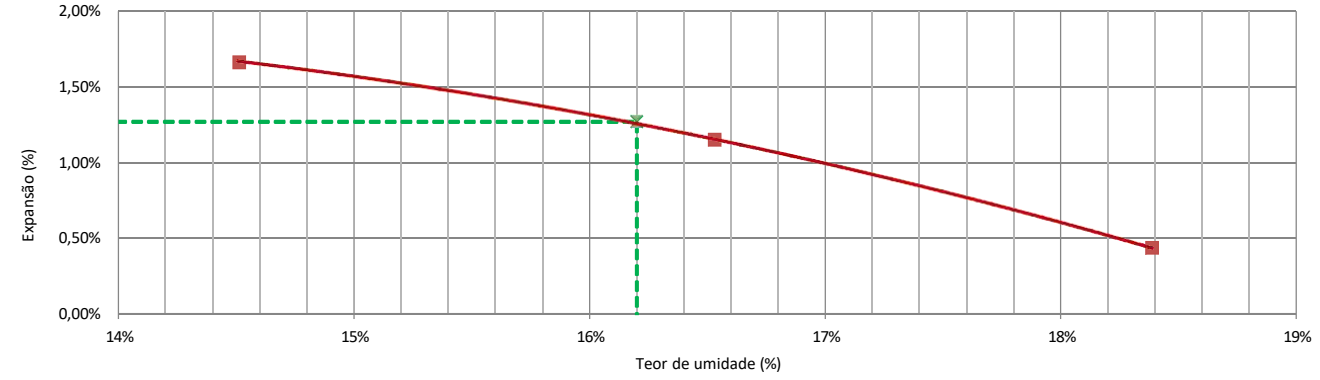
Massa específica aparente seca (máxima) (g/cm³)	1,739
Umidade ótima (%)	16,2%

ISC - Índice de Suporte Califórnia



ISC (%)	6,4%

Expansão



Expansão (%)	1,27%

Ensaio de Compactação

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Silte Arenoso Marrom**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 722081.000; N: 7118944.000**	Data do Ensaio:	**24/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7182:2016**	Local da Coleta:	**ST-06**
		Prof. Coleta:	**0,80 m**
		Amostra:	**AM-106**
		Energia de Compactação:	**Normal**

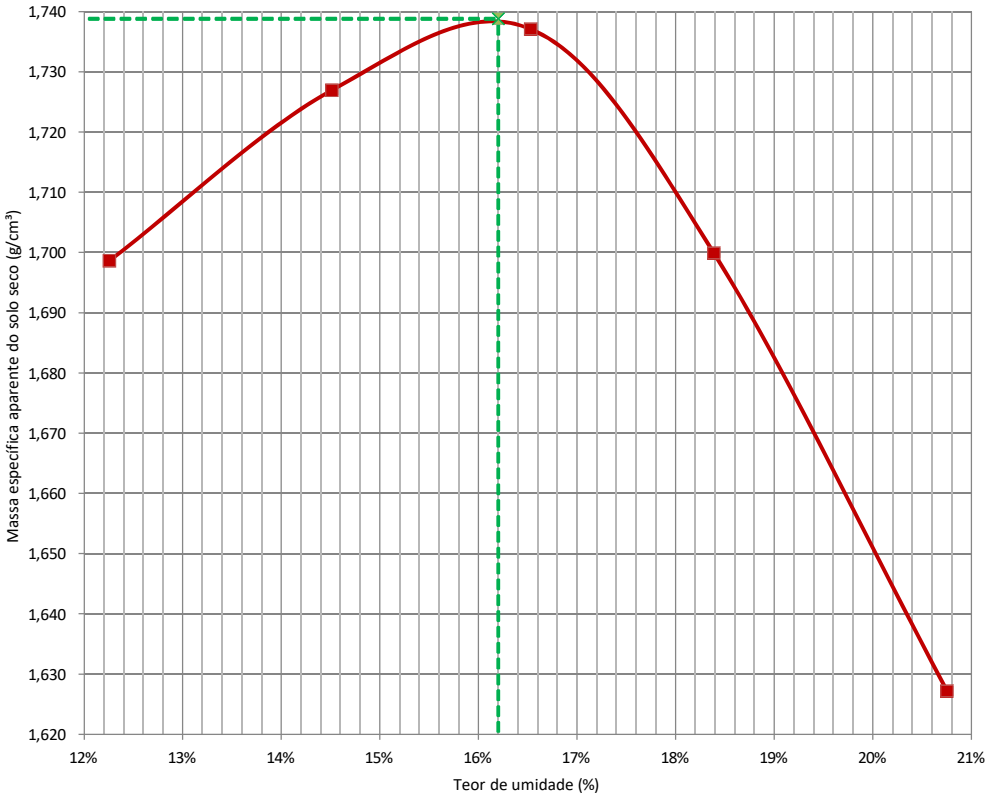
Compactação

Número do cilindro	41	13	28	20	35
Peso do cilindro (g)	**4871,0**	**5079,0**	**5053,0**	**5485,0**	**4940,0**
Volume do cilindro (cm³)	**2101,4**	**2050,5**	**2093,1**	**2085,0**	**2096,8**
Peso do cilindro + solo úmido (g)	8878,0	9134,0	9290,0	9681,0	9060,0
Peso do solo úmido (g)	**4007,0**	**4055,0**	**4237,0**	**4196,0**	**4120,0**
Massa esp. do solo úmido (g/cm³)	**1,907**	**1,978**	**2,024**	**2,012**	**1,965**

Teor de Umidade

Cápsula nº	12	18	20	28	32	35	38	42	44	55
Peso da cápsula + solo úmido (g)	70,70	76,30	82,40	83,90	88,70	91,00	79,00	93,70	99,40	112,20
Peso da cápsula + solo seco (g)	65,00	69,90	74,20	75,30	78,60	80,50	69,20	81,90	85,40	95,30
Peso da cápsula (g)	**18,39**	**17,79**	**16,09**	**17,63**	**18,17**	**16,27**	**15,56**	**18,13**	**17,52**	**14,34**
Peso da água (g)	**5,70**	**6,40**	**8,20**	**8,60**	**10,10**	**10,50**	**9,80**	**11,80**	**14,00**	**16,90**
Peso do solo úmido (g)	**52,31**	**58,51**	**66,31**	**66,27**	**70,53**	**74,73**	**63,44**	**75,57**	**81,88**	**97,86**
Peso do solo seco (g)	**46,61**	**52,11**	**58,11**	**57,67**	**60,43**	**64,23**	**53,64**	**63,77**	**67,88**	**80,96**
Umidade (%)	**12,23%**	**12,28%**	**14,11%**	**14,91%**	**16,71%**	**16,35%**	**18,27%**	**18,50%**	**20,62%**	**20,87%**
Umidade média (%)	**12,26%**		**14,51%**		**16,53%**		**18,39%**		**20,75%**	
Massa esp. do solo seco (g/cm³)	**1,699**		**1,727**		**1,737**		**1,700**		**1,627**	

Curva de Compactação



OBS: Amostra sem reuso de material e secagem prévia até a umidade higroscópica.

Resultado

Massa específica aparente seca máxima (g/cm³)	**1,739**
Umidade ótima (%)	**16,2%**

Ensaio de ISC

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Silte Arenoso Marrom**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 722081.000; N: 7118944.000**	Data do Ensaio:	**28/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 9895:2016**	Local da Coleta:	**ST-06**
		Prof. Coleta:	**0,80 m**
		Amostra:	**AM-106**
		Energia de Compactação:	**Normal**

Constantes

Número do Anel	1	Constante do anel	0,09558

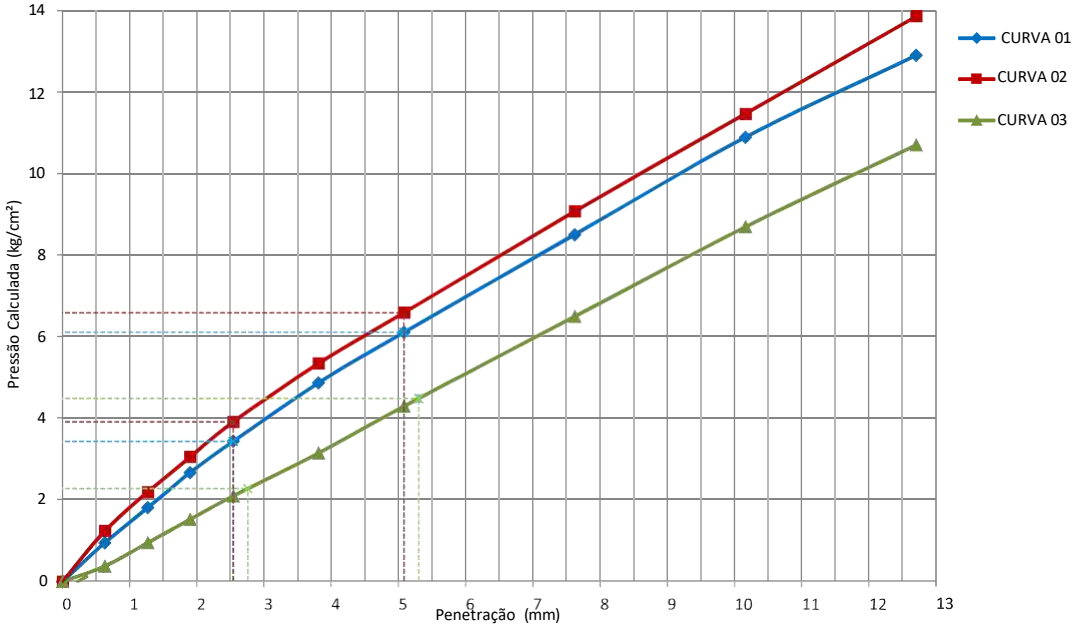
Expansão

Ponto		1				2				3			
Número do Cilindro		13	Altura inicial (mm)		113,00	28	Altura inicial (mm)		115,50	20	Altura inicial (mm)		114,60
Data	Hora	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão
		(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)	(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)	(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)
24/06/22	00h00		100,00	-			100,00	-			100,00	-	
28/06/22	96h00		288,00	**188,00**	**1,66%**		233,00	**133,00**	**1,15%**		150,00	**50,00**	**0,44%**

Penetração

Ponto			1				2				3			
Penetração	Tempo	Pressão Padrão	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC
(mm)	(min)	(kg/cm²)	(mm*10^{-3})	Calculada	Corrigida	(%)	(mm*10^{-3})	Calculada	Corrigida	(%)	(mm*10^{-3})	Calculada	Corrigida	(%)
0,00	0,00		0,0	0,00			0,0	0,00			0,0	0,00		
0,63	0,50		10,0	0,96			13,0	1,24			4,0	0,38		
1,27	1,00		19,0	1,82			23,0	2,20			10,0	0,96		
1,90	1,50		28,0	2,68			32,0	3,06			16,0	1,53		
2,54	2,00	70,30	36,0	3,44	3,44	**4,9%**	41,0	3,92	3,92	**5,6%**	22,0	2,10	2,28	**3,3%**
3,81	3,00		51,0	4,87			56,0	5,35			33,0	3,15		
5,08	4,00	105,40	64,0	6,12	6,12	**5,8%**	69,0	6,60	6,60	**6,3%**	45,0	4,30	4,49	**4,3%**
7,62	6,00		89,0	8,51			95,0	9,08			68,0	6,50		
10,16	8,00		114,0	10,90			120,0	11,47			91,0	8,70		
12,70	10,00		135,0	12,90			145,0	13,86			112,0	10,70		

Pressão X Penetração



Resumo

Ponto	1	2	3
ISC	**5,8%**	**6,3%**	**4,3%**
Umidade	**14,51%**	**16,53%**	**18,39%**
Expansão	**1,66%**	**1,15%**	**0,44%**

Análise Granulométrica por Peneiramento

		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Descrição:	**Silte Arenoso Marrom**	Data do Ensaio:	**28/06/2022**
Coordenadas:	**E: 722081.000; N: 7118944.000**	Local da Coleta:	**ST-06**
Norma:	**ABNT NBR 7181:2016**	Prof. Coleta:	**0,80 m**
		Amostra:	**AM-106**

Massa total da amostra seca

Massa da amostra seca ao ar [Mt] (g)	1.247,30
Massa do material seco retido #10 [Mg] (g)	**100,60**
Massa total da amostra seca [Ms] (g)	**1.181,81**

Teor de umidade

Número da cápsula	21	30	56
Solo úmido + tara (g)	90,10	98,20	92,50
Solo seco + tara (g)	86,00	93,50	88,20
Tara da cápsula (g)	**17,52**	**15,47**	**18,39**
Água (g)	**4,10**	**4,70**	**4,30**
Solo seco (g)	**68,48**	**78,03**	**69,81**
Teor de umidade (%)	**5,99%**	**6,02%**	**6,16%**
Umidade média (%)		**6,06%**	

Resumo

Pedregulho (Material retido na peneira n°10)	**8,5%**
Areia grossa (Passando na nº 10 e retido na nº 40)	**6,7%**
Areia fina (Passando na nº 40 e retido na nº 200)	**16,9%**
Passando na peneira nº 200	**67,9%**
Total	**100,0%**

Peneiramento Grosso

Peneira		Peso da amostra seca (g)		% que passa
nº	mm	Retido	Passado	
2"	50,00	-	**1.181,81**	**100,0%**
1 1/2"	38,00	-	**1.181,81**	**100,0%**
1"	25,00	-	**1.181,81**	**100,0%**
3/4"	19,00	8,50	**1.173,31**	**99,3%**
3/8"	9,50	33,10	**1.140,21**	**96,5%**
4	4,75	34,00	**1.106,21**	**93,6%**
10	2,00	25,00	**1.081,21**	**91,5%**

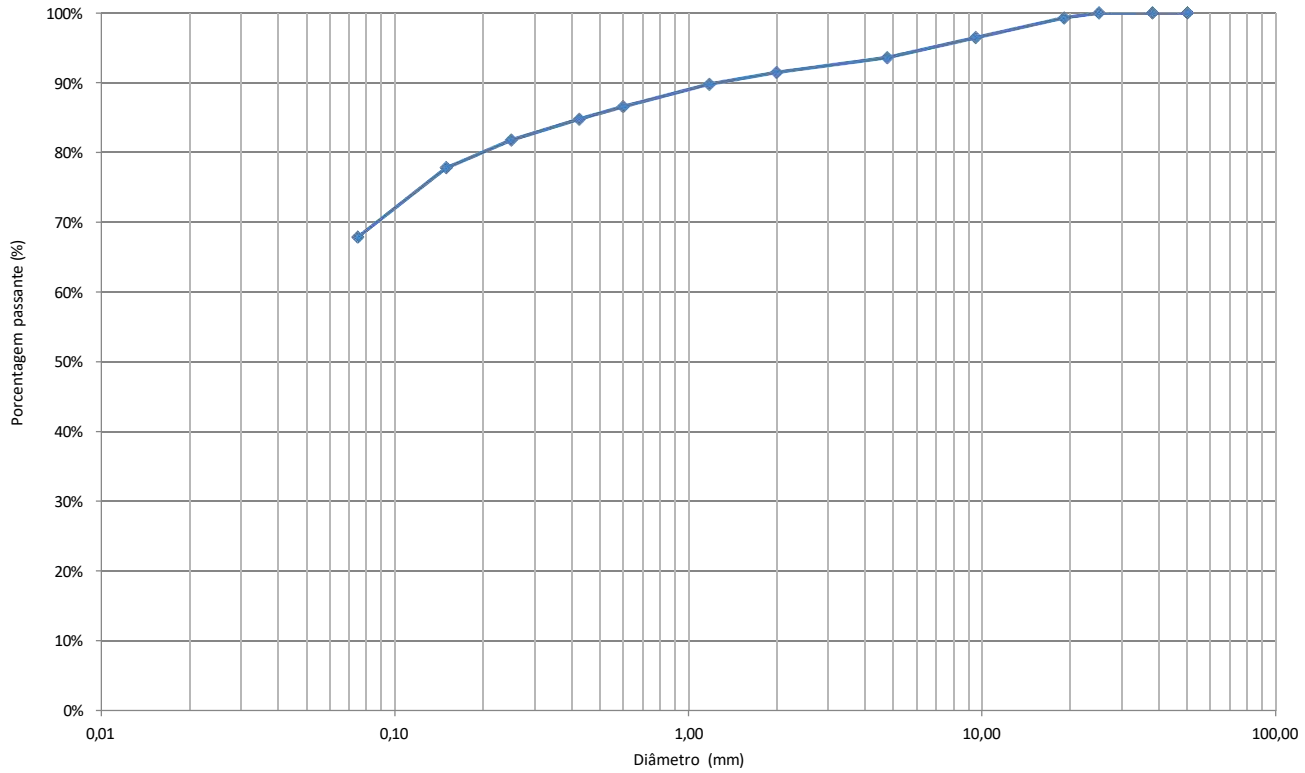
Peneiramento Fino

			Peso da amostra úmida [Mw] (g):		120,00
Peneira	Peso da amostra seca (g)			% que passa	
nº	mm	Retido	Passado	Parcial	Total
16	1,180	2,10	**111,05**	**98,1%**	**89,8%**
30	0,600	4,00	**107,05**	**94,6%**	**86,6%**
40	0,425	2,20	**104,85**	**92,7%**	**84,8%**
60	0,250	3,70	**101,15**	**89,4%**	**81,8%**
100	0,150	4,90	**96,25**	**85,1%**	**77,8%**
200	0,075	12,30	**83,95**	**74,2%**	**67,9%**

