

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER

PROJETO DE ENGENHARIA PARA
DUPLICAÇÃO DA RODOVIA PR-323
km 174+200 ao km 180+500

LOCAL: DOUTOR CAMARGO/PR
TRECHO: km 174+200 AO km 180+500
FASE: PROJETO EXECUTIVO
EXTENSÃO: 6,30 km

VOLUME 3
MEMÓRIA JUSTIFICATIVA
TOMO ÚNICO



AGOSTO / 2020

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER

PROJETO DE ENGENHARIA PARA
DUPLICAÇÃO DA RODOVIA PR-323
km 174+200 ao km 180+500

LOCAL: DOUTOR CAMARGO/PR
TRECHO: km 174+200 AO km 180+500
FASE: PROJETO EXECUTIVO
EXTENSÃO: 6,30 km

VOLUME 3
MEMÓRIA JUSTIFICATIVA
TOMO ÚNICO

Revisão	Data	Descrição
00	14/02/2020	Emissão inicial
01	08/07/2020	Atendimento a comentários
02	10/08/2020	Atendimento a comentários

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	MAPA DE SITUAÇÃO	5
3	ESTUDOS REALIZADOS	6
3.1	ESTUDOS DE TRAÇADO	6
3.2	ESTUDOS DE TRÁFEGO	7
3.2.1	Distribuição dos Veículos	7
3.2.2	Número de Solicitações do Eixo Padrão	11
3.3	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE RODOVIAS	21
3.3.1	Estudos de Tráfego	22
3.3.2	Projeto de Pavimentação.....	25
3.4	ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	26
3.4.1	Rede de referência implantada.....	26
3.4.2	Base cartográfica.....	27
3.4.3	Levantamentos topográficos complementares	28
3.5	ESTUDOS DE SEGURANÇA DE TRÂNSITO.....	28
3.5.1	Visão Geral do Trecho.....	29
3.5.2	Locais Concentradores de Acidentes	33
3.5.3	Km 175+600	34
3.5.4	Km 175+900	37
3.5.5	Km 179+100	38
3.5.6	Km 179+900	39
3.5.7	Conclusão.....	40
3.6	ESTUDOS HIDROLÓGICOS	41
3.6.1	Generalidades	41
3.6.2	Caracterização da bacia hidrográfica	41
3.6.3	Vegetação	42
3.6.4	Geomorfologia	44
3.6.5	Geologia	44
3.6.6	Pedologia.....	45
3.6.7	Caracterização climática.....	46
3.6.8	Regime pluviométrico	48
3.6.9	Tempo de recorrência.....	49
3.6.10	Tempo de concentração	50

3.6.11	Relação intensidade – Duração – Recorrência	50
3.6.12	Determinação de vazão de projeto	52
3.6.13	Características das bacias	54
3.6.14	Dimensionamento hidráulico de bueiros	54
3.6.15	Resultados	58
3.6.16	Fichas de bueiros	60
3.7	ESTUDOS GEOLÓGICO E GEOTÉCNICOS	65
3.7.1	Estudos Geológicos, Geomorfológicos e Pedológicos	65
3.7.2	Estudos Geotécnicos	74
3.8	ESTUDOS AMBIENTAIS	87
4	PROJETOS ELABORADOS	89
4.1	PROJETO GEOMÉTRICO	89
4.1.1	Características Técnicas	89
4.1.2	Traçado Planimétrico	90
4.1.3	Traçado Altimétrico	91
4.1.4	Seção Transversal	92
4.1.5	Superelevação e Superlargura	93
4.1.6	Dispositivo 04	95
4.2	PROJETO DE TERRAPLENAGEM	97
4.2.1	Cortes	97
4.2.2	Aterros	99
4.2.3	Serviços de limpeza e destocamento	100
4.2.4	Fator de homogeneização	100
4.2.5	Dep. De materiais excedentes e Áreas de empréstimo	101
4.2.6	Fundação de aterros e bueiros	102
4.2.7	Escavações extras	105
4.2.8	Distribuição Dos Volumes	107
4.3	PROJETO DE CONTENÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES	110
4.3.1	Estabilização de Taludes	110
4.3.2	Projeto de Contensões	134
4.4	PROJETO DE DRENAGEM	155
4.4.1	Cadastro e Diagnóstico dos Dispositivos Existentes	155
4.4.2	Obras de arte correntes	155
4.4.3	Drenagem superficial	161
4.4.4	Drenagem pluvial urbana	166
4.4.5	Drenagem Subterrânea	167

4.4.6	Análise de fundação de bueiros.....	172
4.4.7	Particularidades do segmento de projeto	172
4.4.8	Resultados.....	175
4.5	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	197
4.6	Parâmetros de tráfego dos Trechos	197
4.6.1	Estudos dos subleitos.....	198
4.6.2	Estudos das Jazidas.....	201
4.6.3	Dimensionamento dos Pavimentos	201
4.7	PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS	214
4.8	PROJETO DE SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA.....	215
4.8.1	Sinalização Horizontal	216
4.8.2	Sinalização Vertical	219
4.8.3	Dispositivos Auxiliares	226
4.8.4	Dispositivos de Segurança	228
4.9	PROJETO DE PAISAGISMO E OBRAS COMPLEMENTARES	230
4.9.1	Revestimento Vegetal.....	230
4.9.2	Calçadas em Concreto	233
4.9.3	Rampas de Acessibilidade	234
4.9.4	Cercas	235
4.10	PROJETO DE RELOCAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS	236
4.11	PROJETO DE ILUMINAÇÃO	237
4.11.1	Referências	238
4.11.2	Definições.....	238
4.11.3	Descrição geral.....	239
4.11.4	Cálculo luminotécnico.....	241
4.11.5	Dimensionamento dos condutores de distribuição	250
5	ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO	253
6	TERMO DE ENCERRAMENTO	258

1 APRESENTAÇÃO

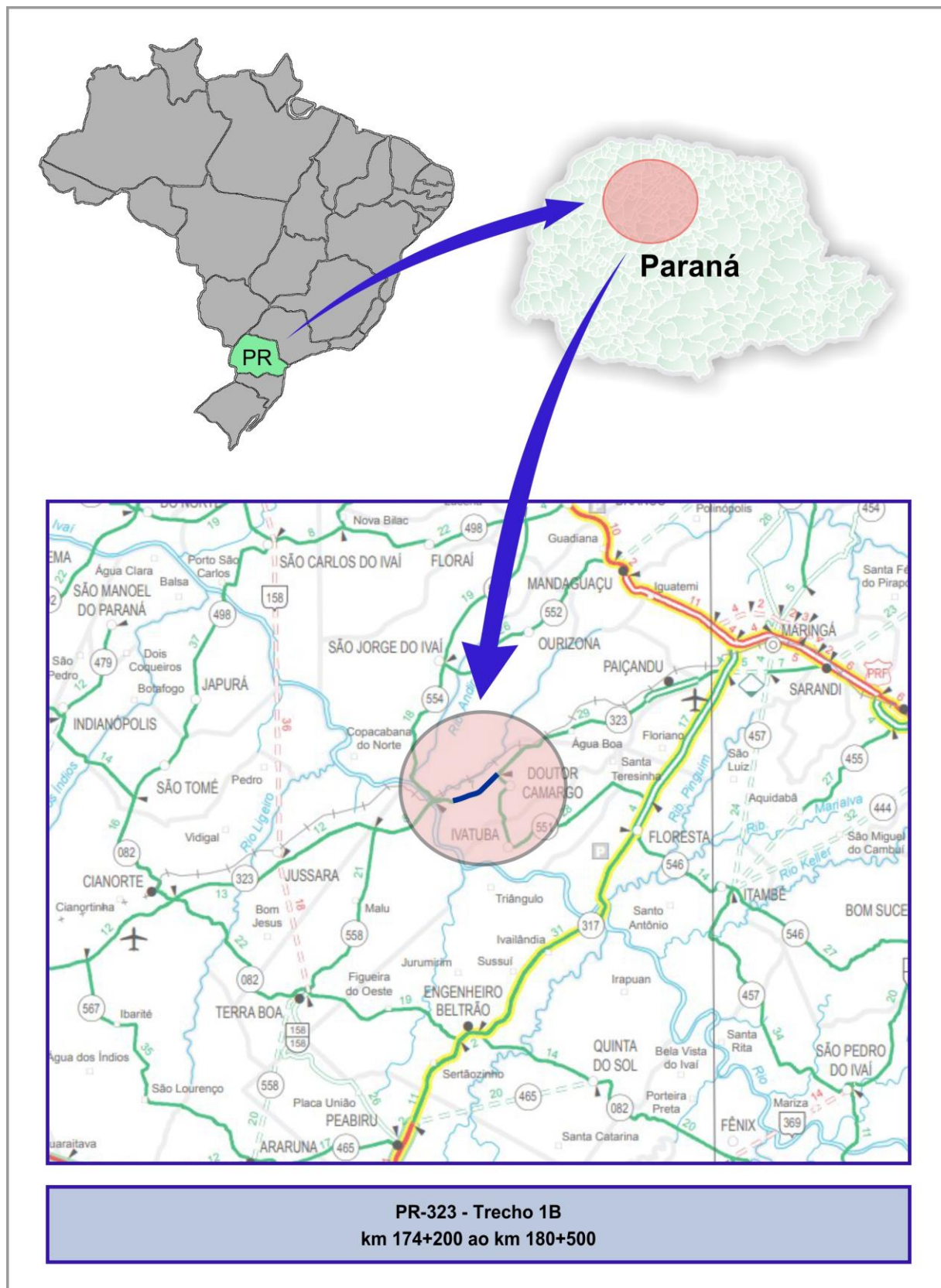
O presente volume tem por objetivo a apresentação do Projeto Executivo para duplicação da rodovia PR-323, através da duplicação da pista existente, implantação de interseção em desnível, implantação de vias marginais, acostamentos, passeios e demais intervenções necessárias no seguinte trecho:

- **Trecho 1B – Duplicação de 6,30 km da PR-323 (km 174,200 ao km 180,500), entre Dr. Camargo e Futura Variante do Rio Ivaí.**

Neste volume, denominado “Volume 3 – Memória Justificativa” são apresentadas as memórias dos estudos e projetos realizados.

Os estudos e projetos foram desenvolvidos seguindo o estabelecido nas normas e manuais de DER/PR e normas da ABNT, e quando não contemplados pelos anteriores, foram seguidos normas e manuais do DNIT.

2 MAPA DE SITUAÇÃO



3 ESTUDOS REALIZADOS

3.1 ESTUDOS DE TRAÇADO

O projeto se desenvolve na rodovia PR-323, na região Noroeste do Estado do Paraná, em relevo predominantemente ondulado. O trecho de duplicação tem início no km 174+200 e se desenvolve até o km 180+500, resultando em uma extensão total de projeto de 6.300,00 m.

A rodovia foi projetada com características técnicas de "Classe I-A" (classificação do DNIT) em região ondulada, velocidade diretriz de 80 km/h em sua linha geral.

A duplicação é integralmente pelo lado esquerdo da pista existente. Para o desenvolvimento do projeto geométrico, foi adotado preferencialmente o eixo paralelo ao da pista existente a uma distância de 15,20 m.

O traçado altimétrico da duplicação foi projetado buscando o menor desnível possível nos acessos particulares e de forma a não criar desnível excessivo entre pistas mantendo rampa máxima de 4,5%, atendendo aos requisitos de norma respectivos a classe de projeto.

Cabe observar que a pista existente possui rampas com inclinação superior a 4,5%, valor máximo recomendado por norma para rodovias Classe I com relevo ondulado, nas quais não se previu intervenções.

➤ Dispositivo 04

Localizado no km 174+600, o dispositivo consiste em uma interseção tipo diamante com readequação da linha geral.

Este dispositivo foi dimensionado para possibilitar que veículos de carga articulados (BT9), conhecido como Bitrem de 9 eixos, com comprimento total de 25 metros, não apresentem dificuldades de manobra em suas conversões.

Neste dispositivo foi projetado uma passagem superior garantindo o gabarito mínimo de 5,50 m, com esconsidade de 25° com a pista principal. Esta esconsidade se deve ao acompanhamento do alinhamento da via existente, e principal acesso de Dr. Camargo, que cruza a rodovia.

O ramo 300 do dispositivo 04 foi considerado uma via marginal, denominada de Marginal 1C. Com uma extensão de 1200 metros. O alinhamento da via com os confrontantes foi adequado a suprir acesso para as indústrias e comércio locais atendendo as demandas da região.

Além da interseção em desnível, foi projetado um retorno em nível, no km 179+900.

3.2 ESTUDOS DE TRÁFEGO

Os estudos de tráfego apresentados a seguir foram desenvolvidos com o objetivo de permitir a quantificação do tráfego solicitante e a definição dos parâmetros de tráfego necessários ao dimensionamento das soluções de pavimento propostas.

Para se alcançar os objetivos desejados, as seguintes atividades foram desenvolvidas:

- Execução e estudo de contagem volumétrica e classificatória;
- Determinação do tráfego médio diário anual (TMDA) para o ano das contagens realizadas;
- Definição do período de análise e do período de projeto a ser adotado no dimensionamento do pavimento;
- Definição da hipótese de expansão dos volumes de tráfego e projeção do TMDA;
- Definição das cargas por eixos e dos fatores de veículos aplicáveis à frota comercial circulante; e
- Cálculo dos parâmetros de tráfego aplicáveis ao dimensionamento do pavimento.

3.2.1 Distribuição dos Veículos

Os postos de pesquisa volumétrica e classificatória utilizados como base para este estudo foram operados na altura do km 159 da PR-323, para ambos os sentidos, caracterizando bem o tráfego a ser considerado no projeto por estarem em pontos estratégicos de circulação de veículos, assim denominados:

- S1: Maringá - Guaíra; e

-
- S2: Guaíra - Maringá.

Desta maneira foram classificados e quantificados (TMDA) os tipos de veículos e equiparados às classes de acordo com as recomendações normativas do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT/2006.

Os valores do “Número N” de operações do eixo padrão de 8,2 tf foram obtidos a partir da aplicação da fórmula preconizada pelo Manual de Estudos de Tráfego do DNIT/2006, onde o fator direcional (K) de 0,85 é aplicado para o caso de pista dupla com 2 faixas de tráfego, obtendo os valores de 85% do TMDA.

Tabela 1: Contagem e Projeção (2015-2021)

CONTAGEM E PROJEÇÃO - Sentido S1 - (Maringá-Guairá) - km 159											
TIPO DE VEÍCULO	TMDA 2015	TMDA 2016	TMDA 2017	TMDA 2018	TMDA 2019	TMDA 2020	TMDA 2021	CLASSE DNIT	% POR CLASSE DNIT	TMDA POR CLASSE DNIT (2021)	TMDA POR CLASSE DNIT (2021) - 85%
		PIB: -3.55%	PIB: 1.06%	PIB: 2.79%	PIB: 0.94%	PIB: 2.17%	PIB: 2.58%				
CAMINHÃO 2 EIXOS	310	310	313	317	320	327	335	2C	100%	335	285
CAMINHÃO 3 EIXOS	509	509	514	520	525	536	550	3C	48%	264	225
								3CD	48%	264	225
								2S1	4%	22	19
CAMINHÃO 4 EIXOS	42	42	42	43	43	44	45	4CD	6%	3	2
								2S2	72%	33	28
								2I2	1%	0	0
								3S1	1%	0	0
								2C2	19%	9	7
								2DL	1%	0	0
CAMINHÃO 5 EIXOS	137	137	138	140	141	144	148	2S3	80%	118	101
								2I1	1%	1	1
								2I3	1%	1	1
								3I2	3%	4	4
								3S2	6%	9	8
								2C3	4%	6	5
								3C2	1%	1	1
								2N3	1%	1	1
								3DL	1%	1	1
								2LD	1%	1	1
								2JD	1%	1	1
								3S3	83%	247	210
CAMINHÃO 6 EIXOS	275	275	278	281	284	290	297	3I1	1%	3	3
								3I3	5%	15	13
								2R4	1%	3	3
								3C3	2%	6	5
								4R2	1%	3	3
								2N4	1%	3	3
								2I4	1%	3	3
								2L4	1%	3	3
								3N3	1%	3	3
								3JD	1%	3	3
								3LD	1%	3	3
								2D4	1%	3	3
								3D4	96%	303	258
								4R3	1%	3	3
CAMINHÃO 7 EIXOS	292	292	295	298	301	308	316	3T4	1%	3	3
								3N4	1%	3	3
								3Q4	1%	3	3
								3J5	5%	0	0
CAMINHÃO 8 EIXOS	1	1	1	1	1	1	1	3V5	60%	1	1
								3P5	30%	0	0
								3M5	5%	0	0
								3T6	55%	7	6
CAMINHÃO 9 EIXOS	12	12	12	12	12	13	13	3M6	35%	5	4
								3Q6	4%	1	0
								3R6	3%	0	0
								3D6	3%	0	0
ÔNIBUS 2 EIXOS	56	56	57	57	58	59	61	2CB	100%	61	51
ÔNIBUS 3 EIXOS	25	25	25	26	26	26	27	3CB	100%	27	23
ÔNIBUS 4 EIXOS	1	1	1	1	1	1	1	4CB	100%	1	1
TOTAL	1660	1660	1678	1696	1712	1749	1795			1795	1525

CONTAGEM E PROJEÇÃO - Sentido S2 - (Guairá-Maringá) - km 159											
TIPO DE VEÍCULO	TMDA 2015	TMDA 2016	TMDA 2017	TMDA 2018	TMDA 2019	TMDA 2020	TMDA 2021	CLASSE DNIT	% POR CLASSE DNIT	TMDA POR CLASSE DNIT (2021)	TMDA POR CLASSE DNIT (2021) - 85%
		PIB: -3.55%	PIB: 1.06%	PIB: 2.79%	PIB: 0.94%	PIB: 2.17%	PIB: 2.58%				
CAMINHÃO 2 EIXOS	290	290	293	296	299	306	314	2C	100%	314	266
CAMINHÃO 3 EIXOS	472	472	477	482	487	497	510	3C	48%	245	208
								3CD	48%	245	208
								2S1	4%	20	17
CAMINHÃO 4 EIXOS	84	84	85	86	87	89	91	4CD	6%	5	5
								2S2	72%	65	56
								2I2	1%	1	1
								3S1	1%	1	1
								2C2	19%	17	15
								2DL	1%	1	1
								2S3	80%	105	89
CAMINHÃO 5 EIXOS	121	121	122	124	125	128	131	2I1	1%	1	1
								2I3	1%	1	1
								3I2	3%	4	3
								3S2	6%	8	7
								2C3	4%	5	4
								3C2	1%	1	1
								2N3	1%	1	1
								3DL	1%	1	1
								2LD	1%	1	1
								2JD	1%	1	1
CAMINHÃO 6 EIXOS	326	326	329	333	336	344	352	3S3	83%	293	249
								3I1	1%	4	3
								3I3	5%	18	15
								2R4	1%	4	3
								3C3	2%	7	6
								4R2	1%	4	3
								2N4	1%	4	3
								2J4	1%	4	3
								2L4	1%	4	3
								3N3	1%	4	3
								3JD	1%	4	3
								3LD	1%	4	3
CAMINHÃO 7 EIXOS	302	302	305	309	312	318	326	2D4	1%	4	3
								3D4	96%	313	266
								4R3	1%	3	3
								3T4	1%	3	3
								3N4	1%	3	3
CAMINHÃO 8 EIXOS	2	2	2	2	2	2	2	3Q4	1%	3	3
								3J5	5%	0	0
								3V5	60%	1	1
								3P5	30%	1	1
CAMINHÃO 9 EIXOS	16	16	16	16	17	17	17	3M5	5%	0	0
								3T6	55%	10	8
								3M6	35%	6	5
								3Q6	4%	1	1
								3R6	3%	1	0
								3D6	3%	1	0
ÔNIBUS 2 EIXOS	53	53	54	54	55	56	57	2CB	100%	57	49
ÔNIBUS 3 EIXOS	25	25	25	26	26	26	27	3CB	100%	27	23
ÔNIBUS 4 EIXOS	2	2	2	2	2	2	2	4CB	100%	2	2
TOTAL	1693	1693	1711	1730	1746	1784	1830			1830	1556

3.2.2 Número de Solicitações do Eixo Padrão

Para o cálculo do “Número N” o período de projeto é de 10 anos, com a abertura da pista ao tráfego definida para o ano de 2021. Desta forma adotou-se o TDMA (para o ano de 2021) no posto de contagem, a saber:

- Trecho 1B, utilizou-se o tráfego que corresponde ao ponto do km 159 – S2.

Em relação às taxas anuais de crescimento, utilizaram-se dados e estudos desenvolvidos em relação ao crescimento da economia do Brasil, que reflete diretamente no volume de tráfego de veículos comerciais. Assim, utilizou-se a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e suas expectativas taxas para anos seguintes, nas quais não se diferem para Veículos de carga e Ônibus.

A tabela a seguir sintetiza as taxas utilizadas do ano de contagem (2015) até o ano de projeto (2030):

Tabela 2: Taxas de Crescimento (2015-2030)

TAXA DE CRESCIMENTO									
Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023 - 2030
Carga	-3,55%	1,06%	1,12%	0,94%	2,17%	2,58%	2,59%	2,51%	2,50%
Ônibus	-3,55%	1,06%	1,12%	0,94%	2,17%	2,58%	2,59%	2,51%	2,50%

Com relação as cargas adotou-se a Resolução 526/15 de 29 de abril de 2015 do CONTRAN, a seguir sintetizada para cada tipo de eixo:

Tabela 3: Eixos x Cargas – Veículos Comerciais

EIXO TIPO	CARGA (t) VAZIO	CARGA (t) MEIA CARGA	CARGA (t) CARREGADO	CARGA (t) CARREGADO + 10%	CARGA (t) SOBRECARG A 12.5%
SRS	2,00	3,00	6,00	6,60	6,75
SRD	3,33	5,00	10,00	11,00	11,25
TD	5,67	8,50	17,00	18,70	19,13
TT	8,50	12,75	25,50	28,05	28,69
CED	4,00	6,00	12,00	13,20	13,50
TD (6)	4,50	6,75	13,50	14,85	15,19

Onde:

- VAZIO - Peso aproximado da tara dos eixos dos veículos, considerado 1/3 (um terço) do Peso Máximo por Eixo estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN;
- MEIA CARGA - Peso aproximado da tara dos eixos dos veículos mais uma parte de carga, considerado $\frac{1}{2}$ (um meio) do Peso Máximo por Eixo estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN;
- CARREGADO - Peso Máximo por Eixo, estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN;
- CARREGADO +10,0% - Peso Máximo por Eixo, estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN, com acréscimo de 10,0% no Peso Bruto Total (PBT), conforme Resolução 526/15 do CONTRAN; e
- SOBRECARGA 12,5% - Peso Máximo por Eixo, estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN, com acréscimo de 12,5% no Peso Bruto Total (PBT), conforme Resolução 526/15 do CONTRAN.

O cálculo dos fatores de veículos foi desenvolvido segundo as metodologias AASHTO e USACE, mediante emprego das expressões constantes da Publicação Manual de Estudos de Tráfego do DNIT/2006 e admitindo-se os seguintes percentuais de carregamento:

Tabela 4: Percentuais de Carregamento – Veículos Comerciais

% DE CARREGAMENTO	
VAZIO	5%
MEIA CARGA	10%
CARREGADO	60%
CARGA + 10.0%	20%
SOBRECARGA 12.5%	5%

Os valores do “Número N” de operações do eixo padrão de 8,2 tf foram obtidos a partir da aplicação da fórmula preconizada pelo Manual de Estudos de Tráfego do DNIT/2006:

$$N_i = 365 \times TMDA \times K \times FV \times FR$$

Onde,

- N - número equivalente de operações do eixo-padrão de 8,2t para o ano “i”;
- TMDA - volume médio diário anual de tráfego comercial (ônibus e caminhões) ocorrente;
- K - Fator Direcional, de 0,85 para o caso de pista dupla com 2 faixas por pista;
- FV - Fatores de Veículos da frota; e
- FR - Fator Climático Regional, igual a 1,0.

Na sequência são apresentadas as tabelas de determinação do “Número N” (AASHTO e USACE) que serão utilizados para o dimensionamento das estruturas dos pavimentos.

Tabela 5: Determinação do Número de Repetições de Eixo Padrão

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO REPETIÇÕES DE EIXO PADRÃO DE 8,2 ton - NÚMERO N								
TRECHO 1B								
VEÍCULO	VOLUME MÉDIO (V _M)	VOLUME DE PROJETO (V _P)	CARREGAMENTO		FATOR DE VEÍCULO (FV)		NÚMERO N	
					AASHTO	USACE	AASHTO	USACE
2C	299	1090703	VAZIO	54535	0,0236	0,0296	1,29E+03	1,61E+03
			M EIA CARGA	109070	0,1363	0,1508	1,49E+04	1,64E+04
			CARREGADO	654422	2,7218	3,5674	1,78E+06	2,33E+06
			CARGA + 10.0%	218141	4,1083	6,3780	8,96E+05	1,39E+06
			SOBRECARGA 12.5%	54535	4,5272	7,3175	2,47E+05	3,99E+05
3C	233	852102	VAZIO	42605	0,0202	0,0691	8,62E+02	2,94E+03
			M EIA CARGA	85210	0,1095	0,2856	9,33E+03	2,43E+04
			CARREGADO	511261	1,9697	8,8267	1,01E+06	4,51E+06
			CARGA + 10.0%	170420	2,9310	14,8255	5,00E+05	2,53E+06
			SOBRECARGA 12.5%	42605	3,2190	16,7550	1,37E+05	7,14E+05
3CD	233	852102	VAZIO	42605	0,0095	0,0329	4,06E+02	1,40E+03
			M EIA CARGA	85210	0,0523	0,1377	4,45E+03	1,17E+04
			CARREGADO	511261	0,9597	2,6927	4,91E+05	1,38E+06
			CARGA + 10.0%	170420	1,4324	4,4802	2,44E+05	7,64E+05
			SOBRECARGA 12.5%	42605	1,5743	5,0528	6,71E+04	2,15E+05
2S1	19	71009	VAZIO	3550	0,0444	0,0558	1,58E+02	1,98E+02
			M EIA CARGA	7101	0,2562	0,2844	1,82E+03	2,02E+03
			CARREGADO	42605	5,1162	6,8568	2,18E+05	2,92E+05
			CARGA + 10.0%	14202	7,7226	12,3484	1,10E+05	1,75E+05
			SOBRECARGA 12.5%	3550	8,5099	14,1888	3,02E+04	5,04E+04
4CD	5	18956	VAZIO	948	0,0215	0,0853	2,04E+01	8,09E+01
			M EIA CARGA	1896	0,1152	0,3486	2,18E+02	6,61E+02
			CARREGADO	11373	2,0307	9,8146	2,31E+04	1,12E+05
			CARGA + 10.0%	3791	3,0132	16,5527	1,14E+04	6,28E+04
			SOBRECARGA 12.5%	948	3,3069	18,7237	3,13E+03	1,78E+04
2S2	62	227468	VAZIO	11373	0,0410	0,0953	4,67E+02	1,08E+03
			M EIA CARGA	22747	0,2294	0,4192	5,22E+03	9,54E+03
			CARREGADO	136481	4,3642	12,1162	5,96E+05	1,65E+06
			CARGA + 10.0%	45494	6,5453	20,7959	2,98E+05	9,46E+05
			SOBRECARGA 12.5%	11373	7,2017	23,6264	8,19E+04	2,69E+05
2I2	1	3159	VAZIO	158	0,0652	0,0820	1,03E+01	1,30E+01
			M EIA CARGA	316	0,3760	0,4180	1,19E+02	1,32E+02
			CARREGADO	1896	7,5106	10,1463	1,42E+04	1,92E+04
			CARGA + 10.0%	632	11,3368	18,3188	7,16E+03	1,16E+04
			SOBRECARGA 12.5%	158	12,4926	21,0602	1,97E+03	3,33E+03
3S1	1	3573	VAZIO	179	0,0410	0,0953	7,34E+00	1,71E+01
			M EIA CARGA	357	0,2294	0,4192	8,19E+01	1,50E+02
			CARREGADO	2144	4,3642	12,1162	9,36E+03	2,60E+04
			CARGA + 10.0%	715	6,5453	20,7959	4,68E+03	1,49E+04
			SOBRECARGA 12.5%	179	7,2017	23,6264	1,29E+03	4,23E+03

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO REPETIÇÕES DE EIXO PADRÃO DE 8,2 ton - NÚMERO N								
TRECHO 1B								
VEÍCULO	VOLUME MÉDIO (V _M)	VOLUME DE PROJETO (V _P)	CARREGAMENTO		FATOR DE VEÍCULO (FV)		NÚMERO N	
					AASHTO	USACE	AASHTO	USACE
2C2	16	60026	VAZIO	3001	0,0652	0,0820	1,96E+02	2,46E+02
			MEIA CARGA	6003	0,3760	0,4180	2,26E+03	2,51E+03
			CARREGADO	36016	7,5106	10,1463	2,71E+05	3,65E+05
			CARGA +10.0%	12005	11,3368	18,3188	1,36E+05	2,20E+05
			SOBRECARGA 2.5%	3001	12,4926	21,0602	3,75E+04	6,32E+04
2DL	1	3159	VAZIO	158	0,0652	0,0820	1,03E+01	1,30E+01
			MEIA CARGA	316	0,3760	0,4180	1,19E+02	1,32E+02
			CARREGADO	1896	7,5106	10,1463	1,42E+04	1,92E+04
			CARGA +10.0%	632	11,3368	18,3188	7,16E+03	1,16E+04
			SOBRECARGA 2.5%	158	12,4926	21,0602	1,97E+03	3,33E+03
2S3	100	364069	VAZIO	18203	0,0388	0,1350	7,06E+02	2,46E+03
			MEIA CARGA	36407	0,2200	0,5618	8,01E+03	2,05E+04
			CARREGADO	218441	4,2817	12,8672	9,35E+05	2,81E+06
			CARGA +10.0%	72814	6,4406	22,2050	4,69E+05	1,62E+06
			SOBRECARGA 2.5%	18203	7,0914	25,2585	1,29E+05	4,60E+05
2I1	1	4551	VAZIO	228	0,0618	0,1215	1,41E+01	2,77E+01
			MEIA CARGA	455	0,3493	0,5528	1,59E+02	2,52E+02
			CARREGADO	2731	6,7586	15,4056	1,85E+04	4,21E+04
			CARGA +10.0%	910	10,1595	26,7663	9,25E+03	2,44E+04
			SOBRECARGA 2.5%	228	11,1844	30,4978	2,55E+03	6,95E+03
2I3	1	4551	VAZIO	228	0,0860	0,1082	1,96E+01	2,47E+01
			MEIA CARGA	455	0,4959	0,5516	2,26E+02	2,51E+02
			CARREGADO	2731	9,9050	13,4358	2,71E+04	3,67E+04
			CARGA +10.0%	910	14,9511	24,2892	1,36E+04	2,21E+04
			SOBRECARGA 2.5%	228	16,4753	27,9316	3,76E+03	6,37E+03
3I2	4	13653	VAZIO	683	0,0618	0,1215	4,22E+01	8,30E+01
			MEIA CARGA	1365	0,3493	0,5528	4,77E+02	7,55E+02
			CARREGADO	8192	6,7586	15,4056	5,54E+04	1,26E+05
			CARGA +10.0%	2731	10,1595	26,7663	2,77E+04	7,31E+04
			SOBRECARGA 2.5%	683	11,1844	30,4978	7,64E+03	2,08E+04
3S2	7	27305	VAZIO	1365	0,0376	0,1347	5,13E+01	1,84E+02
			MEIA CARGA	2731	0,2027	0,5541	5,54E+02	1,51E+03
			CARREGADO	16383	3,6121	17,3755	5,92E+04	2,85E+05
			CARGA +10.0%	5461	5,3680	29,2434	2,93E+04	1,60E+05
			SOBRECARGA 2.5%	1365	5,8935	33,0640	8,04E+03	4,51E+04
2C3	5	18203	VAZIO	910	0,0618	0,1215	5,63E+01	1,11E+02
			MEIA CARGA	1820	0,3493	0,5528	6,36E+02	1,01E+03
			CARREGADO	10922	6,7586	15,4056	7,38E+04	1,68E+05
			CARGA +10.0%	3641	10,1595	26,7663	3,70E+04	9,75E+04
			SOBRECARGA 2.5%	910	11,1844	30,4978	1,02E+04	2,78E+04