Classificação

Classificação HRB	**A4**
Classificação pelo Sistema Unificado	**-**

Curva Granulométrica (Peneiramento)



Ensaios Físicos (Limite de Plasticidade e Limite de Liquidez)

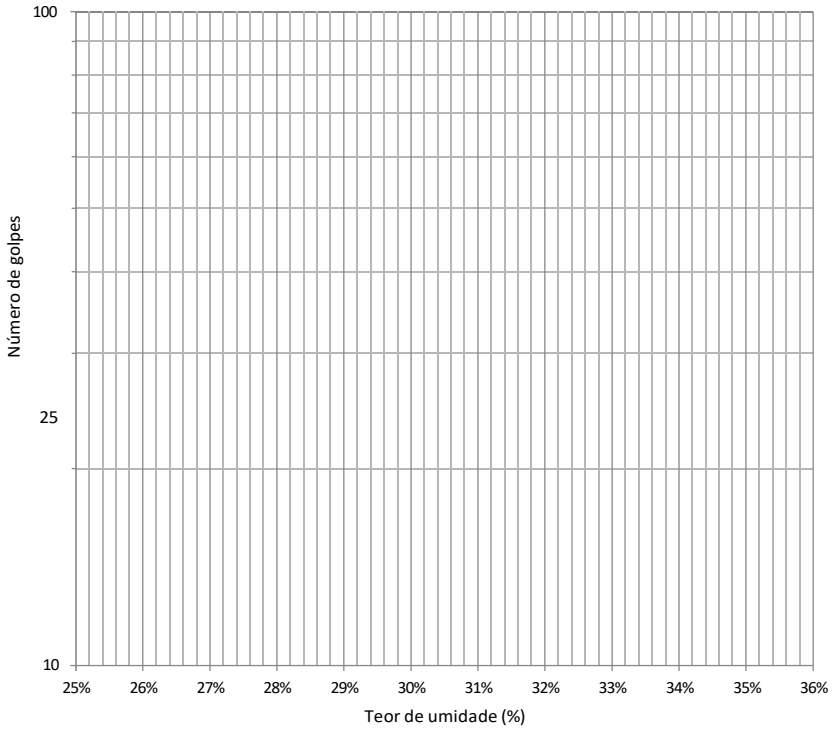
		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
		Data do Ensaio:	**28/06/2022**
Descrição:	**Silte Arenoso Marrom**	Local da Coleta:	**ST-06**
Coordenadas:	**E: 722081.000; N: 7118944.000**	Prof. Coleta:	**0,80 m**
Norma:	**ABNT NBR 6459:2016; ABNT NBR 7180:2016**	Amostra:	**AM-106**

Ensaios Físicos

	Limite de Liquidez					Limite de Plasticidade				
Número da cápsula										
Solo úmido + cápsula (g)										
Solo seco + cápsula (g)										
Peso da cápsula (g)			**NL**					**NP**		
Peso da água (g)		**Não apresenta limite de liquidez**					**Não apresenta limite de plasticidade**			
Peso do solo úmido (g)										
Peso do solo seco (g)										
Teor de umidade (%)										
Número de golpes										

Média	**-**
Limite inferior (95%)	**-**
Limite superior (105%)	**-**
Limite de Plasticidade	**-**

Gráfico do Limite de Liquidez



Resultado

Limite de Liquidez (LL)	**NL**
Limite de Plasticidade (LP)	**NP**
Índice de Plasticidade (IP)	**-**
Índice de Grupo (IG)	**-**

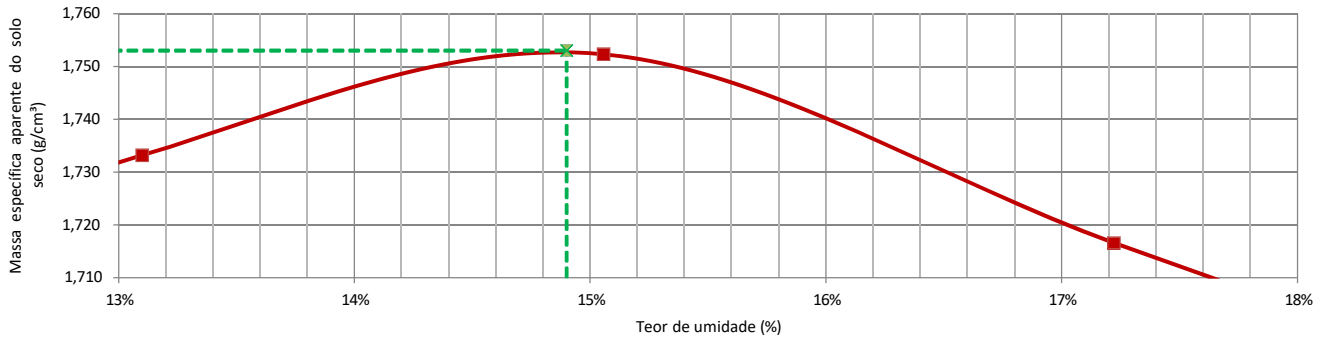
Gráficos de Compactação, ISC e Expansão

		Registro:	141
Projeto:	Duplicação	Ordem de Serviço:	10432
Endereço:	Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC	Data da Coleta:	10/06/2022
		Data do Ensaio:	24/06/2022
Descrição:	Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos	Local da Coleta:	ST-07
Coordenadas:	E: 721926.000; N: 7118931.000	Prof. Coleta:	0,60 m
Norma:	ABNT NBR 7182:2016; ABNT NBR 9895:2016	Amostra:	AM-107
		Energia de Compactação:	Normal

Resumo

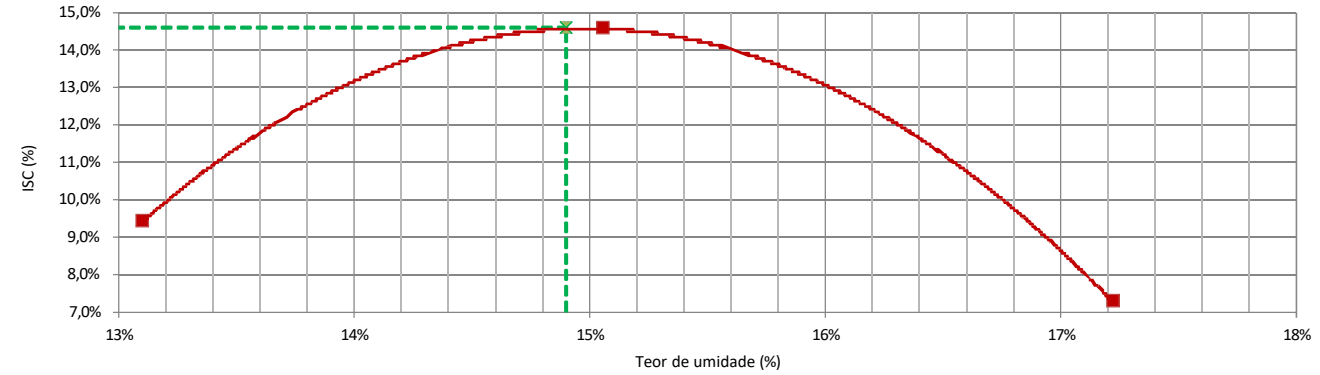
Ponto	1	2	3
ISC (%)	9,4%	14,6%	7,3%
Umidade (%)	13,10%	15,06%	17,22%
Massa esp. aparente seca (g/cm³)	1,733	1,752	1,717
Expansão (%)	1,69%	0,78%	0,27%

Compactação



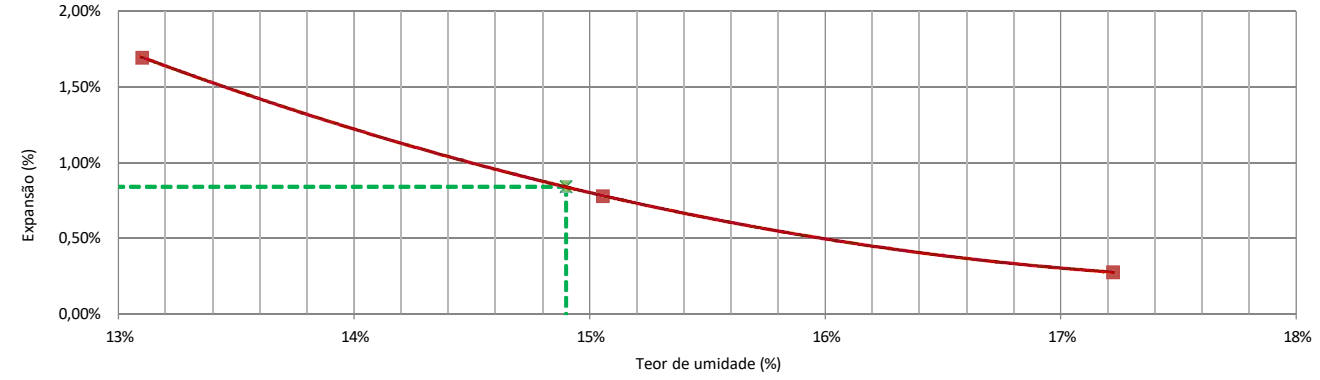
Massa específica aparente seca (máxima) (g/cm³)	1,753
Umidade ótima (%)	14,9%

ISC - Índice de Suporte Califórnia



ISC (%)	14,6%

Expansão



Expansão (%)	0,84%

Ensaio de Compactação

		Registro:	**141**
Projeto:	**Duplicação**	Ordem de Serviço:	**10432**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Descrição:	**Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos**	Data do Ensaio:	**20/06/2022**
Coordenadas:	**E: 721926.000; N: 7118931.000**	Local da Coleta:	**ST-07**
Norma:	**ABNT NBR 7182:2016**	Prof. Coleta:	**0,60 m**
		Amostra:	**AM-107**
		Energia de Compactação:	**Normal**

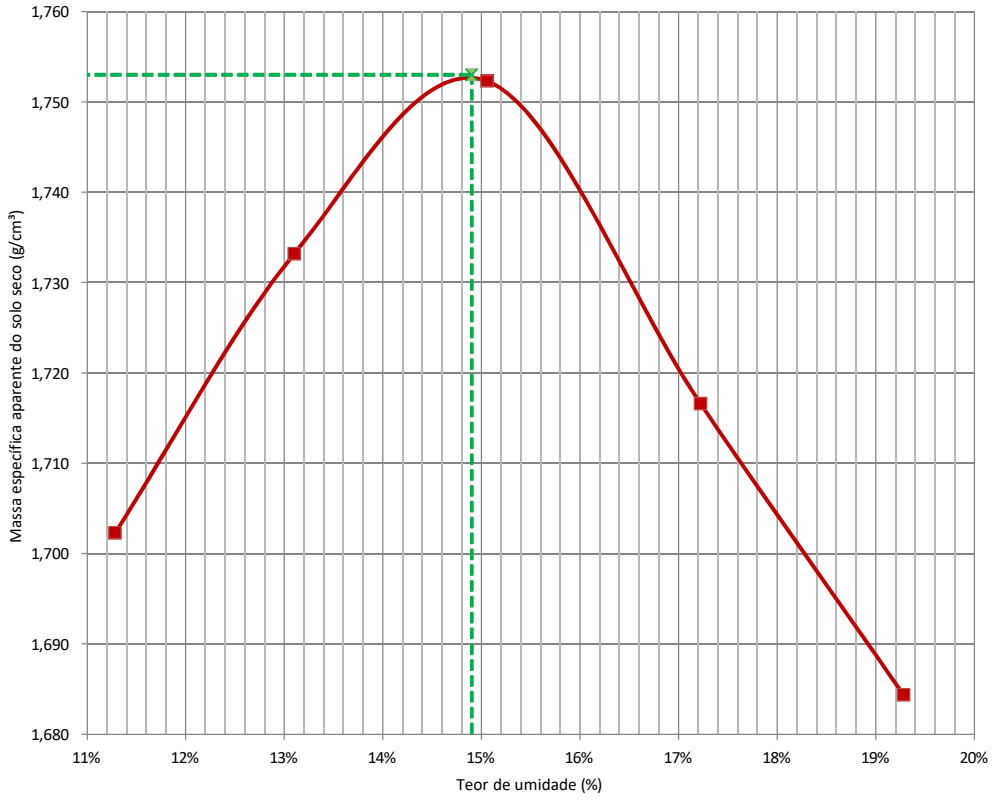
Compactação

Número do cilindro	12	17	28	13	27
Peso do cilindro (g)	**5057,0**	**5514,0**	**5053,0**	**5079,0**	**5016,0**
Volume do cilindro (cm³)	**2094,1**	**2068,6**	**2093,1**	**2050,5**	**2085,0**
Peso do cilindro + solo úmido (g)	9024,0	9569,0	9273,0	9205,0	9205,0
Peso do solo úmido (g)	**3967,0**	**4055,0**	**4220,0**	**4126,0**	**4189,0**
Massa esp. do solo úmido (g/cm³)	**1,894**	**1,960**	**2,016**	**2,012**	**2,009**

Teor de Umidade

Cápsula nº	105	93	75	98	64	62	71	77	88	84
Peso da cápsula + solo úmido (g)	145,80	198,40	140,40	144,30	152,90	160,40	182,00	157,70	182,20	148,80
Peso da cápsula + solo seco (g)	134,30	181,80	127,60	131,20	136,50	142,90	159,70	138,60	157,50	129,10
Peso da cápsula (g)	**32,09**	**35,09**	**29,74**	**31,35**	**27,94**	**26,28**	**29,74**	**28,08**	**29,60**	**26,76**
Peso da água (g)	**11,50**	**16,60**	**12,80**	**13,10**	**16,40**	**17,50**	**22,30**	**19,10**	**24,70**	**19,70**
Peso do solo úmido (g)	**113,71**	**163,31**	**110,66**	**112,95**	**124,96**	**134,12**	**152,26**	**129,62**	**152,60**	**122,04**
Peso do solo seco (g)	**102,21**	**146,71**	**97,86**	**99,85**	**108,56**	**116,62**	**129,96**	**110,52**	**127,90**	**102,34**
Umidade (%)	**11,25%**	**11,31%**	**13,08%**	**13,12%**	**15,11%**	**15,01%**	**17,16%**	**17,28%**	**19,31%**	**19,25%**
Umidade média (%)	**11,28%**		**13,10%**		**15,06%**		**17,22%**		**19,28%**	
Massa esp. do solo seco (g/cm³)	**1,702**		**1,733**		**1,752**		**1,717**		**1,684**	

Curva de Compactação



OBS: Amostra sem reuso de material e secagem prévia até a umidade higroscópica.