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO REPETIÇÕES DE EIXO PADRÃO DE 8,2 ton - NÚMERO N								
TRECHO 1B								
VEÍCULO	VOLUME MÉDIO (V _M)	VOLUME DE PROJETO (V _P)	CARREGAMENTO		FATOR DE VEÍCULO (FV)		NÚMERO N	
					AASHTO	USACE	AASHTO	USACE
3C2	1	4551	VAZIO	228	0,0618	0,1215	1,41E+01	2,77E+01
			MEIA CARGA	455	0,3493	0,5528	1,59E+02	2,52E+02
			CARREGADO	2731	6,7586	15,4056	1,85E+04	4,21E+04
			CARGA + 10.0%	910	10,1595	26,7663	9,25E+03	2,44E+04
			SOBRE CARGA 12.5%	228	11,1844	30,4978	2,55E+03	6,95E+03
2N3	1	4551	VAZIO	228	0,0860	0,1082	1,96E+01	2,47E+01
			MEIA CARGA	455	0,4959	0,5516	2,26E+02	2,51E+02
			CARREGADO	2731	9,9050	13,4358	2,71E+04	3,67E+04
			CARGA + 10.0%	910	14,9511	24,2892	1,36E+04	2,21E+04
			SOBRE CARGA 12.5%	228	16,4753	27,9316	3,76E+03	6,37E+03
3DL	1	4551	VAZIO	228	0,0618	0,1215	1,41E+01	2,77E+01
			MEIA CARGA	455	0,3493	0,5528	1,59E+02	2,52E+02
			CARREGADO	2731	6,7586	15,4056	1,85E+04	4,21E+04
			CARGA + 10.0%	910	10,1595	26,7663	9,25E+03	2,44E+04
			SOBRE CARGA 12.5%	228	11,1844	30,4978	2,55E+03	6,95E+03
2LD	1	4551	VAZIO	228	0,0618	0,1215	1,41E+01	2,77E+01
			MEIA CARGA	455	0,3493	0,5528	1,59E+02	2,52E+02
			CARREGADO	2731	6,7586	15,4056	1,85E+04	4,21E+04
			CARGA + 10.0%	910	10,1595	26,7663	9,25E+03	2,44E+04
			SOBRE CARGA 12.5%	228	11,1844	30,4978	2,55E+03	6,95E+03
2JD	1	4551	VAZIO	228	0,0618	0,1215	1,41E+01	2,77E+01
			MEIA CARGA	455	0,3493	0,5528	1,59E+02	2,52E+02
			CARREGADO	2731	6,7586	15,4056	1,85E+04	4,21E+04
			CARGA + 10.0%	910	10,1595	26,7663	9,25E+03	2,44E+04
			SOBRE CARGA 12.5%	228	11,1844	30,4978	2,55E+03	6,95E+03
3S3	279	1017664	VAZIO	50883	0,0354	0,1745	1,80E+03	8,88E+03
			MEIA CARGA	101766	0,1932	0,6967	1,97E+04	7,09E+04
			CARREGADO	610598	3,5296	18,1265	2,16E+06	1,11E+07
			CARGA + 10.0%	203533	5,2633	30,6525	1,07E+06	6,24E+06
			SOBRE CARGA 12.5%	50883	5,7833	34,6961	2,94E+05	1,77E+06
3I1	3	12261	VAZIO	613	0,0584	0,1609	3,58E+01	9,87E+01
			MEIA CARGA	1226	0,3226	0,6877	3,95E+02	8,43E+02
			CARREGADO	7357	6,0065	20,6650	4,42E+04	1,52E+05
			CARGA + 10.0%	2452	8,9822	35,2138	2,20E+04	8,63E+04
			SOBRE CARGA 12.5%	613	9,8763	39,9353	6,05E+03	2,45E+04
3I3	17	61305	VAZIO	3065	0,0826	0,1477	2,53E+02	4,53E+02
			MEIA CARGA	6131	0,4692	0,6864	2,88E+03	4,21E+03
			CARREGADO	36783	9,1530	18,6951	3,37E+05	6,88E+05
			CARGA + 10.0%	12261	13,7737	32,7367	1,69E+05	4,01E+05
			SOBRE CARGA 12.5%	3065	15,1672	37,3691	4,65E+04	1,15E+05

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO REPETIÇÕES DE EIXO PADRÃO DE 8,2 ton - NÚMERO N								
TRECHO 1B								
VEÍCULO	VOLUME MÉDIO (V _M)	VOLUME DE PROJETO (V _P)	CARREGAMENTO		FACTOR DE VEÍCULO (FV)		NÚMERO N	
					AASHTO	USACE	AASHTO	USACE
2R4	3	12261	VA ZIO	613	0,0584	0,1609	3,58E+01	9,87E+01
			MEIA CARGA	1226	0,3226	0,6877	3,95E+02	8,43E+02
			CARREGADO	7357	6,0065	20,6650	4,42E+04	1,52E+05
			CARGA +10.0%	2452	8,9822	35,2138	2,20E+04	8,63E+04
			SOBRECARGA 12.5%	613	9,8763	39,9353	6,05E+03	2,45E+04
3C3	7	24522	VA ZIO	1226	0,0584	0,1609	7,16E+01	1,97E+02
			MEIA CARGA	2452	0,3226	0,6877	7,91E+02	1,69E+03
			CARREGADO	14713	6,0065	20,6650	8,84E+04	3,04E+05
			CARGA +10.0%	4904	8,9822	35,2138	4,40E+04	1,73E+05
			SOBRECARGA 12.5%	1226	9,8763	39,9353	1,21E+04	4,90E+04
4R2	3	12261	VA ZIO	613	0,0631	0,1377	3,87E+01	8,44E+01
			MEIA CARGA	1226	0,3549	0,6158	4,35E+02	7,55E+02
			CARREGADO	7357	6,8196	16,3935	5,02E+04	1,21E+05
			CARGA +10.0%	2452	10,2416	28,4935	2,51E+04	6,99E+04
			SOBRECARGA 12.5%	613	11,2724	32,4664	6,91E+03	1,99E+04
2N4	3	12261	VA ZIO	613	0,0826	0,1477	5,07E+01	9,05E+01
			MEIA CARGA	1226	0,4692	0,6864	5,75E+02	8,42E+02
			CARREGADO	7357	9,1530	18,6951	6,73E+04	1,38E+05
			CARGA +10.0%	2452	13,7737	32,7367	3,38E+04	8,03E+04
			SOBRECARGA 12.5%	613	15,1672	37,3691	9,30E+03	2,29E+04
2J4	3	12261	VA ZIO	613	0,0826	0,1477	5,07E+01	9,05E+01
			MEIA CARGA	1226	0,4692	0,6864	5,75E+02	8,42E+02
			CARREGADO	7357	9,1530	18,6951	6,73E+04	1,38E+05
			CARGA +10.0%	2452	13,7737	32,7367	3,38E+04	8,03E+04
			SOBRECARGA 12.5%	613	15,1672	37,3691	9,30E+03	2,29E+04
2L4	3	12261	VA ZIO	613	0,0826	0,1477	5,07E+01	9,05E+01
			MEIA CARGA	1226	0,4692	0,6864	5,75E+02	8,42E+02
			CARREGADO	7357	9,1530	18,6951	6,73E+04	1,38E+05
			CARGA +10.0%	2452	13,7737	32,7367	3,38E+04	8,03E+04
			SOBRECARGA 12.5%	613	15,1672	37,3691	9,30E+03	2,29E+04
3N3	3	12261	VA ZIO	613	0,0826	0,1477	5,07E+01	9,05E+01
			MEIA CARGA	1226	0,4692	0,6864	5,75E+02	8,42E+02
			CARREGADO	7357	9,1530	18,6951	6,73E+04	1,38E+05
			CARGA +10.0%	2452	13,7737	32,7367	3,38E+04	8,03E+04
			SOBRECARGA 12.5%	613	15,1672	37,3691	9,30E+03	2,29E+04
3JD	3	12261	VA ZIO	613	0,0584	0,1609	3,58E+01	9,87E+01
			MEIA CARGA	1226	0,3226	0,6877	3,95E+02	8,43E+02
			CARREGADO	7357	6,0065	20,6650	4,42E+04	1,52E+05
			CARGA +10.0%	2452	8,9822	35,2138	2,20E+04	8,63E+04
			SOBRECARGA 12.5%	613	9,8763	39,9353	6,05E+03	2,45E+04

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO REPETIÇÕES DE EIXO PADRÃO DE 8,2 ton - NÚMERO N								
TRECHO 1B								
VEÍCULO	VOLUME MÉDIO (V _M)	VOLUME DE PROJETO (V _P)	CARREGAMENTO		FATOR DE VEÍCULO (FV)		NÚMERO N	
					AASHTO	USACE	AASHTO	USACE
3LD	3	12261	VAZIO	613	0,0584	0,1609	3,58E+01	9,87E+01
			MEIA CARGA	1226	0,3226	0,6877	3,95E+02	8,43E+02
			CARREGADO	7357	6,0065	20,6650	4,42E+04	1,52E+05
			CARGA +10.0%	2452	8,9822	35,2138	2,20E+04	8,63E+04
			SOBRECARGA 12.5%	613	9,8763	39,9353	6,05E+03	2,45E+04
2D4	3	12261	VAZIO	613	0,0584	0,1609	3,58E+01	9,87E+01
			MEIA CARGA	1226	0,3226	0,6877	3,95E+02	8,43E+02
			CARREGADO	7357	6,0065	20,6650	4,42E+04	1,52E+05
			CARGA +10.0%	2452	8,9822	35,2138	2,20E+04	8,63E+04
			SOBRECARGA 12.5%	613	9,8763	39,9353	6,05E+03	2,45E+04
3D4	299	1090402	VAZIO	54520	0,0550	0,2004	3,00E+03	1,09E+04
			MEIA CARGA	109040	0,2959	0,8226	3,23E+04	8,97E+04
			CARREGADO	654241	5,2545	25,9243	3,44E+06	1,70E+07
			CARGA +10.0%	218080	7,8049	43,6613	1,70E+06	9,52E+06
			SOBRECARGA 12.5%	54520	8,5681	49,3729	4,67E+05	2,69E+06
4R3	3	11358	VAZIO	568	0,0597	0,1772	3,39E+01	1,01E+02
			MEIA CARGA	1136	0,3282	0,7506	3,73E+02	8,53E+02
			CARREGADO	6815	6,0676	21,6528	4,14E+04	1,48E+05
			CARGA +10.0%	2272	9,0643	36,9410	2,06E+04	8,39E+04
			SOBRECARGA 12.5%	568	9,9642	41,9040	5,66E+03	2,38E+04
3T4	3	11358	VAZIO	568	0,0550	0,2004	3,12E+01	1,14E+02
			MEIA CARGA	1136	0,2959	0,8226	3,36E+02	9,34E+02
			CARREGADO	6815	5,2545	25,9243	3,58E+04	1,77E+05
			CARGA +10.0%	2272	7,8049	43,6613	1,77E+04	9,92E+04
			SOBRECARGA 12.5%	568	8,5681	49,3729	4,87E+03	2,80E+04
3N4	3	11358	VAZIO	568	0,0792	0,1872	4,50E+01	1,06E+02
			MEIA CARGA	1136	0,4425	0,8213	5,03E+02	9,33E+02
			CARREGADO	6815	8,4010	23,9544	5,73E+04	1,63E+05
			CARGA +10.0%	2272	12,5964	41,1842	2,86E+04	9,36E+04
			SOBRECARGA 12.5%	568	13,8590	46,8067	7,87E+03	2,66E+04
3Q4	3	11272	VAZIO	564	0,1034	0,1739	5,83E+01	9,81E+01
			MEIA CARGA	1127	0,5891	0,8200	6,64E+02	9,24E+02
			CARREGADO	6763	11,5474	21,9846	7,81E+04	1,49E+05
			CARGA +10.0%	2254	17,3880	38,7071	3,92E+04	8,72E+04
			SOBRECARGA 12.5%	564	19,1499	44,2405	1,08E+04	2,50E+04
3J5	0	553	VAZIO	28	0,0758	0,2266	2,12E+00	6,35E+00
			MEIA CARGA	55	0,4157	0,9561	2,29E+01	5,26E+01
			CARREGADO	332	7,6489	29,2138	2,54E+03	9,70E+03
			CARGA +10.0%	111	11,4191	49,6317	1,27E+03	5,51E+03
			SOBRECARGA 12.5%	28	12,5508	56,2443	3,51E+02	1,57E+03

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO REPETIÇÕES DE EIXO PADRÃO DE 8,2 ton - NÚMERO N								
TRECHO 1B								
VEÍCULO	VOLUME MÉDIO (V _M)	VOLUME DE PROJETO (V _P)	CARREGAMENTO		FATOR DE VEÍCULO (FV)		NÚMERO N	
					AASHTO	USACE	AASHTO	USACE
3V5	1	4513	VAZIO	226	0,0527	0,2402	1,19E+01	5,43E+01
			MEIA CARGA	451	0,2864	0,9652	1,29E+02	4,35E+02
			CARREGADO	2708	5,1720	26,6753	1,40E+04	7,22E+04
			CARGA +10,0%	903	7,7002	45,0705	6,95E+03	4,07E+04
			SOBRECARGA 12,5%	226	8,4578	51,0050	1,91E+03	1,15E+04
3P5	1	2257	VAZIO	113	0,0527	0,2402	5,96E+00	2,71E+01
			MEIA CARGA	226	0,2864	0,9652	6,47E+01	2,18E+02
			CARREGADO	1354	5,1720	26,6753	7,00E+03	3,61E+04
			CARGA +10,0%	451	7,7002	45,0705	3,47E+03	2,03E+04
			SOBRECARGA 12,5%	113	8,4578	51,0050	9,56E+02	5,76E+03
3M5	0	553	VAZIO	28	0,1000	0,2134	2,80E+00	5,97E+00
			MEIA CARGA	55	0,5623	0,9549	3,09E+01	5,25E+01
			CARREGADO	332	10,7954	27,2439	3,58E+03	9,04E+03
			CARGA +10,0%	111	16,2107	47,1546	1,80E+03	5,23E+03
			SOBRECARGA 12,5%	28	17,8417	53,6781	5,00E+02	1,50E+03
3T6	9	33097	VAZIO	1655	0,0724	0,2661	1,20E+02	4,40E+02
			MEIA CARGA	3310	0,3890	1,0910	1,29E+03	3,61E+03
			CARREGADO	19858	6,8969	34,4731	1,37E+05	6,85E+05
			CARGA +10,0%	6619	10,2418	58,0793	6,78E+04	3,84E+05
			SOBRECARGA 12,5%	1655	11,2426	65,6818	1,86E+04	1,09E+05
3M6	6	21062	VAZIO	1053	0,0505	0,2800	5,32E+01	2,95E+02
			MEIA CARGA	2106	0,2770	1,1078	5,83E+02	2,33E+03
			CARREGADO	12637	5,0895	27,4263	6,43E+04	3,47E+05
			CARGA +10,0%	4212	7,5955	46,4796	3,20E+04	1,96E+05
			SOBRECARGA 12,5%	1053	8,3475	52,6372	8,79E+03	5,54E+04
3Q6	1	2407	VAZIO	120	0,0505	0,2800	6,06E+00	3,36E+01
			MEIA CARGA	241	0,2770	1,1078	6,68E+01	2,67E+02
			CARREGADO	1444	5,0895	27,4263	7,35E+03	3,96E+04
			CARGA +10,0%	481	7,5955	46,4796	3,65E+03	2,24E+04
			SOBRECARGA 12,5%	120	8,3475	52,6372	1,00E+03	6,32E+03
3R6	0	1805	VAZIO	90	0,0724	0,2661	6,51E+00	2,40E+01
			MEIA CARGA	181	0,3890	1,0910	7,04E+01	1,97E+02
			CARREGADO	1083	6,8969	34,4731	7,47E+03	3,73E+04
			CARGA +10,0%	361	10,2418	58,0793	3,70E+03	2,10E+04
			SOBRECARGA 12,5%	90	11,2426	65,6818	1,01E+03	5,91E+03
3D6	1	2542	VAZIO	127	0,1208	0,2396	1,53E+01	3,04E+01
			MEIA CARGA	254	0,6822	1,0885	1,73E+02	2,76E+02
			CARREGADO	1525	13,1898	30,5334	2,01E+04	4,66E+04
			CARGA +10,0%	508	19,8249	53,1250	1,01E+04	2,70E+04
			SOBRECARGA 12,5%	127	21,8244	60,5495	2,77E+03	7,69E+03

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO REPETIÇÕES DE EIXO PADRÃO DE 8,2 ton - NÚMERO N								
TRECHO 1B								
VEÍCULO	VOLUME MÉDIO (V _M)	VOLUME DE PROJETO (V _P)	CARREGAMENTO		FATOR DE VEÍCULO (FV)		NÚMERO N	
					AASHTO	USACE	AASHTO	USACE
2CB	55	199335	VAZIO	9967	0,0236	0,0296	2,36E+02	2,95E+02
			MEIA CARGA	19934	0,1363	0,1508	2,72E+03	3,01E+03
			CARREGADO	119601	2,7218	3,5674	3,26E+05	4,27E+05
			CARGA +10.0%	39867	4,1083	6,3780	1,64E+05	2,54E+05
			SOBRECARGA 12.5%	9967	4,5272	7,3175	4,51E+04	7,29E+04
3CB	26	94026	VAZIO	4701	0,0095	0,0329	4,48E+01	1,55E+02
			MEIA CARGA	9403	0,0523	0,1377	4,91E+02	1,30E+03
			CARREGADO	56416	0,9597	2,6927	5,41E+04	1,52E+05
			CARGA +10.0%	18805	1,4324	4,4802	2,69E+04	8,42E+04
			SOBRECARGA 12.5%	4701	1,5743	5,0528	7,40E+03	2,38E+04
4CB	2	7522	VAZIO	376	0,0108	0,0491	4,06E+00	1,85E+01
			MEIA CARGA	752	0,0579	0,2007	4,35E+01	1,51E+02
			CARREGADO	4513	1,0208	3,6805	4,61E+03	1,66E+04
			CARGA +10.0%	1504	1,5146	6,2074	2,28E+03	9,34E+03
			SOBRECARGA 12.5%	376	1,6623	7,0215	6,25E+02	2,64E+03
NÚMERO N							2,16E+07	8,21E+07

Resumindo os “Números N” (AASHTO e USACE) para o Trecho 1B são apresentadas a seguir:

Tabela 6: Resumo Número “N”

RESUMO "NÚMERO N"		
POSTO DE CONTAGEM	AASHTO	USACE
Trecho 1B	2,16E+07	8,21E+07

Também houve a necessidade de se determinar o “Número N” de dispositivos, como: Interseções e Retornos. Para a determinação do volume de tráfego nestes dispositivos, que serão implantados, se estabeleceu um percentual em relação ao tráfego da linha geral, a saber:

- Interseções e Retornos igual a cem por cento da Linha Geral do ano de 2020 e cinquenta por cento da Linha Geral a partir do ano de abertura, ano de 2021. Este critério baseia-se na premissa de que o tráfego da pista será direcionado

para as alças das interseções quando forem executadas as obras na pista (linha geral), ou seja, estes dispositivos serão utilizados no “desvio de tráfego”.

Na tabela a seguir são apresentados de forma sintética os valores de “Número N” obtidos para cada caso:

Tabela 7: Resumo Número “N” por tipo de melhoria

LOCAIS	TRECHO 1B	
	N AASHTO	N USACE
LINHA GERAL	2,16E+07	8,21E+07
INTERSEÇÕES/RETORNOS	1,49E+07	5,66E+07

3.3 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE RODOVIAS

A avaliação econômica de rodovia foi desenvolvida de modo a definir o tipo de estrutura a ser considerada no projeto de pavimentação. Salienta-se que tal avaliação decorre por ocasião do projeto original.

A avaliação econômica da solução técnica adotada (AESTA) é a análise comparativa entre os custos e/ou premissas previstas e obtidas com base em dados reais e recentes de projetos de engenharia. A AESTA verifica se a alternativa definida tecnicamente é economicamente viável.

Destaca-se que o projeto de duplicação da rodovia PR-323 engloba um conjunto de melhoramentos introduzidos em uma rodovia existente, compreendendo alterações de características geométrica do traçado e da seção transversal, alargamento de plataforma e de acostamentos, duplicação de pista, construção ou ampliação de vias laterais, implantação de faixas adicionais, construção ou modificação de interseções e acessos, incorporação ou modificação ou reforço de obras de arte especiais e melhorias de drenagem. Tem por objetivo suprimir pontos críticos, melhorar a funcionalidade operacional, aumentar a fluidez e a segurança de tráfego de veículos e de pedestres.

O embasamento técnico da Avaliação Econômica de Rodovias foi desenvolvido e justificado com a avaliação dos Estudos de Tráfego e Premissas utilizadas no Projeto de Pavimentação, a saber.

3.3.1 Estudos de Tráfego

Os estudos de tráfego realizados foram desenvolvidos com o objetivo de permitir a quantificação do tráfego solicitante e a definição dos parâmetros de tráfego necessários ao dimensionamento das soluções propostas.

Destaca-se que para alcançar os objetivos desejados, as seguintes atividades foram desenvolvidas:

- Execução e estudo de contagem volumétrica e classificatória;
- Determinação do tráfego médio diário anual (TMDA) para o ano das contagens realizadas;
- Definição do período de análise e do período de projeto a ser adotado no dimensionamento do pavimento;
- Definição da hipótese de expansão dos volumes de tráfego e projeção do TMDA;
- Definição das cargas por eixos e dos fatores de veículos aplicáveis à frota comercial circulante; e
- Cálculo dos parâmetros de tráfego aplicáveis ao dimensionamento do pavimento.

Com base na determinação e caracterização do tráfego existente (atual) determinou-se o tráfego futuro para um horizonte de projeto igual a 10 anos.

Em relação às taxas anuais de crescimento, utilizaram-se dados e estudos desenvolvidos em relação ao crescimento da economia do Brasil, que reflete diretamente no volume de tráfego de veículos comerciais. Assim, utilizou-se a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e suas expectativas taxas para anos seguintes, nas quais não se diferem para Veículos de carga e Ônibus. A tabela a seguir sintetiza as taxas utilizadas do ano de contagem (2015) até o ano de projeto (2029):

Tabela 8: Taxas de Crescimento (2015-2030)

TAXA DE CRESCIMENTO									
Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023 - 2030
Carga	-3,55%	1,06%	1,12%	0,94%	2,17%	2,58%	2,59%	2,51%	2,50%
Ônibus	-3,55%	1,06%	1,12%	0,94%	2,17%	2,58%	2,59%	2,51%	2,50%

Os valores do “Número N” de operações do eixo padrão de 8,2 tf foram obtidos a partir da aplicação da fórmula preconizada pelo Manual de Estudos de Tráfego do DNIT/2006, onde o fator direcional (K) de 0,85 é aplicado para o caso de pista dupla com 2 faixas de tráfego, obtendo os valores de 85% do TMDA.

Com relação as cargas adotou-se a Resolução 526/15 de 29 de abril de 2015 do CONTRAN, a seguir sintetizada para cada tipo de eixo:

Tabela 9: Eixos x Cargas – Veículos Comerciais

EIXO TIPO	CARGA (t) VAZIO	CARGA (t) MEIA CARGA	CARGA (t) CARREGADO	CARGA (t) CARREGADO + 10%	CARGA (t) SOBRECARGA 12.5%
SRS	2,00	3,00	6,00	6,60	6,75
SRD	3,33	5,00	10,00	11,00	11,25
TD	5,67	8,50	17,00	18,70	19,13
TT	8,50	12,75	25,50	28,05	28,69
CED	4,00	6,00	12,00	13,20	13,50
TD (6)	4,50	6,75	13,50	14,85	15,19

Onde:

- VAZIO - Peso aproximado da tara dos eixos dos veículos, considerado 1/3 (um terço) do Peso Máximo por Eixo estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN;
- MEIA CARGA - Peso aproximado da tara dos eixos dos veículos mais uma parte de carga, considerado $\frac{1}{2}$ (um meio) do Peso Máximo por Eixo estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN;
- CARREGADO - Peso Máximo por Eixo, estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN;

- CARREGADO +10,0% - Peso Máximo por Eixo, estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN, com acréscimo de 10,0% no Peso Bruto Total (PBT), conforme Resolução 526/15 do CONTRAN; e
- SOBRECARGA 12,5% - Peso Máximo por Eixo, estabelecido pela Resolução 210/06 do CONTRAN, com acréscimo de 12,5% no Peso Bruto Total (PBT), conforme Resolução 526/15 do CONTRAN.

O cálculo dos fatores de veículos foi desenvolvido segundo as metodologias AASHTO e USACE, mediante emprego das expressões constantes da Publicação Manual de Estudos de Tráfego do DNIT/2006 e admitindo-se os seguintes percentuais de carregamento:

Tabela 10: Percentuais de Carregamento – Veículos Comerciais

% DE CARREGAMENTO	
VAZIO	5%
MEIA CARGA	10%
CARREGADO	60%
CARGA + 10.0%	20%
SOBRECARGA 12.5%	5%

Por fim, utilizou-se como referência o documento IP - 02/2004 CLASSIFICAÇÃO DA VIAS da Prefeitura de São Paulo. Neste, o objetivo desse documento é apresentar as diretrizes para a classificação de vias em função do tráfego, da geometria e do uso do solo do entorno de vias urbanas da Prefeitura do Município de São Paulo. Salienta-se que tal documento foi utilizado de modo a obter parâmetros correlatos na estimativa dos Volumes Médios Diários Anuais.

Em específico, utilizou-se o QUADRO 2.1 - Classificação das vias e parâmetros de tráfego, para a avaliação e comparação do Número “N” determinado nos estudos de tráfego do projeto em questão.

Tabela 11: Quadro 2.1 - IP – 02/2004 CLASSIFICAÇÃO DA VIAS

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente / Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/ Ônibus			
Via local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	10^5
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	5×10^5
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	2×10^6
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	2×10^7
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	5×10^7
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3×10^6 ⁽¹⁾	10^7
	VOLUME PESADO	12		> 500		5×10^7	5×10^7

De modo geral, a avaliação realizada considerando apenas os parâmetros de tráfego permite estabelecer que não há mudanças e/ou alterações significativas que impactem diretamente nas estruturas dos pavimentos.

Resta, portanto, saber se há interferências econômicas devido ao Projeto de Pavimentação.

3.3.2 Projeto de Pavimentação

O projeto de pavimentação seguiu as considerações a saber:

- Parâmetros de tráfego;
- Características geotécnicas dos materiais ocorrentes no subleito e ocorrências de materiais selecionadas ao longo dos trechos;
- Disponibilidade de materiais locais com potencialidade para a composição de camadas estruturais de base e sub-base;
- Disponibilidade de agregados e filler para a composição das misturas asfálticas;

- Disponibilidade de ligantes para a formação de pinturas asfálticas e das misturas asfálticas; e
- Características geométricas projetadas para a nova pista e para as interseções, retornos e marginais previstas.

O dimensionamento das estruturas propostas no projeto de pavimentação considerou o emprego do método empírico de dimensionamento de pavimentos flexíveis oficializado pelo DNIT (Manual de Pavimentação, 2006) e da aplicação da verificação mecanística.

Para a verificação mecanística do pavimento utilizou-se o programa computacional ELSYM5 (Elastic Layered System), o qual permite a obtenção de respostas elásticas em estruturas de pavimento com camadas múltiplas, sob a ação de carregamentos formados por áreas de contato circulares.

O projeto de pavimentação, desenvolvido através das premissas supracitadas, concluiu que as estruturas resultantes são as mesmas do projeto original.

Deste modo, a avaliação econômica realizada única e exclusivamente sobre os parâmetros de tráfego e projeto de pavimentação demonstram que as estruturas de pavimentos permanecem semelhantes ao projeto original.

3.4 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Para elaboração dos estudos referentes à duplicação da PR-323 foi gerada uma base topográfica composta por uma rede de referência planialtimétrica, base cartográfica e levantamentos topográficos complementares.

Um levantamento complementar foi fornecido pela Regional Noroeste-DER, e os dados foram utilizados nos projetos de drenagem e interferências.

3.4.1 Rede de referência implantada

Para georreferenciar todos os levantamentos realizados ao longo da área do projeto, Trecho 1B, foi implantada uma Rede de referência constituída por pares de vértices intervisíveis, distribuídos aproximadamente a cada 5 km, em locais estratégicos, privilegiando a proximidade com interseções e outras obras especiais, de forma a facilitar a futura locação da obra.

A implantação de vértices em pares foi planejada de maneira a permitir sua utilização como saída no levantamento de poligonais e no controle de fechamento das mesmas.

Observa-se que estes vértices localizados no trecho 1B fazem parte de uma poligonal mais extensa composta por 20 vértices, a qual abrange também outros segmentos da rodovia. No segmento há 4 vértices, ou seja, dois pares localizados logo no início e junto ao fim do segmento da rodovia em estudo.

Os vértices implantados foram materializados através de marcos de concreto, no formato tronco-piramidal, com chapa metálica no seu topo.

A determinação das coordenadas planimétricas dos vértices da Rede implantada foi realizada através do levantamento de poligonal utilizando receptores GNSS de dupla frequência, marca Javad, modelo Triumph-1, utilizando vértices “SATs” de alta precisão, pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), como saída e chegada das poligonais implantadas.

Como resultados deste levantamento foram obtidos as coordenadas planimétricas e a altitude geométrica (referenciada ao elipsóide).

As altitudes ortométricas da rede de referência foram obtidas por nivelamento geométrico dos vértices implantados, referenciado à Rede Altimétrica do IBGE (RRNN).

A monografia dos vértices é apresentada em anexo ao relatório.

A seguir apresentamos as poligonais implantadas, as diferenças de coordenadas encontradas no vértice de chegada e a precisão relativa atingida.

3.4.2 Base cartográfica

A Base cartográfica foi gerada a partir de levantamento aerofotogramétrico e perfilamento laser realizados no ano de 2015.

O levantamento aerofotogramétrico compreendeu o recobrimento e imageamento da área de interesse do projeto com GSD de 10cm a partir do qual foi feita a restituição estereofotogramétrica dos elementos de hidrografia e sistema viário bem como a geração de ortofotos, estas também com GSD de 10cm.

Já a base altimétrica, composta por curvas de nível de 1x1 metro, foi gerada à partir do perfilamento laser executado com uma densidade planejada de 5ppm².

3.4.3 Levantamentos topográficos complementares

Os levantamentos topográficos complementares visaram atender o nível de detalhamento cuja obtenção a partir da base cartográfica não é possível, ou resulta num nível de precisão baixo. Assim, foram obtidos os seguintes elementos:

- Levantamento e nivelamento de pontos dos bordos das pistas existentes para possibilitar os encaixes em locais de interseções, retornos, acesso e terceiras faixas e, também, para possibilitar o conhecimento dos valores de declividades transversais implantadas, em tangentes e curvas.
- Levantamento cadastral simplificado de bueiros com o objetivo de identificar a localização das OAC's seu tipo e material e a cota das geratrizes inferiores de montante e jusante, de forma a se obter a declividade, necessária a verificação de capacidade dos dispositivos existentes/prolongados. Observa-se que nesta fase não foi executado um levantamento cadastral detalhado, ou seja, não foram avaliadas e/ou cadastradas informações acerca da integridade estrutural e do estado de conservações;
- Levantamento de locais das pontes, com o objetivo de se obter a seção transversal do corpo hídrico e caimento da linha d'água para subsidiar o estudo de cheias verificação das obras existentes e dimensionamento das novas pontes;

3.5 ESTUDOS DE SEGURANÇA DE TRÂNSITO

Com a finalidade de avaliar as condições de operação da PR-323 do ponto de vista da segurança dos usuários, foram analisados, no segmento que compreende o Trecho 1B, os dados de acidentes verificados entre o ano de 2014 e 2019, com base nos relatórios de acidentes disponibilizados pelo DER-PR.

Esse estudo também considera que analisando-se acidentes viários dificilmente será possível a atribuição de sua ocorrência a uma única causa. A grande maioria dos fatores contribuintes para a ocorrência do acidente pode ser enquadrada nos seguintes

componentes: componente humano, componente veicular, componente viário e componente ambiental. No componente humano destaca-se o uso de álcool, manobras de risco e excesso de velocidade. O componente veicular refere-se a fatores relacionados ao veículo, como condição dos freios e pneus. Quanto ao componente viário estão incluídas as condições da geometria da rodovia e condições adjacentes a ela. Finalmente, o componente ambiental considera as condições climáticas como chuva, neblina e luminosidade.

Ressalta-se que o maior responsável pelos acidentes é o componente humano, e que, no entanto, este não pode ser visto sem a associação dos outros componentes.

Considerando os dados disponíveis, essa análise se restringirá aos componentes viários, contemplando, portanto, a detecção de problemas de segurança viária existentes na rodovia, com base na concentração de acidentes existente no segmento em estudo, tendo como objetivo avaliar e definir soluções para os problemas existentes identificados, assegurando que os projetos desenvolvidos incluam as medidas necessárias para a minimização dos riscos de ocorrência de acidentes no segmento.

3.5.1 Visão Geral do Trecho

O segmento localizado entre o km 174 e 181 da rodovia PR-323 apresenta pista simples, com duas faixas de rolamento e acostamentos externos. O traçado altimétrico apresenta relevo ondulado com rampas variando entre 1% e 5,9%. Seu traçado horizontal é composto por curvas adequadas para a velocidade de 80 km/h, com raio mínimo de 230 metros.

No km 174+600 localiza-se o entroncamento com a PR-551, que dá acesso à Doutor Camargo. Atualmente o dispositivo é em nível e apresenta a configuração de rótula vazada.