Resultado

Massa específica aparente seca máxima (g/cm³)	**1,753**
Umidade ótima (%)	**14,9%**

Ensaio de ISC

		Registro:	141
Projeto:	Duplicação	Ordem de Serviço:	10432
Endereço:	Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC	Data da Coleta:	10/06/2022
Descrição:	Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos	Data do Ensaio:	24/06/2022
Coordenadas:	E: 721926.000; N: 7118931.000	Local da Coleta:	ST-07
Norma:	ABNT NBR 9895:2016	Prof. Coleta:	0,60 m
		Amostra:	AM-107
		Energia de Compactação:	Normal

Constantes

Número do Anel	1	Constante do anel	0,09558

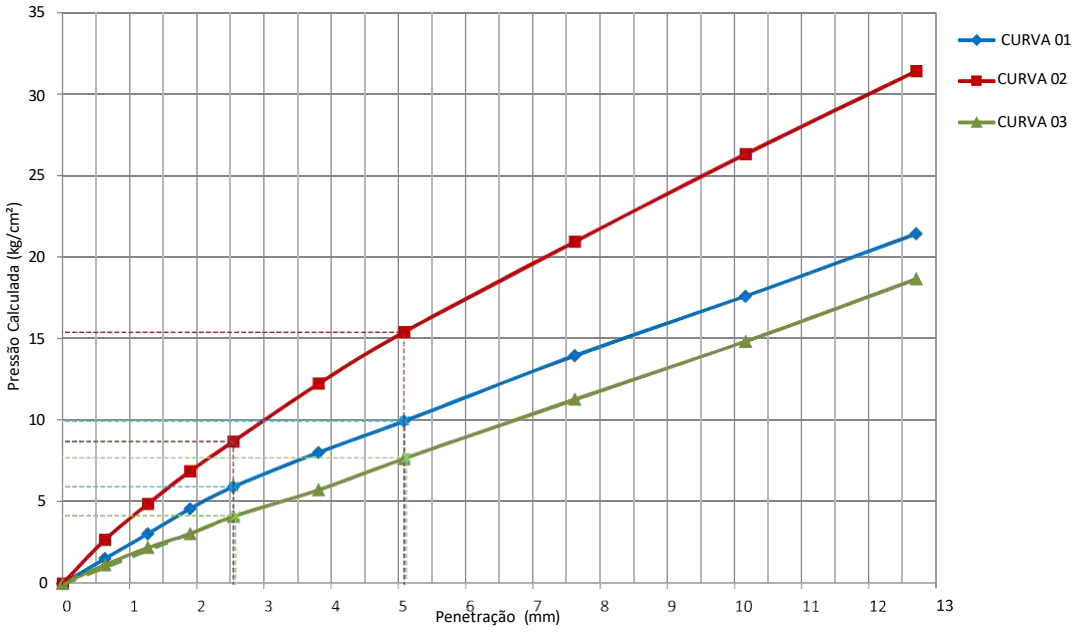
Expansão

Ponto		1				2				3			
Número do Cilindro		17	Altura inicial (mm)		114,00	28	Altura inicial (mm)		115,50	13	Altura inicial (mm)		113,00
Data	Hora	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão
		(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)	(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)	(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)
20/06/22	00h00		100,00	-			100,00	-			100,00	-	
24/06/22	96h00		293,00	**193,00**	**1,69%**		190,00	**90,00**	**0,78%**		131,00	**31,00**	**0,27%**

Penetração

Ponto			1				2				3			
Penetração	Tempo	Pressão Padrão	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC
(mm)	(min)	(kg/cm²)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)
0,00	0,00		0,0	0,00			0,0	0,00			0,0	0,00		
0,63	0,50		16,0	1,53			28,0	2,68			12,0	1,15		
1,27	1,00		32,0	3,06			51,0	4,87			23,0	2,20		
1,90	1,50		48,0	4,59			72,0	6,88			32,0	3,06		
2,54	2,00	70,30	62,0	5,93	5,94	**8,5%**	91,0	8,70	8,70	**12,4%**	43,0	4,11	4,16	**5,9%**
3,81	3,00		84,0	8,03			128,0	12,23			60,0	5,73		
5,08	4,00	105,40	104,0	9,94	9,96	**9,4%**	161,0	15,39	15,39	**14,6%**	80,0	7,65	7,70	**7,3%**
7,62	6,00		146,0	13,95			219,0	20,93			118,0	11,28		
10,16	8,00		184,0	17,59			275,0	26,28			155,0	14,81		
12,70	10,00		224,0	21,41			328,0	31,35			195,0	18,64		

Pressão X Penetração



Resumo

Ponto	1	2	3
ISC	**9,4%**	**14,6%**	**7,3%**
Umidade	**13,10%**	**15,06%**	**17,22%**
Expansão	**1,69%**	**0,78%**	**0,27%**

Análise Granulométrica por Peneiramento

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos**	Data da Coleta:	**10/06/2022**
Coordenadas:	**E: 721926.000; N: 7118931.000**	Data do Ensaio:	**21/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7181:2016**	Local da Coleta:	**ST-07**
		Prof. Coleta:	**0,60 m**
		Amostra:	**AM-107**

Massa total da amostra seca

Massa da amostra seca ao ar [Mt] (g)	1.000,00
Massa do material seco retido #10 [Mg] (g)	**482,10**
Massa total da amostra seca [Ms] (g)	**969,05**

Teor de umidade

Número da cápsula	65	68	69
Solo úmido + tara (g)	82,20	85,90	73,30
Solo seco + tara (g)	79,00	82,30	70,60
Tara da cápsula (g)	**28,06**	**26,39**	**28,08**
Água (g)	**3,20**	**3,60**	**2,70**
Solo seco (g)	**50,94**	**55,91**	**42,52**
Teor de umidade (%)	**6,28%**	**6,44%**	**6,35%**
Umidade média (%)		**6,36%**	

Resumo

Pedregulho (Material retido na peneira n°10)	**49,7%**
Areia grossa (Passando na nº 10 e retido na nº 40)	**5,0%**
Areia fina (Passando na nº 40 e retido na nº 200)	**12,1%**
Passando na peneira nº 200	**33,2%**
Total	**100,0%**

Peneiramento Grosso

Peneira		Peso da amostra seca (g)		% que passa
nº	mm	Retido	Passado	
2"	50,00	185,10	**783,95**	**80,9%**
1 1/2"	38,00	161,50	**622,45**	**64,2%**
1"	25,00	90,70	**531,75**	**54,9%**
3/4"	19,00	-	**531,75**	**54,9%**
3/8"	9,50	18,50	**513,25**	**53,0%**
4	4,75	13,80	**499,45**	**51,5%**
10	2,00	12,50	**486,95**	**50,3%**

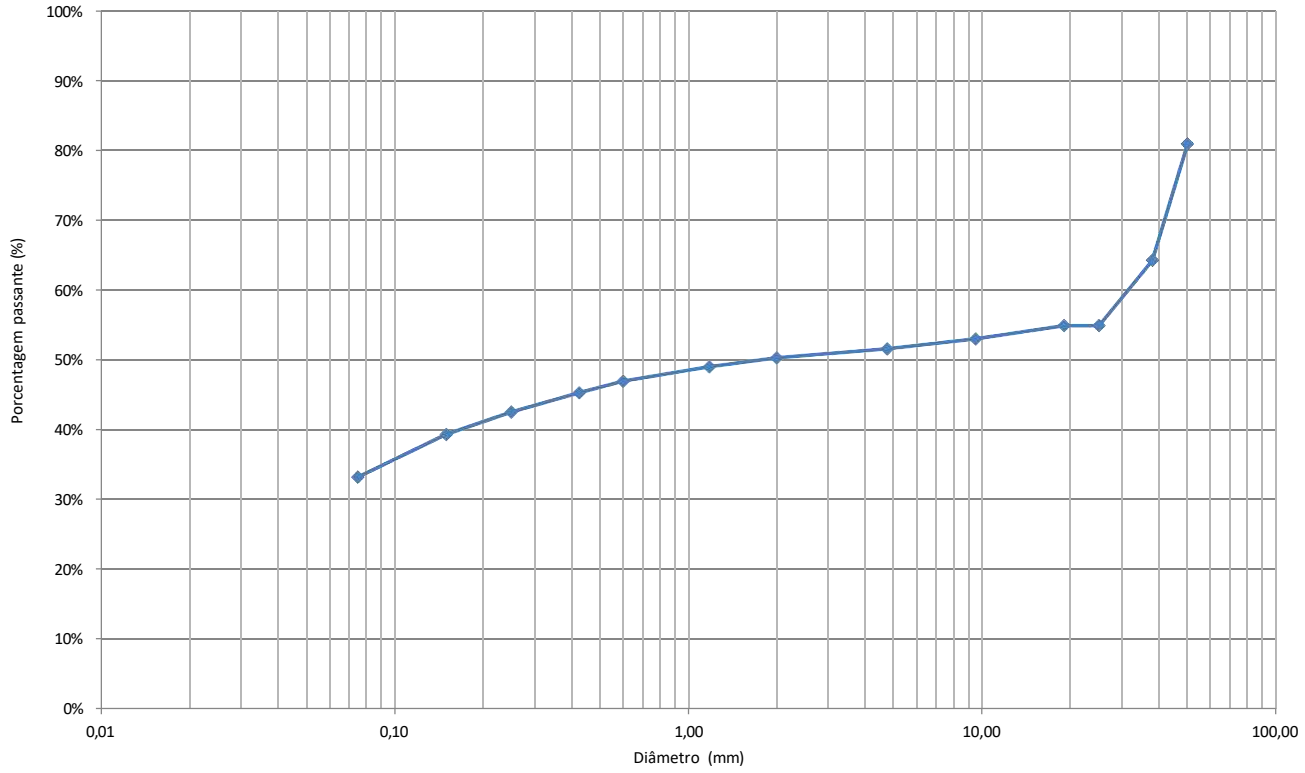
Peneiramento Fino

Peso da amostra úmida [Mw] (g):					120,00
Peneira	Peso da amostra seca (g)			% que passa	
nº	mm	Retido	Passado	Parcial	Total
16	1,180	2,90	**109,93**	**97,4%**	**49,0%**
30	0,600	4,60	**105,33**	**93,4%**	**46,9%**
40	0,425	3,70	**101,63**	**90,1%**	**45,3%**
60	0,250	6,20	**95,43**	**84,6%**	**42,5%**
100	0,150	7,20	**88,23**	**78,2%**	**39,3%**
200	0,075	13,70	**74,53**	**66,1%**	**33,2%**

Classificação

Classificação HRB	**A2-4**
Classificação pelo Sistema Unificado	**SM**

Curva Granulométrica (Peneiramento)



Ensaios Físicos (Limite de Plasticidade e Limite de Liquidez)

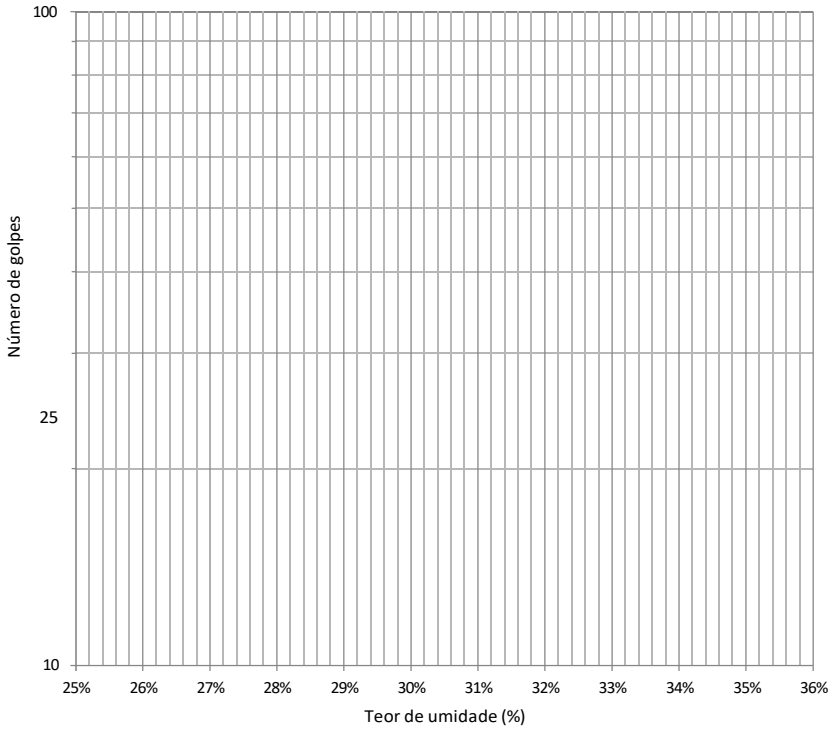
Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
		Data da Coleta:	**10/06/2022**
		Data do Ensaio:	**21/06/2022**
Descrição:	**Areia Siltosa Marrom com Pedregulhos**	Local da Coleta:	**ST-07**
Coordenadas:	**E: 721926.000; N: 7118931.000**	Prof. Coleta:	**0,60 m**
Norma:	**ABNT NBR 6459:2016; ABNT NBR 7180:2016**	Amostra:	**AM-107**

Ensaios Físicos

	Limite de Liquidez					Limite de Plasticidade				
Número da cápsula										
Solo úmido + cápsula (g)										
Solo seco + cápsula (g)										
Peso da cápsula (g)			**NL**					**NP**		
Peso da água (g)		**Não apresenta limite de liquidez**					**Não apresenta limite de plasticidade**			
Peso do solo úmido (g)										
Peso do solo seco (g)										
Teor de umidade (%)										
Número de golpes										

Média	-
Limite inferior (95%)	-
Limite superior (105%)	-
Limite de Plasticidade	-

Gráfico do Limite de Liquidez



Resultado

Limite de Liquidez (LL)	**NL**
Limite de Plasticidade (LP)	**NP**
Índice de Plasticidade (IP)	**-**
Índice de Grupo (IG)	**-**

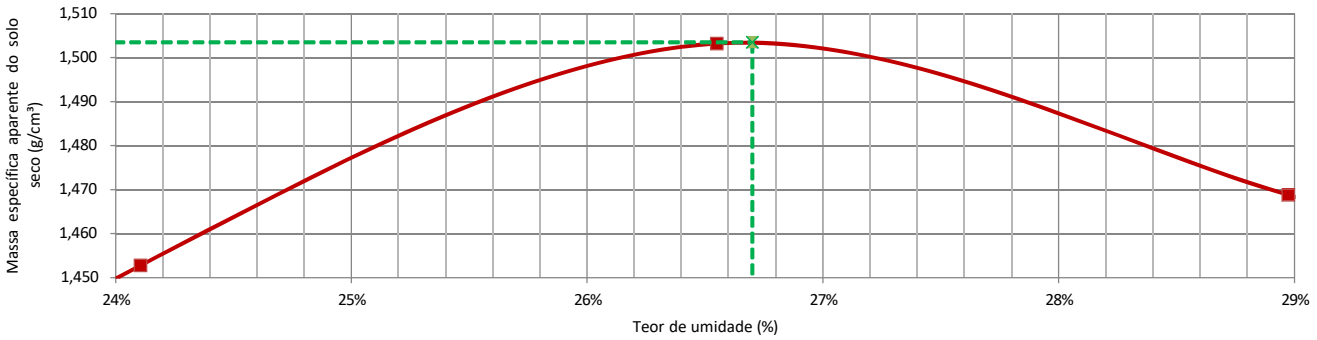
Gráficos de Compactação, ISC e Expansão

		Registro:	141
Projeto:	Duplicação	Ordem de Serviço:	10432
Endereço:	Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC	Data da Coleta:	14/06/2022
		Data do Ensaio:	28/06/2022
Descrição:	Argila Cinza	Local da Coleta:	ST-08
Coordenadas:	E: 721630.000; N: 7119031.000	Prof. Coleta:	0,50 m
Norma:	ABNT NBR 7182:2016; ABNT NBR 9895:2016	Amostra:	AM-108
		Energia de Compactação:	Normal

Resumo

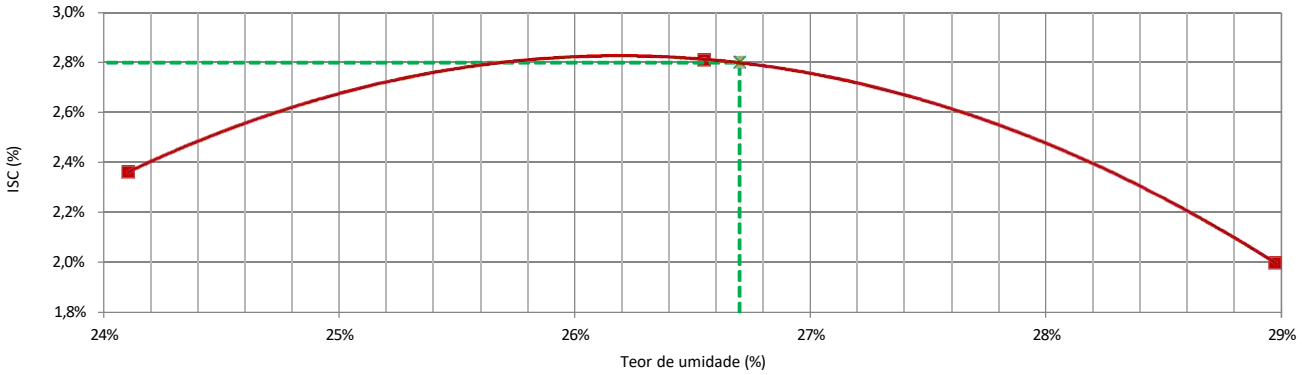
Ponto	1	2	3
ISC (%)	2,4%	2,8%	2,0%
Umidade (%)	24,10%	26,55%	28,97%
Massa esp. aparente seca (g/cm³)	1,453	1,503	1,469
Expansão (%)	3,72%	2,96%	2,00%

Compactação



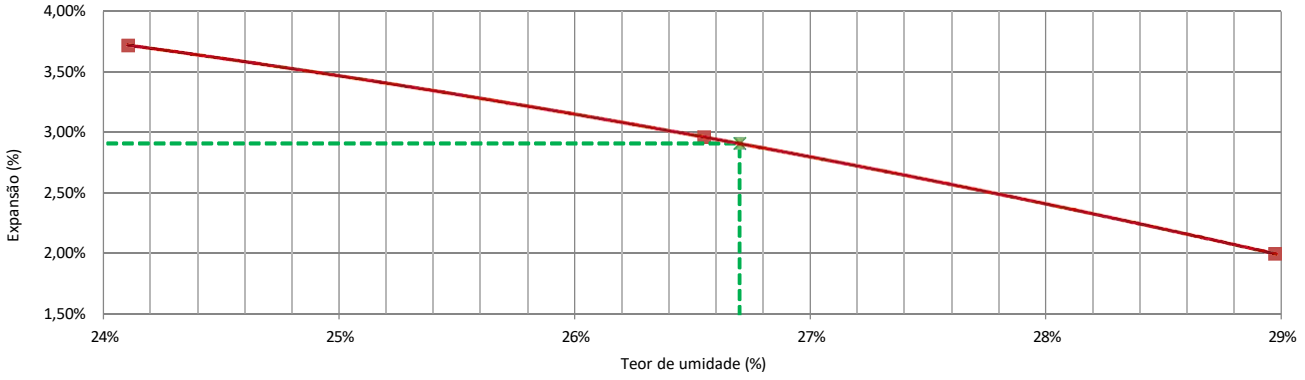
Massa específica aparente seca (máxima) (g/cm³)	1,504
Umidade ótima (%)	26,7%

ISC - Índice de Suporte Califórnia



ISC (%)	2,8%

Expansão



Expansão (%)	2,91%

Ensaio de Compactação

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Argila Cinza**	Data da Coleta:	**14/06/2022**
Coordenadas:	**E: 721630.000; N: 7119031.000**	Data do Ensaio:	**24/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7182:2016**	Local da Coleta:	**ST-08**
		Prof. Coleta:	**0,50 m**
		Amostra:	**AM-108**

Energia de Compactação: **Normal**

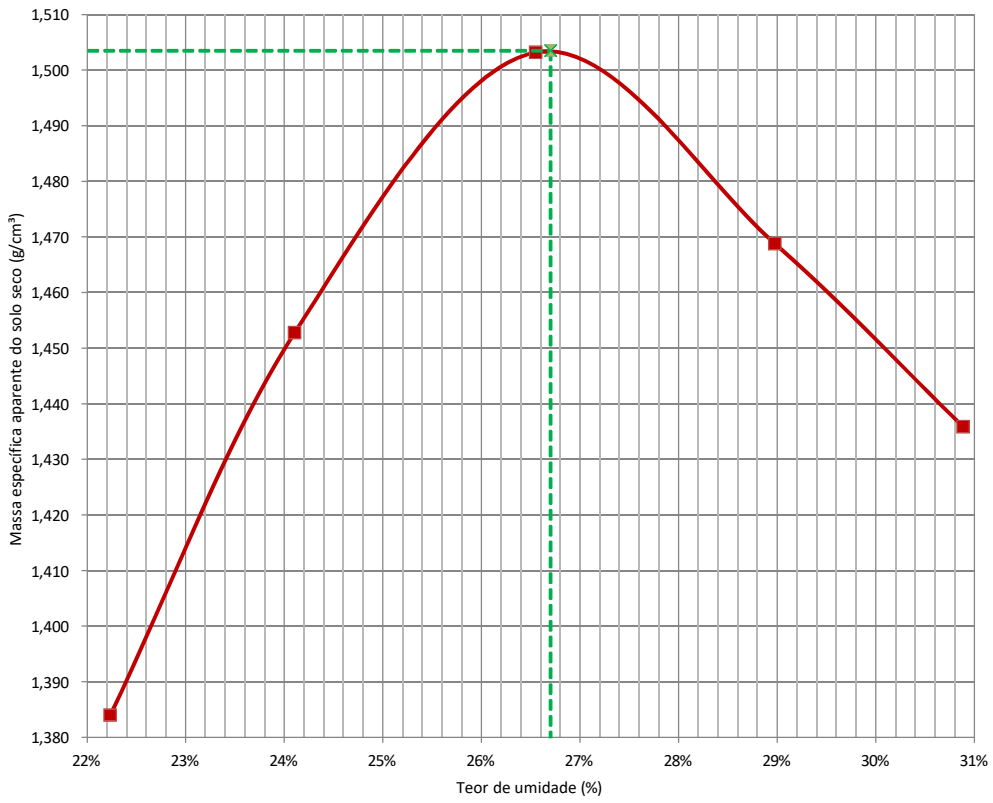
Compactação

Número do cilindro	41	1	40	12	37
Peso do cilindro (g)	**4871,0**	**4866,0**	**4844,0**	**5057,0**	**4854,0**
Volume do cilindro (cm³)	**2101,4**	**2080,4**	**2049,6**	**2094,1**	**2055,0**
Peso do cilindro + solo úmido (g)	8426,0	8617,0	8743,0	9024,0	8716,0
Peso do solo úmido (g)	**3555,0**	**3751,0**	**3899,0**	**3967,0**	**3862,0**
Massa esp. do solo úmido (g/cm³)	**1,692**	**1,803**	**1,902**	**1,894**	**1,879**

Teor de Umidade

Cápsula nº	51	52	1	9	23	25	26	27	41	45
Peso da cápsula + solo úmido (g)	71,90	83,00	85,40	69,80	84,30	98,70	83,70	86,30	81,60	87,40
Peso da cápsula + solo seco (g)	62,20	71,00	72,20	59,70	69,70	81,80	68,50	71,00	65,80	70,50
Peso da cápsula (g)	**18,32**	**17,34**	**17,53**	**17,73**	**14,84**	**17,99**	**15,88**	**18,35**	**14,75**	**15,66**
Peso da água (g)	**9,70**	**12,00**	**13,20**	**10,10**	**14,60**	**16,90**	**15,20**	**15,30**	**15,80**	**16,90**
Peso do solo úmido (g)	**53,58**	**65,66**	**67,87**	**52,07**	**69,46**	**80,71**	**67,82**	**67,95**	**66,85**	**71,74**
Peso do solo seco (g)	**43,88**	**53,66**	**54,67**	**41,97**	**54,86**	**63,81**	**52,62**	**52,65**	**51,05**	**54,84**
Umidade (%)	**22,11%**	**22,36%**	**24,14%**	**24,06%**	**26,61%**	**26,48%**	**28,89%**	**29,06%**	**30,95%**	**30,82%**
Umidade média (%)	**22,23%**		**24,10%**		**26,55%**		**28,97%**		**30,88%**	
Massa esp. do solo seco (g/cm³)	**1,384**		**1,453**		**1,503**		**1,469**		**1,436**	

Curva de Compactação



OBS: Amostra sem reuso de material e secagem prévia até a umidade higroscópica.

Resultado

Massa específica aparente seca máxima (g/cm³)	**1,504**
Umidade ótima (%)	**26,7%**

Ensaio de ISC

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Argila Cinza**	Data da Coleta:	**14/06/2022**
Coordenadas:	**E: 721630.000; N: 7119031.000**	Data do Ensaio:	**28/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 9895:2016**	Local da Coleta:	**ST-08**
		Prof. Coleta:	**0,50 m**
		Amostra:	**AM-108**
		Energia de Compactação:	**Normal**

Constantes

Número do Anel	1	Constante do anel	0,09558

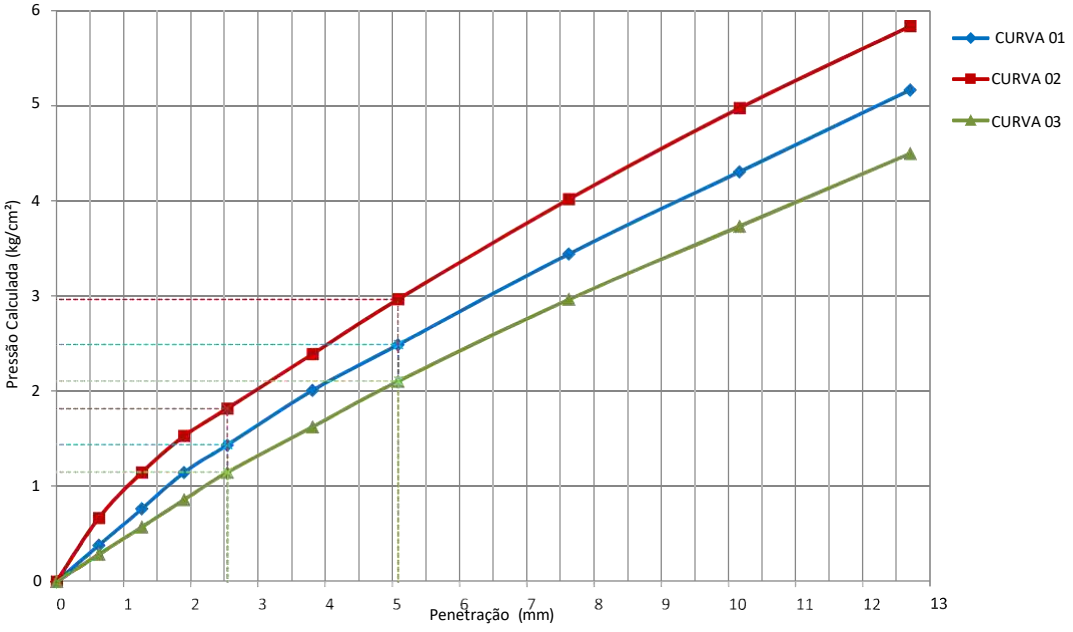
Expansão

Ponto		1				2				3			
Número do Cilindro		1	Altura inicial (mm)		114,50	40	Altura inicial (mm)		113,10	12	Altura inicial (mm)		115,10
Data	Hora	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão	Tempo	Leitura	Dif. Leitura	Expansão
		(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)	(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)	(min)	x 0,01mm	x 0,01mm	(%)
24/06/22	00h00		100,00	-			100,00	-			100,00	-	
28/06/22	96h00		526,00	**426,00**	**3,72%**		435,00	**335,00**	**2,96%**		330,00	**230,00**	**2,00%**

Penetração

Ponto			1				2				3			
Penetração	Tempo	Pressão Padrão	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC	Leitura Anel	Pressão (kg/cm²)		ISC
(mm)	(min)	(kg/cm²)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)	($mm*10^{-3}$)	Calculada	Corrigida	(%)
0,00	0,00		0,0	0,00			0,0	0,00			0,0	0,00		
0,63	0,50		4,0	0,38			7,0	0,67			3,0	0,29		
1,27	1,00		8,0	0,76			12,0	1,15			6,0	0,57		
1,90	1,50		12,0	1,15			16,0	1,53			9,0	0,86		
2,54	2,00	70,30	15,0	1,43	1,44	**2,0%**	19,0	1,82	1,82	**2,6%**	12,0	1,15	1,15	**1,6%**
3,81	3,00		21,0	2,01			25,0	2,39			17,0	1,62		
5,08	4,00	105,40	26,0	2,49	2,49	**2,4%**	31,0	2,96	2,96	**2,8%**	22,0	2,10	2,11	**2,0%**
7,62	6,00		36,0	3,44			42,0	4,01			31,0	2,96		
10,16	8,00		45,0	4,30			52,0	4,97			39,0	3,73		
12,70	10,00		54,0	5,16			61,0	5,83			47,0	4,49		

Pressão X Penetração



Resumo

Ponto	1	2	3
ISC	**2,4%**	**2,8%**	**2,0%**
Umidade	**24,10%**	**26,55%**	**28,97%**
Expansão	**3,72%**	**2,96%**	**2,00%**

Análise Granulométrica por Peneiramento

Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Argila Cinza**	Data da Coleta:	**14/06/2022**
Coordenadas:	**E: 721630.000; N: 7119031.000**	Data do Ensaio:	**21/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 7181:2016**	Local da Coleta:	**ST-08**
		Prof. Coleta:	**0,50 m**
		Amostra:	**AM-108**

Massa total da amostra seca

Massa da amostra seca ao ar [Mt] (g)	1.000,00
Massa do material seco retido #10 [Mg] (g)	**2,30**
Massa total da amostra seca [Ms] (g)	**939,38**

Teor de umidade

Número da cápsula	71	95	99
Solo úmido + tara (g)	157,00	189,00	184,20
Solo seco + tara (g)	149,30	179,40	175,00
Tara da cápsula (g)	**29,74**	**33,69**	**30,75**
Água (g)	**7,70**	**9,60**	**9,20**
Solo seco (g)	**119,56**	**145,71**	**144,25**
Teor de umidade (%)	**6,44%**	**6,59%**	**6,38%**
Umidade média (%)		**6,47%**	

Resumo

Pedregulho (Material retido na peneira n°10)	**0,2%**
Areia grossa (Passando na nº 10 e retido na nº 40)	**5,2%**
Areia fina (Passando na nº 40 e retido na nº 200)	**13,7%**
Passando na peneira nº 200	**80,8%**
Total	**100,0%**

Peneiramento Grosso

Peneira		Peso da amostra seca (g)		% que passa
nº	mm	Retido	Passado	
2"	50,00	-	**939,38**	**100,0%**
1 1/2"	38,00	-	**939,38**	**100,0%**
1"	25,00	-	**939,38**	**100,0%**
3/4"	19,00	-	**939,38**	**100,0%**
3/8"	9,50	-	**939,38**	**100,0%**
4	4,75	-	**939,38**	**100,0%**
10	2,00	2,30	**937,08**	**99,8%**

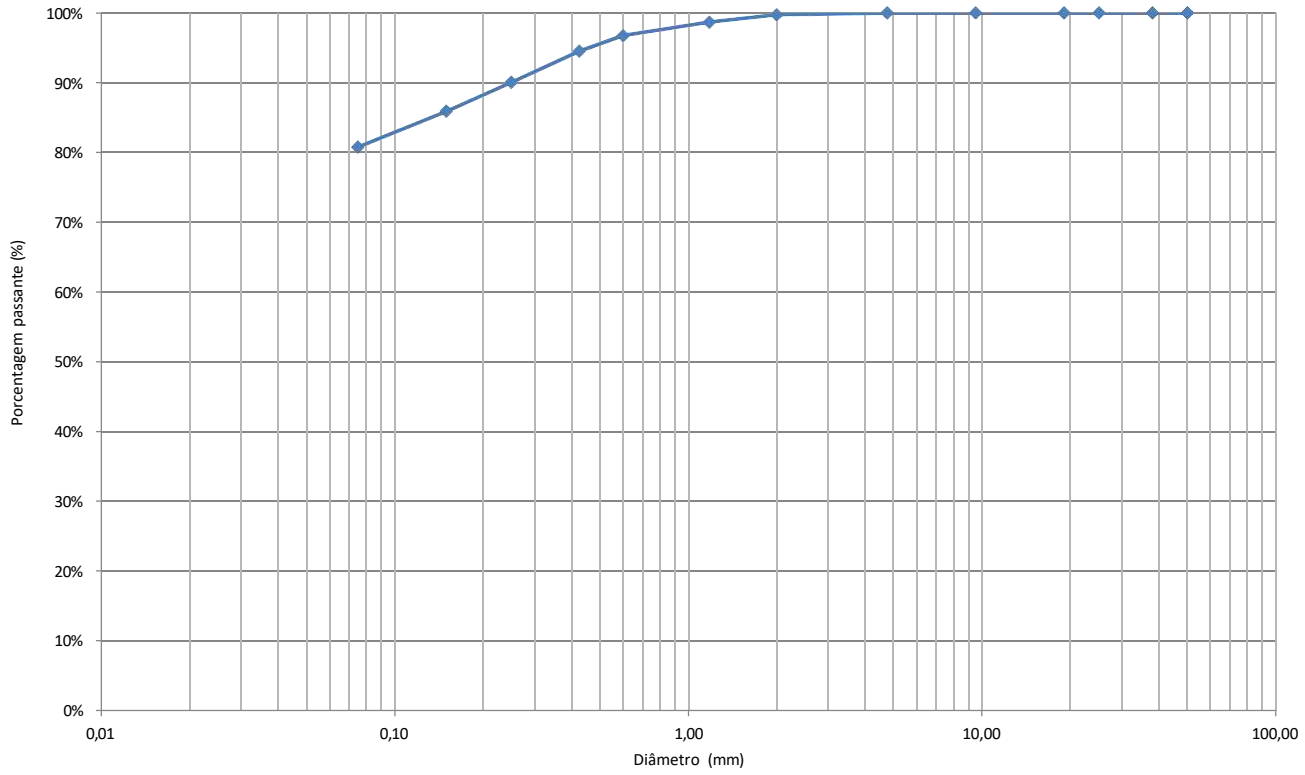
Peneiramento Fino

Peso da amostra úmida [Mw] (g):					120,00
Peneira	Peso da amostra seca (g)			% que passa	
nº	mm	Retido	Passado	Parcial	Total
16	1,180	1,20	**111,51**	**98,9%**	**98,7%**
30	0,600	2,20	**109,31**	**97,0%**	**96,7%**
40	0,425	2,50	**106,81**	**94,8%**	**94,5%**
60	0,250	5,00	**101,81**	**90,3%**	**90,1%**
100	0,150	4,70	**97,11**	**86,2%**	**85,9%**
200	0,075	5,80	**91,31**	**81,0%**	**80,8%**