Figura 1: Entroncamento com a PR-551

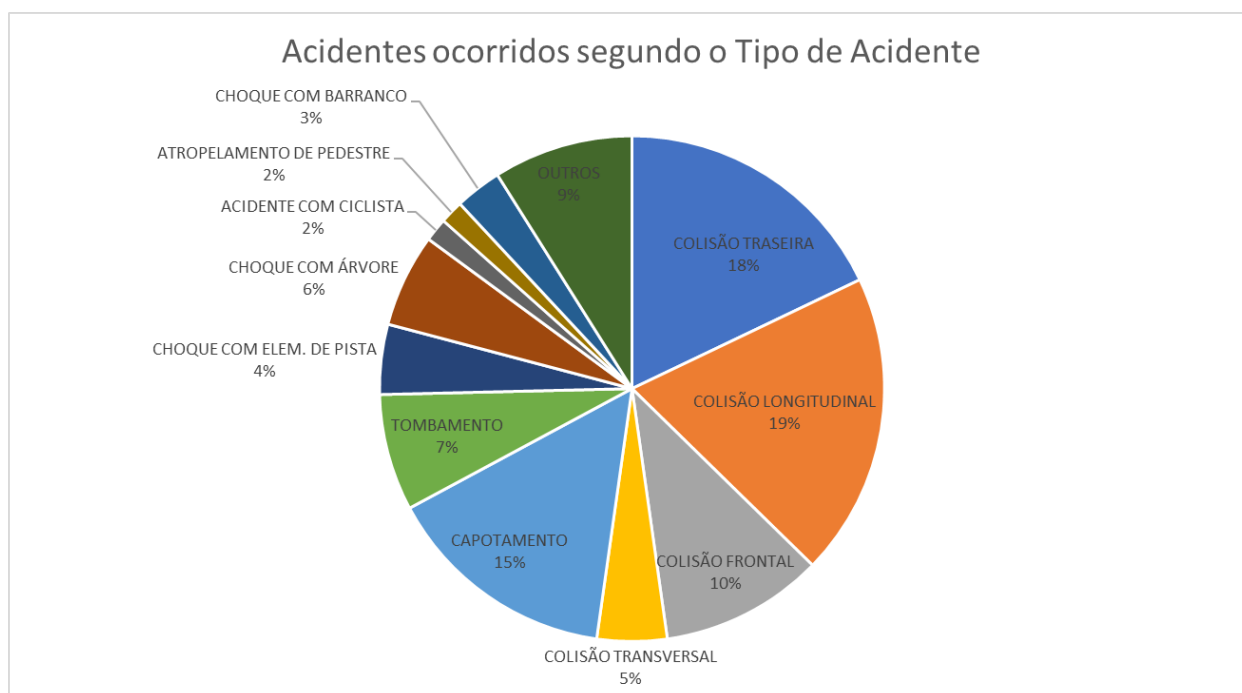


O segmento é caracterizado por uma grande quantidade de acessos, totalizando cerca de 40 acessos, na sua maioria propriedades rurais lindeiras à rodovia.

Tendo como base os dados disponibilizados pelo DER-PR, que contém os acidentes ocorridos entre a data de 01/01/2014 e 26/11/2019, a PR-323 apresentou no total 67 acidentes, sendo que 7 deles apresentaram morte, 28 com feridos, e 32 sem vítimas.

Os tipos de acidente que mais ocorreram no período avaliado foram as colisões longitudinal, representando cerca de um a cada cinco acidentes ocorridos, seguidas das colisões traseiras e frontais, que representam cerca de 18% e 10% dos acidentes ocorridos, respectivamente. O gráfico apresentado a seguir demonstra a distribuição dos acidentes ocorridos no período segundo a tipologia.

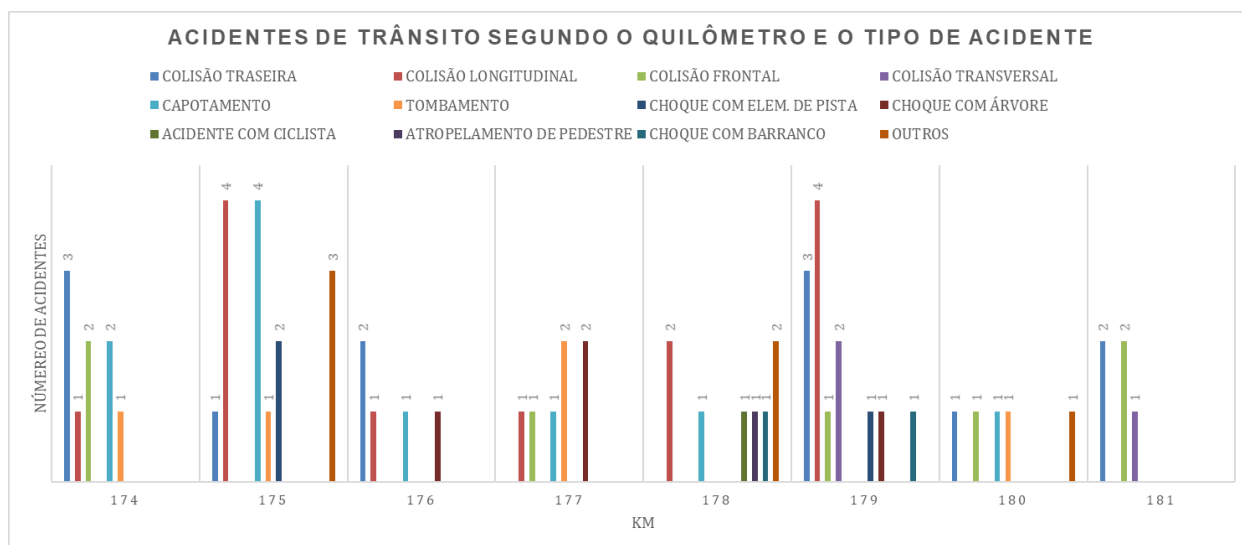
Figura 2: Gráfico dos Acidentes Ocorridos Segundo o Tipo



O tipo do acidente será muito importante para a avaliação dos pontos críticos, pois servirão de base para a análise das causas mais prováveis dos acidentes ocorridos nesses locais.

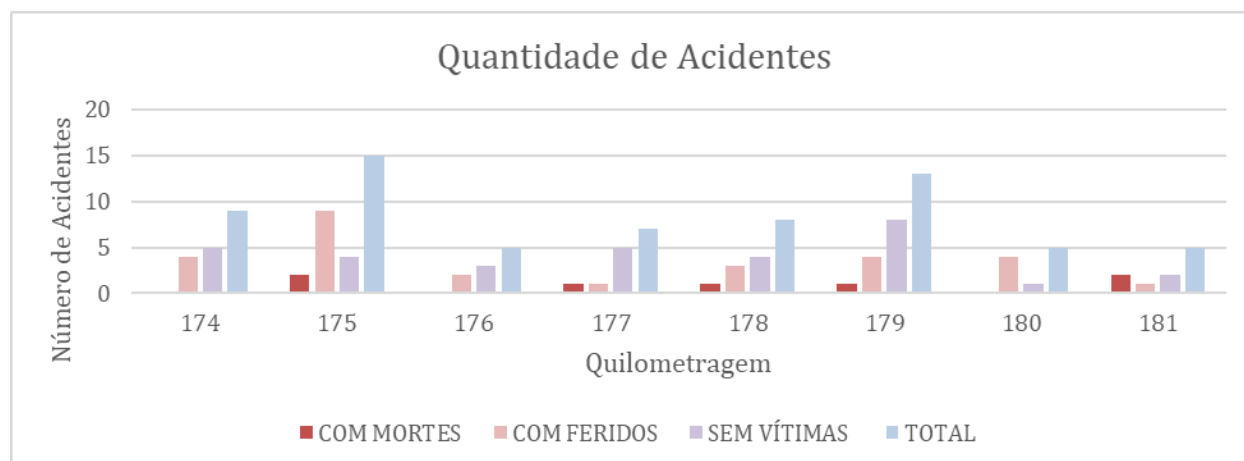
O gráfico apresentado a seguir demonstra os acidentes de trânsito ocorridos segundo o quilômetro e o tipo de acidente.

Figura 3: Gráfico dos Acidentes Segundo o Quilômetro e o Tipo de Acidente



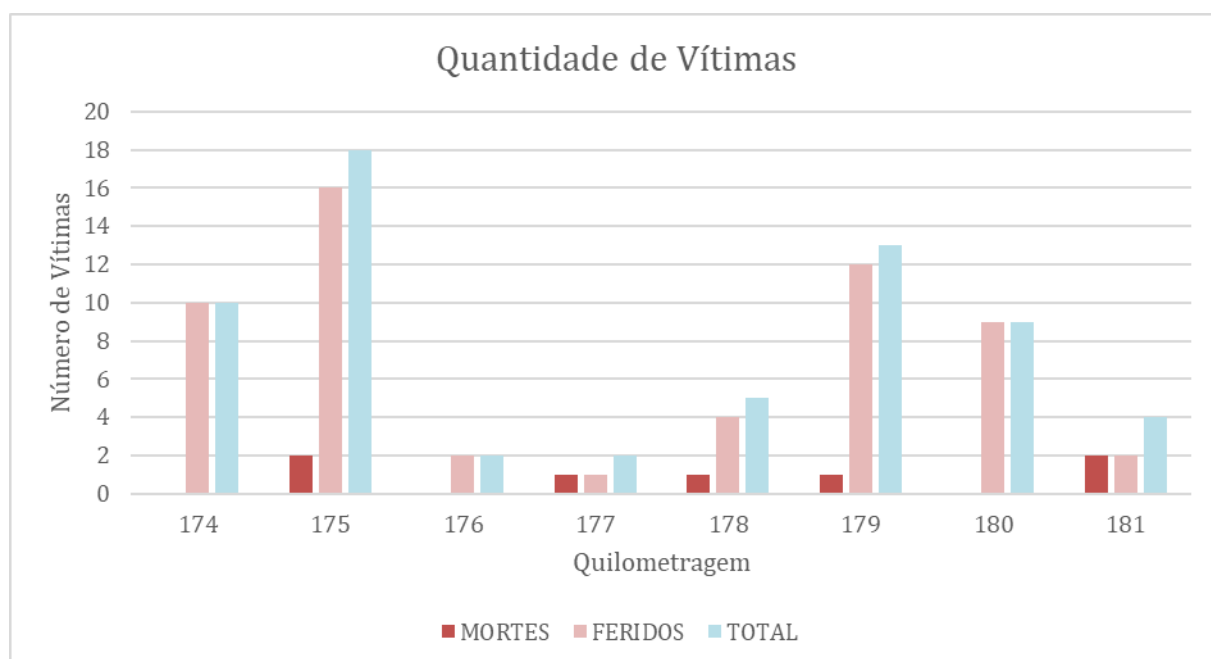
A distribuição espacial dos acidentes pode ser visualizada no gráfico apresentado a seguir.

Figura 4: Gráfico com a Quantidade de Acidentes por Quilômetro



Com base na análise dos dados constata-se que as quilometragens que apresentam maior incidência de acidentes encontram-se nos quilômetros 175 e 179, que além de apresentarem maior número de acidentes no total, foram os que tiveram maior quantidade de acidentes com vítimas, conforme apresentado no gráfico.

Figura 5: Gráfico com a Quantidade de Vítimas por Quilômetro

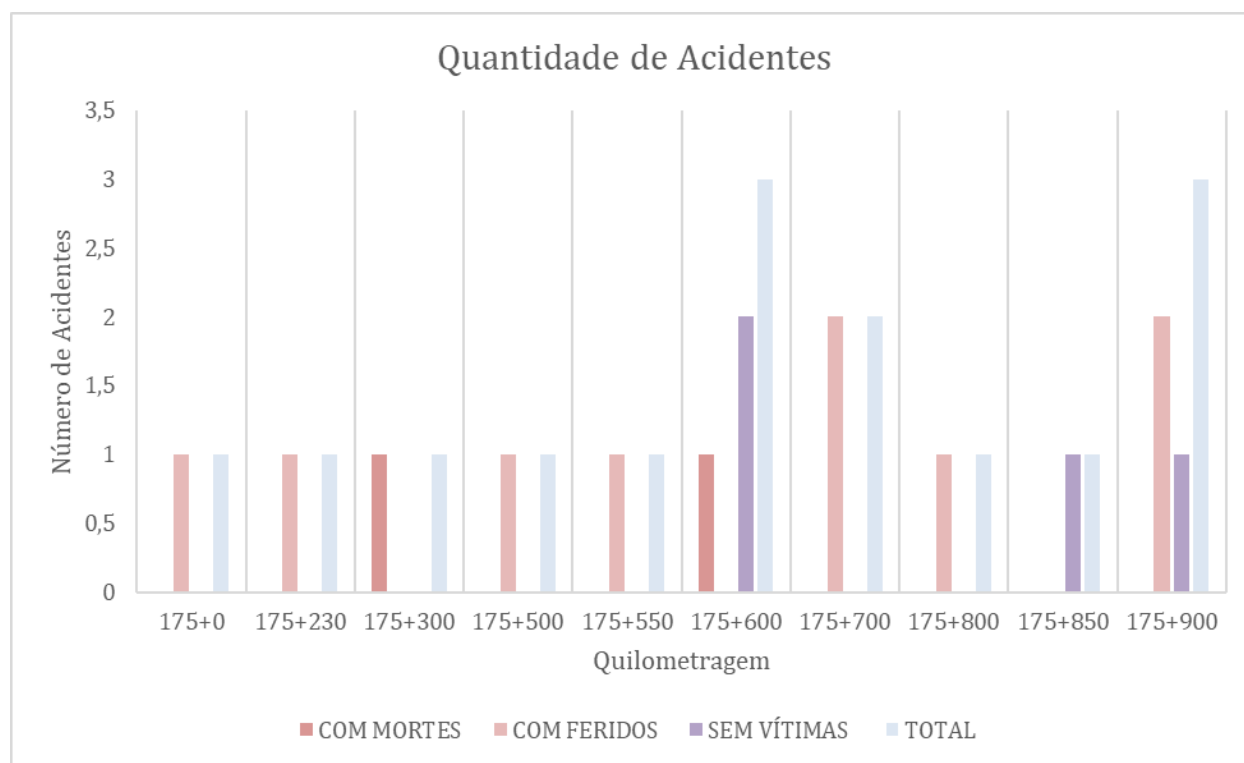


O item a seguir tem como objetivo analisar os locais que apresentaram maior quantidade de acidentes nos quilômetros 175 e 179, para que sejam avaliados possíveis problemas viários nos locais.

3.5.2 Locais Concentradores de Acidentes

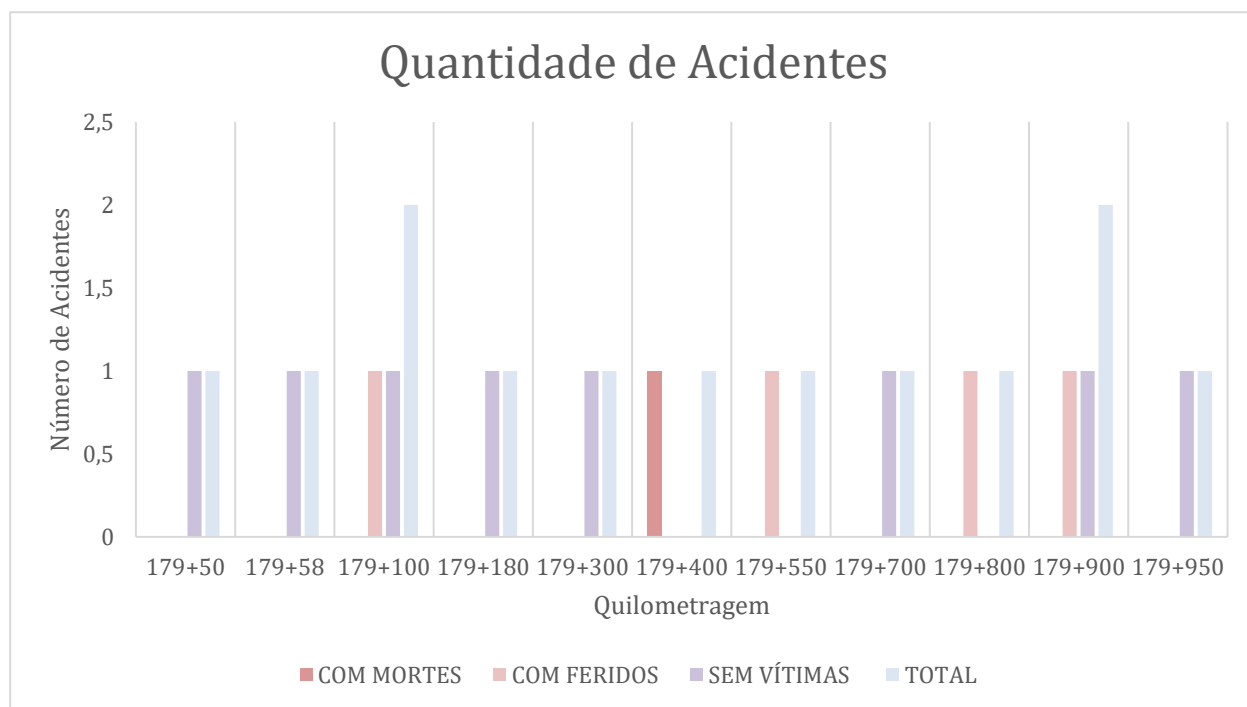
O segmento do quilômetro 175 contou com cerca de 22% dos acidentes ocorridos no trecho analisado. Em números totais, os locais que mais apresentaram acidentes no quilômetro foram no km 175+600 e 175+900, conforme apresentado no gráfico a seguir.

Figura 6: Gráfico com a Quantidade de Acidentes por Quilômetro



Com aproximadamente 19% dos acidentes ocorridos no segmento analisado, o trecho do quilômetro 179 apresentou maior número de acidentes nos pontos do km 179+100 e km 179+900, o gráfico apresentado a seguir demonstra a distribuição dos acidentes ocorridos nesse segmento.

Figura 7: Gráfico com a Quantidade de Acidentes por Quilômetro



Tendo como base os dados avaliados, a seguir serão analisados os quatro pontos que apresentaram maior número de acidentes, nesses pontos serão avaliadas as condições existentes em ambos os pontos confrontando os dados de acidentes e as condições viárias locais.

3.5.3 Km 175+600

O km 175+600 contabiliza três acidentes, um deles com capotamento, outro com choque com elemento da pista, e um terceiro com tipo classificado como “outros”. Geometricamente o ponto está localizado em uma tangente longa, inserido em uma rampa de 2,30%. A velocidade regulamentada do local é de 110 km/h para veículos leves, e 90 km/h para veículos pesados. Os taludes adjacentes a pista de rolamento são do tipo recuperáveis, sem a necessidade de contenção longitudinal considerando esse critério.

A intermediação desse local é caracterizada pelo término da permissão de ultrapassagem para o sentido crescente de quilometragem, enquanto o outro sentido apresenta linha do eixo seccionada com boa visibilidade para a execução de ultrapassagens.

Figura 8: Sentido crescente de quilometragem



Figura 9: Sentido decrescente de quilometragem



O local é caracterizado por uma grande quantidade de árvores às margens da rodovia a distâncias inferiores à da zona livre necessária, sem a presença de dispositivos de contenção lateral.

Também se verifica a existência de dois acessos em nível no km 175+730, em ambos os lados da rodovia, esse ponto se caracteriza por uma distância de visibilidade de aproximadamente 100 m, a qual, segundo o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNIT (Classe I-B e velocidade diretriz de 100 km/h) deveria ser de 155 m.

Figura 10: Acessos em ambos os lados da rodovia no km 175+730



Tendo-se em vista as condições existentes no ponto analisado, e os tipos de acidentes que ocorreram nas proximidades desse ponto (capotamento, choque com elemento da pista, e “outros”), verifica-se que não é possível avaliar uma causa principal para os acidentes com as informações disponibilizadas. Considerando-se a condição planimétrica da via, a altura reduzida e a suavidade dos taludes existentes no local, não há evidências que um capotamento poderia estar ligado a tais características. Como indicado anteriormente, há uma grande quantidade de árvores muito próximas da pista, o que poderia ser a causa de um dos acidentes.

Dessa forma, conclui-se que não é possível apontar um único fator viário que possa ter condicionado os acidentes ocorridos. Ressalta-se que problemas identificados, como a inexistência de contenção lateral em locais com árvores na zona livre, assim como problemas de visibilidade serão solucionados no projeto executivo de duplicação da rodovia.

3.5.4 Km 175+900

Esse ponto localiza-se muito próximo ao ponto crítico avaliado anteriormente. Geometricamente, o local encontra-se no ponto alto de uma curva, com traçado longitudinal em tangente. A seção transversal da rodovia encontra-se em corte, com taludes de aproximadamente 3 metros de altura. A sinalização horizontal do local apresenta linha de eixo dupla, sem permissão de ultrapassagem.

Figura 11: Sentido decrescente da quilometragem



Com base nos dados de acidentes ocorridos no local, dois deles foram do tipo colisão longitudinal e um capotamento. Analisando-se as condições locais, infere-se que as colisões longitudinais que ocorreram nesse local se devem a tentativas indevidas de ultrapassagem. No caso do acidente com capotamento, não há evidências de que

possa ter sido resultante de algum problema viário existente, podendo ter sido desencadeado também pela tentativa de ultrapassagem em local indevido, ou até mesmo pelo excesso de velocidade, falta de atenção, pneus sem condições de uso, além de fatores climáticos, como chuva intensa.

3.5.5 Km 179+100

O km 179+100 está localizado em uma tangente, em uma rampa de aproximadamente 3%. A sinalização do local, apesar de apresentar acessos às margens da rodovia, é do tipo tracejada, permitindo-se ultrapassagens.

No período analisado foram constatados dois acidentes, um deles provocado pelo choque com elemento da pista, e outro por uma colisão transversal.

Verifica-se a existência de postes da rede elétrica ao lado da rodovia, os quais possam ter provocado um dos acidentes constatados.

Figura 12: Postes localizados ao lado da rodovia (sentido decrescente de quilometragem)



As intermediações do km 179+100 apresenta uma grande quantidade de acessos a rodovia, sendo a maioria propriedades rurais. Entende-se que a colisão transversal

ocorrida nesse quilômetro se deva a tentativa de algum veículo proveniente dos acessos fazer a tentativa de entrar ou até mesmo transpor a rodovia.

Figura 13: Planta com os acessos existentes nas proximidades do km 179+100



Tendo-se em vista as constatações apresentadas e as propostas de melhorias previstas no projeto executivo de duplicação do trecho, conclui-se que as possíveis causas dos acidentes constatados nesse local serão minimizadas com o reforço da sinalização do local e com a implantação de dispositivos de contenção lateral em obstáculos situados dentro da zona livre. Tais projetos terão como premissa o atendimento as normas de segurança vigente, para a minimização de acidentes.

3.5.6 Km 179+900

O km 179+900 localiza-se em tangente com rampa de 0,8%, a sinalização horizontal do eixo é do tipo tracejada, permitindo-se a ultrapassagem. O local apresenta acesso a um restaurante ao lado esquerdo da rodovia, e outro a uma propriedade ao lado direito.

Figura 14: Sentido crescente da quilometragem



Os acidentes constatados nesse local foram uma colisão frontal e outra traseira. Com base na análise das condições viárias existentes, infere-se que estes acidentes tenham sido provocados por fatores humanos, como excesso de velocidade, já que o local apresenta boa visibilidade, sem problemas viários que possam ter sido a causa dos acidentes.

3.5.7 Conclusão

Com base nas análises dos pontos críticos realizada, conclui-se que a causa da maioria dos acidentes é incerta, já que muitos deles foram gerados por uma combinação de fatores (humanos, veiculares, climáticos e viários). Dessa forma, sempre que possível foram analisadas quais características viárias puderam contribuir para a ocorrência do acidente. Esses problemas viários identificados serão cuidadosamente tratados no desenvolvimento do projeto executivo, garantindo-se a redução de acidentes no trecho de duplicação.

3.6 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3.6.1 Generalidades

Os Estudos Hidrológicos têm como objetivo o fornecimento de subsídios para a avaliação hidráulica dos dispositivos existentes, o dimensionamento de dispositivos novos e/ou complementações necessárias para garantir o bom funcionamento do sistema de drenagem da rodovia. Para a efetivação dos estudos foram procedidas as seguintes atividades:

- Coleta dos dados pluviométricos e fluviométricos existentes;
- Estabelecimento do regime de chuvas;
- Consulta a cartas topográficas, fotos aéreas e levantamentos de campo;
- Estudos complementares de campo e escritório;
- Consultas na literatura técnica;
- Determinação das características das bacias de contribuição.

Para a elaboração destas atividades foram utilizados os seguintes elementos:

Cartas topográficas disponibilizadas pelo IBGE:

- SF-22-Y-D-IV-1-Juçara- 1.50.000;
- SF-22-Y-D-IV-2- Ivatuva- 1.50.000.

3.6.2 Caracterização da bacia hidrográfica

O Trecho 1B está posicionado sobre a Bacia Hidrográfica do Ivaí, esta com área total de 36.540,0 km² (SEMA-2007), cerca de 19% da área do estado, e uma população de 1.229.767 habitantes (IBGE-2004), em torno de 12% do total do estado. Ressalta-se que a Bacia do Ivaí está dividida nas seguintes Unidades Hidrográficas de Gestão de Recursos Hídricos: Alto Ivaí e Baixo Ivaí, esta última agrupada à bacia do Paraná 1.

De acordo com Secretaria de Meio Ambiente, a bacia do rio Ivaí, é a segunda maior em área e o rio é o segundo maior em extensão do Estado do Paraná, percorrendo 680

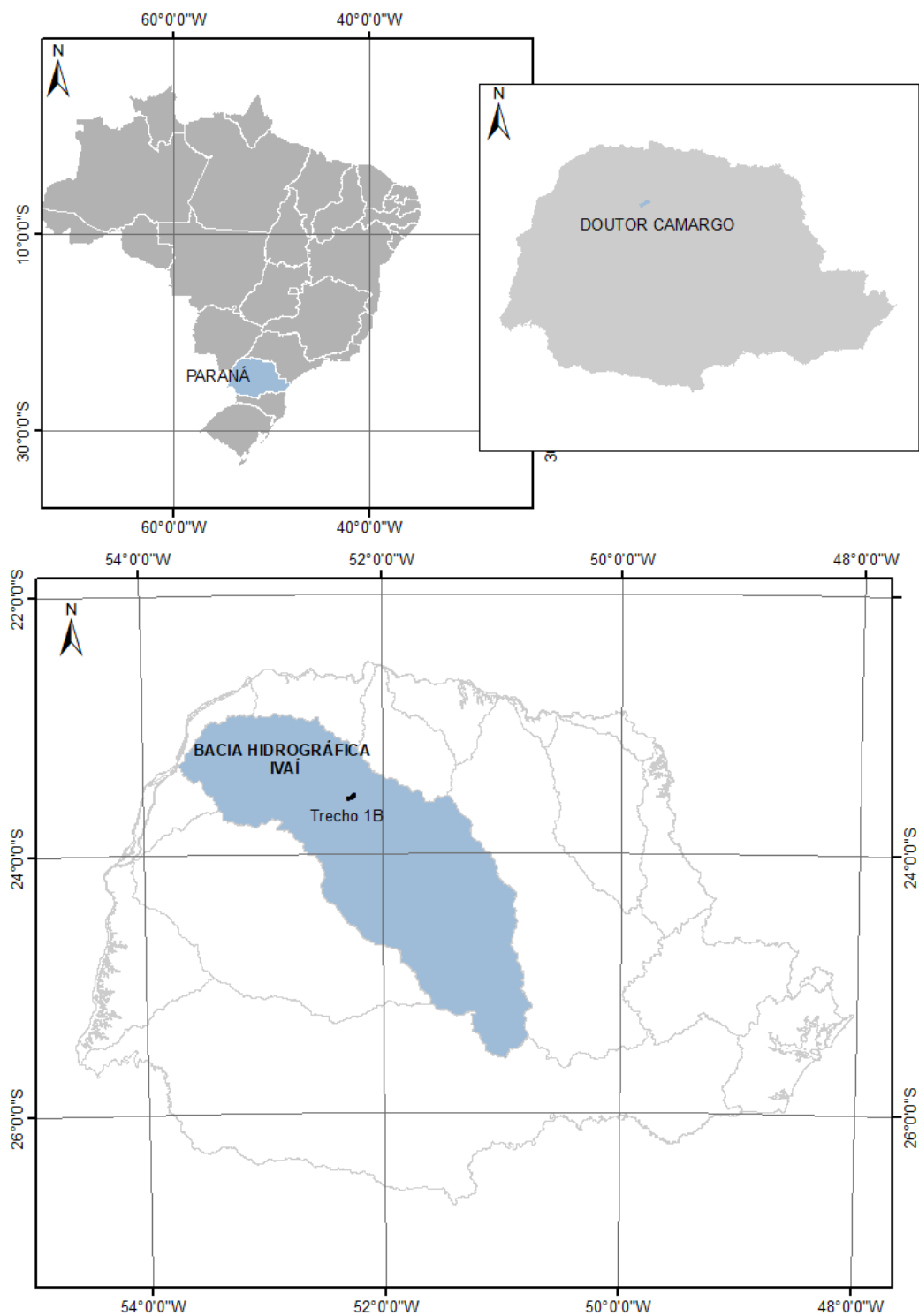
km. Ele nasce no município de Prudentópolis na confluência das águas do rio dos Patos com o rio São João no segundo planalto e tem sua foz no rio Paraná, no município de Doutor Camargo. Seus principais afluentes são os rios Alonso, Paranavaí e das Antas, pela margem direita e os rios Corumbataí, Mourão, Ligeiro e dos Índios, pela margem esquerda.

Na região do Alto Ivaí a classe de uso misto aparece com maior frequência. Há ainda faixas de agricultura intensiva na área central e no extremo noroeste da região. Já na região do Baixo Ivaí, há uma predominância de pastagens artificiais e campos naturais, com uma porção de agricultura intensiva à sudeste da região.

3.6.3 Vegetação

Originalmente, o território que compreende a Bacia do Ivaí era coberto nas mesmas proporções por Floresta Estacional Semidecidual a oeste da bacia e Floresta com Araucária nas porções leste, apresentando ao centro, uma faixa diagonal de transição, com raras manchas de campos cerrados. Em Prudentópolis, a Bacia do Ivaí chega a sobrepor a APA Estadual da Serra da Esperança.

Figura 15: Localização do Projeto- Bacias Hidrográficas do Paraná



Fonte: SUDERHSA, 2007

3.6.4 Geomorfologia

De acordo com o Atlas Geomorfológico do estado do Paraná - Cartas Umuarama, Londrina e Cascavel-Mineropar, Escala 1:250.000, o Trecho 1B esta localizado no Terceiro Planalto paranaense, pertencente a Bacia Sedimentar do Paraná e corta duas unidades morfológicas:

O Planalto de Campo Mourão possui relevo aplainado, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha. Possuem dissecação baixa e classes de declividades menores que 6% com gradiente de 340 metros com altitudes variando de 260 a 600 metros, assentados sobre as rochas da Formação Serra Geral.

O Planalto de Apucarana apresenta dissecação do relevo alta com topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”. As classes de declividades predominantes estão entre 6 e 12%, com gradiente de 620 metros com altitudes entre 300 e 920 metros, cujo relevo é modelado em rochas da Formação Serra Geral com direção geral da morfologia NW/SE.

3.6.5 Geologia

As descrições dos aspectos geológicos a seguir foram feitas tendo como base a Folha Parapanema (SF.22), retirada da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, na Escala 1:1.000.000, 2004, Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

A Formação Serra Geral é constituída, essencialmente, por basaltos toleíticos e andesitos basálticos com riolitos e riodacitos subordinados e ocupa mais da metade do território paranaense. Os derrames de lavas basálticas desta unidade registram uma espessura total de até 2.000 m de basalto sobre os sedimentos da Bacia do Paraná, derrames estes de natureza básica e subordinadamente, por rochas ácidas.

Os diques do Arco de Ponta Grossa representaram os principais condutos para a extrusão dos derrames da Formação Serra Geral. Possuem direção predominantemente NW-SE, podendo ser encontrados também segundo *trends* secundários (NE-SW e E-W). Datações realizadas por Turner *et al.* (1994) através do método Ar/Ar, posicionaram o evento Serra Geral no intervalo entre 137 e 127 Ma, sendo, portanto, de idade Jurássico/Triássico.

Este imenso vulcanismo continental que gerou as rochas basálticas da Formação Serra Geral dotou o estado de um solo de excelente qualidade e da ocorrência de minerais de cobre, ágatas e ametistas. Além disso, há também a exploração de argila e pedras britadas para a construção civil. As rochas desta unidade geológica possuem baixa vulnerabilidade à denudação (intemperismo e erosão) apresentando como principal entrave ao uso e ocupação os solos litólicos ou afloramentos de rocha. No Terceiro Planalto, os solos litólicos ou litossolos são caracterizados por delgadas coberturas, raramente com mais de 0,5 m de profundidade, formadas por blocos e seixos de basalto com as estruturas e texturas da rocha original, preservadas. É comum que estes tipos de solos se associem aos denominados saprólitos, alterações de rocha que podem atingir dezenas de metros de profundidade. As rochas vulcânicas quando transformadas em solo restam “bolas” de rocha, que vão se escamando em característica alteração esferoidal, comuns nas encostas mais íngremes (Mineropar, 2006).

O padrão de fraturas, justamente com as zonas vesiculares do topo dos derrames, pode funcionar como canais alimentadores dos aquíferos subterrâneos, necessitando medidas de monitoramento da descarga de efluentes químicos, industriais e domésticos para evitar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas da região.

3.6.6 Pedologia

De acordo com o mapa Mapa de Solos (ITCG, 2008), o Trecho 1B está posicionado sobre os seguintes tipos de solos:

Latossolos em geral são solos profundos, com mais de dois metros de profundidade, bastante intemperizados. Por sua elevada profundidade, relevo quase plano, ausência de fragmentos e blocos rochosos, grande porosidade, boa drenagem e permeabilidade, estes tipos de solos possuem boas características físicas como alta estabilidade e baixo risco de erosão, o que dificulta a atuação de processos erosivos, podendo ser manuseados quase sem riscos de ativação de processos erosivos ou movimentos de massa. Na região, os Latossolos apresentam-se com textura média a argilosa, boa estrutura física.

Neossolos são solos em estágio inicial de evolução ou pouco evoluídos, variando de profundidades rasas a profundas, associados a regiões de relevos declivosos até áreas planas sob influência do lençol freático, e comumente há presença de pedras nos horizontes. Devido às suas características físicas e à sua pequena capacidade de retenção de substâncias químicas e água, possuem grande suscetibilidade aos processos erosivos.

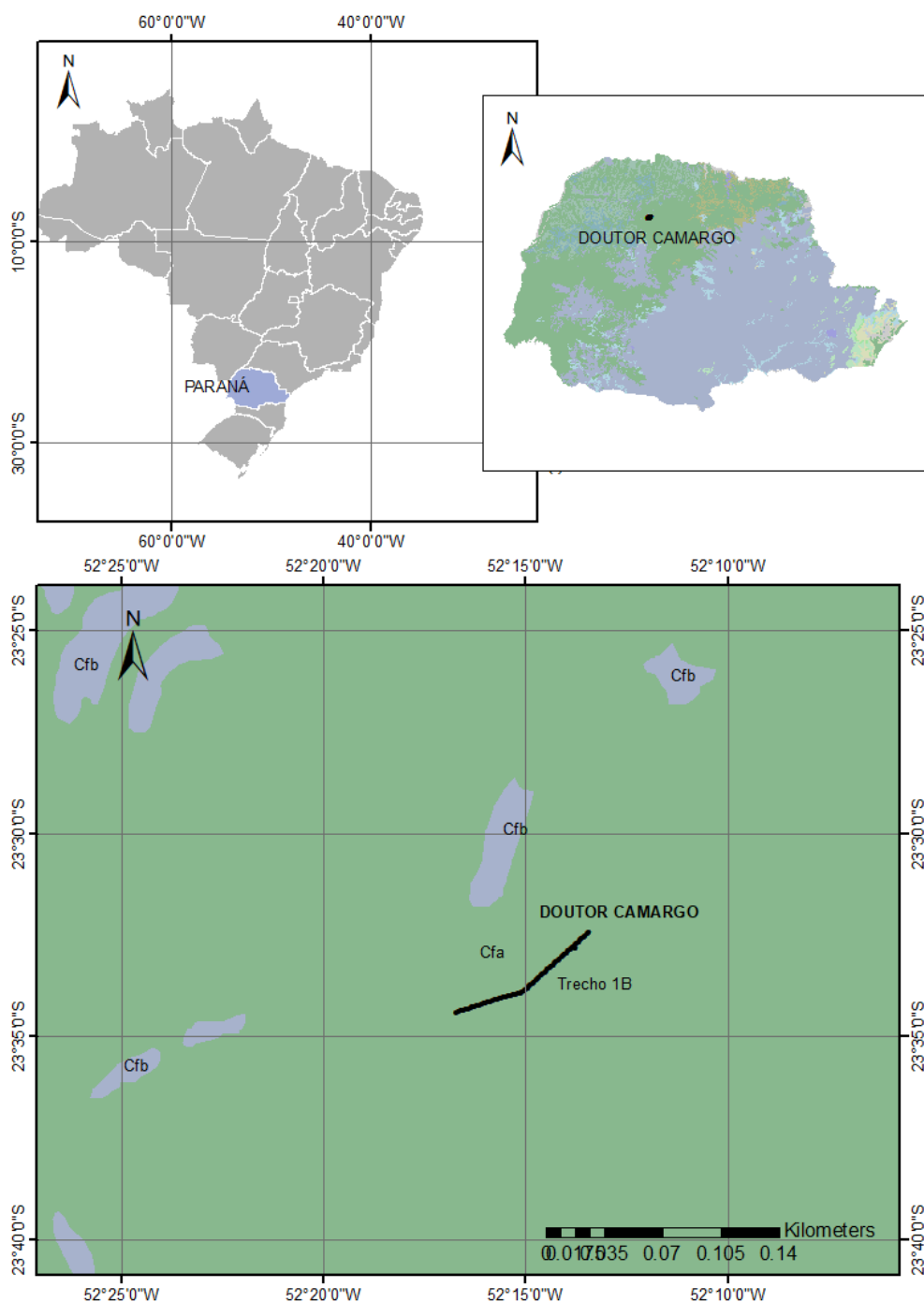
Os Nitossolos são solos caracterizados pela presença de um horizonte que apresenta em sua superfície um aspecto brilhante, causado pela existência de argila vinda dos horizontes superficiais do solo em suspensão na água, ou de superfícies formadas pela expansão e contração das argilas do solo. Estes solos estão relacionados ao material de origem, sendo originada de rochas básicas como o basalto. Os solos deste tipo são geralmente bem drenados, apresentando textura argilosa a muito argilosa o que dificulta a atuação de processos erosivos.

3.6.7 Caracterização climática

A bacia hidrográfica Baixo Ivaí, localizada à noroeste do estado, é enquadrada integralmente no tipo climático Cfa, ou Clima Subtropical Úmido, caracterizado por verões quentes, baixa frequência de geadas e maior ocorrência de chuvas no verão, sem, contudo, apresentar estação seca bem definida. As temperaturas médias variam de 22°C no mês mais quente a 18°C no mês mais frio (IAPAR, 2014).

A bacia em questão apresenta definição de períodos secos e chuvosos bem marcados, sendo geralmente os meses chuvosos compreendidos entre Dezembro e Fevereiro, e os meses secos entre Junho a Agosto.

Figura 16: Classificação climática



Fonte: INDE, 2010

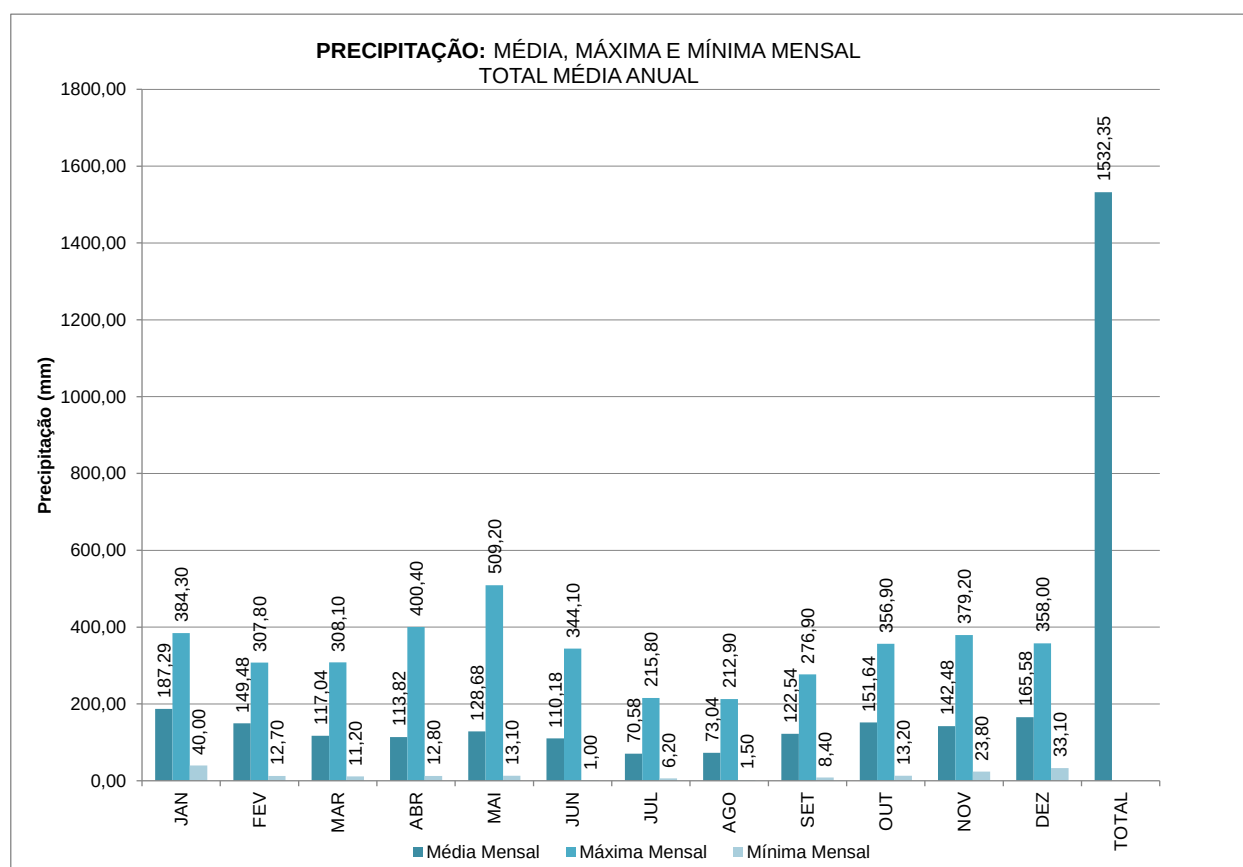
3.6.8 Regime pluviométrico

De acordo com os mapas da SUDERHSA, a precipitação anual média para o Estado do Paraná esta entre 1.500mm e 1.600 mm. A precipitação média nos meses de verão vaiaem entre 500 mm e 550 mm. A precipitação anual média nos meses de outono variam entre 400 mm e 450 mm. Já para os meses de inverno ia nos meses de inverno entre 200 mm e 250 mm.

Para o conhecimento do regime de chuvas na região, foram coletados dados da seguinte estação pluviométrica:

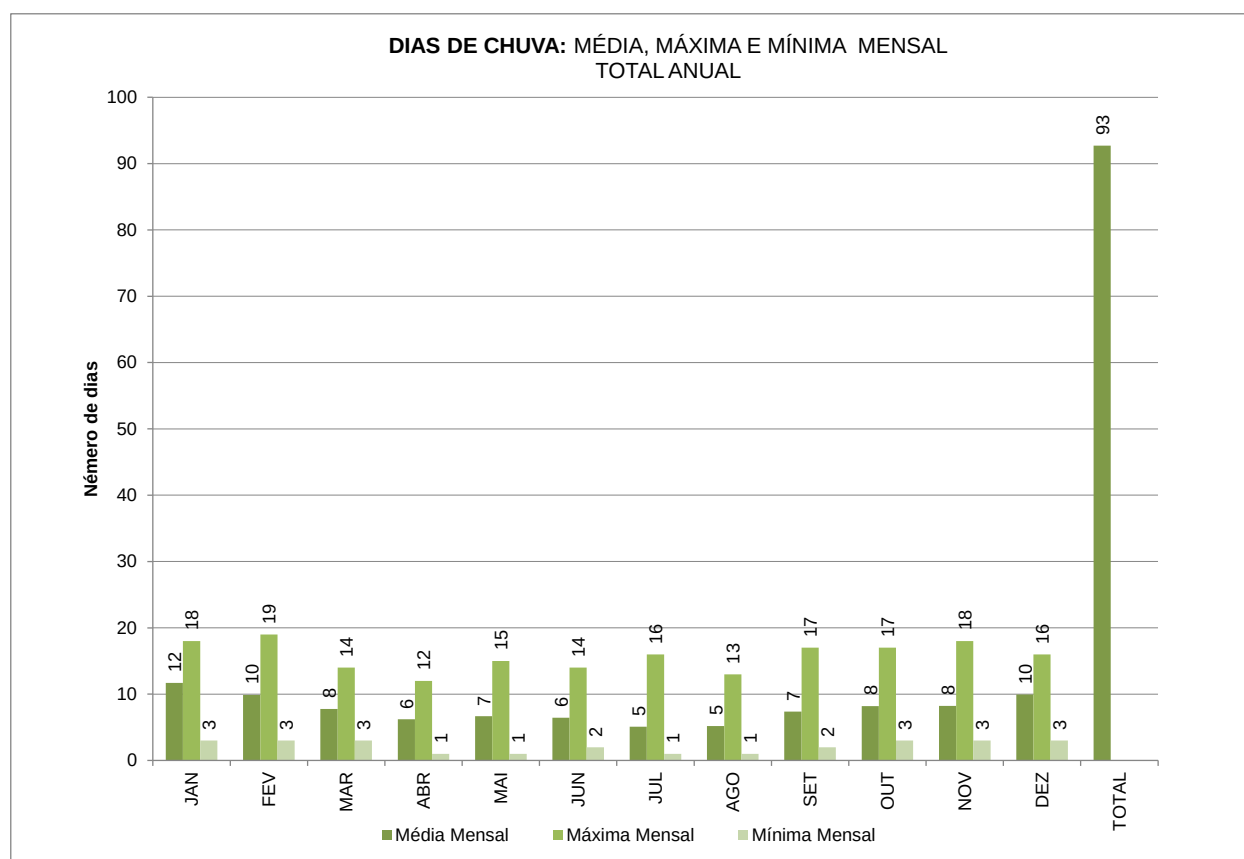
- Estação pluviométrica de IGARITE, no município de CIANORTE, coordenadas - 23,8 e -52,6331, código de identificação 02352031, mantida pelo ÁGUAS PARANÁ;

Figura 17: Precipitação média, média máxima e média mínima mensais e total anual



De acordo com os dados da estação supracitada, a precipitação média total anual é de 1662.64 mm. O trimestre chuvoso corresponde aos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro; enquanto o trimestre seco abrange os meses de Junho, Julho e Agosto.

Figura 18: Dias de chuva: média, média máxima e média mínima mensais e total anual



3.6.9 Tempo de recorrência

Para o estudo em questão foram adotados os seguintes tempos de recorrência, os quais estão em conformidade com a Publicação 726-DNIT- **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários Instrução de Serviço- IS-203**,

Tabela 12: Tempos de recorrência de acordo com o tipo de projeto

Projeto	Tempo
Drenagem Superficial	10 anos

Projeto	Tempo
Bueiro Tubular	15 anos (como canal) 25 anos (como orifício)
Bueiro Celular	25 anos (como canal) 50 anos (como orifício)
Pontes	100 anos

3.6.10 Tempo de concentração

Para determinação do tempo de concentração foi utilizada a equação de Kirpich, publicada no California Culverts Practice indicada para bacias de pequeno e grande porte.

$$tc = 57. \left(\frac{L^3}{I} \right)^{0,385}$$

O tempo de concentração mínimo considerado foi 10 minutos.

Sendo:

tc = tempo de concentração, em minutos;

L = comprimento do talvegue principal, em km;

i = declividade média do talvegue principal, em m/km;

3.6.11 Relação intensidade – Duração – Recorrência

A equação para a determinação das relações Intensidade-Duração-Recorrência, representativas do regime das precipitações intensas, foi obtida na publicação **Chuvas Intensas para Obras de Drenagem no Estado do Paraná**, por Roberto Fendrich, para município de Cianorte:

$$i = \frac{2115,81. Tr^{0,145}}{(t + 22)^{0,849}}$$

Onde:

i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/h;

t : duração da chuva em minutos;

T : período de retorno em anos.

A partir da equação de chuvas adotada, foi possível calcular:

- Curvas de intensidade – duração – frequência para 5, 10, 15, 25, 50 e 100anos;
- Curvas de altura – duração – frequência para 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos.

Figura 19: Intensidade-duração-frequência- Equação Cianorte

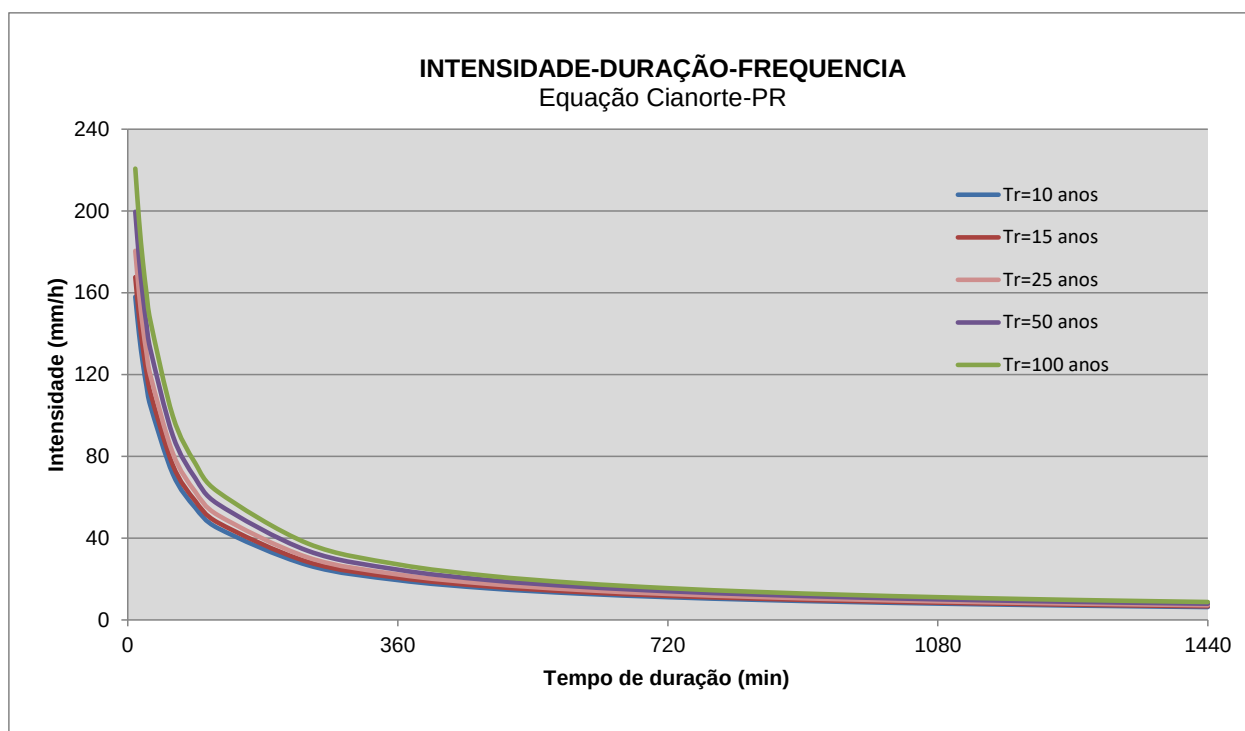
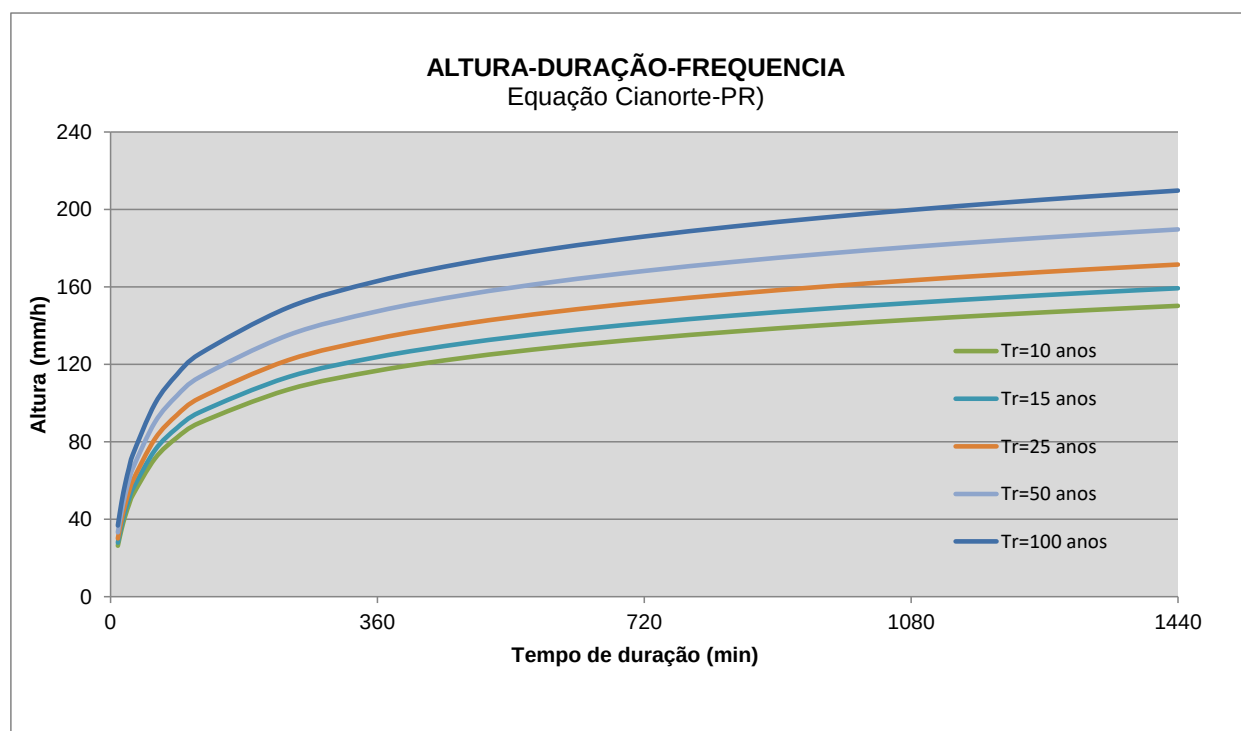


Figura 20: Altura-duração-frequencia- Equação Cianorte



3.6.12 Determinação de vazão de projeto

A vazão de projeto foi determinada através da aplicação dos seguintes métodos de acordo com a o **Manual de Drenagem de Rodovias- DNIT**.

- Método Racional: bacias com área até 4,0 km²;
- Método Racional Corrigido: bacias com área entre 4,0 e 10,0 km²;
- Método Hidrograma Unitário Triangular: bacias com área superior a 10,0 km².

3.6.12.1 Método Racional

$$Q = \frac{c.i.A}{6}$$

Onde:

Q = vazão, em m³/s;

i = equação de chuva, em mm/min;

A = área de contribuição, em ha;

c = coeficiente de deflúvio, adimensional.

O coeficiente de deflúvio foi arbitrado segundo a tabela apresentada pelo DNIT. Para áreas com urbanização fez-se a média ponderada considerando-se a área e o respectivo coeficiente. Para bacias sem urbanização, considerou-se a declividade da bacia e o tipo de solo da região conforme o **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, 2005**.

Tabela 13 – Valores dos Coeficientes de Deflúvio-1

Valores dos Coeficientes de Deflúvio						
Cobertura Vegetal		Declividade Média da Bacia (%)				
		Escarpada $I > 50$	montanhosa $20 < I < 50$	Fortemente ondulada $10 < I < 20$	Ondulada $5 < I < 10$	Levemente Ondulada $2 < I < 5$
Sem Vegetação	I	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	S	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	P	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pastagem Campo ou Cerrado	I	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	S	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	P	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Culturas	I	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	S	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	P	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Matas ou Capoeiras	I	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	S	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
	P	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10

3.6.12.2 Método Racional Corrigido

Para corrigir os efeitos de distribuição de chuvas nas bacias hidrográficas, consideradas uniformes no Método Racional, principalmente em bacias de médio porte, é introduzido um coeficiente redutor da intensidade de precipitação chamado coeficiente ou fator de distribuição, dado por:

$$n = A^{-0,1}$$

Onde:

n = fator de distribuição;

A = área de contribuição bacia, em km^2 .

E, portanto, o cálculo da vazão, neste caso, resultará do produto da vazão calculada pelo Método Racional, como atrás indicado, multiplicado pelo fator de distribuição n . Esta correção foi aplicada para bacias com áreas de drenagem entre 4,0 e 10 km^2 .

3.6.13 Características das bacias

A delimitação de área e comprimento de talvegue foi obtida dos dados de elevação do Topodata, FOLHA 23S525ZN- disponibilizado pelo **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. No entanto, as bacias foram apresentadas sobre as cartas 1:50.000 disponibilizadas pelo IBGE, datadas de 1972.

3.6.14 Dimensionamento hidráulico de bueiros

A definição de cobertura vegetal, condições geológicas, etc. foram realizadas mediante a utilização de cartas topográficas da região, imagens de satélite e complementadas com trabalhos de campo (verificação in loco).

Seguindo-se a **Publicação IPR-726- Diretrizes Básicas Para Elaboração de Estudos E Projetos Rodoviários - IS-203 do DNIT**, considerou-se que o dimensionamento dos bueiros deve ser feito considerando-se a obra como canal e verificando-se o seu comportamento como orifício, para os seguintes períodos de recorrência:

- Bueiros Tubulares: TR=15 anos como canal e TR=25 anos como orifício;
- Bueiros Celulares: TR= 25 anos como canal e TR=50 anos como orifício.

3.6.14.1 Casos Particulares

Seguindo-se a **Publicação IPR-726- Diretrizes Básicas Para Elaboração de Estudos E Projetos Rodoviários - IS-203 do DNIT**, no dimensionamento hidráulico dos bueiros foi considerado que, *no caso de Projetos de Pavimentação, Restauração e Duplicação, onde a maioria das obras já se encontram implantadas, apenas se aplicará*

a sistemática da IS-203 para os casos **onde o levantamento cadastral indicar a necessidade de substituição do bueiro**. Portanto, no caso de serem mantidas as obras-de-arte correntes existentes, ou apenas serem prolongadas (Projetos de Duplicação – Melhoramentos – Terceiras faixas, etc.), a metodologia da IS-203 não se aplica.

Para tanto, faz-se necessária a apresentação da tabela denominada *Classificação de Problemas* que permite caracterizar a situação física do bueiro e da área de estudo, comprovando preservação do bueiro existente.

Para os bueiros novos, ou que a ficha de cadastro comprovar a impossibilidade de utilização, deve-se utilizar a metodologia a seguir:

3.6.14.2 Bueiros Operando Como Canal

Na hipótese de bueiros operando como canal, o dimensionamento foi feito considerando-se o seu funcionamento no regime supercrítico, limitando-se a sua capacidade hidráulica à vazão correspondente ao regime crítico, com energia específica igual ao seu diâmetro ou altura.

As equações utilizadas foram àquelas constantes do Manual de Drenagem de Rodovias, DNIT e que são reproduzidas abaixo:

Bueiros Tubulares

$$Q_c = 1,538 \cdot D^{2,5}$$

$$V_c = 2,56 \cdot \sqrt{D}$$

$$I_c = 32,82 \cdot \frac{n^2}{\sqrt[3]{D}}$$

Bueiros Celulares:

$$Q_c = 1,705 \cdot B \cdot H^{1,5}$$

$$V_c = 2,56 \cdot \sqrt{H}$$

$$I_c = 2,60 \cdot \frac{n^2}{\sqrt[3]{H}}$$

Onde:

Q_c = Vazão crítica, em m^3/s ;

V_c = Velocidade crítica, em m/s ;

I_c = Declividade crítica, em m/m ;

D = Diâmetro do bueiro tubular, em m ;

H = Altura do bueiro celular, em m ;

B = Largura do bueiro celular, em m .

Tabela 14 – Vazão crítica para bueiros tubulares

TIPO	DIÂMETRO (m)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m^2)	VAZÃO CRÍTICA (m^3/s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLVIDADE CRÍTICA (%)
BSTC	0,80	0,39	0,88	2,29	0,80
BSTC	1,00	0,60	1,53	2,56	0,74
BSTC	1,20	0,87	2,42	2,80	0,70
BSTC	1,50	1,35	4,22	3,14	0,65
BDTC	1,00	1,20	3,07	2,56	0,74
BDTC	1,20	1,73	4,84	2,80	0,70
BDTC	1,50	2,71	8,45	3,14	0,65
BTTC	1,00	1,81	4,60	2,56	0,74
BTTC	1,20	2,60	7,26	2,80	0,70
BTTC	1,50	4,06	12,67	3,14	0,65

Tabela 15 – Vazão crítica para bueiros celulares

TIPO	DIMENSÃO (m x m)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m^2)	VAZÃO CRÍTICA (m^3/s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLVIDADE CRÍTICA (%)
BSCC	1,50x1,50	1,50	4,70	3,14	0,68
BSCC	2,00x2,00	2,67	9,64	3,62	0,62
BSCC	2,50x2,50	4,17	16,85	4,05	0,58
BSCC	3,00x300	6,00	26,58	4,43	0,54
BDCC	1,50x1,50	3,00	9,40	3,14	0,68
BDCC	2,00x2,00	5,33	19,29	3,62	0,62
BDCC	2,50x2,50	8,33	33,70	4,05	0,58

TIPO	DIMENSÃO (m x m)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m²)	VAZÃO CRÍTICA (m³/s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BDCC	3,00x300	12,00	53,16	4,43	0,54
BTCC	3,00x300	18,00	79,73	4,43	0,54

Se, excepcionalmente, algum bueiro for implantado com declividade inferior à crítica, a sua vazão de dimensionamento será verificada segundo o procedimento para dimensionamento no regime subcrítico apresentado no **Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT**.

3.6.14.3 Bueiros Operando Como Orifício

Os bueiros, dimensionados para operarem como canal com a vazão calculada para 15 anos – bueiros tubulares – e 25 anos – bueiros celulares –, foram, ainda, verificados para as vazões respectivas de 25 e 50 anos, considerando-se a sua operação como orifício. Admitiu-se que para estes períodos de recorrência as obras possam trabalhar com carga hidráulica, limitada ao menor dos seguintes valores:

- $CH < 2D$ ou $2H$ para evitar excesso de velocidade na saída da obra;
- Nível d'água abaixo do greide da rodovia, para evitar o sobre passe da pista.

Este procedimento foi utilizado, também, para a verificação do funcionamento hidráulico das obras existentes, e foi determinante na decisão quanto ao aproveitamento destas obras, ou na indicação de substituições ou complementações.

As seguintes relações foram utilizadas:

$$Q = C.A.\sqrt{2.g.h} : \text{Fórmula do Orifício}$$

Onde:

Q = Vazão, em m³/s;

C = Coeficiente, adimensional;

A = Área da seção transversal, em m²;

g = Aceleração da gravidade, em m/s²;

h = Carga hidráulica sobre o centro da obra, em m.

Tomando-se $C = 0,63$ e $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, tem-se:

Para Bueiros Tubulares:

$$h = \frac{(Q_{25})^2}{4,803 \cdot D^4}$$

Para Bueiros Circulares:

$$h = \frac{(Q_{50})^2}{7,787 \cdot B^2 \cdot H^2}$$

Onde:

h = Carga hidráulica sobre o centro da obra, em m;

Q_{25} = Vazão para $TR=25$ anos, em m^3/s ;

Q_{50} = Vazão para $TR=50$ anos, em m^3/s ;

D = Diâmetro do bueiro tubular, em m;

H = Altura do bueiro celular, em m;

B = Largura do bueiro celular, em m.

3.6.15 Resultados

As soluções adotadas para cada bueiro encontram-se apresentadas no Projeto de Drenagem, bem como o dimensionamento e verificação hidráulica dos mesmos.