Classificação

Classificação HRB	**A7-6**
Classificação pelo Sistema Unificado	**CL**

Curva Granulométrica (Peneiramento)



Ensaios Físicos (Limite de Plasticidade e Limite de Liquidez)

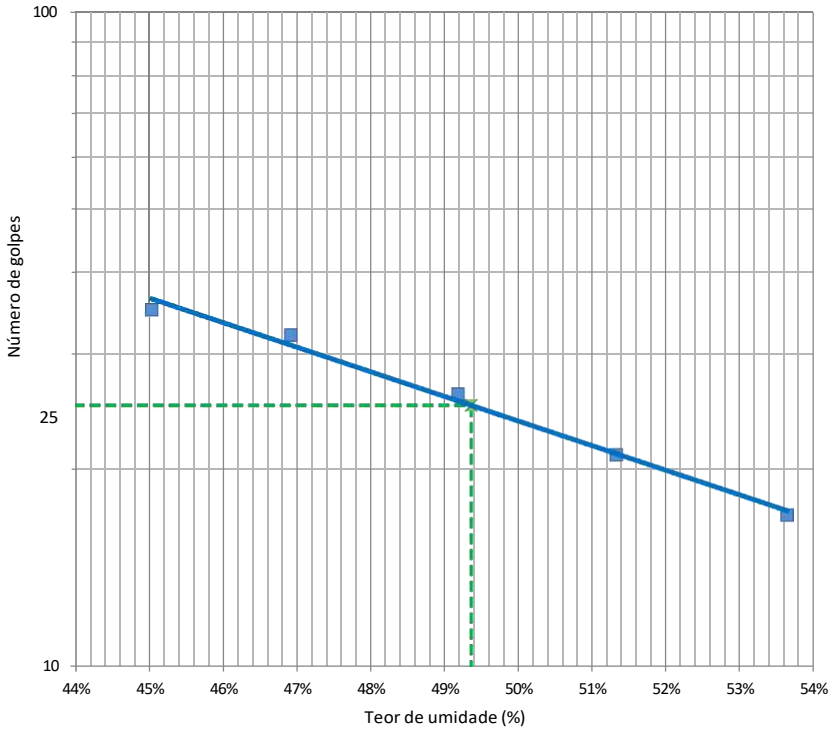
Projeto:	**Duplicação**	Registro:	**141**
Endereço:	**Rodovia SC-417 - Segmento 02, Garuva/SC**	Ordem de Serviço:	**10432**
Descrição:	**Argila Cinza**	Data da Coleta:	**14/06/2022**
Coordenadas:	**E: 721630.000; N: 7119031.000**	Data do Ensaio:	**27/06/2022**
Norma:	**ABNT NBR 6459:2016; ABNT NBR 7180:2016**	Local da Coleta:	**ST-08**
		Prof. Coleta:	**0,50 m**
		Amostra:	**AM-108**

Ensaios Físicos

	Limite de Liquidez					Limite de Plasticidade				
Número da cápsula	127	130	137	142	146	156	161	162	165	169
Solo úmido + cápsula (g)	17,38	19,01	15,03	20,03	13,63	6,53	5,21	7,08	6,63	5,97
Solo seco + cápsula (g)	13,70	15,54	12,92	15,84	11,50	6,17	4,88	6,65	6,25	5,58
Peso da cápsula (g)	**6,84**	**8,78**	**8,63**	**6,91**	**6,77**	**4,88**	**3,69**	**5,12**	**4,90**	**4,17**
Peso da água (g)	**3,68**	**3,47**	**2,11**	**4,19**	**2,13**	**0,36**	**0,33**	**0,43**	**0,38**	**0,39**
Peso do solo úmido (g)	**10,54**	**10,23**	**6,40**	**13,12**	**6,86**	**1,65**	**1,52**	**1,96**	**1,73**	**1,80**
Peso do solo seco (g)	**6,86**	**6,76**	**4,29**	**8,93**	**4,73**	**1,29**	**1,19**	**1,53**	**1,35**	**1,41**
Teor de umidade (%)	**53,64%**	**51,33%**	**49,18%**	**46,92%**	**45,03%**	**27,91%**	**27,73%**	**28,10%**	**28,15%**	**27,66%**
Número de golpes	17	21	26	32	35					

Média	**27,9%**
Limite inferior (95%)	**26,5%**
Limite superior (105%)	**29,3%**
Limite de Plasticidade	**28%**

Gráfico do Limite de Liquidez



Resultado

Limite de Liquidez (LL)	**49**
Limite de Plasticidade (LP)	**28**
Índice de Plasticidade (IP)	**21**
Índice de Grupo (IG)	**14**

Anexos D

Estudo de tráfego

2 DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS REALIZADOS

2.1 Estudo de Tráfego

Os Estudos de Tráfego foram desenvolvidos com base na Instrução de Serviço IS-02 do DEINFRA/SC e têm por objetivo a obtenção dos parâmetros e dados de tráfego, necessários à avaliação da Rodovia, dimensionar seus elementos e equipamentos de interseção e determinar seu modo de funcionamento e adaptação à demanda ao longo do horizonte estabelecido para o projeto.

Vale destacar que estes estudos servem de subsídio, em conjunto com os levantamentos topográficos e cadastrais, para avaliar o traçado e o padrão da rodovia neste segmento em estudo e ainda dar subsídios ao Projeto Geométrico e Análise Econômica.

Tem, também, a finalidade de caracterizar o tráfego existente e previsto para o trecho, durante toda a vida útil do projeto, fornecendo os parâmetros e embasamentos a serem empregados no dimensionamento do pavimento.

Suas variáveis são determinadas mediante a utilização de dados econômicos e de tráfego existentes e coletados na região.

Os objetivos pretendidos para a conclusão do estudo são:

- Coleta e avaliação de dados existentes;
- Levantamentos e pesquisas complementares;
- Avaliação dos levantamentos e pesquisas complementares;
- Análise dos volumes de tráfego;
- Previsão dos volumes de tráfego;
- Cálculo da demanda de tráfego, e;
- Cálculo do Número “N”.

2.1.1 Área de Análise

O trecho da SC-417 compreendido entre o entroncamento com a SC-416, em direção à praia e o Porto de Itapoá, seguindo no sentido oeste até o entroncamento com o contorno de Garuva, aqui denominado Segmento 2, situa-se na microrregião de Joinville, que é diretamente afetadas pela duplicação do trecho, além de pertencer à mesorregião do Norte Catarinense.

A microrregião de Joinville, que tem como polo o município de Joinville, se destaca pelo seu polo industrial, sendo o mais importante do estado e um dos maiores da região sul. Muitos dos maiores grupos econômicos do país estão instalados na região, como Amanco (antiga Akros), Döhler, Embraco, Tigre, Tupy, Totvs, Britânia, Krona, General Motors, Whirlpool, Wetzel, Laboratório Catarinense, Siemens e o grupo BMW (em Araquari). Apesar disso, o setor terciário apresenta um progressivo aumento de atividades na região. Diretamente afetada pela duplicação das SC-416 e 417, esta microrregião é composta de 11 municípios. Destes, Garuva e Itapoá se destacam por se situarem ao longo dos trechos em estudo, e serão substancialmente influenciados pela sua duplicação.

O município de Garuva tinha a sua economia voltada predominantemente para a agricultura, sobressaindo-se a bananicultura e a rizicultura, passando pelo ciclo do extrativismo e do artesanato. Hoje, Garuva apresenta economia diversificada com empresas e industriais de diferentes segmentos e com constante crescimento no setor de comércio e serviços.

Já o município de Itapoá teve seu crescimento acelerado pela instalação do Porto de Itapoá. Além do porto, a base econômica do município é o turismo. Destacam-se ainda atividades econômicas como a construção civil, a pesca artesanal, a agricultura de subsistência e a pecuária.

No âmbito regional, este trecho da rodovia, quando duplicado, terá grande importância para o escoamento da movimentação do Porto de Itapoá. Além disso o aumento da capacidade deverá contribuir para a melhoria do nível do serviço nos períodos de veraneio, onde são constantes os engarrafamentos entre a BR-101 e as praias de Itapoá e Guaratuba (litoral do Paraná).

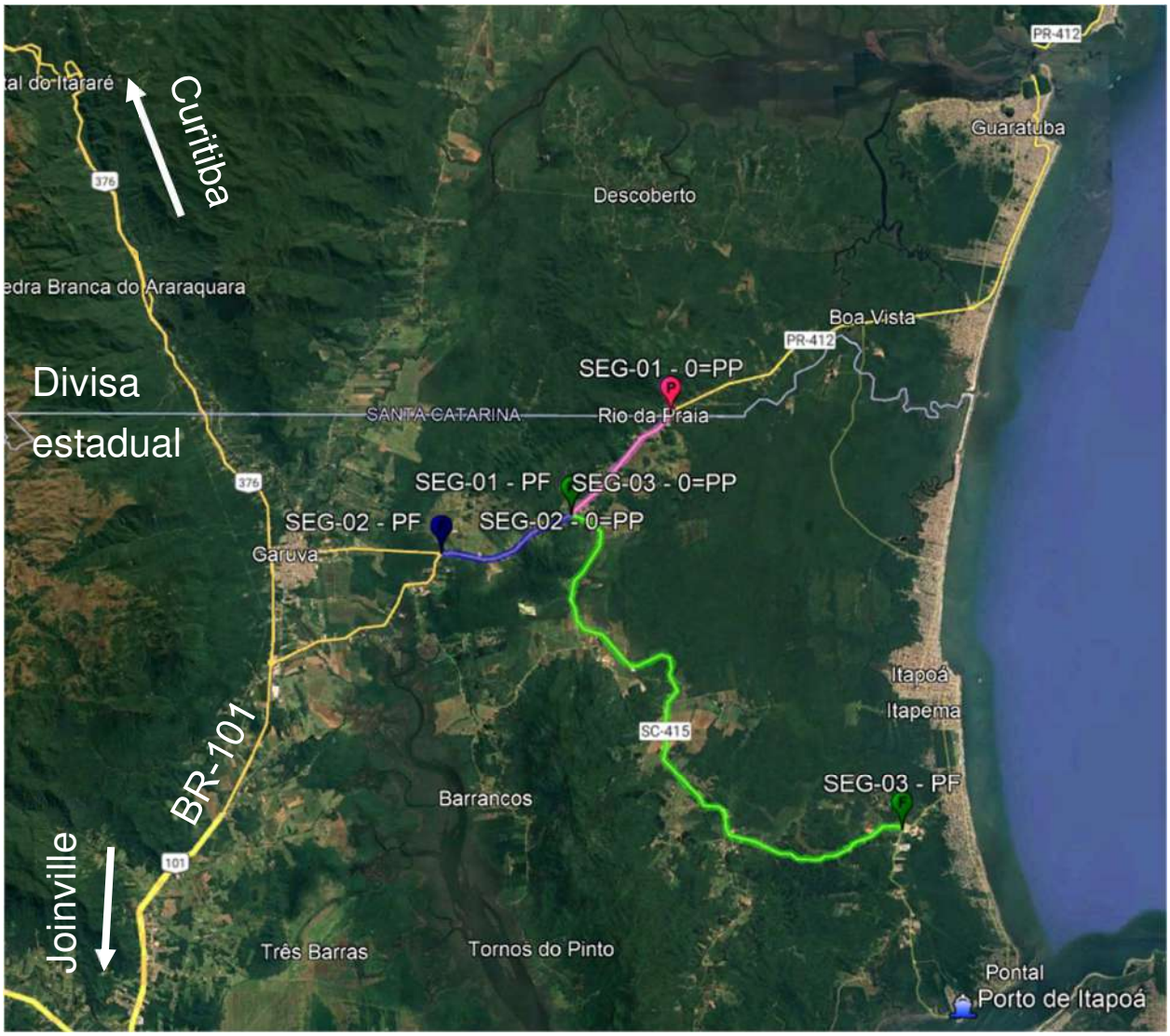


Figura 2.1-1 Localização dos segmentos e região influenciada diretamente pela duplicação das rodovias SC-416 e 417

2.1.2 Zonas de Tráfego

Para uma análise da divisão do trecho em Zonas de Tráfego, primeiramente definiu-se a categoria ou a característica funcional em que o trecho em estudo se enquadra que é a de Ligação Regional.

Os trechos em estudo das rodovias SC-416 e 417 abrangem 3 segmentos:

- Segmento 1 (SC-417) - Início na divisa com o estado do Paraná até o entroncamento com a SC-416;
- Segmento 2 (SC-417) – Início no entroncamento com a SC-416 até o entroncamento com o contorno de Garuva;
- Segmento 3 (SC-416) – Início no entroncamento com a SC-417 até a interseção de acesso à Itapoá e Porto de Itapoá.

A duplicação destes segmentos contribuirá para um melhor escoamento da produção da região e principalmente da movimentação de cargas do Porto de Itapoá, além de amenizar os problemas de congestionamento nas temporadas de veraneio.

Com os segmentos em questão, aliado ao sistema de transporte no entorno, pode-se definir as zonas externas de tráfego aliado à malha rodoviária existente na região.

- Rodovia BR-101: principal ligação Norte-Sul do litoral brasileiro, é de suma importância para o transporte de cargas e passageiros. Tem a sua interrupção em Garuva, passando a ser denominada BR-376 em direção ao Paraná, retornando apenas no litoral de São Paulo;
- Rodovia BR-376: responsável pela continuidade da BR-101 em direção a Curitiba e o norte do país;
- Rodovia PR-412: rodovia paranaense que faz a continuidade da SC-417 em direção a Guaratuba, no litoral do Paraná. Há planos do governo paranaense para a sua duplicação até Guaratuba e construção de ponte no canal entre Guaratuba e Matinhos, onde a travessia é atualmente feita por meio de um Ferry Boat. Por se tratar de região fortemente urbanizada de bairros praianos, dos dois lados do canal, não é previsto o tráfego de caminhões com origem ou destino ao Porto de Paranaguá.

2.1.3 Coleta de Dados Existentes

Os dados de tráfego apresentados neste item foram utilizados indiretamente, servindo como uma fonte de pesquisa para a comparação com as contagens volumétricas efetuadas, para assim fornecer uma previsão para o dimensionamento das características técnicas e operacionais da rodovia, bem como para obtenção dos fatores de correção.

As rodovias SC-416 e 417 tem como fonte de pesquisa de dados na SIE as contagens realizadas pela DIOP – Diretoria de Operações do antigo DEINFRA nos anos de 2006 a 2014. Estas contagens foram efetuadas no seguinte local: Posto 417001 na SC-417 (segmento 1), Posto 417010 na SC-417 (segmento 2) e Posto E416001 na SC-416 (segmento 3).

Os dados provenientes destes postos foram analisados, porém foram considerados muito antigos e com contagens ao longo dos meses do ano insuficiente. Por exemplo, no ano de 2014, mais recente da série histórica, foram feitas contagens no posto E416001 apenas nos meses de janeiro e fevereiro, meses considerados atípicos

devido ao veraneio. Sem a contagem dos demais meses do ano fica impossibilitado o cálculo de um fator de correção sazonal.

Portanto recorreu-se aos dados no Plano Nacional de Contagem de Tráfego, do DNIT. O Posto de Contagem BR-101/SC km 13 é localizado muito próximo aos trechos em estudo e foi escolhido como fonte de dados para o cálculo dos fatores de correção diário e mensal/sazonal. Neste posto foi obtido uma séria histórica de 4 anos seguidos com contagem constante, de 2016 a 2019.

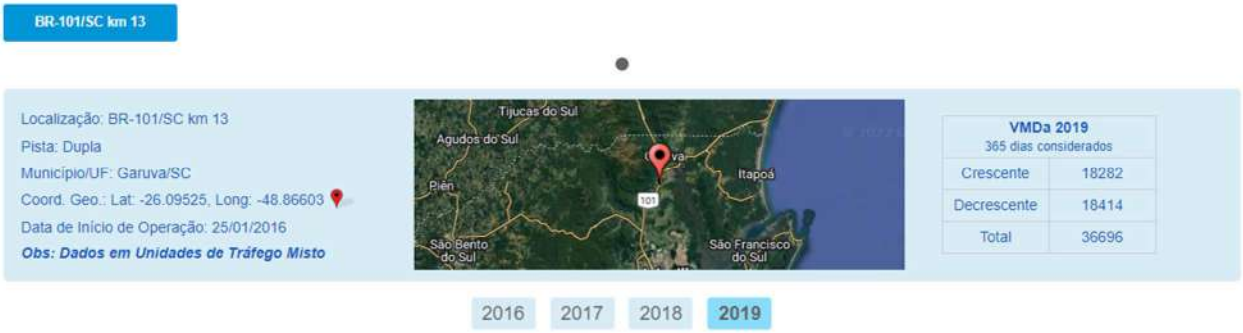


Figura 2.1-2 Posto de contagem BR-101/SC km 13 do PNCT/DNIT

2.1.4 Plano de Contagem

No intuito de se obter maiores informações para o estudo de tráfego, foi programada contagem volumétrica e classificatória com identificação dos tipos de veículos de acordo com a classe e configurações dos eixos, no posto descrito subsequentemente. O segmento 2 não possui interseções e/ou outros polos geradores de tráfego que caracterizem uma mudança de segmento homogêneo de tráfego, portanto foram programadas contagens apenas nas interseções que definem o segmento, que servirão tanto para o dimensionamento das interseções quanto para a determinação do tráfego passante no trecho.