**ESTUDOS HIDROLÓGICOS - VAZÕES DE CONTRIBUIÇÃO**

LOCALIZAÇÃO EST	LADO DE MONTANTE	ÁREA (ha)	BACIA Nº	L (m)	H (m)	I (m/km)	leq (m/km)	tc real (min)	tc (min)	i (mm/min)			C	VAZÃO (m³/s)			MÉTODO DE CÁLCULO
										T=15 anos	T=25 anos	T=50 anos		T=15 anos	T=25 anos	T=50 anos	
8758+6,96	ESQUERDO	101,17	1E	1393,63	70,00	50,2285	50,2285	16,29	16,29	2,46	2,65	2,93	0,46	19,08	20,54	22,72	Racional
8825+18,88	ESQUERDO	329,71	2E	2145,27	62,00	28,9008	28,9008	28,10	28,10	1,96	2,11	2,33	0,30	32,27	34,75	38,43	Racional
8868+12,68	ESQUERDO	111,32	3E	1172,37	50,00	42,6485	42,6485	15,19	15,19	2,52	2,71	3,00	0,30	14,03	15,11	16,71	Racional
8910+4,34	ESQUERDO	59,57	4E	783,61	64,00	81,6734	81,6734	8,67	10,00	2,86	3,08	3,41	0,35	9,95	10,72	11,85	Racional

VERIFICAÇÃO ORIFÍCIO

LOCALIZAÇÃO EST	DISPOSITIVO EXISTENTE	DECLIVIDADE (%)	VAZÃO CRÍTICA	REGIME DE ESCOAMENTO	VERIFICAÇÃO ORIFÍCIO					INTERVENÇÃO
					h-CARGA HIDRÁULICA (m)	VELOCIDADE ORIFÍCIO (m/s)	SUFICIÊNCIA HIDRÁULICA	ALTURA DO ATERRO EXISTENTE (m)	SUFICIÊNCIA DO ATERRO	
8758+6,96	BSCC 2 x 2	0,62	9,64	SUPERCRÍTICO	4,14	5,68	AFOGADO	3,70	ATERRO NÃO COMPORTA	IMPLANTAR BUEIRO NOVO
8825+18,88	BSTM Ø 2,5	1,45	15,15	SUPERCRÍTICO	6,43	7,08	AFOGADO	12,00	OK	BUEIROS EM MÁS CONDIÇÕES IMPLANTAR BUEIRO NOVO
8868+12,68	BSTC Ø 1	1,81	1,53	SUPERCRÍTICO	47,53	19,24	AFOGADO	5,10	ATERRO NÃO COMPORTA	IMPLANTAR BUEIRO NOVO
8910+4,34	BDTC Ø 0,6	3,74	0,85	SUPERCRÍTICO	46,12	18,95	AFOGADO	5,00	ATERRO NÃO COMPORTA	IMPLANTAR BUEIRO NOVO

3.6.16 Fichas de bueiros

CADASTRO DAS OBRAS DE ARTES CORRENTES				Folha Nº 0001
RODOVIA: PR-323		TRECHO: 1B		
SEGMENTO: km 174.200 ao km 180.500		KM DA OBRA: 175+166,00 EST. 8758+6,96		
I- DADOS DA OBRA EXISTENTE				
TIPO	☐ BSTC ☐ BDTG ☐ BITTC ☒ BSOC ☐ BDCC ☐ BTCC ☐ BSTM ☐ BDTM ☐ BITM ☐			
DIMENSÃO:	φ: 0 BASE 2 ALTURA 2		FOTOS	
ESCONDIDEZ	0		MONTANTE  JUSANTE 	
ESTADO DE CONSERVAÇÃO:	☒ BOM ☐ RUIM			
COTA MONTANTE:	334			
COORDENADAS:	X: 478173,65 Y: 2394332,19			
LADO DE MONTANTE (SENTIDO DO KM):	☒ ESQUERDO ☐ DIREITO ☐ CANTEIRO			
COTA JUSANTE:	337		CANTERO CENTRAL:	
COORDENADAS JUSANTE:	X: 478157,9229 Y: 2394342,562			
COMPRIMENTO TOTAL:	18,85m			
SEÇÃO DE VAZÃO:	☒ SUFICIENTE ☐ INSUFICIENTE			
HISTÓRICO HIDRÁULICO				
VESTÍGIOS DE NA ACIMA DO TUBO	☐ SIM ☒ NÃO		CANTERO CENTRAL:	
PRESENÇA DE ASSOREAMENTO	☒ SIM ☐ NÃO			
CURSO D'ÁGUA CORRENTE	☒ SIM ☐ NÃO			
MONTANTE	☒ BOCA ☐ CAIXA			
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	☒ BOM ☐ RUIM			
JUSANTE	☒ BOCA ☐ CAIXA		CANTERO CENTRAL:	
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	☐ BOM ☒ RUIM			
CANTERO CENTRAL	☐ BOCA ☐ CAIXA			
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	☐ BOM ☐ RUIM			
II- DADOS DA BACIA				
LARGURA MÉDIA DO TALVEGUE	2m		CANTERO CENTRAL:	
LÂMINA D'ÁGUA	m			
DECLIVIDADE DA ENCOSTA	☒ SUAVE ☐ MODERADA ☐ ABRUPTA			
TIPO DE VEGETAÇÃO	☐ RALA ☒ Densa ☐ FECHADA			
TIPO DE TERREIRO	☐ ROCHA ☒ SOLO ☐ MISTO			
III - OBSERVAÇÕES			CROQUI PERFIL:	
PRESENÇA DE EROSIÃO	☐ M ☐ J ☒ NÃO			
BREJO	☐ M ☐ J ☒ NÃO			
ASSOREAMENTO	☐ M ☒ J ☐ NÃO			
SEÇÃO ESTRANGULADA	☐ M ☐ J ☒ NÃO			
CORPO TRINCADO	☐ M ☐ J ☒ NÃO		CROQUI PLANTA:	
CORPO QUEBRADO	☐ M ☐ J ☒ NÃO			
INFILTRAÇÃO D'ÁGUA	☐ M ☐ J ☒ NÃO			
PAVIMENTO SOBRE O BUEIRO	☐ TRINCAS ☐ NORMAL ☒ ABATIMENTO			
III - OUTRAS OBSERVAÇÕES				
Recebe a rede de esgoto da cidade de dr. Camargo				

CADASTRO DAS OBRAS DE ARTES CORRENTES				Folha Nº 0002
RODOVIA: PR 323		TRECHO: 1B		
SEGMENTO: Km 174.200 ao km 180.500		KM DA OBRA: 176+518 EST.8825+18,88		
I- DADOS DA OBRA EXISTENTE				
TIPO	☐ BSTC ☐ BDTG ☐ BITTC ☐ BSOC ☐ BDOC ☐ BTCC ☒ BSTM ☐ BDTM ☐ BTM ☐			
DIMENSÃO:	φ: 2,5	BASE:	ALTURA:	FOTOS
ESCONDIDADE	0			MONTANTE
ESTADO DE CONSERVAÇÃO:	☒ BOM ☐ RUIM			
COTA MONTANTE:	308,91			
COORDENADAS:	X: 477214,60	Y: 2393406,65		
LADO DE MONTANTE (SENTIDO DO KM):	☒ ESQUERDO ☐ DIREITO ☐ CANTEIRO			
COTA JUSANTE:	308,912			
COORDENADAS JUSANTE:	X: 477167,052	Y: 2393406,647		JUSANTE
COMPRIMENTO TOTAL:	53,23m			
SEÇÃO DE VAZÃO:	☒ SUFICIENTE ☐ INSUFICIENTE			
HISTÓRICO HIDRÁULICO				
VESTÍGIOS DE NA ACIMA DO TUBO	☐ SIM ☒ NÃO			
PRESENÇA DE ASSOREAMENTO	☐ SIM ☒ NÃO			
CURSO D'ÁGUA CORRENTE	☒ SIM ☐ NÃO			
MONTANTE	☒ BOCA ☐ CAIXA			
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	☐ BOM ☒ RUIM			
JUSANTE	☒ BOCA ☐ CAIXA			
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	☐ BOM ☒ RUIM			
CANTEIRO CENTRAL	☐ BOCA ☐ CAIXA			
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	☐ BOM ☐ RUIM			CANTEIRO CENTRAL:
II- DADOS DA BACIA				
LARGURA MÉDIA DO TALVEGUE	5m			
LÂMINA D'ÁGUA	m			
DECLIVIDADE DA ENCOSTA	☐ SUAVE ☒ MODERADA ☐ ABRUPTA			
TIPO DE VEGETAÇÃO	☐ RALA ☐ Densa ☒ FECHADA			
TIPO DE TERRENO	☐ ROCHA ☒ SOLO ☐ MISTO			
III - OBSERVAÇÕES				
PRESENÇA DE EROSIÃO	☐ M ☐ J ☒ NÃO			
BREJO	☐ M ☐ J ☒ NÃO			
ASSOREAMENTO	☐ M ☐ J ☒ NÃO			
SEÇÃO ESTRANGULADA	☐ M ☐ J ☒ NÃO			
CORPO TRINCADO	☐ M ☒ J ☐ NÃO			
CORPO QUEBRADO	☐ M ☒ J ☐ NÃO			
INFILTRAÇÃO D'ÁGUA	☐ M ☐ J ☒ NÃO			
PAVIMENTO SOBRE O BUEIRO	☐ TRINCAS ☐ NORMAL ☒ ABATIMENTO			
III - OUTRAS OBSERVAÇÕES				
Bueiro com escoramentos ao longo da estrutura e muito danificado.				

FOLHA 63 / 258

CADASTRO DAS OBRAS DE ARTES CORRENTES				Folha Nº 0004	
RODOVIA: PR-323		TRECHO: 1B		ENGEFOTO	
SEGMENTO: Km 174.200+180.500		KM DA OBRA: 178+215 EST. 8910+15,66			
I- DADOS DA OBRA EXISTENTE					
TIPO	☐ BSTC ☒ BDTG ☐ BITTC ☐ BSOC ☐ BDCC ☐ BTCC ☐ BSTM ☐ BDTM ☐ BTM ☐				
DIMENSÃO:	φ: 0,6	BASE:	ALTURA:	FOTOS	
ESCONDIDADE	0			ESTADO DE CONSERVAÇÃO: ☐ BOM ☒ RUIM MONTANTE 	
COTA MONTANTE:	323,843				
COORDENADAS:	X: 475827,35	Y: 2392475,81			
LADO DE MONTANTE (SENTIDO DO KM):	☒ ESQUERDO ☐ DIRETO ☐ CANTEIRO				
COTA JUSANTE:	322,46				
COORDENADAS JUSANTE:	X: 475816,2658	Y: 2392498,886			
COMPRIMENTO TOTAL:	25,55m				
SEÇÃO DE VAZÃO:	☐ SUFICIENTE ☒ INSUFICIENTE				
HISTÓRICO HIDRÁULICO					JUSANTE:
VESTÍGIOS DE NA ACIMA DO TUBO	☐ SIM ☒ NÃO				PRESEÇA DE ASSOREAMENTO ☒ SIM ☐ NÃO MONTANTE ☒ BOCA ☐ CAIXA
CURSO D'ÁGUA CORRENTE	☐ SIM ☒ NÃO				
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	☐ BOM ☒ RUIM				
JUSANTE	☒ BOCA ☐ CAIXA				
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	☒ BOM ☐ RUIM				
CANTEIRO CENTRAL	☐ BOCA ☐ CAIXA				
ESTADO DE CONSERVAÇÃO	☐ BOM ☐ RUIM				
II- DADOS DA BACIA					
LARGURA MÉDIA DO TALVEGUE	20m				
LÂMINA D'ÁGUA	2m				
DECLIVIDADE DA ENCOSTA	☒ SUAVE ☐ MODERADA ☐ ABRUPTA				
TIPO DE VEGETAÇÃO	☐ RALA ☒ Densa ☐ FECHADA				
TIPO DE TERRENO	☐ ROCHA ☒ SOLO ☐ MISTO			CROQUI PERFIL:	
III - OBSERVAÇÕES				CROQUI PLANTA:	
PRESEÇA DE EROSIÃO	☐ M ☐ J ☒ NÃO				
BREJO	☐ M ☐ J ☒ NÃO				
ASSOREAMENTO	☒ M ☐ J ☐ NÃO				
SEÇÃO ESTRANGULADA	☐ M ☐ J ☒ NÃO				
CORPO TRINCADO	☐ M ☒ J ☒ NÃO				
CORPO QUEBRADO	☐ M ☐ J ☒ NÃO				
INFILTRAÇÃO D'ÁGUA	☐ M ☐ J ☒ NÃO				
PAVIMENTO SOBRE O BUEIRO	☐ TRINCAS ☐ NORMAL ☒ ABATIMENTO				
III - OUTRAS OBSERVAÇÕES					
Trinca no corpo do bueiro, aparentemente apenas na saída.					

3.7 ESTUDOS GEOLÓGICO E GEOTÉCNICOS

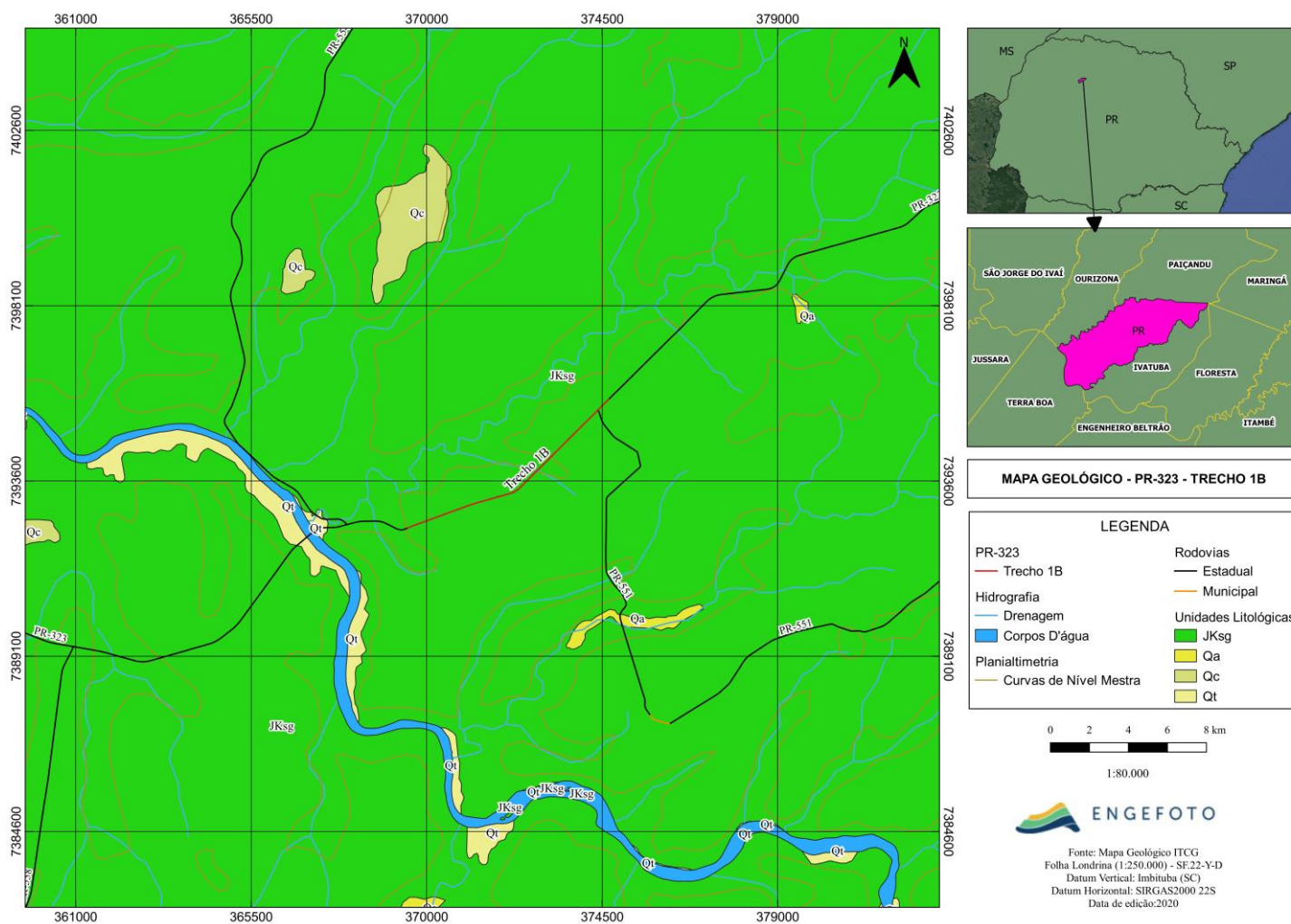
3.7.1 Estudos Geológicos, Geomorfológicos e Pedológicos

3.7.1.1 Estudos geológicos

As descrições referentes aos aspectos geológicos foram feitas tendo como base o Mapa Geológico do Paraná, Folha SF.22-Y-D – Londrina (ITCG, 2006).

O segmento de projeto se desenvolve integralmente sobre a Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento e Depósitos Aluvionares (Figura 21).

Figura 21 - Mapa geológico – Trecho 1B.



A seguir é feita descrição das unidades geológicas locais identificadas na área de influência da PR-323 no Trecho 1B.

a) Aluviões atuais (Qa)

Nesta unidade prevalecem sedimentos de formação atual a subatual, de natureza aluvionar, inconsolidados e constituídos por seixos, areias finas a grossas, com níveis de cascalhos, lentes de material silto-argiloso e restos de matéria orgânica.

São formados por um sistema fluvial no leito e nas margens das principais drenagens presentes na área de influência da PR-323 no Trecho 1B, e geralmente estão relacionados a planícies de inundação, barras de canal e aos canais fluviais atuais.

A maior ou menor expressão destes depósitos tem relação com o porte do curso d'água que lhe dá origem. Para a presente situação as ocorrências são inexpressivas para a escala de mapeamento adotada.

b) Coluviões derivados do Arenito Caiuá e Santo Anastácio (Qc)

São depósitos coluvionares arenosos a areno-argilosos derivados dos Arenitos Caiuá e Santo Anastácio, dispostos sobre espigões ou rampas a meia encosta. Apresentam ampla distribuição sobre a área de ocorrência dos Arenitos Caiuá e Santo Anastácio, estando, porém, assinalados no mapa somente as ocorrências destes colúvios situados diretamente sobre o embasamento basáltico.

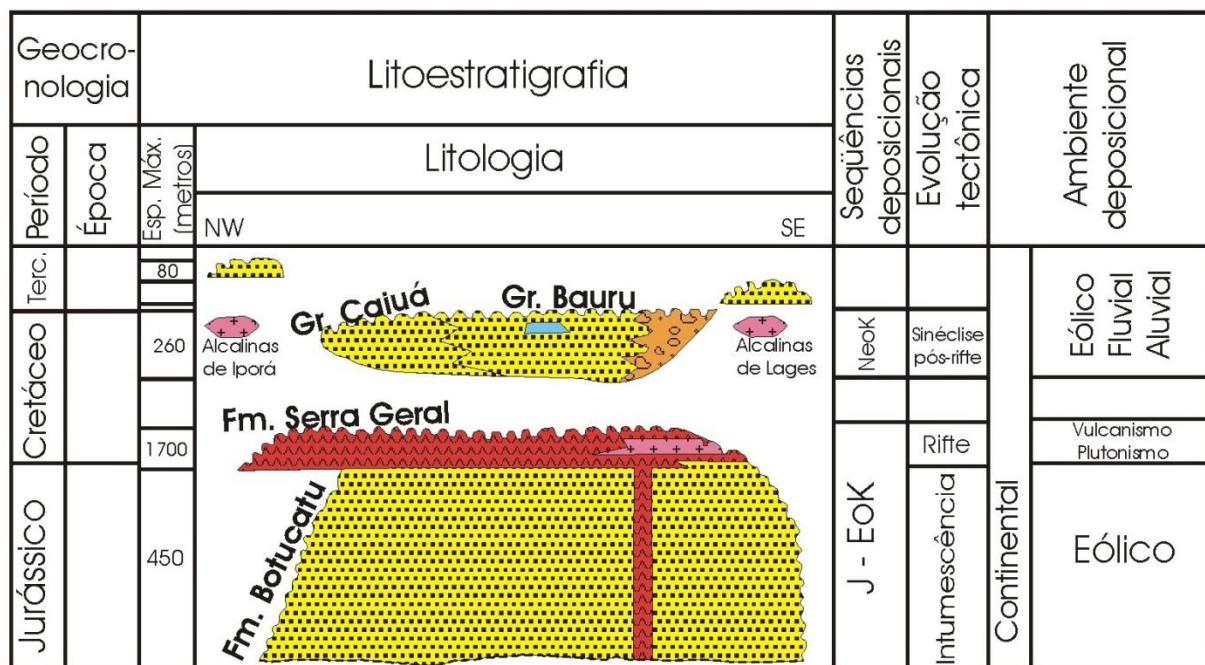
c) Aluviões em terraços (Qt)

Depósitos de tálus, blocos em matriz argilosa.

d) Grupo São Bento - Formação Serra Geral (JKsg)

A Formação Serra Geral é constituída, essencialmente, por basaltos toleíticos e andesitos basálticos com riolitos e riodacitos subordinados e ocupa mais da metade do território paranaense. Os derrames de lavas basálticas desta unidade registram uma espessura total de até 2.000 m de basalto sobre os sedimentos da Bacia do Paraná, derrames estes de natureza básica e subordinadamente, por rochas ácidas, como descrito na Figura 22.

Figura 22 – Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná (Modificado de Boletim de Geociências da Petrobras, no. 1, vol.8, 1994)



Os diques do Arco de Ponta Grossa representaram os principais condutos para a extrusão dos derrames da Formação Serra Geral. Possuem direção predominantemente NW-SE, podendo ser encontrados também segundo trends secundários (NE-SW e E-W). Datações realizadas por Turner et al. (1994) através do método Ar/Ar, posicionaram o evento Serra Geral no intervalo entre 137 e 127 Ma, sendo, portanto, de idade Jurássico/Triássico.

Este imenso vulcanismo continental que gerou as rochas basálticas da Formação Serra Geral dotou o estado de um solo de excelente qualidade e da ocorrência de minerais de cobre, ágatas e ametistas. Além disso, há também a exploração de argila e pedras britadas para a construção civil. As rochas desta unidade geológica possuem baixa vulnerabilidade à denudação (intemperismo e erosão) apresentando como principal entrave ao uso e ocupação os solos litólicos ou afloramentos de rocha. No Terceiro Planalto, os solos litólicos ou litossolos são caracterizados por delgadas coberturas, raramente com mais de 0,5 m de profundidade, formadas por blocos e seixos de basalto com as estruturas e texturas da rocha original, preservadas. É comum que

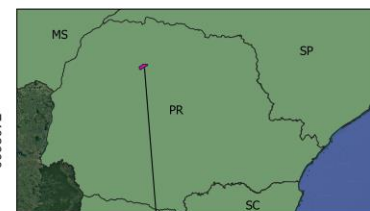
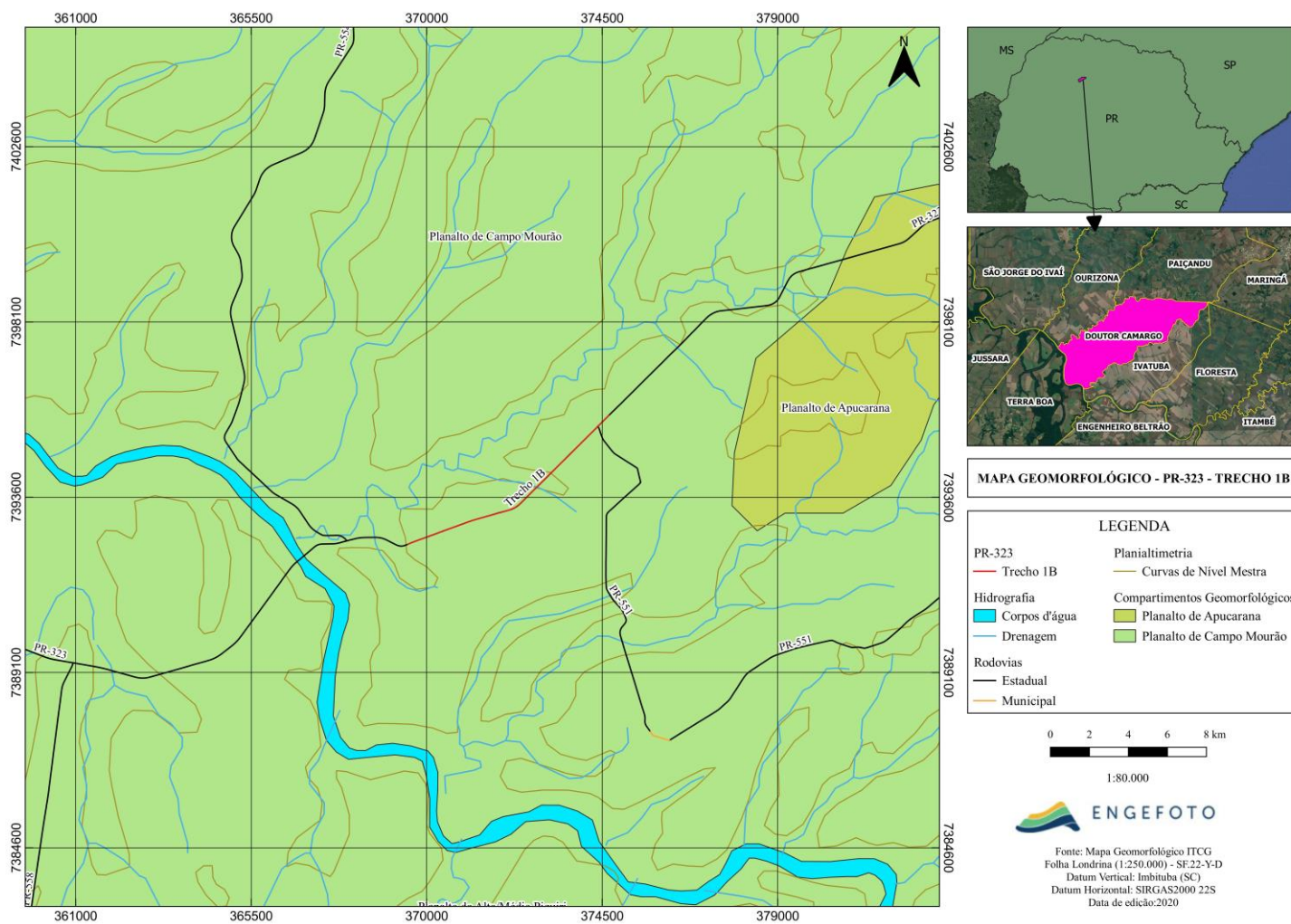
estes tipos de solos se associem aos denominados saprólitos, alterações de rocha que podem atingir dezenas de metros de profundidade. As rochas vulcânicas quando transformadas em solo restam “bolas” de rocha, que vão se escamando em característica alteração esferoidal, comuns nas encostas mais íngremes (Mineropar, 2006).

O padrão de fraturas, justamente com as zonas vesiculares do topo dos derrames, pode funcionar como canais alimentadores dos aquíferos subterrâneos, necessitando medidas de monitoramento da descarga de efluentes químicos, industriais e domésticos para evitar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas da região.

3.7.1.2 Estudos geomorfológicos

O segmento de projeto está situado no Terceiro Planalto Paranaense, inserido nas unidades geomorfológicas denominadas Planalto de Campo Mourão e Planalto de Apucarana (Atlas Geomorfológico do Paraná – Mineropar, 2006).

Figura 23 – Mapa geomorfológico – Trecho 1B.



MAPA GEOMORFOLÓGICO - PR-323 - TRECHO 1B

a) Planalto de Campo Mourão

Este compartimento geomorfológico possui relevo aplainado, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha. Possuem dissecação baixa e classes de declividades menores que 6% com gradiente de 340 metros com altitudes variando de 260 a 600 metros, assentados sobre as rochas da Formação Serra Geral.

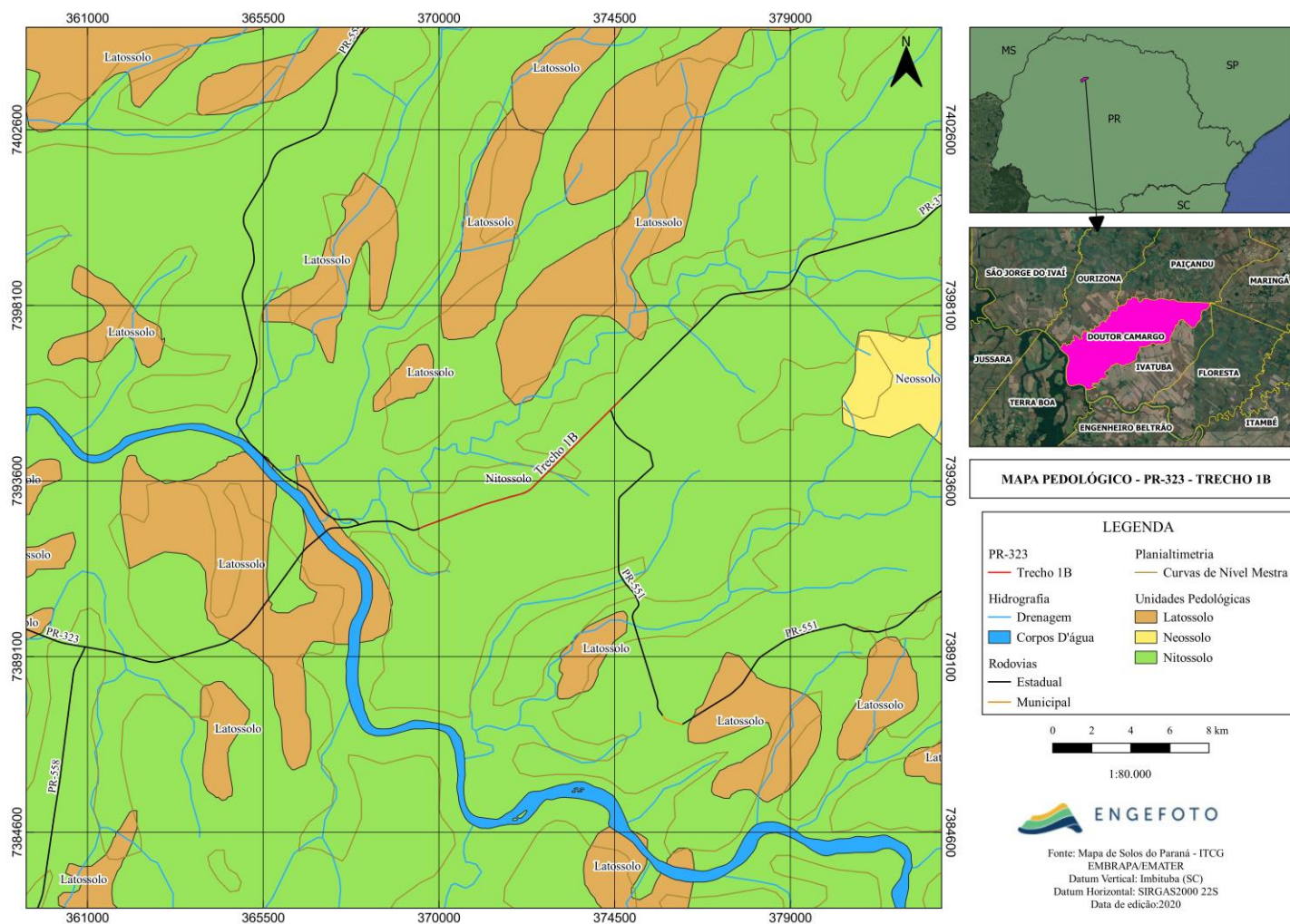
b) Planalto de Apucarana

O Planalto de Apucarana apresenta dissecação do relevo alta com topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”. As classes de declividades predominantes estão entre 6 e 12%, com gradiente de 620 metros com altitudes entre 300 e 920 metros, cujo relevo é modelado em rochas da Formação Serra Geral com direção geral da morfologia NW/SE.

3.7.1.3 Estudos pedológicos

Conforme indicado no mapa a seguir, modificado de Mapa de Solos – Estado do Paraná (ITCG, 2008), o projeto se desenvolve essencialmente sobre do tipo Nitossolos, e secundariamente, sobre solos do tipo Latossolos e Neossolos.

Figura 24 – Mapa pedológico – Trecho 1B.



a) Nitossolos

Ainda segundo Lima (2012), Nitossolos são solos caracterizados pela presença de um horizonte B cujos agregados apresentam em sua superfície brilho característico (reluzente). Esse brilho pode ser causado pela presença de argila vinda dos horizontes superficiais do solo em suspensão na água, ou de superfícies alisadas formadas por expansão e contração das argilas do solo. São predominantes em 15% do território paranaense, principalmente nas regiões de rochas basálticas (norte, oeste e sudoeste do estado) e em relevos moderadamente declivosos. Estes tipos de solos são, em sua maioria, de boa fertilidade, embora possam ocorrer em relevos mais acidentados que prejudicam a mecanização dos solos ou aumentam o risco de erosão.

b) Latossolos

Segundo Lima (2012), Latossolos são solos profundos, bastante intemperizado (velhos e alterados em relação à rocha) e geralmente de baixa fertilidade. Ocupam, normalmente, os topos de paisagens, em relevos mais planos. De maneira geral, são muito porosos, permeáveis, com boa drenagem (não tem excesso de água) e são muito profundos (mais de 2 metros de espessura). Suas características, tais como boa profundidade, relevo quase plano, ausência de pedras, grande porosidade, boa drenagem e permeabilidade fazem com que sejam os mais utilizados na produção rural. Embora geralmente sejam de baixa fertilidade, as práticas de adubação e correção do solo, realizadas pelos produtores rurais, os tornam muito produtivos. O relevo plano e as características físicas adequadas já destacadas anteriormente determinam que os Latossolos apresentem alta estabilidade, baixo risco de erosão e grande capacidade para suportar estradas, construções, além de ser local favorável para instalação de aterros sanitários.

c) Neossolos

Para Lima (2012), Neossolos são solos rasos em estágio inicial de evolução ou pouco evoluídos, apresentando mais comumente apenas horizonte A sobre o horizonte C ou sobre a rocha de origem (camada R). Como principais obstáculos ao uso, podem ser citados a associação a regiões de relevos declivosos até áreas planas sob influência do lençol freático, pouca espessura e presença de pedras. Podem ser de baixa ou alta

fertilidade e, quando ricos quimicamente, são muito utilizados para a agricultura, principalmente por agricultores familiares que possuem pequena área. Considerando as características já relatadas, constituem áreas extremamente frágeis devido à pequena capacidade de retenção de substâncias químicas e água, que resultam em sua baixa capacidade de atuar como filtro de materiais poluentes e possuem grande suscetibilidade aos processos erosivos.

3.7.1.4 Referências bibliográficas

Mapa de Geologia – Estado do Paraná, Folha SF.22-Y-D. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG, Escala 1:250.000. 2006.

Mapa de Geomorfologia – Estado do Paraná, Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG, Escala 1:50.000. 2008.

Mapa de Solos – Estado do Paraná, Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG, Escala 1:50.000. 2008.

Lima, V.C., Lima, M. de R., Melo, V de F. Conhecendo os principais solos do Paraná: abordagem para professores do ensino fundamental e médio. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Núcleo Estadual Paraná, 2012.

3.7.2 Estudos Geotécnicos

3.7.2.1 Plano de Investigações Geotécnicas

As investigações geotécnicas consistiram na execução de sondagens a trado com coleta de amostras para realização de ensaios a cada 200 metros em média, como análise granulométrica por peneiramento e sedimentação, limite de liquidez, limite de plasticidade, densidade in situ, umidade natural, ensaios de compactação e CBR nas Energias Normal e Intermediária.

Para investigação das características de fundação dos aterros, bueiros e OAE's, foram executadas sondagens à percussão e mistas.

Tabela 16: Plano de Investigações Geotécnicas do Trecho 1B.