- Posto *P2_INT (interseção – 6 movimentos)* – PP do segmento 2 – Posto localizado na interseção entre os 3 segmentos em estudo. A contagem foi feita por tipo de veículo e de 15 em 15 minutos, durante o período de 3 (três) dias consecutivos, sendo que em um dia (12/01/2022) a contagem foi de 24 horas, para fins da aferição do fator de expansão horária. Nos outros dois dias (11/02 e 13/01 de 2022) as contagens tiveram duração de 13 horas. Este posto tem objetivo de quantificar o volume de tráfego da interseção (que será projetada como parte do segmento 3) e das linhas gerais dos segmentos 1 e 2 através da análise dos seus movimentos.
- Posto *P1_INT (interseção – 6 movimentos)* – PF do segmento 2 – Posto localizado na interseção com o contorno e o acesso de Garuva. A contagem foi feita por tipo de veículo e de 15 em 15 minutos, durante o período de 3 (três) dias consecutivos, sendo que em um dia (12/01/2022) a contagem foi de 24 horas, para fins da aferição do fator de expansão horária. Nos outros dois dias (11/02 e 13/01 de 2022) as contagens tiveram duração de 13 horas. Este posto tem objetivo de quantificar o volume de tráfego da interseção e da linha geral do segmento 2 através da análise dos seus movimentos.

A localização dos postos de contagem volumétrica que foram executados para este projeto foram definidos seguindo as orientações da IS-02/1998 do DEINFRA, observando a localização dos postos de contagem manual e automatizados já

efetuados pelo órgão para uma maior base de dados históricos, e posicionando-os de maneira a contemplar os diferentes volumes de tráfego ao longo do trecho, e assim avaliar o tráfego de passagem que utilizará a rodovia.



Figura 2.1-3 Localização do Posto de Contagem P2_INT



Figura 2.1-4 Localização do Posto de Contagem P1_INT

a) Elementos Adotados no Estudo

Para fins de projeto, foram adotados os seguintes elementos:

- ano base: para o ano-base, foi considerado o de 2022, ano no qual foram realizadas as contagens e determinados os volumes de tráfego;
- ano de abertura: foi admitido que serão transcorridos 4 (quatro) anos após o

ano base para a abertura dos melhoramentos, ou seja, o ano de abertura será 2026;

- horizonte de projeto: 10 (dez) anos a partir do ano de abertura, isto é, 2035. Como hipótese alternativa, considerou-se um horizonte de 20 anos de projeto.

b) Forma de Contagem

Para todos os postos as contagens foram efetuadas em caráter volumétrico classificatório, por tipo de veículo e de 15 em 15 min.

2.1.5 Metodologia e Equipamentos Utilizados nas Contagens Volumétricas Classificatórias

O serviço de Contagem Volumétrica Classificatória por Categorias de Veículos utiliza a combinação da coleta de dados por comprimento utilizando-se um contador volumétrico por feixe de micro-ondas durante todo o período de contagem. E imagens dos veículos em trânsito utilizando uma câmera de vídeo durante todo o período. Formando assim uma amostra das classes presentes na rodovia.

A instalação do equipamento assistida por software e os dados foram disponibilizados através de um arquivo do tipo texto (TXT) em um cartão de memória (SD). A câmera de vídeo foi calibrada utilizando software específico.

O sistema é acondicionado em um gabinete em ABS com proteção IP65, e é composto pelos seguintes itens:

- Sensor de Micro-ondas;
- Câmera de vídeo;
- Central de Energia;
- Baterias;
- Seletor Automático;
- Proteção Elétrica; e,
- Disjuntores de Manobra CA.

2.1.5.1 *Características Técnicas*

Características do contador MO:

- Alimentação CA: 120/220 V CA, 60 Hz (Automático);
- Baterias: 3 x 12 V/7Ah, seladas;
- Painel Solar: 20 W (funciona em conjunto com as baterias);
- Consumo: 3 W;
- Sensor Micro-ondas: 24,12GHz, 5 mW
- Temperatura de Operação: -25 a 75ºC
- Medição de Comprimento: 0,5 a 25,5 m (resolução: 0,1 m); e,
- Medição de Velocidade: 3 a 199 km/h (resolução: 1 km/h).

O sistema pode ser alimentado de três formas:

- Rede comercial: 110 ou 220 V CA e baterias;
- Painéis de Energia solar e baterias para funcionamento 100% autônomo;
- Módulo de baterias para autonomia estendida.

2.1.5.2 *Tecnologia*

O sensor do equipamento possui um conjunto de antenas que projetam sobre a pista uma “bolha” de micro-ondas de baixa potência. Este sistema sofre a influência das massas metálicas dos veículos que a atravessarem. O sensor monitora até duas faixas em sentidos opostos e foi instalado lateralmente a pista.

A tecnologia de micro-ondas diferencia-se das demais por possuir as seguintes características:

- Instalação e operação não-invasivos;
- Não necessita a quebra do pavimento;
- Baixo consumo de energia; e,
- Mobilidade e flexibilidade na operação.

O classificador utiliza um sensor que foi submetido a rigorosos testes e estão em uso em inúmeros países, tendo sido posicionado entre os melhores sensores de sua categoria.

A câmera de vídeo armazenou digitalmente os arquivos em cartão de memória, possuindo como algumas características do sistema de filmagem:

- Cartões de armazenamento com capacidade de 32 GB;
- Sistema de agendamento para ligar e desligar. O padrão é ligar às 6h e desligar às 19h, mas pode ser programado;
- A câmera de vídeo foi instalada de forma que o campo de visão da mesma fosse favorável à análise automática executada por software (vídeo analítico);
- Bateria individual para não comprometer a operação do equipamento.

2.1.5.3 *Instalação*

O equipamento foi instalado lateralmente a pista, não sendo necessária a interrupção do trânsito ou quebra de pavimento. O procedimento de instalação é simples, mas requer conhecimento técnico para que o equipamento possa funcionar corretamente. Uma instalação padrão está apresentada na Figura 2.1-5.



Figura 2.1-5 Instalação do Equipamento – Imagem Ilustrativa

Fonte: DBA Tecnologia

O equipamento foi instalado em tangente, preferencialmente não inclinada, em um trecho onde os veículos costumam trafegar com velocidade constante, evitando saídas ou entradas de curvas, conforme apresentado na Figura 2.1-6.

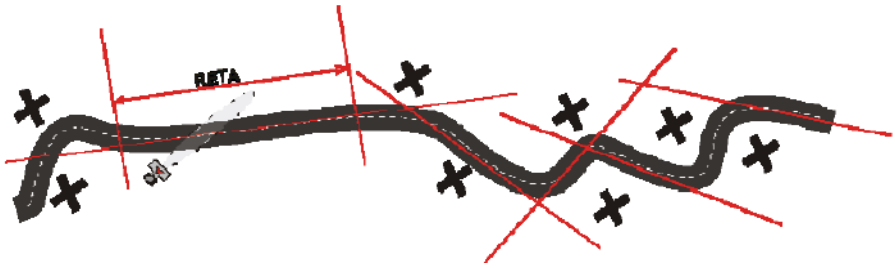


Figura 2.1-6 – Instalação do Equipamento (reta)

Fonte: DBA Tecnologia

Foi fixado em um poste em boas condições, entre 3 e 4 metros de altura (HPS) a no máximo 3 metros do acostamento ou 5 metros do bordo da pista (DV), conforme apresentado na Figura 2.1-7.

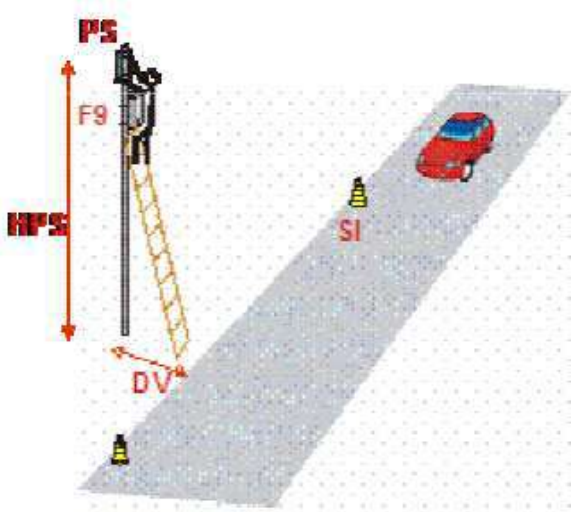


Figura 2.1-7 – Instalação do Equipamento (altura)

Fonte: DBA Tecnologia

Para a perfeita análise, devem ser conhecidas a altura do sensor em relação ao centro da pista e a distância entre este e o centro da pista, conforme apresentado na Figura 2.1-8.

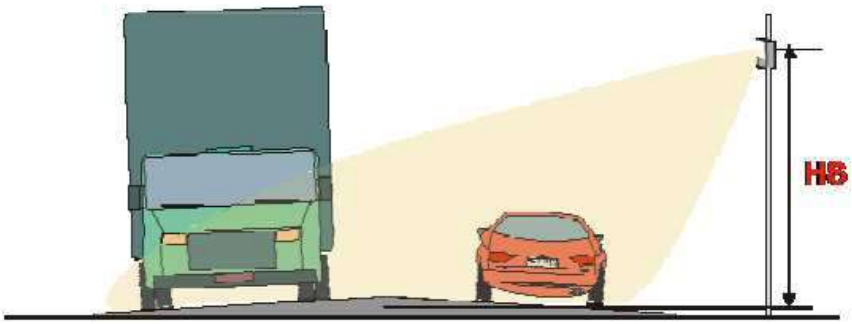


Figura 2.1-8 – Instalação do Equipamento (altura sensor)

Fonte: DBA Tecnologia

O equipamento deve estar posicionado horizontalmente a 45º em relação à pista. O triângulo desenhado na parte inferior do equipamento pode servir como referência, conforme apresentado na Figura 2.1-9.

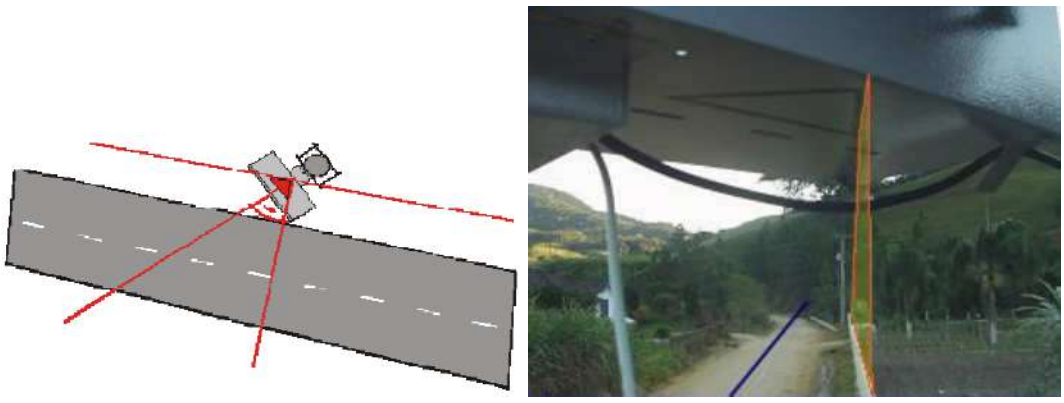


Figura 2.1-9 – Instalação do Equipamento (posição)

Fonte: DBA Tecnologia

2.1.5.3.1 Calibração do Sensor

O sensor, dentro do gabinete, é articulado e deve ser posicionado na inclinação indicada pelo software de instalação, que utilizará as distâncias medidas anteriormente para calcular o ângulo correspondente, conforme apresentado na Figura 2.1-10.

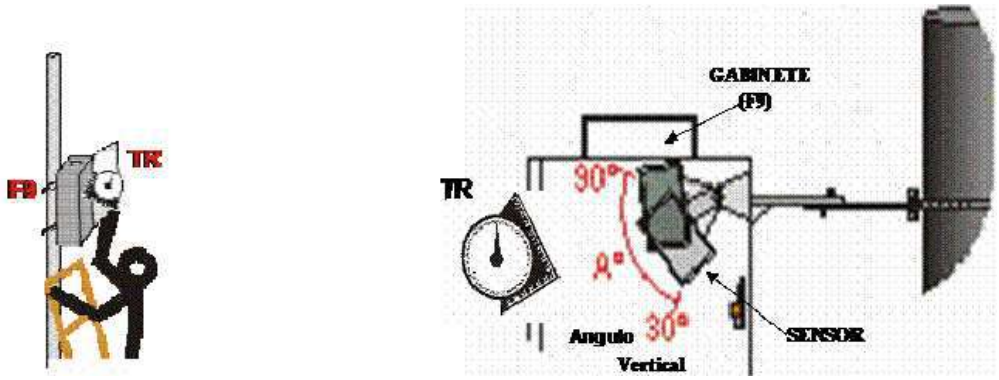


Figura 2.1-10 – Instalação do Equipamento (inclinação sensor)

Fonte: DBA Tecnologia

Antes de ligar a energia, devem ser validados os seguintes itens:

- Ângulos horizontal e vertical;
- Fixação e aperto do equipamento ao poste;
- Níveis de tensão da entrada CA (rede elétrica) ou conexão do Painel Solar;
- Nível de tensão nas baterias; e,
- Cartão de memória.

2.1.5.3.2 Sistema de Sinalização para o Instalador

No momento em que os disjuntores são ligados, a central de energia sinaliza visualmente a condição das baterias e da entrada de energia (CA ou Solar).

Na central de energia:

- O LED Verde significa entrada OK;
- Os LEDs Amarelos indicam de forma intuitiva o nível de carga das baterias; e,
- LED Vermelho é aceso durante a inicialização e deve apagar-se em seguida. Aceso durante a operação significa falha.

No Sensor:

- LED POWER deve manter-se aceso indicando o funcionamento do sensor;
- LED DETECTION acende sempre que um objeto for detectado.

Uma simulação de detecção deve ser realizada aproximando-se ou afastando-se a mão da parte frontal do sensor. Caso o LED Power se mantenha apagado e LED DETECTION pisque continuamente o sensor está indicando falha ou ausência do cartão de memória.

2.1.5.3.3 Painel Solar

Deve ser fixado acima do sensor, voltado para o Norte Geográfico e estar inclinado de acordo com a longitude do local da instalação, conforme apresentado na Figura 2.1-11.

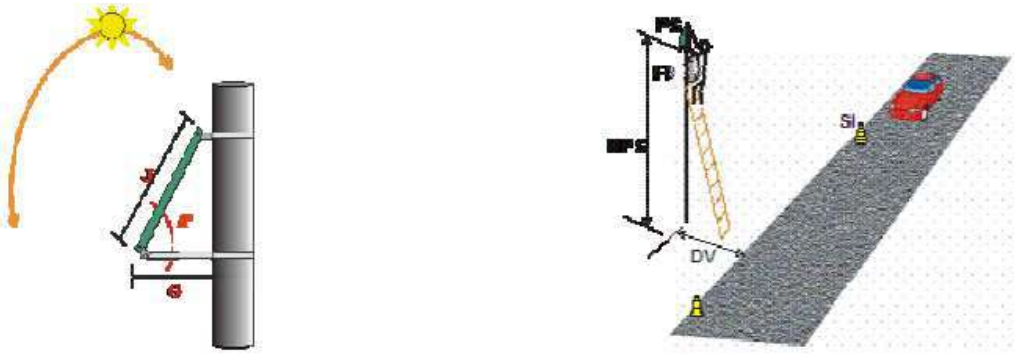


Figura 2.1-11 – Instalação do Equipamento (painel solar)

Fonte: DBA Tecnologia

2.1.5.3.4 Software de Instalação

Tendo observado os procedimentos descritos antes, o equipamento encontra-se pronto para calibração e contagem. A calibração é assistida por software que permite a configuração dos parâmetros e a visualização do tráfego em tempo real (modo on-line).

O software é uma ferramenta indispensável na instalação do produto e, baseando-se nos dados de entrada fornecidos pelo usuário, é capaz de calcular os ângulos de instalação correspondentes e fatores de correção de velocidade. Permite ainda acompanhamento on-line do trânsito, exibindo o comprimento dos veículos ou sua classificação de acordo com padrões pré-estabelecidos.

O Software pode ser executado por qualquer computador que possua uma porta serial e esteja executando o Microsoft Windows XP ou superior.

2.1.5.3.5 Processamento dos Dados do Contador MO

A instalação da câmera de vídeo é posterior à instalação do contador. A mesma é fixada na parte superior do contador e calibrado de forma a viabilizar a análise automática do vídeo.

Os parâmetros acima são configuráveis.

2.1.5.3.6 Câmera de Vídeo

A instalação da câmera vídeo é posterior à instalação do contador MO. A mesma é fixada na parte superior do contador MO e calibrado de forma a viabilizar a análise automática do vídeo.



Figura 2.1-12 – Instalação do Equipamento (câmera de vídeo) – Imagem ilustrativa

Fonte: DBA Tecnologia

2.1.5.4 *Processamento do Vídeo*

O sistema de vídeo analítico processa os vídeos captados através da câmera de vídeo e captura as imagens estáticas de todos os veículos que passaram na rodovia.

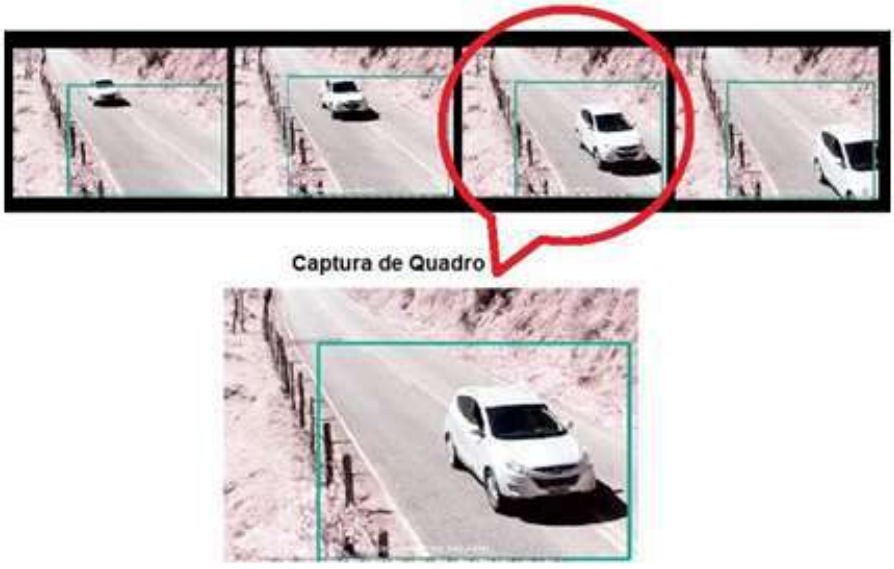


Figura 2.1-13 – Conversão de vídeo para foto

Fonte: DBA Tecnologia

Utilizando um aplicativo para ordenar as informações das imagens, ocorre a classificação manual de cada foto associando-a a uma categoria do padrão PNT.

Baseado nos padrões de limites de comprimentos e distância entre eixos especificados no Manual de Estudo de Tráfego (DNIT IPR 723/2006), o sistema estima o comprimento total do veículo.



Figura 2.1-14 – Aplicativo de Classificação

Fonte: DBA Tecnologia

Em suma, estas contagens volumétricas classificatórias foram seletivas de modo a proporcionar o registro dos seguintes tipos de veículos, sendo realizadas isoladamente para cada sentido de tráfego:

- carros de passeio (automóveis passeio, “jeeps”, peruas, rurais, utilitários pequenos);
- camionetas leves (“pick-ups”, veículos tipo furgões);
- coletivos (ônibus e micro-ônibus);
- caminhões simples;
- caminhões duplos;
- caminhões semirreboques;
- caminhões reboques; e
- motos.

A contagem permitiu também a caracterização dos tipos de veículos presentes no Manual de Estudos de Tráfego do DNIT, para servirem de subsídio na obtenção dos fatores de equivalência de veículos, que serão abordados no decorrer deste estudo.

2.1.6 Obtenção do Tráfego Médio Diário Anual Normal do Trecho

Depois de coletados, os dados dos postos P1_INT e P2_INT foram devidamente tratados e planilhado, destacando que este posto tem a função de quantificar o volume de tráfego dos movimentos da interseção e também o tráfego normal do segmento 2. As contagens volumétricas detalhadas de 15 em 15 min e por tipo de veículo de todos os postos de contagem estão apresentadas nos anexos deste volume.

O tráfego normal é o que passa atualmente na rodovia e, espera-se, que continuará passando após sua restauração e duplicação. Para obtenção do TMDA (Tráfego Médio Diário Anual) do segmento, foram comparados os dados de contagem volumétricas realizadas nas duas contagens, em seus movimentos que entram ou saem do segmento 2.

Como era esperado, os volumes de tráfego que acessam ou se originam no segmento 2 são bastante próximos entre os dois postos de contagem, P1_INT e P2_INT, comprovando a premissa de que não existem polos geradores de tráfego entre os dois pontos, o que caracterizaria uma divisão em dois segmentos homogêneos. Para a caracterização do tráfego normal do segmento 2 serão utilizados os dados da contagem P1_INT, que apresentou volumes ligeiramente maiores.

Como se trata de uma contagem de 6 movimentos de interseção, serão utilizados apenas os movimentos que entram ou saem do Segmento 2: AB – Paraná – Contorno Sul, AC – Paraná – Garuva, BA – Contorno Sul – Paraná e CA – Garuva – Paraná. O resumo destas contagens está apresentado na tabela subsequente.



Figura 2.1-15 – Movimentos considerados na contagem de tráfego

Tabela 2.1-1 Resumo Contagens Posto P1_INT

		11-01-2022 (13 horas) terça-feira						12-01-2022 (24 horas) quarta-feira						13-01-2022 (13 horas) quinta-feira					
		BA	BC	AB	AC	CB	CA	BA	BC	AB	AC	CB	CA	BA	BC	AB	AC	CB	CA
Motos	M	45	4	52	56	5	42	79	25	90	92	18	96	84	18	50	66	11	65
Passeio e Leve	P	2104	137	2380	2464	80	2119	2605	151	2505	2538	94	3008	2325	141	2186	2261	96	2622
Coletivo	2CB	6	0	13	12	0	15	14	0	13	20	0	19	6	0	7	13	0	13
	2IB2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2SB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3CB	0	0	0	0	0	0	3	0	5	2	0	5	1	0	0	3	0	1
	4CB	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pesado	2C	146	1	139	82	1	101	157	2	138	119	1	106	117	2	111	112	1	96
	2C2	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	2C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2CC	25	1	38	37	0	38	38	3	33	34	0	34	26	3	30	42	0	25
	2I2	0	0	1	0	0	0	2	0	2	0	0	2	3	0	3	1	0	0
	2I3	0	0	2	1	2	0	3	0	3	2	0	2	0	0	1	2	0	1
	2J3	5	0	0	2	0	0	5	0	8	4	0	8	6	0	2	5	0	2
	2S1	7	0	4	0	0	0	5	0	6	0	0	1	7	0	4	0	0	0
	2S2	10	0	6	0	0	4	9	1	9	3	0	4	12	0	6	3	0	5
	2S3	141	1	120	21	1	22	153	0	185	28	3	41	140	0	124	29	0	34
	3C	101	2	116	32	1	41	116	2	138	41	1	43	85	1	121	42	0	38
	3C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3C3	2	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	0	2	0	0	0
	3D3	1	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	3D4	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	2	0	1	1	0	0
	3I2	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
	3I3	15	0	10	11	0	14	20	0	21	6	0	5	12	0	3	0	1	1
	3J3	3	0	1	1	0	0	9	0	9	0	0	1	5	0	1	0	0	1
	3M6	40	0	42	11	0	10	65	0	54	17	0	11	29	0	29	15	0	11
	3Q4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3Q6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3S2	3	0	4	2	0	3	8	0	6	1	0	0	6	0	1	4	0	2
	3S3	292	4	297	80	0	100	457	6	404	121	1	115	313	1	262	74	1	85
	3T4	25	0	19	10	0	11	34	0	31	10	0	2	29	0	21	7	1	7
	3T6	7	0	7	0	0	0	7	0	6	0	0	2	6	0	3	1	0	2
	3T6B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4CD	11	0	10	4	0	5	15	0	5	9	0	9	19	0	8	5	0	8
	4R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	X	5	0	6	2	0	1	0	1	8	0	0	3	3	0	4	5	1	4
Total		**2996**	**150**	**3270**	**2829**	**90**	**2527**	**3812**	**191**	**3683**	**3049**	**118**	**3519**	**3240**	**166**	**2980**	**2691**	**112**	**3023**
Total Motos		**45**	**4**	**52**	**56**	**5**	**42**	**79**	**25**	**90**	**92**	**18**	**96**	**84**	**18**	**50**	**66**	**11**	**65**
Total Passeio e Leve		**2104**	**137**	**2380**	**2464**	**80**	**2119**	**2605**	**151**	**2505**	**2538**	**94**	**3008**	**2325**	**141**	**2186**	**2261**	**96**	**2622**
Total Coletivo		**7**	**0**	**13**	**13**	**0**	**16**	**18**	**0**	**18**	**22**	**0**	**24**	**7**	**0**	**7**	**16**	**0**	**14**
Total Pesado		**840**	**9**	**825**	**296**	**5**	**350**	**1110**	**15**	**1070**	**397**	**6**	**391**	**824**	**7**	**737**	**348**	**5**	**322**

a) Determinação do Fator de Expansão Horária

O fator de expansão horária (FEH) para o trecho em estudo foi calculado a partir da contagem de 24 horas no posto P1_INT, e serve para corrigir a contagem volumétrica classificatória nos dias em que esta foi feita somente para 13 horas, casos com contagem das 6:00 às 19:00. O FEH é calculado como segue:

$$FEH = \frac{VT_{S24hs}}{VT_{S13hs}}$$

onde: FEH = Fator de Expansão Horária;

$VT_{s\ 24hs}$ *= Volume de tráfego em 24 hs no sentido s;*

$VT_{s\ 13\ hs}$ *= Volume de tráfego em 13 hs no sentido s; e*

s = Sentido do tráfego

Na Tabela 2.1-2 está apresentado um resumo da contagem de 24 horas e de 13 horas (das 6:00 - 19:00) realizadas no Posto P1_INT, bem como o respectivo Fator de Expansão Horária calculado.

Tabela 2.1-2 – Fator de Expansão Horária Posto P1_INT

P1_INT	Motos	Passeio e Leve	Coletivo	Pesado
13 horas	338	8892	67	2264
24 horas	400	10901	82	2989
FEH	1.18	1.23	1.22	1.32

a) Determinação dos Fatores de Correção Diária e Mensal (Sazonalidade)

Para cálculo do fator de correção diária foram utilizadas as contagens do PNCT para o posto de contagem localizado na BR-101, na região de Garuva. Os dados de contagens diária durante o mês de janeiro deste posto de contagem foram utilizados para calcular o FD para os dias da semana, apresentados a seguir:

Tabela 2.1-3 – Fator de correção diária

Dia da semana	Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
FD Motos	1.02	1.02	0.97	0.99	1.06	0.96	0.98
FD Passeio e Leve	0.90	0.98	1.10	1.12	1.10	0.89	0.97
FD Coletivo	1.36	0.93	1.01	0.91	0.87	0.86	1.26
FD Pesado	1.36	1.00	0.99	0.87	0.86	0.89	1.21

Os dados de contagem anuais deste mesmo posto de contagem foram utilizados para o cálculo de fator de correção mensal/sazonal, apresentados a seguir:

Tabela 2.1-4 – Fator de correção mensal

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
FM Motos	0.81	1.04	0.94	0.92	1.05	0.97	1.08	1.06	1.08	1.09	1.05	0.98
FM Passeio e Leve	0.69	1.00	0.96	1.04	1.17	1.17	1.04	1.13	1.08	1.09	1.01	0.86
FM Coletivo	0.94	1.00	1.04	1.04	1.06	1.09	0.98	1.00	0.99	0.96	0.97	0.95
FM Pesado	0.99	0.98	1.02	1.03	1.05	1.09	0.98	0.99	0.99	0.96	0.97	0.97

b) Correção do Tráfego para 24 hs pelo FEH e Correção Semanal pelo FD

Obtido o Fator de Expansão Horária (FEH) e os Fatores Diários (FD), corrigiu-se então o volume de tráfego para as contagens de 13 horas por ambos os fatores. No dia em que a contagem foi efetuada em 24 horas seguidas, aplicou-se, por motivos óbvios, somente o fator de correção diário (FD). A correção foi feita através da seguinte expressão:

$$TMD_{Semanal} = TMD \,.\, FD.\, FEH$$

onde: TMDSemanal= Tráfego Médio Diário corrigido para o Dia da Semana;

TMD = Tráfego Médio Diário da Contagem;

FD = Fator de Correção Diária do para cada dia da semana;

FEH = Fator de Expansão Horária

c) Correção Mensal do Tráfego pelo FM

Depois de corrigir o volume de tráfego pelo Fator de Expansão Horária FEH e pelo Fator Diário FD, procedeu-se a obtenção do Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) Normal do trecho para o ano base de 2022, através dos Fatores de Correção Mensal (FM). O FM foi utilizado de acordo com o mês em que foram efetuadas as contagens de campo de acordo com a seguinte expressão:

$$TMDA = TMD_{Semanal} . FM$$

onde: TMDA = Tráfego Médio Diário Anual;

$TMD_{Semanal}$ = Tráfego Médio Diário corrigido pelo FEH e FD (média dos três dias de contagem de 24 hs);

FM = Fator de Correção Mensal

d) Obtenção do TMDA (Tráfego Médio Diário Anual) Normal do Trecho

Com as correções das contagens efetuadas, calculou-se o TMDA Normal do Trecho através das médias das contagens realizadas durante os 3 dias de contagem de 24 horas. A tabela a seguir apresenta o TMDA Normal do trecho para o ano base de 2022.

Tabela 2.1-5 TMDA Normal do segmento 2

Segmento 2 (P1_INT - Em direção a Guaratuba)										
Dia da Semana e Duração da Contagem	Movimento		Carros de passeio/ Caminonetas	Coletivos	Caminhões Simples	Caminhões Duplos	Caminhões Semirreboques	Caminhões Reboques	Moto	TOTAL
Média das contagens: 11-01-2022 (24 horas) terça-feira / 12-01-2022 (24 horas) quarta-feira / 13-01-2022 (24 horas) quinta-feira	PP-PF	Guaratuba - Garuva	4194	29	331	191	672	115	123	5655
	PF-PP	Garuva - Guaratuba	4305	28	328	177	740	127	125	5829
	TOTAL		8499	57	659	367	1412	242	248	11484

2.1.7 Taxas de Crescimento de Tráfego

A Diretoria de Planejamento da SIE tem utilizado análises de cenários através do modelo de previsão de demanda por transporte rodoviário, denominado SAR/CUBE, em operação desde 2008. Atendendo às particularidades do sistema de transporte rodoviário do Estado, essa ferramenta de planejamento rodoviário foi desenvolvida a partir dos módulos de softwares do sistema CUBE/CITILABS.

Esse modelo opera tendo como base uma rede rodoviária georreferenciada lógica constituída por segmentos da malha rodoviária estadual, de rodovias municipais, de outros estados brasileiros, de rodovias federais e de países sul-americanos que podem exercer alguma influência relevante para a geração, a distribuição e a alocação do tráfego nas rodovias de Santa Catarina.

As taxas de crescimento adotadas para a estimativa do tráfego para os diferentes cenários de análise constam do sistema de análise e previsão de demanda por transporte SAR/CUBE, e resultaram da evolução das matrizes de origem e destino dos 35 principais produtos transportados em Santa Catarina, tendo em as diretrizes da visão do futuro, descritas nos relatórios finais do Plano Diretor Rodoviário de 2008.

A Tabela 2.1-6 mostra o número de viagens realizadas e as taxas de crescimento, para cada tipo de veículos ao longo do período considerado para o PDR/SC e que também serão utilizadas para projeção do tráfego deste projeto.