SONDAGEM	ESTACA PROJETO EXECUTIVO	Config. Ter.	Prof. Programa da (m)	RTM (SIRGAS 2000)		UTM(SIRGAS 2000)		COTA (m)	Gran. Sediment.	Índ. Físicos	H nat.	Compac. +CBR (Normal)	Compac.+ CBR (Intermediário)	Ds
				E	N	LESTE	NORTE							
ST-208	8711+12	Corte	4,00	478.849,96	2.394.977,89	374.678,64	7.395.682,63	334,21	-	-	-	-	-	-
ST-209	8717+12	Corte	4,00	478.762,03	2.394.896,24	374.591,88	7.395.599,79	339,28	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
SP-210	8722+12	Corte	5,45	478.686,64	2.394.830,55	374.517,44	7.395.533,07	342,31	-	-	-	-	-	-
ST-211	8726+12	Corte	8,00	478.627,75	2.394.776,40	374.459,32	7.395.478,12	345,82	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
SP-212	8731+12	Corte	10,45	478.555,88	2.394.706,88	374.388,45	7.395.407,62	349,20	-	-	-	-	-	-
ST-213	8736+12	Corte	10,50	478.484,20	2.394.637,15	374.317,77	7.395.336,92	350,13	-	-	-	-	-	-
SP-214	8741+12	Corte	9,45	478.415,00	2.394.564,97	374.249,60	7.395.263,80	348,78	-	-	-	-	-	-
ST-215	8746+12	Corte	5,50	478.346,45	2.394.492,17	374.182,09	7.395.190,07	345,67	2,00	2,00	2,00	1,00	-	-
ST-216	8750+12	Corte	3,50	478.289,64	2.394.435,85	374.126,09	7.395.132,98	342,24	-	-	-	-	-	-
SP-217	8758+2	Aterro	3m/N≥15	478.181,85	2.394.331,53	374.019,79	7.395.027,20	337,55	-	-	-	-	-	-
ST-218	8762+12	Corte	3,00	478.117,17	2.394.268,95	373.956,01	7.394.963,74	339,05	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-219	8767+12	Corte	3,00	478.045,30	2.394.199,42	373.885,14	7.394.893,23	340,76	-	-	-	-	-	-
ST-220	8772+2	Corte	3,00	477.980,59	2.394.136,87	373.821,32	7.394.829,81	342,81	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-221	8775+2	Corte	3,00	477.937,46	2.394.095,15	373.778,79	7.394.787,50	344,04	-	-	-	-	-	-
ST-222	8781+7	C/A	3,00	477.847,62	2.394.008,24	373.690,20	7.394.699,37	346,61	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-223	8787+12	Corte	3,50	477.757,78	2.393.921,33	373.601,60	7.394.611,24	349,19	-	-	-	-	-	-
ST-224	8792+12	Corte	6,50	477.685,91	2.393.851,80	373.530,73	7.394.540,73	351,65	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
SP-225	8796+12	Corte	8,45	477.628,41	2.393.796,18	373.474,02	7.394.484,33	351,29	-	-	-	-	-	-
ST-226	8801+12	Corte	8,50	477.556,54	2.393.726,65	373.403,15	7.394.413,82	348,17	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
SP-227	8806+12	Corte	7,45	477.484,66	2.393.657,12	373.332,27	7.394.343,32	343,02	-	-	-	-	-	-
ST-228	8811+12	Corte	5,50	477.412,79	2.393.587,59	373.261,39	7.394.272,81	336,41	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00
ST-229	8814+12	Corte	4,00	477.369,67	2.393.545,88	373.218,87	7.394.230,51	332,42	-	-	-	-	-	-
ST-230	8822+12	Aterro	1,50	477.254,67	2.393.434,63	373.105,46	7.394.117,70	319,11	1,00	1,00	1,00	-	-	-
SP-231	8826+7	Aterro	3m/N≥15	477.200,76	2.393.382,48	373.052,30	7.394.064,82	314,41	-	-	-	-	-	-
ST-232	8831+12	Aterro	1,50	477.125,30	2.393.309,48	372.977,89	7.393.990,79	320,53	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-233	8835+12	Corte	3,50	477.067,80	2.393.253,86	372.921,18	7.393.934,39	325,16	-	-	-	-	-	-
ST-234	8841+12	C/A	2,50	476.981,55	2.393.170,42	372.836,13	7.393.849,78	328,98	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-
ST-235	8847+12	Corte	3,50	476.895,30	2.393.086,99	372.751,08	7.393.765,17	332,93	-	-	-	-	-	-
ST-236	8851+17	Corte	4,50	476.834,21	2.393.027,89	372.690,83	7.393.705,24	334,60	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00

SONDAGEM	ESTACA PROJETO EXECUTIVO	Config. Ter.	Prof. Programa da (m)	RTM (SIRGAS 2000)		UTM(SIRGAS 2000)		COTA (m)	Gran. Sedim ent.	Índ. Físicos	H nat.	Compac. +CBR (Normal)	Compac.+ CBR (Intermediário)	Ds
				E	N	LESTE	NORTE							
ST-237	8855+12	Corte	5,50	476.780,31	2.392.975,74	372.637,68	7.393.652,36	334,96	-	-	-	-	-	-
ST-238	8859+12	Corte	4,50	476.722,81	2.392.920,12	372.580,98	7.393.595,96	332,47	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	-
SP-239	8866+12	Aterro	3m/N≥15	476.622,19	2.392.822,78	372.481,75	7.393.497,25	325,10	-	-	-	-	-	-
SP-240	8869+12	Aterro	3m/N≥15	476.579,06	2.392.781,06	372.439,22	7.393.454,94	321,69	-	-	-	-	-	-
ST-241	8876+12	Aterro	1,50	476.473,80	2.392.688,98	372.335,28	7.393.361,43	331,27	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-242	8880+12	Corte	4,00	476.406,05	2.392.646,55	372.268,15	7.393.318,07	336,34	-	-	-	-	-	-
ST-243	8886+12	Corte	6,50	476.295,67	2.392.599,93	372.158,46	7.393.269,93	341,07	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00
SP-244	8892+12	Corte	8,45	476.180,09	2.392.567,69	372.043,37	7.393.236,08	342,50	-	-	-	-	-	-
ST-245	8896+12	Corte	6,00	476.102,87	2.392.546,77	371.966,47	7.393.214,09	339,14	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-246	8900+12	Corte	5,50	476.025,66	2.392.525,85	371.889,58	7.393.192,10	336,36	-	-	-	-	-	-
ST-247	8905+12	Corte	4,00	475.929,14	2.392.499,70	371.793,46	7.393.164,62	330,98	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	-
SP-248	8911+2	Aterro	3m/N≥15	475.822,96	2.392.470,94	371.687,72	7.393.134,39	323,80	-	-	-	-	-	-
ST-249	8915+12	Corte	3,00	475.736,09	2.392.447,41	371.601,21	7.393.109,65	329,06	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-250	8920+12	C/A	2,50	475.639,57	2.392.421,26	371.505,09	7.393.082,16	332,16	-	-	-	-	-	-
ST-251	8927+2	Corte	3,50	475.514,10	2.392.387,27	371.380,14	7.393.046,44	337,78	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-252	8931+12	Corte	4,00	475.427,23	2.392.363,73	371.293,63	7.393.021,69	341,25	-	-	-	-	-	-
ST-253	8935+12	Corte	4,50	475.350,04	2.392.342,72	371.216,76	7.392.999,61	342,63	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00
ST-254	8941+12	Corte	4,00	475.235,57	2.392.306,78	371.102,83	7.392.962,09	342,10	-	-	-	-	-	-
ST-255	8945+12	Corte	4,00	475.160,03	2.392.280,41	371.027,69	7.392.934,67	340,74	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-256	8951+12	Corte	4,00	475.046,74	2.392.240,87	370.914,99	7.392.893,57	337,28	-	-	-	-	-	-
ST-257	8955+12	Corte	4,00	474.971,21	2.392.214,50	370.839,85	7.392.866,15	334,98	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-258	8960+12	Corte	3,50	474.876,79	2.392.181,55	370.745,93	7.392.831,90	331,28	-	-	-	-	-	-
ST-259	8964+12	Corte	3,50	474.801,26	2.392.155,18	370.670,79	7.392.804,48	328,90	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	-
ST-260	8971+12	Corte	3,50	474.669,08	2.392.109,05	370.539,30	7.392.756,52	324,87	-	-	-	-	-	-
ST-261	8975+12	Corte	3,00	474.593,55	2.392.082,68	370.464,17	7.392.729,11	322,01	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-262	8981+12	C/A	2,50	474.480,26	2.392.043,14	370.351,47	7.392.688,00	319,01	-	-	-	-	-	-
ST-263	8985+17	C/A	2,50	474.400,00	2.392.015,12	370.271,63	7.392.658,87	318,11	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-264	8992+12	Corte	3,50	474.272,55	2.391.970,63	370.144,84	7.392.612,62	318,25	-	-	-	-	-	-
ST-265	8995+2	Corte	4,50	474.225,34	2.391.954,16	370.097,88	7.392.595,49	318,63	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00

SONDAGEM	ESTACA PROJETO EXECUTIVO	Config. Ter.	Prof. Programa da (m)	RTM (SIRGAS 2000)		UTM(SIRGAS 2000)		COTA (m)	Gran. Sedim ent.	Índ. Físicos	H nat.	Compac. +CBR (Normal)	Compac.+ CBR (Intermediário)	Ds
				E	N	LESTE	NORTE							
ST-266	9001+2	Corte	4,00	474.112,04	2.391.914,61	369.985,17	7.392.554,38	317,60	-	-	-	-	-	-
ST-267	9004+12	Corte	4,00	474.045,95	2.391.891,54	369.919,43	7.392.530,39	317,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-268	9009+12	Corte	3,00	473.951,54	2.391.858,58	369.825,51	7.392.496,13	315,22	-	-	-	-	-	-
ST-269	9017+12	Corte	3,50	473.800,48	2.391.805,86	369.675,24	7.392.441,32	313,96	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-270	9022+12	Corte	4,00	473.706,06	2.391.772,90	369.581,31	7.392.407,05	311,54	-	-	-	-	-	-
ST-271	9025+00	Corte	3,50	473.649,33	2.391.753,35	369.524,87	7.392.386,72	309,20	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-479	324+8	C/A	3,10	478.077,01	2.394.204,69	373.914,00	7.394.894,00	339,07	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00
ST-480	334+8	C/A	2,50	478.220,76	2.394.343,74	374.054,00	7.395.039,00	337,96	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
ST-481	344+8	C/A	2,50	478.364,51	2.394.482,80	374.196,00	7.395.177,00	345,50	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-
SP-D04-01	8731+16	-	Impenetrável	478.549,46	2.394.726,44	374.381,00	7.395.427,00	347,38	-	-	-	-	-	-
SP-D04-02	8730+6	-	Impenetrável	478.560,90	2.394.738,60	374.391,00	7.395.437,00	346,98	-	-	-	-	-	-
SP-D04-03	8731+14	-	Impenetrável	478.561,35	2.394.697,46	374.391,00	7.395.399,00	348,25	-	-	-	-	-	-
SP-D04-04	8731+1	-	Impenetrável	478.569,08	2.394.708,20	374.401,00	8.395.409,00	348,03	-	-	-	-	-	-
TOTAL									37,00	37,00	37,00	7,00	26,00	6,00
ST-1000	São Domingos	Jazida	5,00	-	-	393.590,00	7.414.596,00	-	5,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ST-1001	São Domingos	Jazida	5,00	-	-	393.640,00	7.414.574,00	-	5,00	5,00	1,00	-	1,00	1,00
ST-1002	São Domingos	Jazida	4,00	-	-	393.498,83	7.414.537,79	-	4,00	4,00	1,00	-	1,00	1,00
ST-1003	São Domingos	Jazida	4,00	-	-	393.553,75	7.414.513,62	-	4,00	4,00	1,00	-	1,00	1,00
ST-1004	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.535,08	7.414.620,16	-	1,00	1,00	1,00	-	-	1,00
ST-1005	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.562,54	7.414.608,67	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1006	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.617,46	7.414.583,92	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1007	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.523,00	7.414.592,70	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1008	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.550,00	7.414.580,62	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1009	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.577,92	7.414.568,54	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1010	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.605,37	7.414.556,46	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1011	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.632,84	7.414.544,38	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1012	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.660,30	7.414.532,29	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1013	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.687,76	7.414.520,21	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1014	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.510,92	7.414.565,25	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-

SONDAGEM	ESTACA PROJETO EXECUTIVO	Config. Ter.	Prof. Programa da (m)	RTM (SIRGAS 2000)		UTM(SIRGAS 2000)		COTA (m)	Gran. Sedim ent.	Índ. Físicos	H nat.	Compac. +CBR (Normal)	Compac.+ CBR (Intermediário)	Ds
				E	N	LESTE	NORTE							
ST-1015	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.538,38	7.414.553,16	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1016	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.565,84	7.414.541,08	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1017	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.593,30	7.414.529,00	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1018	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.620,75	7.414.516,92	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1019	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.648,21	7.414.504,83	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1020	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.675,67	7.414.492,75	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1021	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.703,13	7.414.480,67	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1022	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.730,59	7.414.468,59	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1023	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.526,29	7.414.525,70	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1024	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.581,21	7.414.501,54	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1025	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.608,67	7.414.489,46	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1026	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.636,13	7.414.477,38	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1027	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.663,59	7.414.465,29	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1028	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.691,05	7.414.453,21	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
ST-1029	São Domingos	Jazida	3,00	-	-	393.718,51	7.414.441,13	-	1,00	1,00	1,00	-	-	-
TOTAL									44,00	44,00	30,00	1,00	4,00	5,00

Legenda:

ST: Sondagem a Trado

Config. Terreno: Configuração do terreno

Índ. Físicos: Índices Físicos

Compac. + CBR: Compactação + CBB

JAZ-01: Jazida-01

SP: Sondagem à Percussão

Gran. Sedim: Granulometria por Sedimentação

H nat.: Umidade Natural

Ds: Densidade in situ

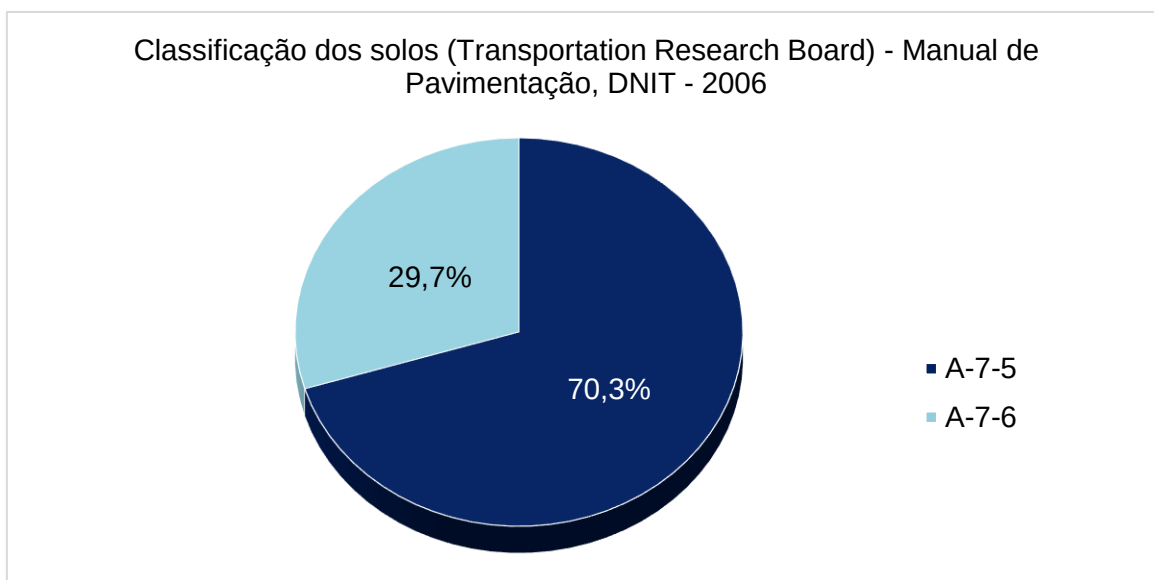
3.7.2.2 Subleito, Cortes e Empréstimos

Para subsidiar a elaboração dos projetos de pavimentação e terraplenagem foram realizadas sondagens a trado com coleta de amostras e realizados os seguintes ensaios:

- Análise granulométrica por peneiramento e sedimentação;
- Limite de liquidez;
- Limite de plasticidade;
- Densidade in situ
- Umidade natural
- Ensaios de compactação e CBR nas Energias Normal e Intermediária;

Ao todo, foram realizados 37 ensaios de caracterização, sendo categorizados segundo a classificação dos solos recomendada pelo Transportation Research Board conforme disposto no Manual de Pavimentação (DNIT, 2006), tendo o seguinte resultado:

Figura 25 – Classificação dos solos do Trecho 1B.



As amostras foram submetidas a ensaios de CBR em duas energias de compactação: Normal (7 ensaios) e Intermediária (30 ensaios). Os valores de Expansão e ISC foram satisfatórios para a classificação apresentada, uma vez que tais resultados ocorrem em

função da composição mineralógica dos solos que perfazem o substrato do trecho de projeto, solos residuais argilosos da Formação Serra Geral.

Os resultados dos ensaios podem ser consultados no Volume 3A e os resultados estatísticos no Projeto de Pavimentação.

Em linhas gerais as amostras apresentaram valores médios de 0,4% para Expansão e 8,1% para ISC na energia de compactação Normal, já para a energia Intermediária os valores médios foram de 0,5% para a Expansão e 15,0% para o ISC.

Para composição dos serviços de pavimentação, uma área de jazida de solo foi estudada próximo a Mandaguaçu/PR, na localidade de São Domingos/PR, uma vez que os volumes de materiais provenientes dos cortes existentes no trecho de projeto não são suficientes para a composição dos serviços. A localização da área, os resultados dos ensaios de caracterização realizados podem ser consultados no item Estudo de Ocorrência de Materiais - Jazidas de Solo.

Para a avaliação da categoria de escavação dos cortes e determinação do Nível D'água, foram realizados furos de sondagem a percussão, a totalidade dos materiais ocorrentes no segmento de projeto são compostos por material de 1ª categoria.

Os perfis individuais de sondagem a percussão podem ser aferidos no Volume 3A e nos desenhos em perfil dispostos no Projeto Geométrico.

3.7.2.3 Estudo de Fundações de Aterro

Para o estudo de fundações dos aterros foram realizados furos de sondagem a percussão e a trado com a finalidade de detectar possíveis camadas de solos de baixa capacidade de suporte (solos compressíveis ou solos moles), determinar o Nível D'água, além da caracterização tátil-visual do material ocorrentes no segmento de projeto.

Não foram identificados horizontes de solos moles com presença de matéria orgânica, tampouco locais com solos de baixa capacidade de suporte que necessitem de tratamentos.

Os perfis individuais de sondagem a percussão podem ser aferidos no Volume 3A e nos desenhos em perfil dispostos no Projeto Geométrico.

3.7.2.4 Estudo de Ocorrência de Materiais

Os estudos de ocorrências de materiais abordam os trabalhos prospectivos para identificação de área fornecedora de materiais de construção para uso nas obras futuras a serem executadas, envolvendo materiais terrosos, granulares e pétreos, bem como, indicação de áreas de depósito de material excedente, usinas de asfalto e jazidas de solo.

A identificação das áreas fornecedoras de materiais de construção desenvolveu-se após a verificação dos dados do cadastro mineiro de lavras autorizadas no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) na área de abrangência do projeto, tendo como referência o Município de Doutor Camargo/PR.

O croqui de localização das ocorrências de materiais indicadas é apresentado no desenho PR323-174.200-DUP-DE-TER-PE-0012.

3.7.2.4.1 Áreas de Depósito de Material Excedente

Para a disposição dos materiais excedentes foi indicada a utilização de áreas laterais, localizadas dentro da faixa de domínio, conforme tabela a seguir.

Tabela 17 – Localização e volumes das áreas de depósito de material excedente.

DME	Lad o	Estaca inicial	Estaca final	COORDENADAS RTM 53S SIRGAS2000		Ext. (m)	Área (m²)	Altura (m)	Volume disponível (m³)
				N	E				
				Centro geométrico da área					
DME-01	LD	8710	8718	478.809	2.394.995	160,0	4.355,4	2,2	9.581,94
DME-02	LD	8743	8748	478.334	2.394.540	100,0	1.710,2	2,0	3.420,38
DME-03	LD	8752	8758	478.200	2.394.406	120,0	2.576,3	2,0	5.152,55
DME-04	LD	8760	8785	477.945	2.394.156	500,0	13.788,5	2,0	27.576,93
DME-05	LD	8786	8816	477.527	2.393.754	600,0	14.511,4	2,0	29.022,73
DME-06	LD	8817	8822	477.271	2.393.505	100,0	2.713,6	2,0	5.427,16
DME-07	LD	8829	8843	477.030	2.393.271	280,0	7.895,8	2,0	15.791,59
DME-08	LD	8844	8855	476.845	2.393.092	220,0	5.515,8	2,0	11.031,67
DME-09	LD	8856	8865	476.688	2.392.941	180,0	5.674,0	2,0	11.348,02
DME-10	LD	8873	8894	476.324	2.392.661	420,0	10.594,4	2,0	21.188,71
DME-11	LD	8895	8910	475.978	2.392.553	300,0	8.795,1	2,0	17.590,23
DME-12	LD	8912	8920	475.734	2.392.492	160,0	2.526,1	2,0	5.052,11
DME-13	LD	8926	8934	475.458	2.392.416	160,0	3.391,3	2,0	6.782,58
DME-14	LD	8941	8944	475.205	2.392.337	60,0	1.064,2	2,0	2.128,42
DME-15	LD	8945	8949	475.125	2.392.310	80,0	2.265,7	2,0	4.531,41
DME-16	LD	8950	8965	474.926	2.392.240	300,0	8.379,8	2,0	16.759,61
DME-17	LD	8966	8972	474.710	2.392.164	120,0	3.796,7	2,0	7.593,39
DME-18	LD	8973	8977	474.595	2.392.124	80,0	2.426,3	2,0	4.852,52
DME-19	LD	8977	8980	474.520	2.392.098	58,0	1.363,2	2,0	2.726,37
DME-20	LD	8981	8985	474.444	2.392.073	80,0	2.192,2	2,0	4.384,45
DME-21	LD	8986	8988	474.367	2.392.047	40,0	769,1	2,0	1.538,22
DME-22	LD	8988	8995	474.270	2.392.011	138,0	4.216,8	2,0	8.433,62
DME-23	LD	8996	9013	474.027	2.391.926	340,0	9.020,8	2,0	18.041,60
DME-24	LD	9014	9025+230m	473.632	2.391.789	450,0	8.656,7	2,0	17.313,45
DME-25	LD	9025+465	9025+1120	473.126	2.391.881	655,0	15.678,3	2,0	31.356,53

3.7.2.4.2 Jazidas de Solo

Para composição dos serviços de pavimentação, uma área de jazida de solo (Jazida 01) foi estudada próximo a Mandaguaçu/PR, na localidade de São Domingos/PR. A jazida indicada possui área total de 18.907,74 m², com volume útil estimado de 69.249,60 m³.

Ao todo, foram realizados 30 sondagens a trado com coletas de material em furos de sondagens dispostos em malha regular de no máximo 30 m de distância entre cada furo. Em função da estrutura adotada para o pavimento os ensaios de laboratório propostos são os de caracterização por meio de granulometria por peneiramento, índices físicos (limite de liquidez, limite de plasticidade) e classificação dos solos TRB (Transportation Research Board), conforme o Manual de Pavimentação (DNIT, 2016) e a determinação da quantidade de cimento pelo método físico químico de acordo com o método de ensaio NORMA DNIT 414/2019 – ME.

De posse do teor de cimento definido no método supracitado será determinado a compressão axial de corpos de prova cilíndricos moldados nas energias de compactação, normal, intermediária e modificada.

Ao todo, foram realizados 44 ensaios de caracterização, sendo categorizados segundo a classificação dos solos recomendada pelo Transportation Research Board conforme disposto no Manual de Pavimentação (DNIT, 2006), tendo o seguinte resultado: 90,9 % classificada como A-2-4 e 9,1 % como A-2-6.

De acordo com o método físico químico o teor de 5,0% de cimento foi estabelecido como a quantidade mínima de cimento para o solo em estudo, sendo que a energia de compactação modificada é a mínima necessária para que seja atingida a resistência de projeto.

As amostras representativas de solo natural foram submetidas a ensaios de CBR em duas energias de compactação: Intermediária (4 ensaios – mistura das amostras dos horizontes de cada furo de sondagem) e Normal (1 ensaio – mistura de todos os furos de sondagem). As amostras apresentaram valores médios de 0,02% para Expansão e 16,8% para ISC na energia de compactação Intermediária, já para a energia Normal os valores foram de 0,0% para a Expansão e 10,0% para o ISC.

Os boletins de sondagem e as fichas dos ensaios de laboratório executados na Jazida-01 podem ser consultadas no Volume 3A e os tratamentos estatísticos pertinentes no Projeto de Pavimentação.

O croqui de localização da Jazida-01 é apresentado no desenho PR323-174.200-DUP-DE-PAV-PE-0010.

3.7.2.4.3 Pedreiras

A indicação das ocorrências de pedreiras comerciais priorizou aquelas em regime comercial, sendo o critério principal vinculado à estarem ativas e licenciadas pelos órgãos competentes, além de possuírem resultados de ensaios laboratoriais que atendessem aspectos qualitativos determinados em norma.

Para o fornecimento de material pétreo foram indicadas a Pedreira Cianorte, Mineração São Tomé e Pedreira Jussara. As informações referentes a esta ocorrência são descritas a seguir e os resultados de ensaios dos materiais disponíveis nestas ocorrências comerciais podem ser consultadas no Volume 3A.

- Pedreira Jussara

Trata-se de pedreira em regime comercial localizada no Município de Jussara/PR, no endereço Estrada Jacutinga, s/n, Lote 105, Zona Rural, CEP 87.230-000.

Contato: Carlos – (44) 99962-6037;

E-mail: carlos@pedreiracatedral.com.br

Coordenadas (UTM – 22S): 348.518,000 / 7.386.672,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 26 km.

- Pedreira Cianorte (J D Barrim Junior Cascalho Eirelli)

Trata-se de pedreira em regime comercial localizada no Município de Cianorte/PR, no endereço Estrada Boa Sorte, Lote 129A, Gleba Ligeiro, Zona Rural. Caixa postal 1125, CEP 87.200-970.

Contato: José Dauri Barrim Jr – (44) 99987-3954 / (44) 3351-3934;



E-mail: cianortecascalho@bol.com.br

Coordenadas (UTM – 22S): 345.296,000 / 7.380.549,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 44 km.

- Mineração São Tomé

Trata-se de pedreira em regime comercial localizada no Município de São Tomé/PR, no endereço Estrada Indianópolis, s/n, Gleba Jacatiá, CEP 87.220-000.

Contato: Marcelo Serenini – (44) 98453-2290 / (44) 3637-2979 / (44) 99996-7401 / (44) 98453-2450;

E-mail: adrianoteixeiraguedes@hotmail.com

Coordenadas (UTM – 22S): 335.806,000 / 7.402.089,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 64 km.

3.7.2.4.4 Areais

A indicação das ocorrências de areais comerciais priorizou aquelas em regime comercial, sendo o critério principal vinculado à estarem ativas e licenciadas pelos órgãos competentes.

Para o fornecimento de material granular foram indicados o Areal Primeiro de Maio, Areal Porto São José e Areal Porto Camargo. As informações referentes a estas ocorrências são descritas a seguir.

- Areal Primeiro de Maio

Trata-se de areal em regime comercial localizada no Município de Primeiro de Maio/PR, Estrada Antigo Porto Casanova, 946 - Água da Bela Vistinha, CEP 86140-000.

Coordenadas (UTM – 22S): 498.673,790/ 7.477.468,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 196,0 km.

- Areal Porto São José

Trata-se de areal em regime comercial localizada no Município de Porto São José /PR, com sede Estrada Porto Maringá, CEP 87955-000.

Coordenadas (UTM – 22S): 277.132,480 / 7.486.037,480.

DMT estimada para o trecho de projeto: 173,00 km.

- Areal Porto Camargo

Trata-se de areal em regime comercial localizada no Município de Icaraíma/PR, com sede na BR-487 entroncamento com PR-489, CEP 87530-000.

Coordenadas (UTM – 22S): 217.812,140 / 7.412.144,120.

DMT estimada para o trecho de projeto: 204 km.

3.7.2.4.5 Usinas de Asfalto

A indicação das usinas priorizou aquelas em regime comercial, sendo o critério principal vinculado à estarem ativas e licenciadas para operação pelos órgãos competentes.

Para os serviços de usina foram indicados a Mineração São Tomé e Pedreira Jussara. As informações referentes a estas ocorrências são descritas a seguir.

- Pedreira Jussara

Trata-se de usina em atividade localizada no Município de Jussara/PR, no endereço Estrada Jacutinga, s/n, Lote 105, Zona Rural, CEP 87.230-000.

Contato: Carlos – (44) 99962-6037;

E-mail: carlos@pedreiracatedral.com.br

Coordenadas (UTM – 22S): 348.518,000 / 7.386.672,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 26 km.



- Mineração São Tomé

Trata-se de usina em atividade localizada no Município de São Tomé/PR, no endereço Estrada Indianópolis, s/n, Gleba Jacatiá, CEP 87.220-000.

Contato: Marcelo Serenini – (44) 98453-2290 / (44) 3637-2979 / (44) 99996-7401 / (44) 98453-2450;

E-mail: adrianteixeiraquedes@hotmail.com

Coordenadas (UTM – 22S): 335.806,000 / 7.402.089,000.

DMT estimada para o trecho de projeto: 64 km.

3.7.2.4.6 Diagrama Linear de Ocorrências

A localização das ocorrências de materiais indicadas para os serviços de terraplenagem e pavimentação é apresentada no desenho PR323-174.200-DUP-DE-TER-PE-0012.

3.8 ESTUDOS AMBIENTAIS

Os estudos ambientais estão consolidados no denominado “Volume 05A – Plano de Controle Ambiental - PCA”. Nele foi realizada a caracterização ambiental das áreas de influência da PR-323, Trecho IB, considerando os meios Físico, Biótico e Socioeconômico.

Com base nessa caracterização e nos aspectos construtivos detalhados e oriundos do projeto de engenharia do mencionado trecho, foi possível desenvolver a avaliação ambiental do empreendimento e apontar os principais impactos decorrentes do mesmo, assim como medidas de proteção ambiental para cada fase e meio avaliado.

Algumas medidas ambientais já são incorporadas no próprio método construtivo do Empreendedor, outras pela natureza e alcance, foram reunidas em programas ambientais, os quais deverão perdurar durante o período em que ocorrerem as obras, alguns deles prolongados para o pós-obra, ou seja na operação rodoviária.

Cada programa aborda temas mais específicos no contexto da obra, entretanto, como é comum em obras e análises ambientais como a presente, existe uma necessária e natural interação entre os temas tratados, aspecto fundamental para que as obras gerem o menor nível de interferência possível, sejam concluídas nos prazos estabelecidos, utilizem racionalmente os recursos naturais disponíveis, respeitando as populações, suas rotinas, costumes e demais interesses que lhes são próprios.

4 PROJETOS ELABORADOS

4.1 PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico foi elaborado a partir de base cartográfica obtida do levantamento a laser, com curvas de nível espaçadas de metro em metro, obtendo-se como consequência a modelagem geral da área de projeto. Foi, também, realizado um levantamento topográfico complementar que teve como objetivo a confirmação de pontos relevantes ao desenvolvimento do projeto.

A rodovia foi projetada com características técnicas de “Classe I-A” (classificação do DNIT) em região ondulada, velocidade diretriz de 80 km/h em sua linha geral e dispositivos.

O limite de projeto foi referenciado no Sistema Rodoviário Estadual (S.R.E.), que é a caracterização dos trechos rodoviários da malha paranaense através de coordenadas geográficas de seus pontos de início e final.

4.1.1 Características Técnicas

As seguintes premissas foram consideradas na elaboração do projeto geométrico:

- Classe da rodovia: Classe I – A;
- Velocidade diretriz: 80 km/h;
- Rampa máxima (pista nova): 4,50%;
- Raio mínimo: 230 m;
- Superelevação máxima: 8%;
- Veículo de Projeto: CA (Semi-reboque, maior incidência na região);
- Superlargura máxima: 0,80 m;
- Declividade transversal em tangente da pista: 2%;
- Declividade transversal em tangente do acostamento: 5%;
- Declividade transversal das banquetas: 10%;

- Altura máxima de aterros/cortes sem berma: 8,00 metros;
- Largura da banquetta 4,00 metros;
- Largura da pista: 7,20 m (duas faixas de 3,60 m);
- Largura do acostamento externo: 2,50 m;
- Largura da faixa de segurança interna: 1,00 m;
- Largura típica do canteiro central (apenas faixa de grama): 6,00 m;
- Largura da faixa de domínio da rodovia: 80 m (40 m do eixo da pista existente);
- Gabarito Vertical Mínimo: 5,50 metros.

4.1.2 Traçado Planimétrico

O trecho denominado I-B inicia no km 174+200 e vai até o km 180+500. O trecho inicia com a implantação do dispositivo 04 que será descrito na sequência.

A duplicação é integralmente pelo lado esquerdo da pista existente. Para o desenvolvimento do projeto geométrico, foi adotado preferencialmente o eixo paralelo ao da pista existente a uma distância de 15,20 m.

O eixo projetado foi estaqueado a cada 20,00 m, indicando os rumos dos alinhamentos e as curvas numeradas, cujos elementos constam de tabelas nas pranchas de projeto.

Os bordos da plataforma foram representados e as projeções dos off-sets demarcadas em convenções diferenciadas para cortes e aterros.

A seguir são apresentados os quadros resumo das curvas projetadas:

Tabela 18 – Quadro de Curvas Horizontais

TIPO	LC1	R	DE	T	AC	LC2
Circular	-	3200,00	200,62	100,35	03° 35' 32"	-
Circular	-	1800,00	112,85	56,44	03° 35' 32"	-
Circular	-	1800,00	112,84	56,44	03° 35' 30"	-
Circular	-	3200,00	200,60	100,33	03° 35' 30"	-
Transição	80,00	625,00	235,34	119,08	28° 54' 30"	80,00
Circular	-	2544,80	182,46	91,27	04° 06' 29"	-
Circular	-	1534,80	81,40	40,71	03° 02' 19"	-

O raio mínimo exigido por norma para essa classificação de rodovia é de 230,00 m. Entretanto, devido às condições da pista existente, foi possível adotar como raio mínimo de projeto 625,00 m com superelevação de 4,80% e superlargura de 0,40m.

4.1.3 Traçado Altimétrico

No perfil projetado foram indicadas as linhas do terreno natural, da projeção do greide da pista existente e do projeto, representando este último a superfície do greide de pavimentação no eixo da plataforma.

O greide foi projetado buscando o menor desnível possível nos acessos particulares e de forma a não criar desnível excessivo entre pistas mantendo rampa máxima de 4,5%, atendendo aos requisitos de norma.

Cabe observar que a pista existente possui rampas com inclinação superior a 4,5%, valor máximo recomendado por norma para rodovias Classe I com relevo ondulado, bem como curvas verticais com parâmetros abaixo do mínimo, nas quais não foram previstas intervenções.

As estacas foram numeradas, foram indicados percentagens e comprimentos das rampas, o comprimento das projeções horizontais das curvas de concordância vertical "Y", o comprimento da flecha "e" das curvas verticais e as estacas e cotas do PIV, PCV e PTV de cada curva vertical.

Os quadros de curvas resumidos para o traçado estão apresentados nas tabelas a seguir:

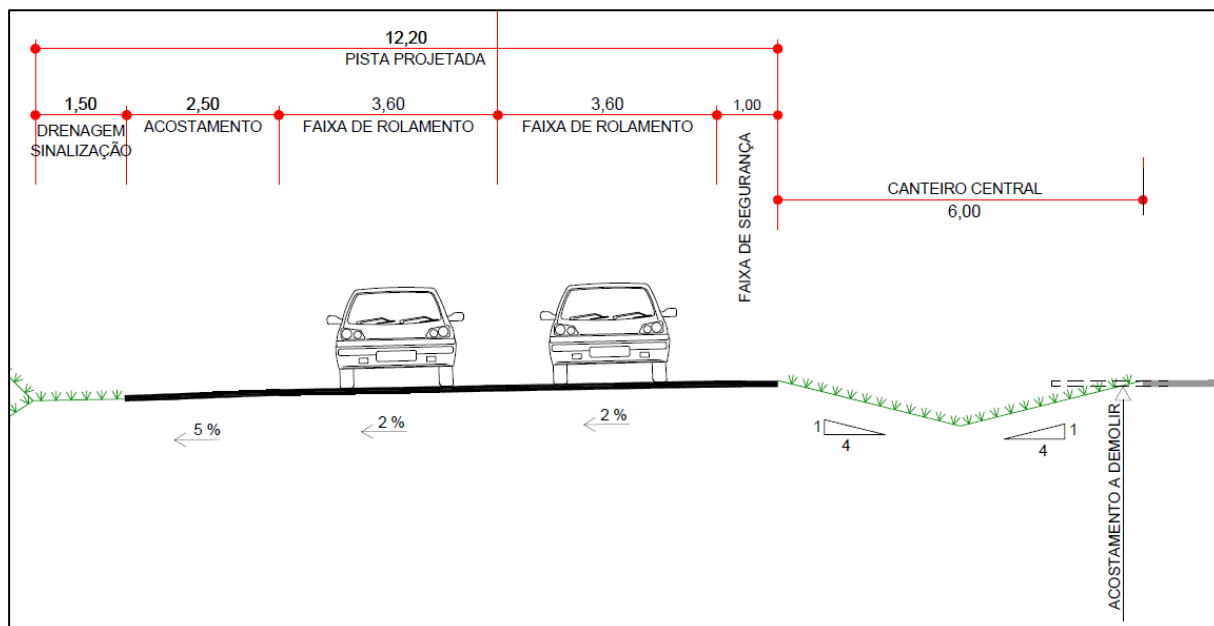
Tabela 19 – Quadro de Geometria Vertical

Curva	Estaca	Cota PI	Rampa Entrada	Rampa Saída	Tipo	Extensão	Parametro K
1	8710 + 0	328,67		4,50%			
2	8721 + 0	338,57	4,50%	0,50%	Convexa	120	30,000
3	8733 + 0	339,77	0,50%	4,50%	Concava	100	25,000
4	8742 + 0	347,87	4,50%	-3,64%	Convexa	240	29,494
5	8759 + 5	335,321	-3,64%	2,18%	Concava	300	51,530
6	8794 + 0	350,504	2,18%	-4,50%	Convexa	450	67,319
7	8828 + 10	319,454	-4,50%	3,56%	Concava	200	24,824
8	8853 + 15	337,416	3,56%	-4,50%	Convexa	290	35,995
9	8868 + 0	324,591	-4,50%	4,50%	Concava	220	24,444
10	8891 + 0	345,291	4,50%	-4,50%	Convexa	280	31,111
11	8912 + 10	325,941	-4,50%	4,17%	Concava	210	24,224
12	8937 + 0	346,37	4,17%	-3,03%	Convexa	400	55,539
13	8981 + 0	319,68	-3,03%	-0,30%	Concava	120	43,879
14	8996 + 0	318,785	-0,30%	-1,07%	Convexa	100	130,110
15	9020 + 0	313,665	-1,07%	-4,32%	Convexa	160	49,147
16	9025 + 0	309,343	-4,32%				

4.1.4 Seção Transversal

A seção transversal da rodovia duplicada é composta por duas pistas de rolamento com 7,20 m de largura (duas faixas de tráfego de 3,60 m cada), separadas por canteiro central de 6,00 m. Na largura do canteiro central não estão contabilizadas as duas faixas de segurança de 1,00 m. Os acostamentos externos terão 2,50 m acrescidos de 1,50 m para corte e 1,00 m para aterro na plataforma de terraplenagem, para possibilitar a implantação da drenagem e sinalização viária. Em trechos urbanos, o canteiro central foi substituído por barreira de concreto para separação das pistas.

Figura 26 – Seção Tipo de Duplicação



4.1.5 Superelevação e Superlargura

Seu cálculo e distribuição estão de acordo com o que recomendam as normas de projeto do DNIT, com o eixo de rotação da plataforma coincidente com o eixo da pista (eixo de projeto). No cálculo da superlargura e para uma velocidade diretriz de 80 km/h, o veículo-tipo a ser utilizado é o "BTL" (Bitrem de 9 eixos) das normas do DNIT.

O critério de giro da superelevação segue o apresentado nas figuras a seguir:

Figura 27 – Critério de Giro de Superelevação

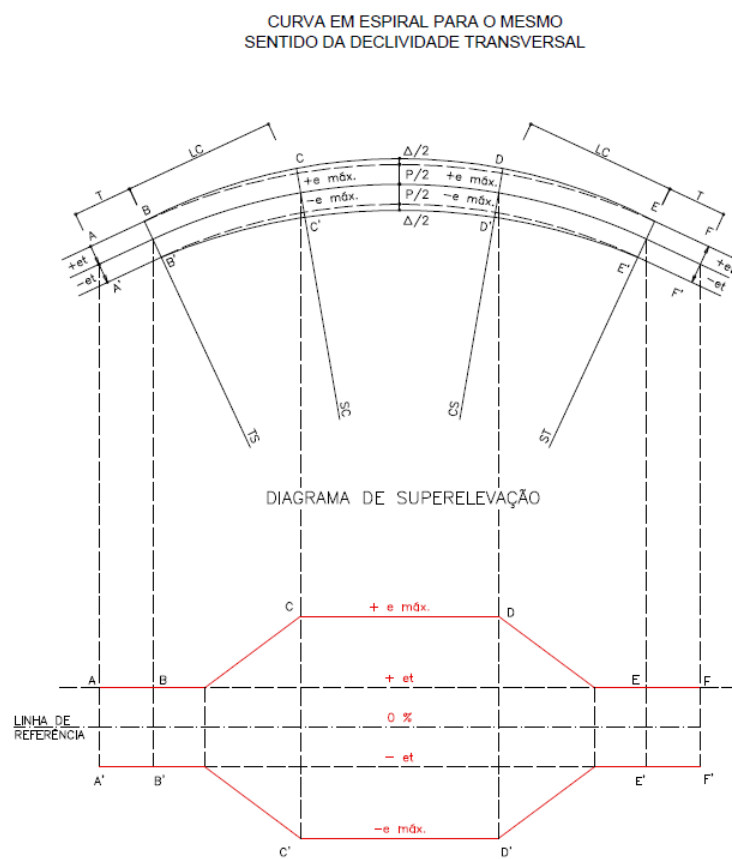
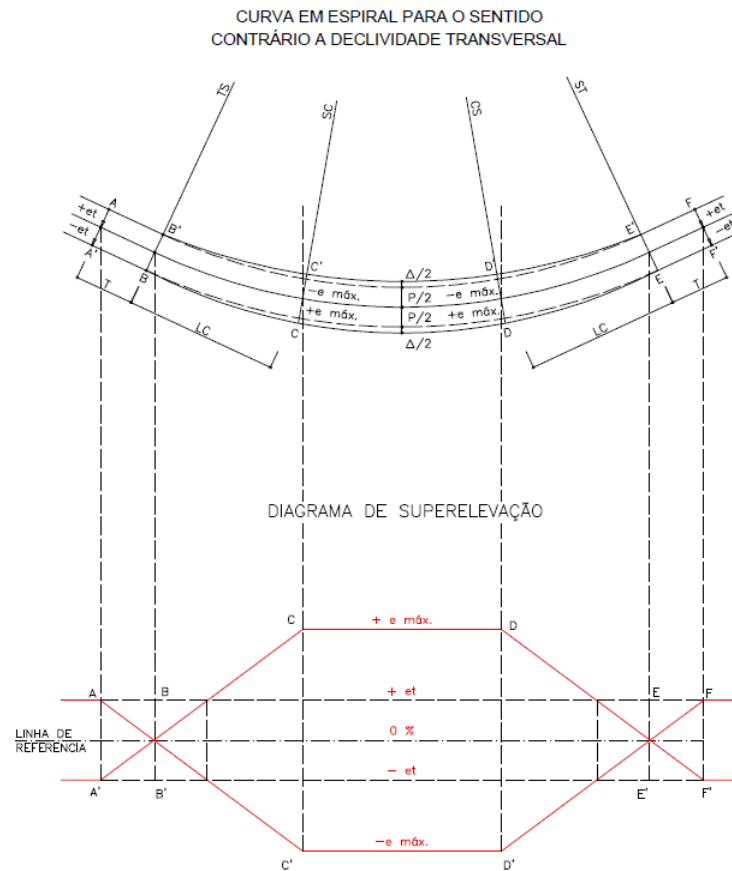


Figura 28 – Critério de Giro de Superelevação



Em todas as curvas a declividade do acostamento deve acompanhar a superelevação das faixas de rolamento, de modo a propiciar maior segurança ao usuário da via. O esquema de giro de superelevação para o acostamento é exposto na figura a seguir:

Figura 29 – Critério de Giro de Superelevação



4.1.6 Dispositivo 04

O dispositivo 04 está localizado no início do trecho 1B, km 174+630. Para este local foi projetada uma interseção tipo diamante com readequação da linha geral.

Este dispositivo foi dimensionado para possibilitar que veículos de carga articulados (BT9), conhecido como Bitrem de 9 eixos, com comprimento total de 25 metros, não apresentem dificuldades de manobra em suas conversões.

Neste dispositivo foi projetado uma passagem superior garantindo o gabarito mínimo de 5,50 m, com esconsidade de 25° com a pista principal. Esta esconsidade se deve ao acompanhamento do alinhamento da via existente, e principal acesso de Dr. Camargo, que cruza a rodovia. As dimensões da obra são de 29,50 m x 13,50 m (duas faixas de 5,00 m, acrescidas de faixa de segurança externa de 0,60m + 0,40 de barreira, além de calçada de 2,00m com barreira de 0,40 m e guarda corpo de 0,10m).

Os ramos neste dispositivo totalizam 7,60 m de largura.

As faixas de aceleração e desaceleração estão compatíveis com a velocidade diretriz de 80 km/h.

Tabela 20 – Faixas de Mudança de Velocidade

DISPOSITIVO 04						
Local	Vel. de Entrada	Vel. De Saída	Rampa	Norma (sem correção)	Fator Greide	Norma (com correção)
Desaceleração Ramo 100	80 km/h	40 km/h	5,61%	100,00	0,80	80,00
Aceleração Ramo 200	40 km/h	80 km/h	-3,49%	180,00	0,65	117,00
Desaceleração Ramo 300	80 km/h	40 km/h	-0,59%	100,00	1,00	100,00
Aceleração Ramo 400	40 km/h	80 km/h	-4,43%	180,00	0,65	117,00

O ramo 300 do dispositivo 04 foi considerado uma via marginal em sentido duplo, denominada de Marginal 1C. Com uma extensão de 1200 metros, apresenta uma largura de pista com uma faixa de 3,50m em cada sentido, estacionamento com 2,00m de largura e calçada. O alinhamento da via com os confrontantes foi adequado a suprir acesso para as indústrias e comércio locais atendendo as demandas da região.

4.2 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

O projeto foi elaborado de forma a definir as escavações e aterros necessários à implantação de melhorias na rodovia, de acordo com os elementos fornecidos pelos estudos topográficos e definições do projeto geométrico, além das recomendações dos estudos geológico e geotécnico e, ainda, das recomendações técnicas do DNIT. Dos detalhes do Projeto Geométrico e nos desenhos do Projeto de Terraplenagem figuram as premissas para gabarito e geração dos volumes, destacando:

- Talude de corte em 1ª categoria: 1V:1H;
- Talude de aterro: 1V:1,5H e contenções;

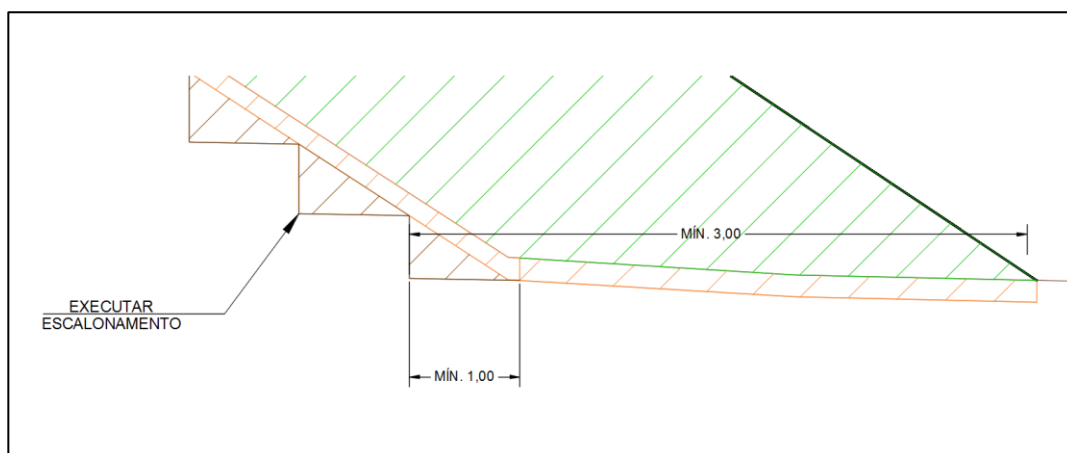
Cálculo dos volumes: através de dados de levantamentos topográficos e projeto geométrico aplicaram-se os recursos do software AutoCad Civil 3D, onde as seções transversais foram gabaritadas e trabalhadas para obtenção das áreas de corte e aterro. A partir destes dados, utilizou-se do método das semidistâncias entre estacas, gerando os volumes de cada interperfil.

4.2.1 Cortes

As operações previstas compreendem:

- Equipamentos: caminhões, escavadeiras e tratores convencionais;
- Escavação dos materiais constituintes do terreno natural até a plataforma de terraplenagem definida pelo projeto;
- “Denteamento” (escalonamento de aterros). Executar escavação mínima de 1,0 m, variando conforme largura útil para atividades correntes de terraplenagem. O esquema da Figura 30 representa a recomendação:

Figura 30: Detalhe do escalonamento



- Rebaixamento do leito de terraplenagem: escavação em 40 cm + escarificação de 20 cm em seções de corte, ou mistas, garantindo CBR mínimo e Grau de Compactação. Compactação e condições em conformidade com recomendações de camadas finais de terraplenagem. Verificou-se que a qualidade do subleito, em relação aos resultados dos ensaios de laboratório para ISC, é satisfatória ao Projeto de Pavimentação. Contudo, salienta-se que tal ensaio apresenta condições a serem garantidas nos processos de terraplenagem. Ou seja, as condições in situ apresentarão umidades e grau de compactação diferentes da condição considerada ideal para o pavimento. O projeto adotou solução de rebaixamento do subleito em todos os cortes projetados, visando à correção da umidade natural e consequente grau de compactação, uniformizando, assim, as camadas finais de terraplenagem (consoante às últimas camadas da plataforma em aterro). Vale destacar que tal rebaixamento não impõe substituição do solo, sendo que as operações recomendadas são: escavação do subleito, correção da umidade à umidade ótima, recompactação do material escavado (conforme DER/PR ES-T 02/18). Diante disto, recomenda-se:
 - Escavação do subleito, em espessura de 60 cm, com armazenamento nas proximidades do material removido. Verificar presença de raízes e removê-las;
 - Correção da umidade natural;

- Lançamento, em camadas de 20 cm, e compactação com energia de 100% do PI.
- Objetivos do rebaixamento do subleito em cortes:
 - Prever obtenção da umidade ótima, e consequente Grau de Compactação, conforme preconizado nas Especificações de Serviço do DER/PR e conforme as condições impostas nos estudos geotécnicos, através dos ensaios de compactação e CBR.
 - Garantir homogeneidade, longitudinalmente, nas Camadas Finais de Terraplenagem em cortes e aterros;
 - Garantir a ausência de raízes e materiais orgânicos na fundação do pavimento;
- Rebaixamento do subleito em seções de aterro: transições de corte para aterro ou greide de terraplenagem inferior a 60 cm (efetuada a limpeza) requerem escavação com espessura suficiente à garantir a camada final de 0,60 m;
- Transporte dos materiais escavados para bota-fora: materiais inutilizáveis deverão ser depositados em local apropriado, com compactação, cobertura vegetal e drenagem;

4.2.2 Aterros

Os volumes de compactação de aterros foram obtidos através das informações das seções transversais gabaritadas e a mesma metodologia aplicada nos cortes.

As operações de aterro compreendem a descarga, o espalhamento e a compactação dos materiais especificados. Estes serão empregados em corpo de aterro, camadas finais de aterro e na recomposição dos rebaixos. Também serão compactados todos os materiais destinados ao DME.

Indica-se:

- Corpo de aterro: CBR mínimo de 4% e expansão máxima de 2%. Grau de compactação de 100% PN para solos e equivalente em aterro de rocha;

- Camadas finais e recomposição de rebaixos: CBR mínimo de 12% e expansão próxima a 0%. Compactação a 100% PI;
- DME: lançamento em camadas e compactação conforme corpo de aterro, a fim de garantir segurança/estabilidade do local;
- Escalonamento: escavações em meia encosta/aterros existentes, com inclinação igual ou superior a 20%, onde se objetiva garantir estabilidade ao talude projetado e largura mínima para operações de terraplenagem. Após tais escavações, proceder com compactação conforme cota e camada do aterro;
- Apiloamento manual: 60 cm acima de OACs e laterais. Quando esta camada coincidir com a Camada Final de Terraplenagem, garantir energia de 100% do PI.

4.2.3 Serviços de limpeza e destocamento

A limpeza foi quantificada pela área relativa à projeção em planta da duplicação e largura extra (1,0 m), equivalentes a 0,20 m. O material proveniente deverá ser lançado e compactado em locais apropriados. O material removido na limpeza extra deverá ser enleirado nas proximidades para posterior recomposição do local afetado.

4.2.4 Fator de homogeneização

Os fatores utilizados para correção do aterro geométrico foram estabelecidos conforme Tabela 21.

Tabela 21: Fator de Homogeneização

Fator de homogeneização			
Sond.	Dens. Máx.	Dens. In situ	FH
ST - 228	1,500	1,408	1,07
ST - 236	1,488	1,302	1,14
ST - 243	1,494	1,224	1,22
ST - 253	1,517	1,308	1,16
ST - 265	1,500	1,402	1,07

Fator de homogeneização	
Média FH	1,13
FH (PI) com 10% de perdas	1,24
FH (PI) adotado	1,25
FH (PN) adotado	1,20

4.2.5 Dep. De materiais excedentes e Áreas de empréstimo

Para execução da terraplenagem proposta, torna-se necessário depositar material excedente e inutilizável em aterro específico. Os desenhos PR323-174.200-DUP-DE-TER-PE-0004e0005 e PR323-174.200-DUP-DE-TER-PE-0011 as propostas para depósitos. A Tabela 22, a seguir, resume a utilização destas áreas.

Tabela 22: DME

DMEL	Lado	Estaca inicial	Estaca final	Extensão (m)	Volume disponível (m³)	Volume Utilizado (m³)
DMEL-01	Direito	8710	8718	160,00	9.581,94	9.581,94
DMEL-02	Direito	8743	8748	100,00	3.420,38	3.420,38
DMEL-03	Direito	8752	8758	120,00	5.152,55	5.152,55
DMEL-04	Direito	8760	8785	500,00	27.576,93	27.576,93
DMEL-05	Direito	8786	8816	600,00	29.022,73	29.022,73
DMEL-06	Direito	8817	8822	100,00	5.427,16	147,16
DMEL-07	Direito	8829	8843	280,00	15.791,59	10.539,51
DMEL-08	Direito	8844	8855	220,00	11.031,67	11.031,67
DMEL-09	Direito	8856	8865	180,00	11.348,02	11.348,02
DMEL-10	Direito	8873	8894	420,00	21.188,71	21.091,91
DMEL-11	Direito	8895	8910	300,00	17.590,23	1.365,70
DMEL-12	Direito	8912	8920	160,00	5.052,11	219,20
DMEL-13	Direito	8926	8934	160,00	6.782,58	0,00
DMEL-14	Direito	8941	8944	60,00	2.128,42	0,00
DMEL-15	Direito	8945	8949	80,00	4.531,41	0,00
DMEL-16	Direito	8950	8965	300,00	16.759,61	0,00
DMEL-17	Direito	8966	8972	120,00	7.593,39	0,00
DMEL-18	Direito	8973	8977	80,00	4.852,52	0,00
DMEL-19	Direito	8977	8980	58,00	2.726,37	0,00
DMEL-20	Direito	8981	8985	80,00	4.384,45	0,00
DMEL-21	Direito	8986	8988	40,00	1.538,22	0,00
DMEL-22	Direito	8988	8995	138,00	8.433,62	0,00
DMEL-23	Direito	8996	9013	340,00	18.041,60	0,00
DMEL-24	Direito	9014	9025+230m	450,00	17.313,45	882,70
DMEL-25	Direito	9025+465	9025+1120	655,00	31.356,53	0,00

Os bota-foras, chamados de Depósitos de Materiais Excedentes (DME), deverão ser interrompidos nas proximidades de bueiros e valas transversais. Recomenda-se distância de 3,0 m do eixo do dispositivo/vala ao *offset* de cada lado, devendo ser avaliada *in loco*.

Recomenda-se compactação com especificações de Corpo de Aterro, objetivando segurança dos taludes formados.

4.2.6 Fundação de aterros e bueiros

A análise geotécnica e de estabilidade de taludes apontou para solo de baixa capacidade de suporte no subleito de alguns segmentos. Verificou-se também a necessidade de tratamento na fundação de OACs destes segmentos. As soluções recomendadas para correção compreendem desde a remoção da camada pouco compactada (tratamento da umidade e recomposição com mesmo material), e remoção com recomposição em material de melhor qualidade. As escavações/aterros deverão se desenvolver em etapas, visando à estabilidade do maciço lateral. Ainda, é de fundamental importância corrigir a fundação do bueiro projetado. A equipe executora deverá compatibilizar a solução na estaca e proximidade do bueiro.

As recomendações são exibidas nas pranchas PR323-174.200-DUP-DE-TER-PE. O tratamento se resume na Tabela 23.

Tabela 23: Tratamento da fundação dos aterros

REFORÇO DA FUNDAÇÃO DOS ATERROS							
Nº	Início	Fim	Altura remoção (m)	Vol. Remoção (m³)	Vol. Recomposição geométrica (m³)	Vol. Recomposição c/ FH (m³)	Descrição
REF-1	8822	8828	2,00	10.480,00	10.480,00	12.576,00	Substituição do solo da fundação do aterro e do bueiro (incluindo remoção sob pista existente).
REF-2	8868,634	8868,634	2,00	1.160,00	1.160,00	1.392,00	Recompactação do solo da fundação.
				11.640,00	11.640,00	13.968,00	

Sequência executiva proposta para **REF-1**:

- Escavação de 2,0 m do solo mole de fundação mantendo-se taludes com inclinação 1:1,5 V:H (no pé do aterro existente). Escavar em panos de até 10 m de comprimento e 4 m de largura. Garantir remoção de todo o solo inservível, estimado em 2,0 m a partir da cota do terreno natural. No caso de escavações com espessura superior, a Projetista deverá ser consultada para avaliação de estabilidade e solução que se adeque melhor a situação encontrada.
- Execução do próximo pano seguindo as etapas sucessivamente até o final do trecho a ser tratado.
- Adaptar escavação e recomposição na região do bueiro, de forma a garantir a estabilidade deste.
- Promover a limpeza do talude existente.
- Após conclusão de todo o tratamento do solo de fundação do aterro projetado iniciar o denteamento do aterro existente seguindo as seguintes etapas executivas também em panos alternados com 6 metros de extensão no máximo:
- Executar a escavação do primeiro dente do aterro existente (de baixo para cima).

- Executar o aterro projetado e só após sua conclusão seguir para escavação do dente subsequente.
- Executar o próximo nível de denteamento e reaterro sucessivamente até a cota de fundo da camada final prevista na nota de serviço.
- Implantação da camada final: executar detalhamento do item anterior.
- Executar remoção e recomposição também na base do bueiro projetado.
- Executar abertura de pista com inclinação de taludes 1V:2H, com altura máxima de 8,0 m entre banquetas de 3,0 m de largura. A base da escavação deverá ser rebaixada em 2,0 m e recomposta com material granular (até N.A.) e solo.

Sequência executiva proposta para **REF-2**:

- Limpeza do terreno.
- Escavação de aproximadamente 1,5 m do solo de fundação mantendo-se taludes com inclinação 1:1,5 V:H (no pé do aterro existente).
- Correção da umidade e recompactação do material, conforme recomendações para corpo de aterro.
- Execução do próximo pano seguindo as etapas sucessivamente até o final do trecho a ser tratado.
- Após conclusão de todo o tratamento do solo de fundação do aterro projetado iniciar o denteamento do aterro existente seguindo as seguintes etapas executivas também em panos alternados com 6 metros de extensão no máximo:
- Executar a escavação do primeiro dente do aterro existente (de baixo para cima).
- Executar o aterro projetado e só após sua conclusão seguir para escavação do dente subsequente.
- Executar o próximo nível de denteamento e reaterro sucessivamente até a cota de fundo da camada final prevista na nota de serviço.
- Implantação da camada final: executar detalhamento do item anterior.

- Executar abertura de pista com inclinação de taludes 1V:2H, com altura máxima de 8,0 m entre banquetas de 3,0 m de largura. A base da escavação deverá ser rebaixada em 2,0 m e recomposta com solo de qualidade comprovada (CBR equivalente à corpo de aterro).

4.2.7 Escavações extras

Algumas escavações foram separadas dos demais cortes, findando em: canais para drenagem, conformação de bueiros e abertura de pista existente.

As aberturas para canais de drenagem compreendem atividades de remoção do solo e colocação em bota-fora. Caso a executar julgue necessário aproveitar o material escavado, promover limpeza e seleção do mesmo.

As escavações para conformação de bueiros são necessárias para permitir a vazão conforme dimensionamento hidráulico. Por vezes, faz-se necessária adequação com preenchimentos, para qual se indica uso do próprio material local escavado. Verificar Projeto de Drenagem.

Faz-se necessário promover escavações na pista existente com intuito de implantar o novo dispositivo de drenagem e, em determinadas ocasiões, executar melhoria na fundação do novo bueiro. As escavações ocorrerão nas estacas 8825+18,88, 8868+12,68 e 8910+4,34. Recomenda-se:

- Garantir fechamento/desvio do tráfego rodoviário;
- Promover drenagem auxiliar/provisória, conforme descrito no plano de execução deste Projeto Executivo;
- Executar remoção do pavimento, conforme especificações referentes;
- Promover escavações com taludes de inclinação 1V:1,2H, exceto na estaca 8825+18,368 (1V:2H). Altura máxima de taludes, entre banquetas, igual a 8,0 m. As banquetas deverão ter largura de 3,0 m e inclinadas de modo a permitir drenagem provisória. As escavações devem ser acompanhadas por profissional capacitado;

- Onde necessário, executar troca do solo de fundação do bueiro, conforme seções tipo;
- Executar OAC;
- A execução do aterro próximo ao bueiro deverá obedecer ao preconizado nas recomendações e especificações do Projeto de Drenagem, garantindo a integridade do dispositivo. Executar escalonamento durante alteamento do aterro. Após aterrar à cota indicada nas Especificações de Serviço de OACs, promover atividades com equipamentos convencionais de aterro, conforme DER/PR ES-T 06/18; A tabela a seguir apresenta o resumo das escavações.

Tabela 24: Escavações extras

ESCAVAÇÕES EXTRAS							
Nº	Início	Fim	Altura remoção (m)	Vol. Remoção (m³)	Vol. Recomposição geométrico (m³)	Vol. Recomposição c/ FH (m³)	Descrição
ESC-1	km 173,934	km 174,274	VAR	1.909,00	-	-	Escavação para canal de drenagem.
ESC-2	8825,94	8825,94	~10,50	8.516,60	8.190,00	9.828,00	Abertura de pista existente para implantação de bueiro e escavações auxiliares à drenagem a montante e/ou jusante do dispositivo. Recomposição obrigatoriamente em solo. Conformações locais podem ser necessárias, portanto, utilizar material escavado. Estaca 8825+18,88.
ESC-3	8868,63	8868,63	~5,20	1.344,20	1.372,40	1.646,90	Abertura de pista existente para implantação de bueiro e escavações auxiliares à drenagem a montante e/ou jusante do dispositivo. Recomposição obrigatoriamente em solo. Conformações locais podem ser necessárias, portanto, utilizar material escavado. Estaca 8868+12,68.
ESC-4	8910,22	8910,22	~4,30	1.327,60	672,00	806,40	Abertura de pista existente para implantação de bueiro e escavações auxiliares à drenagem a montante e/ou jusante do dispositivo. Recomposição obrigatoriamente em solo. Conformações locais podem ser necessárias, portanto, utilizar material escavado. Estaca 8910+4,34.
				13.097,40	10.234,40	12.281,30	

4.2.8 Distribuição Dos Volumes

Os cortes e aterros foram divididos conforme categoria de escavação, aplicação e camada a ser compactada. A movimentação destas massas é indicada nos desenhos PR323-174.200-DUP-DE-TER-PE-0008e0009, tendo como resumos (Tabela 25: Resumo da Movimentação – Cortes

INTERVAL O DMT (m)	VOL. CORTES (m³)						TOTAL
	1ª cat.	Rebaixos 1ª	Remoção/ Recompactação	Solo mole	Aquisição o 3ª cat	Camada Vegetal	
0 a 200	20.558,54		6.800,00		-		47.534,84
200 a 400	8.295,60	167,10	-	10.480,0	-		25.379,90
400 a 600	6.737,10	-	-		-	-	6.737,10
600 a 800	33.240,80	-	-		-		37.932,50
800 a 1000	161,80	42,70	-		-	-	204,50
1000 a 1200	8.401,06	157,50	-		-	-	8.558,56
1200 a 1400	222,60	148,90	-		-		2.935,20
1400 a 1600	26.536,53	42,20	-		-	-	26.578,73
1600 a 2000	20.804,36	32,60	-		-		41.582,73
2000 a 3000	42.401,88	559,60	-		-		44.921,21
3000 a 4000	20.152,83	213,90	-		-		20.831,23
4000 a 5000	111,00	-	-		-	-	111,00
5000 a 6000	286,80	-	-		-	-	286,80
> 10000	-	-	-		5.240,00	-	5.240,00
TOTAL	187.910,9	20.658,10	6.800,00	10.480,0	5.240,00		

Tabela 26: Resumo da Movimentação – Aterros

VOL. ATERROS (m³)							
DME	Rec. de Rebaixos (100% PI)	Cam. Final Aterro (100% PI)	Corpo de Aterro (100% PN)	DME Solo mole	Fundação de Aterros (3ª cat)	Fundação de Aterros (100% PN)	TOTAL
6.885,84	22.373,90	1.356,90	16.739,20		-	1.160,00	47.534,84
7.750,10	320,60	1.066,80	5.762,40	10.480,00	-	-	25.379,90



1.705,30	1.637,70	2.296,50	865,60		-	232	6.737,10
6.576,40	59,90	123,4	30.969,40		-	203,4	37.932,50
42,7	102,60	-	59,20		-	-	204,50
5.762,96	576,40	1.749,20	470,00		-	-	8.558,56
2.712,60	34,20	155,3	33,10		-	-	2.935,20
26.501,23	-	-	77,50		-	-	26.578,73
24.569,13	-	3.547,50	7.178,10		-	6.288,00	41.582,73
29.322,91	569,40	3.689,60	11.351,00		-	-	44.921,21
20.072,43	675,00	-	83,80		-	-	20.831,23
-	111,00	-	-		-	-	111,00
-	-	-	286,80		-	-	286,80
-	-	-	-		5.240,00	-	5.240,00
131.901,60	26.460,70	13.985,20	73.876,10	10.480,00	5.240,00	7.883,40	268.834,30
1,2	1,25	1,25	1,20	1	1	1,2	-
109.918,00	21.168,60	11.188,20	61.563,40	10.480,00	5.240,00	6.569,50	225.300,39

e Tabela 26).