Tabela 2.1-6 Taxas de Crescimento Anuais de Tráfego

Matrizes	Nº. De Viagens (dia)				Taxas de Crescimento % aa		
	2007	2011	2015	2023	2007/2011	2012/2015	2016/2023
CP	1.020.716	1.227.087	1.393.089	1.563.407	4,7	3,2	1,5
ON	14.066	14.879	15.777	18.130	1,4	1,5	1,8
VC1	78.110	93.827	110.969	156.217	4,7	4,3	4,4
VC2	23.833	28.734	34.025	48.468	4,8	4,3	4,5

CP – Carros de Passeio; ON – Ônibus; VC1 – Veículos de Carga 1 (Pequenos e Médios); VC2 -Veículos de Carga 2 (grandes)

As taxas estão apresentadas adotando 4 categorias de veículos:

- **VL** - volume médio diário anual de veículos leves, inclui os carros de passeio (P), utilitários (U) e caminhões leves (CL); 50% de motos (M) e de outros veículos como por exemplo, tratores);
- **VON** – volume médio diário anual de ônibus;
- **VC1** – volume médio diário anual de veículos de carga 1, inclui caminhões médios (CM), pesados (CP); Semirreboques (SR);
- **VC2** – volume médio diário anual de veículos de carga 2, inclui reboques (RE) convencionais e especiais como os bitrens e rodotrens.

Uma vez adotada a taxa geométrica de crescimento, esta pode ser aplicada ao tráfego do ano base, para se definir o tráfego do ano de abertura, 10º e 20º ano de projeto, ou seja:

$$T_f = T_0 (1 + i)^n$$

Onde:

- T_f = Tráfego no ano “n”;
- T_0 = Tráfego no ano base;
- i = Taxa de crescimento de tráfego;
- n = Número de anos transcorridos entre o ano base e o ano “n”.

Por este estudo de tráfego se tratar de uma rodovia em restauração, entende-se que não haverá crescimentos significativos com relação aos volumes de tráfego desviado e gerado para a composição do TMDA da rodovia.

2.1.8 Tráfego ao longo do Horizonte de Projeto

Para determinação do tráfego ao longo do horizonte do projeto, foram adotadas as taxas de crescimento que constam do sistema de análise e previsão de demanda por transporte. Uma vez adotada a taxa geométrica de crescimento, esta foi aplicada ao tráfego do ano base, para se definir o tráfego do ano de abertura, 10º e 20º ano de projeto, com base na fórmula acima demonstrada.

Como não foram identificadas interseções e/ou polos geradores de tráfego ao longo do Segmento 2 não foi necessária a divisão em diferentes segmentos homogêneos de tráfego. Toda a extensão do Segmento 2 será considerada como Segmento Homogêneo 2.

A Tabela 2.1-7 mostra a evolução do tráfego até a vida útil do pavimento de 10 anos e horizonte de projeto de 20 anos no segmento de tráfego estipulados para este estudo.

Tabela 2.1-7 Projeção do tráfego normal do Segmento Homogêneo 2

PROJEÇÃO SEGMENTO HOMOGÊNEO 2														
Ano	CATEGORIA												TMDA Total	
	Carros de passeio/ Caminonetas		Coletivos		Caminhões Simples/Duplo/Semirreboque				Caminhões Reboque		Motos			
	i (%)	TMDA	i (%)	TMDA	i (%)	TMDA			i (%)	TMDA	i (%)	TMDA		
						CS	CD	SR						
2022		8499		57		659	367	1412		242		248	11484	
2023	1,5%	8627	1,8%	58	4,4%	688	384	1474	4,5%	253	1,5%	252	11734	
2024	1,5%	8756	1,8%	59	4,4%	718	401	1539	4,5%	264	1,5%	255	11992	
2025	1,5%	8887	1,8%	60	4,4%	750	418	1606	4,5%	276	1,5%	259	12257	
2026	1,5%	9021	1,8%	61	4,4%	783	437	1677	4,5%	288	1,5%	263	12530	ANO ABERT.
2027	1,5%	9156	1,8%	62	4,4%	817	456	1751	4,5%	301	1,5%	267	12810	
2028	1,5%	9293	1,8%	63	4,4%	853	476	1828	4,5%	315	1,5%	271	13099	
2029	1,5%	9433	1,8%	64	4,4%	891	497	1908	4,5%	329	1,5%	275	13397	
2030	1,5%	9574	1,8%	66	4,4%	930	519	1992	4,5%	344	1,5%	279	13704	
2031	1,5%	9718	1,8%	67	4,4%	971	541	2080	4,5%	359	1,5%	283	14019	
2032	1,5%	9864	1,8%	68	4,4%	1014	565	2172	4,5%	375	1,5%	288	14345	
2033	1,5%	10012	1,8%	69	4,4%	1058	590	2267	4,5%	392	1,5%	292	14680	
2034	1,5%	10162	1,8%	70	4,4%	1105	616	2367	4,5%	410	1,5%	296	15026	
2035	1,5%	10314	1,8%	72	4,4%	1153	643	2471	4,5%	428	1,5%	301	15382	10 ºANO
2036	1,5%	10469	1,8%	73	4,4%	1204	671	2580	4,5%	448	1,5%	305	15750	
2037	1,5%	10626	1,8%	74	4,4%	1257	701	2693	4,5%	468	1,5%	310	16129	
2038	1,5%	10785	1,8%	76	4,4%	1312	732	2812	4,5%	489	1,5%	315	16520	
2039	1,5%	10947	1,8%	77	4,4%	1370	764	2936	4,5%	511	1,5%	319	16924	
2040	1,5%	11111	1,8%	78	4,4%	1430	798	3065	4,5%	534	1,5%	324	17340	
2041	1,5%	11278	1,8%	80	4,4%	1493	833	3200	4,5%	558	1,5%	329	17770	
2042	1,5%	11447	1,8%	81	4,4%	1559	869	3340	4,5%	583	1,5%	334	18214	
2043	1,5%	11619	1,8%	83	4,4%	1628	908	3487	4,5%	609	1,5%	339	18672	
2044	1,5%	11793	1,8%	84	4,4%	1699	948	3641	4,5%	637	1,5%	344	19145	
2045	1,5%	11970	1,8%	86	4,4%	1774	989	3801	4,5%	665	1,5%	349	19634	20 ºANO

CS = Caminhões Simples; CD = Caminhões Duplos; R/SR = Reboques e Semirreboques

2.1.9 Determinação do Número "$N_{8,2t}$"

Na determinação do número N são considerados fatores relacionados à composição do tráfego referentes a cada categoria de veículo, aos pesos das cargas transportadas e sua distribuição nos diversos tipos de eixos dos veículos. Seus valores anuais e acumulados durante o período de projeto são calculados com base nas projeções do tráfego, sendo necessário para isso o conhecimento qualitativo e quantitativo da sua composição presente e futura.

A determinação do número $N_{8,2t}$ – Número de Repetições do Eixo Padrão de 8,2 ton – foi feita com base na expressão contida no item 1.3.3.5 da Instrução de Serviço IS 02/98 do DER/SC:

$$N = \frac{365.Fr.\Sigma(Vi.Fvi)}{Fp}$$

Onde:

- Fr = Fator Climático Regional;
- Fp = Fator de pista;
- Vi = Número de veículos da categoria " i" ;
- Fvi = Fator de equivalência de veículo da categoria " i" .

Sendo que para este estudo foram considerados os seguintes parâmetros: F_r = 1 (sugerido pelo Manual de Estudo de Tráfego do DNIT/2006); F_p = 2 (rodovia de 1 pista com 2 faixas de tráfego); Ano de Abertura = 2026; Período de Projeto Para o Pavimento = 10 anos.

Os "Fatores de Veículos - FV" foram determinados pelos 2 (dois) métodos usuais de dimensionamento de pavimentos, a saber:

- Pavimentos Novos / Reconstrução: Método do "Corpo de Engenheiros do Exército Americano" (USACE); e,
- Restauração / Reforço do Pavimento: Método da *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO).

Foram utilizadas as equações para estimativa dos fatores equivalentes de operação da USACE e da AASHTO constantes do Manual de Estudo de Tráfego (DNIT, 2006) para cada tipo de eixo, compondo assim fatores de veículo teóricos. As cargas para veículos carregados utilizadas para cada tipo de eixo, para que se pudesse obter as composições finais dos fatores de veículo teóricas estão de acordo com a Resolução nº12 de 1998 do CONTRAN (CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO).

A lei 7.408/85 determinou que fosse atribuída uma tolerância de 5% ao limite de 45.000 kg para o PBT, passando o limite para a autuação para 47.250 kg.

Tabela 2.1-8 Cálculo dos Fatores de Equivalência de Carga – AASHTO

Tipos de eixo	Equações (P em tf)
Simples de rodagem simples	$FC = (P / 7{,}77)^{4{,}32}$
Simples de rodagem dupla	$FC = (P / 8{,}17)^{4{,}32}$
Tandem duplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 15{,}08)^{4{,}14}$
Tandem triplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 22{,}95)^{4{,}22}$

Tabela 2.1-9 Cálculo dos Fatores de Equivalência de Carga – USACE

Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2{,}0782 \times 10^{-4} \times P^{4{,}0175}$
	≥ 8	$FC = 1{,}8320 \times 10^{-6} \times P^{6{,}2542}$
Tandem duplo	0 – 11	$FC = 1{,}5920 \times 10^{-4} \times P^{3{,}472}$
	≥ 11	$FC = 1{,}5280 \times 10^{-6} \times P^{5{,}484}$
Tandem triplo	0 – 18	$FC = 8{,}0359 \times 10^{-5} \times P^{3{,}3549}$
	≥ 18	$FC = 1{,}3229 \times 10^{-7} \times P^{5{,}5789}$

As tabelas anteriores apresentam as fórmulas dos fatores de equivalência de carga por veículo presentes no Manual de Estudos de Tráfego do DNIT e que estão sendo utilizados neste estudo.

Já a Tabela 2.1-10 mostra os fatores de equivalência de carga por veículo presentes no Manual de Estudos de Tráfego do DNIT e que estão sendo utilizados neste estudo. Como as taxas de crescimento de tráfego adotadas apontam um crescimento maior de veículos mais pesados, a composição do tráfego utilizada foi aquela do 20º de abertura.

Tabela 2.1-10 Fatores de veículos de carga

FATORES DE VEÍCULO DE CARGA - USACE - ASSHTO						
RODOVIA: SC-417		SEGMENTO: SEGMENTO 2 - 2045				
VEÍCULOS -TIPO		COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO	FATOR DE VEÍCULO "USACE"		FATOR DE VEÍCULO "AASHTO"	
			Fvi	VMDATi X Fvi/∑ VMDATi	Fvi	VMDATi X Fvi/∑ VMDATi
ÔNIBUS	2C	1.02%	3.5674	0.0364	2.7218	0.0277
	3C	0.15%	2.6927	0.0041	0.9597	0.0015
CAM.	X	0.56%	1.8885	0.0105	0.6733	0.0038
	2C (16)	18.90%	2.5018	0.4729	1.9088	0.3608
	2CC	5.35%	4.8078	0.2571	3.5874	0.1918
	3C	12.10%	6.2101	0.7513	1.3895	0.1681
	4C	0.00%	6.7202	0.0000	1.3252	0.0000
	4CD	1.43%	13.2323	0.1888	5.7599	0.0822
REBOQUE	2C2	0.05%	7.1358	0.0037	5.2865	0.0027
	2C3	0.00%	10.8188	0.0000	4.7598	0.0000
	3C2	0.00%	10.8090	0.0000	4.7404	0.0000
	3I2	0.07%	10.8090	0.0080	4.7404	0.0035
	3C3	0.14%	7.5262	0.0103	3.1045	0.0043
	3C4	0.00%	4.3454	0.0000	1.3739	0.0000
SEMI-REBOQUE	2S1	0.45%	4.8471	0.0219	3.6231	0.0164
	2S2	0.94%	8.5723	0.0804	3.1286	0.0294
	2I2	0.38%	7.2672	0.0278	5.4110	0.0207
	2S3	13.61%	9.0862	1.2366	3.0629	0.4169
	3S1	0.00%	8.5638	0.0000	3.1069	0.0000
	3S2	0.53%	12.2524	0.0646	2.5777	0.0136
	2J3	0.98%	10.9517	0.1070	4.8614	0.0475
	3S3	33.86%	9.1176	3.0868	2.0105	0.6807
	3I3	1.56%	13.3013	0.2077	6.5801	0.1028
CVC	3S2C4	0.00%	24.2220	0.0000	4.8764	0.0000
	3S2S2	0.00%	18.2567	0.0000	3.7330	0.0000
	3D4	0.15%	18.2567	0.0276	3.7330	0.0056
	3T4	2.78%	18.2354	0.5076	3.7261	0.1037
	3M6	4.44%	24.2215	1.0743	4.8761	0.2163
	3T6	0.56%	24.2215	0.1350	4.8761	0.0272
	3S2S4	0.00%	24.2215	0.0000	4.8761	0.0000
TOTAL		100%		8.3205		2.5271

Com o cálculo dos fatores de equivalência de veículos, procedeu-se então a obtenção do Número "$N_{8,2t}$" para o trecho, como mostra a tabela a seguir.

Tabela 2.1-11 Número $N_{8,2t}$ – Segmento Homogêneo 2

PROJEÇÃO DO "VMDAT" E DO NÚMERO "N"									
RODOVIA: SC-417			SEGMENTO: SEGMENTO 2 - 2045						
ANO	VOLUME DE TRÁFEGO (VMDAT)				VALORES DO NÚMERO "N"				OBSERVAÇÃO
	VEÍCULOS TIPO			TOTAL	USACE		AASHTO		
	AUTOMÓVEL + MOTOS	ÔNIBUS	CAMINHÕES		ANO A ANO	ACUMULADO	ANO A ANO	ACUMULADO	
2022	8747	57	2680	11484					PESQUISA/PROJETO
2023	8878	58	2798	11734					OBRA
2024	9011	59	2921	11992					OBRA
2025	9147	60	3050	12257					OBRA
2026	**9284**	**61**	**3185**	**12530**	**4,93E+06**	**4,93E+06**	**1,50E+06**	**1,50E+06**	**ABERTURA/1º ANO**
2027	9423	62	3325	12810	5,14E+06	1,01E+07	1,56E+06	3,06E+06	2º ANO
2028	9564	63	3472	13099	5,37E+06	1,54E+07	1,63E+06	4,69E+06	3º ANO
2029	9708	64	3625	13397	5,60E+06	2,10E+07	1,70E+06	6,39E+06	4º ANO
2030	9853	66	3785	13704	5,85E+06	2,69E+07	1,78E+06	8,17E+06	5º ANO
2031	10001	67	3951	14019	6,10E+06	3,30E+07	1,85E+06	1,00E+07	6º ANO
2032	10151	68	4126	14345	6,37E+06	3,94E+07	1,93E+06	1,20E+07	7º ANO
2033	10304	69	4308	14680	6,65E+06	4,60E+07	2,02E+06	1,40E+07	8º ANO
2034	10458	70	4498	15026	6,94E+06	5,29E+07	2,11E+06	1,61E+07	9º ANO
2035	**10615**	**72**	**4696**	**15382**	**7,24E+06**	**6,02E+07**	**2,20E+06**	**1,83E+07**	**10º ANO**
2036	10774	73	4903	15750	7,56E+06	6,77E+07	2,29E+06	2,06E+07	11º ANO
2037	10936	74	5119	16129	7,89E+06	7,56E+07	2,40E+06	2,30E+07	12º ANO
2038	11100	76	5345	16520	8,23E+06	8,39E+07	2,50E+06	2,55E+07	13º ANO
2039	11266	77	5580	16924	8,59E+06	9,24E+07	2,61E+06	2,81E+07	14º ANO
2040	11435	78	5826	17340	8,97E+06	1,01E+08	2,72E+06	3,08E+07	15º ANO
2041	11607	80	6083	17770	9,36E+06	1,11E+08	2,84E+06	3,36E+07	16º ANO
2042	11781	81	6352	18214	9,77E+06	1,21E+08	2,97E+06	3,66E+07	17º ANO
2043	11958	83	6632	18672	1,02E+07	1,31E+08	3,10E+06	3,97E+07	18º ANO
2044	12137	84	6924	19145	1,06E+07	1,41E+08	3,23E+06	4,29E+07	19º ANO
2045	**12319**	**86**	**7229**	**19634**	**1,11E+07**	**1,52E+08**	**3,37E+06**	**4,63E+07**	**20º ANO**
COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DO TRÁFEGO / 2022			PARÂMETROS ADOTADOS NO CÁLCULO DO NÚMERO DE OPERAÇÕES DO EIXO-PADRÃO DE 8,2 t - NÚMERO "N"						
AUTOMÓVEL + MOTOS	ÔNIBUS	CAMINHÃO	FATORES DE VEÍCULO - FV				FATOR CLIMÁTICO		FATOR DE PISTA
76,17%	0,49%	23,34%	FV usace		FV aashto		FR		FP
			8,321		2,5271		1,000		0,500
			ANO INICIAL PARA CALCULO DO NÚMERO "N"						2026
			PERIODO DE PROJETO PARA O CÁCULO DO NÚMERO "N" - P (ANOS)						10