Tabela 25: Resumo da Movimentação – Cortes

INTERVALO DMT (m)	VOL. CORTES (m³)						
	1ª cat.	Rebaixos 1ª	Remoção/ Recompactação	Solo mole	Aquisição 3ª cat	Camada Vegetal	TOTAL
0 a 200	20.558,54	19.293,60	6.800,00		-	882,70	47.534,84
200 a 400	8.295,60	167,10	-	10.480,00	-	6.437,20	25.379,90
400 a 600	6.737,10	-	-		-	-	6.737,10
600 a 800	33.240,80	-	-		-	4.691,70	37.932,50
800 a 1000	161,80	42,70	-		-	-	204,50
1000 a 1200	8.401,06	157,50	-		-	-	8.558,56
1200 a 1400	222,60	148,90	-		-	2.563,70	2.935,20
1400 a 1600	26.536,53	42,20	-		-	-	26.578,73
1600 a 2000	20.804,36	32,60	-		-	20.745,77	41.582,73
2000 a 3000	42.401,88	559,60	-		-	1.959,73	44.921,21
3000 a 4000	20.152,83	213,90	-		-	464,50	20.831,23
4000 a 5000	111,00	-	-		-	-	111,00
5000 a 6000	286,80	-	-		-	-	286,80
> 10000	-	-	-		5.240,00	-	5.240,00
TOTAL	187.910,90	20.658,10	6.800,00	10.480,00	5.240,00	37.745,30	268.834,30

Tabela 26: Resumo da Movimentação – Aterros

VOL. ATERROS (m³)							
DME	Rec. de Rebaixos (100% PI)	Cam. Final Aterro (100% PI)	Corpo de Aterro (100% PN)	DME Solo mole	Fundação de Aterros (3ª cat)	Fundação de Aterros (100% PN)	TOTAL
6.885,84	22.373,90	1.356,90	16.739,20		-	1.160,00	47.534,84
7.750,10	320,60	1.066,80	5.762,40	10.480,00	-	-	25.379,90
1.705,30	1.637,70	2.296,50	865,60		-	232	6.737,10
6.576,40	59,90	123,4	30.969,40		-	203,4	37.932,50
42,7	102,60	-	59,20		-	-	204,50
5.762,96	576,40	1.749,20	470,00		-	-	8.558,56
2.712,60	34,20	155,3	33,10		-	-	2.935,20
26.501,23	-	-	77,50		-	-	26.578,73
24.569,13	-	3.547,50	7.178,10		-	6.288,00	41.582,73
29.322,91	569,40	3.689,60	11.351,00		-	-	44.921,21
20.072,43	675,00	-	83,80		-	-	20.831,23
-	111,00	-	-		-	-	111,00
-	-	-	286,80		-	-	286,80
-	-	-	-		5.240,00	-	5.240,00
131.901,60	26.460,70	13.985,20	73.876,10	10.480,00	5.240,00	7.883,40	268.834,30
1,2	1,25	1,25	1,20	1	1	1,2	-
109.918,00	21.168,60	11.188,20	61.563,40	10.480,00	5.240,00	6.569,50	225.300,39

4.3 PROJETO DE CONTENÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

4.3.1 Estabilização de Taludes

Os estudos de estabilidade de taludes foram realizados para atender o projeto em desenvolvimento, objetivando conhecer e reduzir os problemas geológicos-geotécnicos responsáveis por movimentos de massa, e de recalques que possam interferir na operação e segurança da rodovia.

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste estudo foi fundamentada primeiramente no entendimento das condicionantes impostas pelo meio físico no desenvolvimento dos processos de formação do relevo, envolvendo o tipo de substrato rochoso, a formação dos solos derivados e os processos pedogenéticos atuantes e os mecanismos de instabilidade atuantes nos cortes e aterro propriamente ditos.

Posteriormente, com base nas informações preliminares foram planejadas e executadas as campanhas de sondagem a percussão e trado que subsidiaram a definição dos perfis geológicos geotécnicos e coletas de amostras indeformadas para realização de ensaios de cisalhamento direto. De posse desse importante complemento de informações de subsuperfície foram definidas as melhores condições de terreno para desenvolvimento do traçado e a configuração dos terraplenos, envolvendo análises de estabilidade e, por fim foi avaliado a necessidade de soluções adicionais para tratamento dos taludes, de modo a otimizar recursos e garantir a segurança dos usuários e da própria via nas fases de construção e operação.

4.3.1.1 Fator de Segurança

As análises de estabilidade foram realizadas tomando como base as recomendações da Norma Brasileira de Estabilidade de Encostas, NBR 11682/2009, que recomenda a definição do Fator de segurança (FS) considerando os níveis de segurança contra perda de vidas humanas e contra danos materiais e ambientais, apresentados nas tabelas a seguir, respectivamente.

Tabela 27 - Níveis de segurança contra perda de vidas humanas, conforme NBR 11682/2009.

Nível de Segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego intenso.
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido.

Tabela 28 - Níveis de segurança contra danos materiais e ambientais, conforme NBR 11682/2009.

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

Baseado nas tabelas anteriores, os taludes ferroviários foram classificados, respectivamente, como nível médio de exigência de segurança em relação à possibilidade de perdas de vidas humanas e médio para possibilidade de danos materiais e ambientais.

Tabela 29 - FS adotado para os taludes do projeto.

Nível de segurança contra perdas de vidas humanas Nível de segurança contra danos materiais e ambientais	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	<u>1,4</u>	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Com isso, de acordo com a tabela a seguir, definida pela NBR 11682/2009, o Fator de segurança para ruptura global adotado neste projeto para taludes de corte e aterro foi de 1,4.

4.3.1.2 Sobrecarga

Para os cálculos de estabilidade foi considerado uma sobrecarga uniformemente distribuída de 20 kN/m². Este carregamento foi aplicado em todo trecho onde ocorre trânsito rodoviário e nas situações consideradas desfavoráveis. Onde a influência dessa sobrecarga passa a ser positiva à estabilidade, as mesmas não foram utilizadas.

4.3.1.3 Estabilidade dos cortes

Conforme abordado nos estudos geológicos, O segmento de projeto se desenvolve integralmente sobre a Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento.

Para análise de estabilidade dos cortes foram executadas sondagens à percussão, além de sondagens a trado. Baseado nas inspeções de campo e resultados das sondagens e ensaios, o trecho do projeto foi considerado de comportamento geológico

geotécnico homogêneo, composto por solos argilo siltosos com NSPT's crescentes com a profundidade.

A definição dos parâmetros de resistência adotados nas análises de estabilidade foi baseada nos resultados das sondagens SPT. Os parâmetros de resistência a serem utilizados na presente análise de estabilidade são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 30. Parâmetros de resistência dos materiais adotados nas análises de estabilidade.

Cor	Nome	Peso Específico (kN/m³)	Coesão' (kPa)	Phi' (°)
	Solo residual silto arenoso cinza medianamente compacto	18	6	30
	Solo residual argiloso pouco siltosa mole marrom	17	6	25
	Solo residual silto argiloso médio roxo /avermelhado	17	8	28

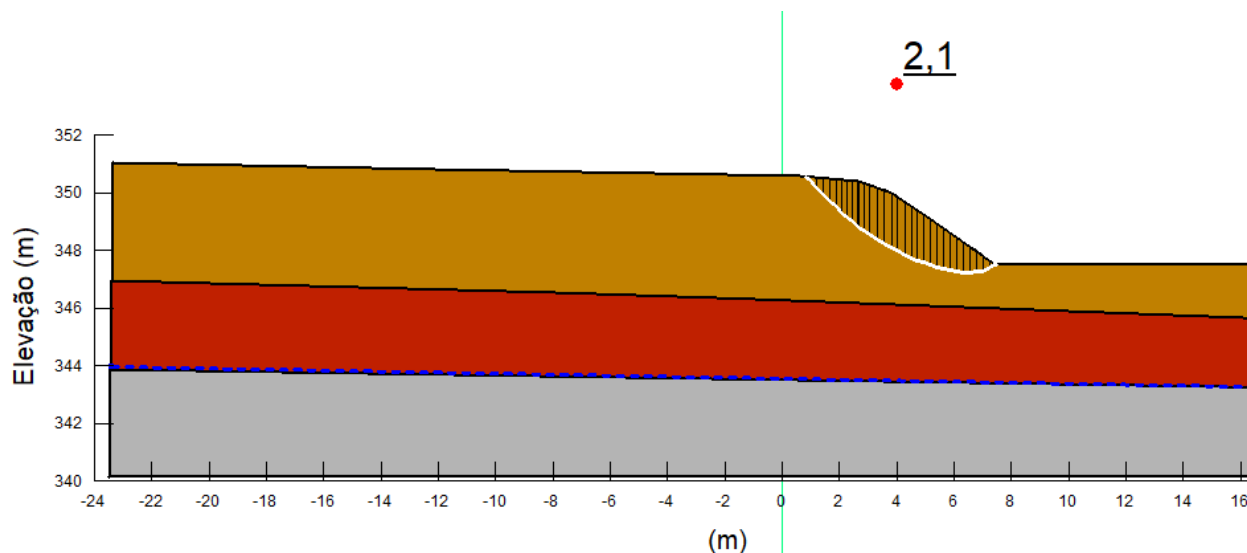
As análises de estabilidade foram realizadas com o auxílio do software GeoSlope - Slope/W, cujo Fator de segurança foi determinado pelo método do equilíbrio limite de momentos e forças de Morgenstern-Price.

Na região de implantação do projeto, os cortes mais suscetíveis a instabilidade global são os cortes projetados para implantação do dispositivo 04 e respectivos ramos e o corte projetado entre a estaca 8785 e 8810.

Do lado esquerdo da pista projetada, da estaca 8785 até a estaca 8810, os taludes foram projetados com inclinação 1V:1H e 5,00 metros de altura máxima.

Primeiramente, foi avaliado o Fator de segurança do corte existente, do lado esquerdo da pista existente, na estaca 8795 do projeto. A figura a seguir apresentam o resultado da análise de estabilidade.

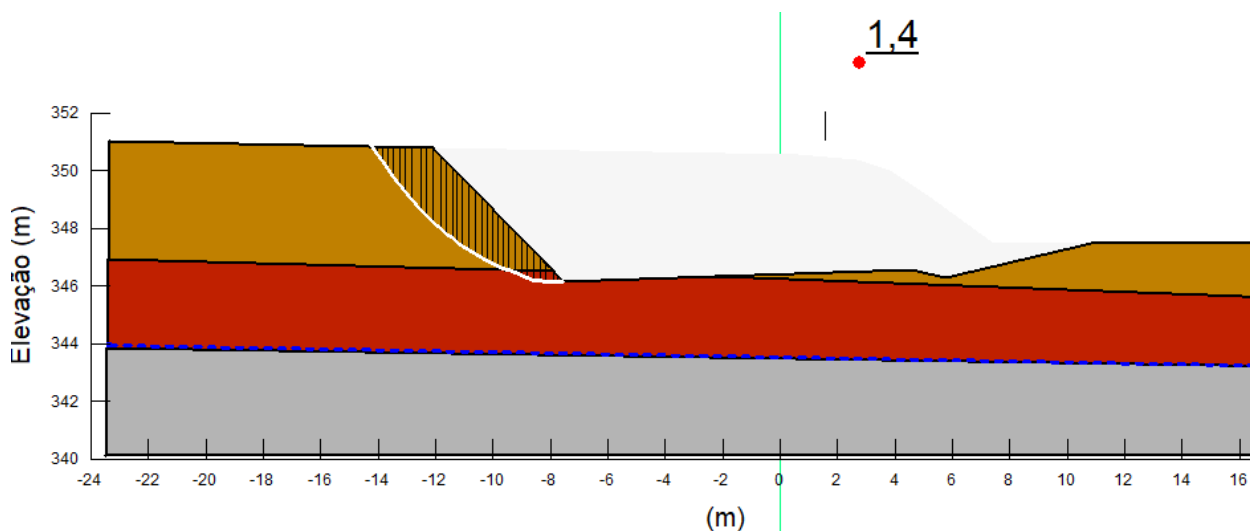
Figura 31: Fator de segurança do corte existente com inclinação de 1,0V:1,5H aproximadamente - ESTACA 8795.



O fator de segurança para o talude existente é alto ($FS=2,1$). Todavia é um fator de segurança coerente com a realidade visto que os taludes existentes são estáveis, de pequena altura e de inclinação suave.

A figura a seguir apresenta o fator de segurança verificado para os cortes projetados na ESTACA 8795 com inclinação 1H:1V

Figura 32: Fator de segurança do corte projetado do lado esquerdo na estaca 8795.



Os resultados das análises de estabilidade realizadas mostraram que o fator de segurança, considerando a configuração geométrica de terraplenagem prevista no projeto para os cortes da 8785 até a 8810 é de, no mínimo 1,4, ou seja, atende ao definido pela NBR 11682/2009.

Os cortes projetados para implantação do dispositivo 04 e respectivos ramos apresentam altura e inclinação variáveis.

As figuras a seguir apresentam os fatores de segurança do corte do lado esquerdo (ramo 300) nas estacas 8728, 8729, 8736 e 8737, respectivamente.

Figura 33: Fator de segurança do corte projetado do lado esquerdo (ramo 300) na estaca 8728.

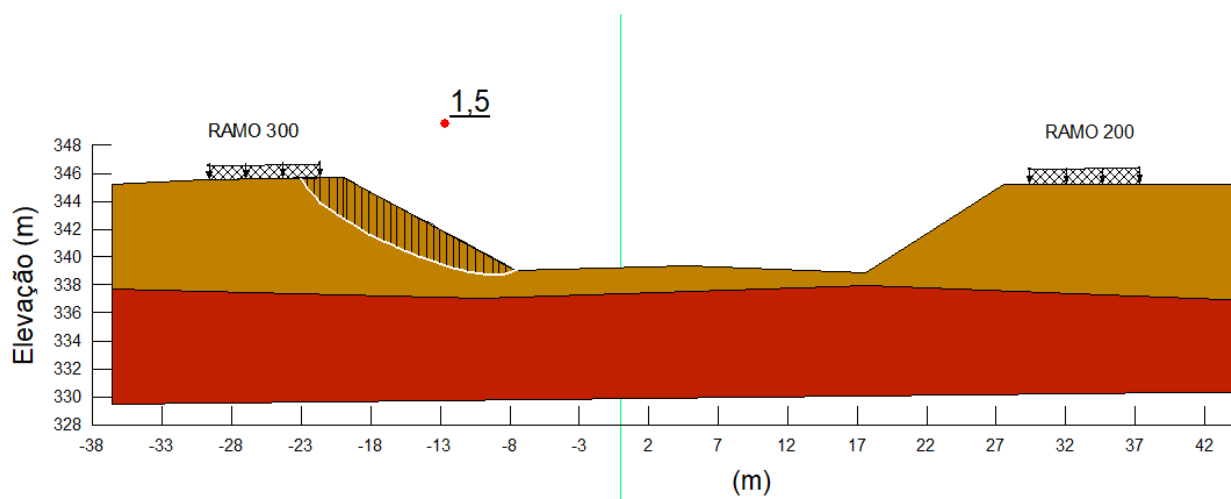


Figura 34: Fator de segurança do corte projetado do lado esquerdo (ramo 300) na estaca 8729.

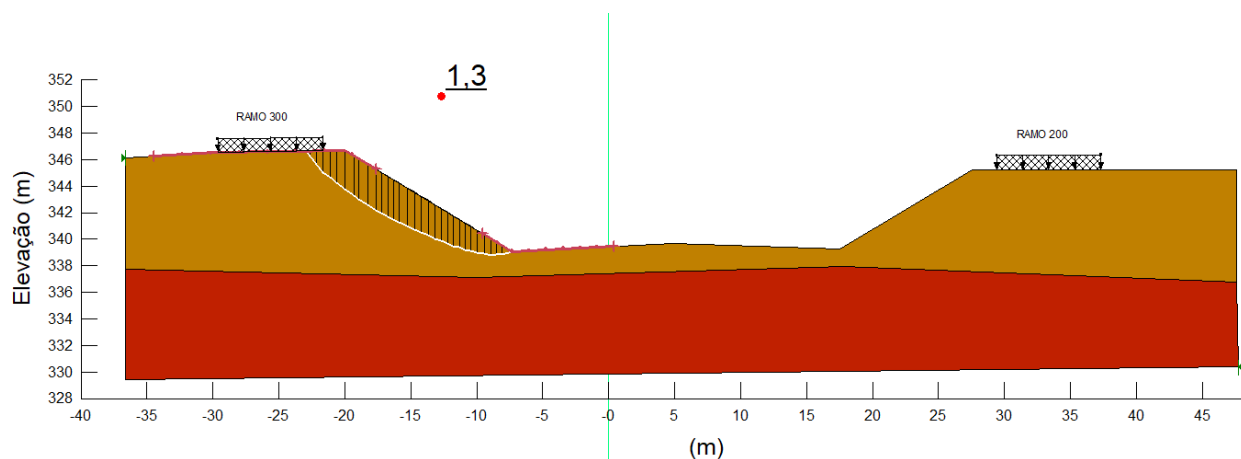


Figura 35: Fator de segurança do corte projetado do lado esquerdo (ramo 300) na estaca 8736.

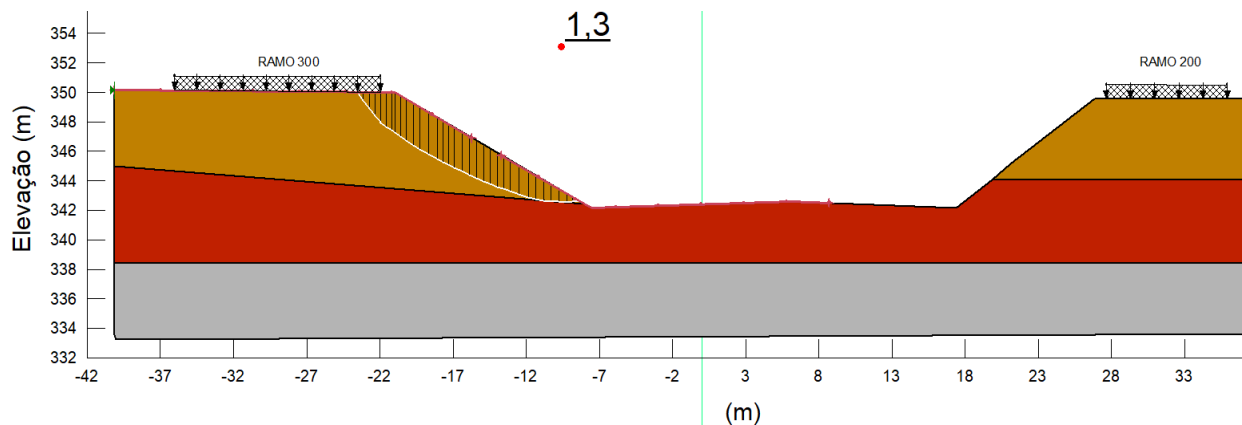
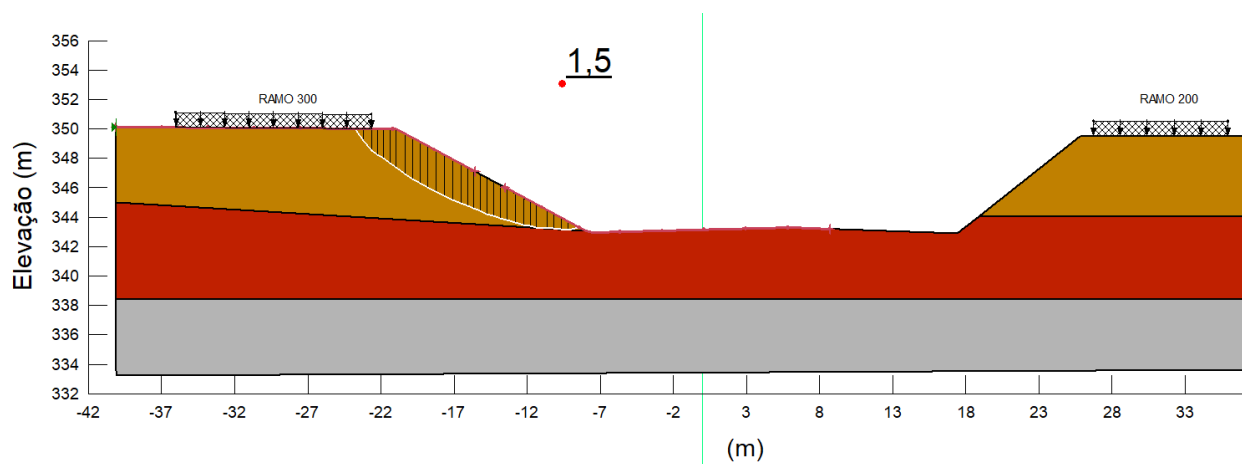


Figura 36: Fator de segurança do corte projetado do lado esquerdo (ramo 300) na estaca 8737.



As figuras a seguir apresentam os fatores de segurança do corte do lado direito (ramo 200) nas estacas 8728, 8729, 8737 e 8738.

Figura 37: Fator de segurança do corte projetado do lado direito (ramo 200) na estaca 8728.

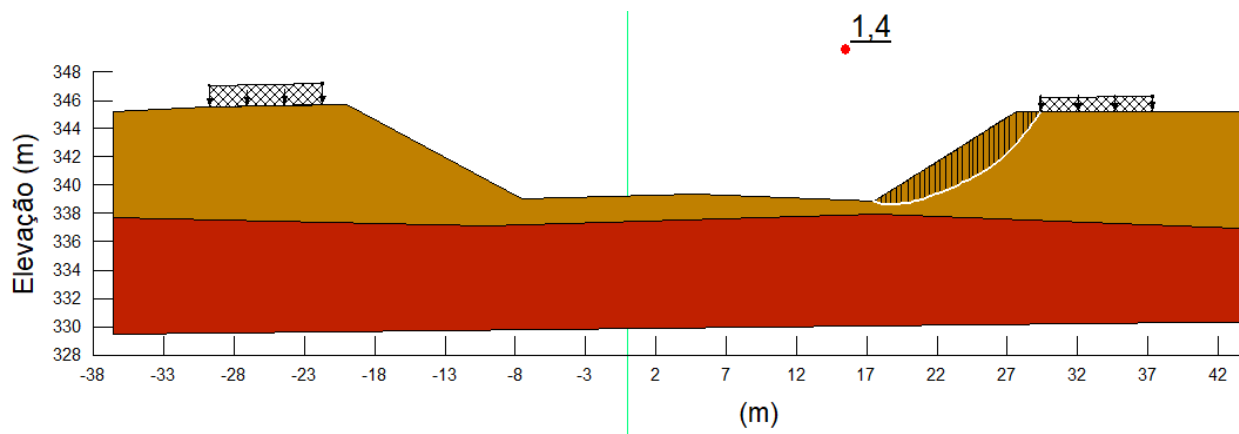


Figura 38: Fator de segurança do corte projetado do lado direito (ramo 200) na estaca 8729.

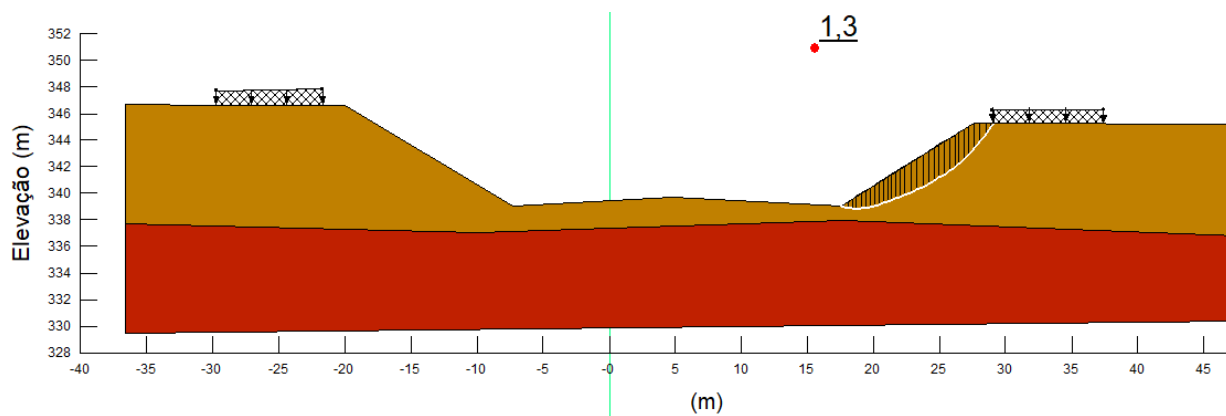


Figura 39: Fator de segurança do corte projetado do lado direito (ramo 200) na estaca 8737.

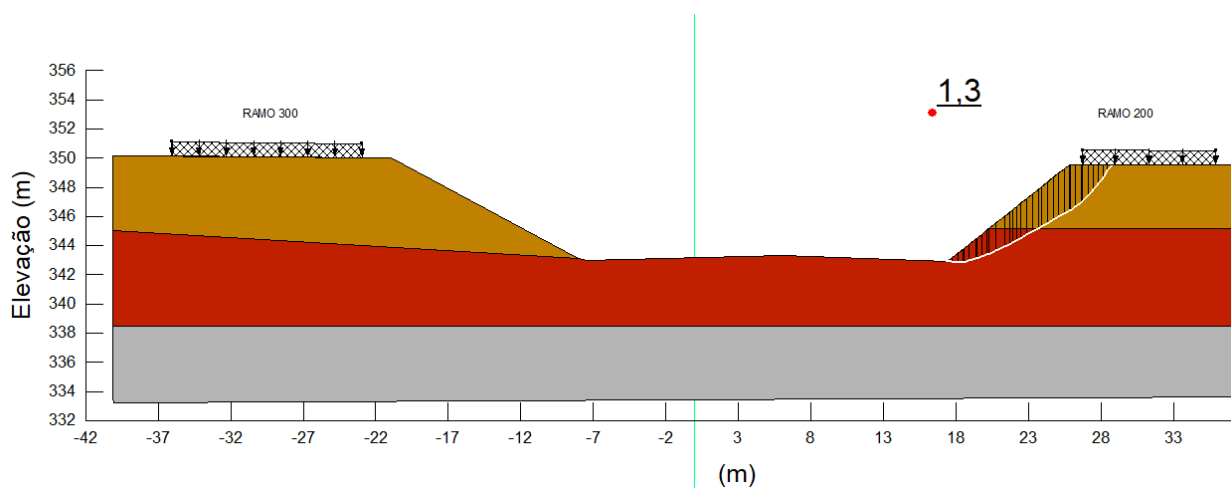
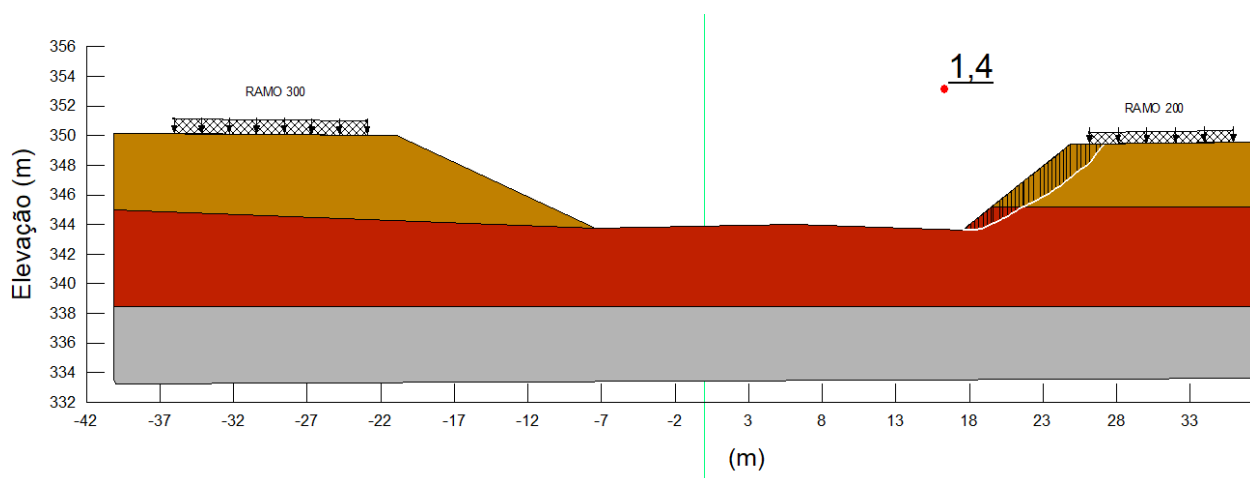


Figura 40: Fator de segurança do corte projetado do lado direito (ramo 200) na estaca 8738.



Os resultados das análises de estabilidade realizadas mostraram que os fatores de segurança dos cortes da estaca 8729 até a estaca 8736 (lado esquerdo) e da estaca 8729 até a estaca 8737 (lado direito) é menor que 1,4, e não atende ao FS mínimo definido pela NBR 11682/2009.

Para garantir o fator de segurança mínimo de 1,4 nestes dois trechos, foi projetada uma contenção em solo grampeado da estaca 8728+10 à estaca 8736+10 (lado esquerdo) e da estaca 8728+10 à estaca 8737+10 (lado direito).

As memórias de cálculo das contenções podem ser verificadas no item de contenções deste relatório.

4.3.1.4 Estabilidade dos aterros

Para avaliar a capacidade de suporte dos solos de fundação e estabilidade global dos aterros existentes e projetados foram executadas sondagens a percussão e sondagens a trado.

Assim como as seções em corte, os aterros foram projetados no domínio da unidade geológica denominada Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento e Depósitos Aluvionares.

4.3.1.4.1 Verificação da estabilidade global dos aterros projetados

As análises de estabilidade para ruptura global dos aterros foram realizadas com o auxílio do software GeoSlope - Slope/W, cujo Fator de segurança foi determinado pelo método do equilíbrio limite de momentos e forças de Morgenstern-Price.

A definição dos parâmetros de resistência dos solos que compõe cada seção de aterro analisada seguiu a mesma premissa definida para os cortes.

A estimativa da resistência não drenada (S_u) da argila orgânica preta, foi apoiada no modelo proposto por Teixeira & Godoy (1996) que sugere a seguinte correlação do S_u com o índice de resistência à penetração (N) do SPT:

$$S_u = 10N \text{ (KPa)}$$

O NSPT da argila orgânica preta identificada na sondagem SP-231 é na ordem de 1,7 golpes, portanto pelo modelo proposto por Teixeira & Godoy (1996), o S_u considerado no projeto para esta argila foi de 17 kPa.

Os parâmetros de resistência dos solos adotados nas análises são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 31. Parâmetros de resistência dos materiais adotados nas análises de estabilidade.

Cor	Nome	Peso Específico (kN/m³)	Coesão' (kPa)	Phi' (°)	Phi-B (°)	Coesão (kPa)
	ARGILA ORGÂNICA	16				17
	ATERRO EXISTENTE	18	3	28	0	
	ATERRO PROJETADO	18	8	29	0	
	Solo residual silto arenoso cinza e amarelo medianamente compacto	18	6	30	0	
	Solo residual argilo silto com areia médio marrom	17	8	28	0	
	Solo residual argilo silto mole marrom	17	6	25	0	

Ao longo do projeto, as seções em aterro que apresentam configurações geométricas mais suscetíveis a ruptura global são definidas pelas estacas 8826+5 e 8870+0. As figuras a seguir apresentam os perfis geológico geotécnico de cada estaca.

Figura 41: Perfil geológico geotécnico - ESTACA 8826+5.

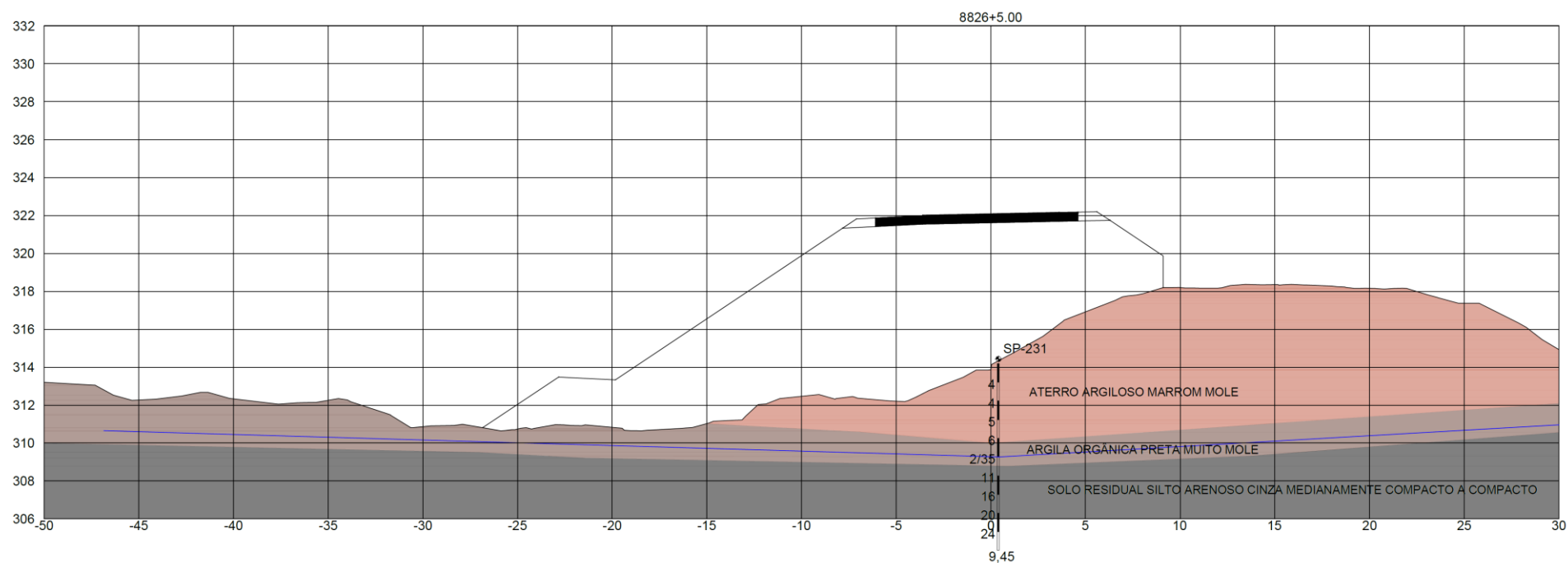
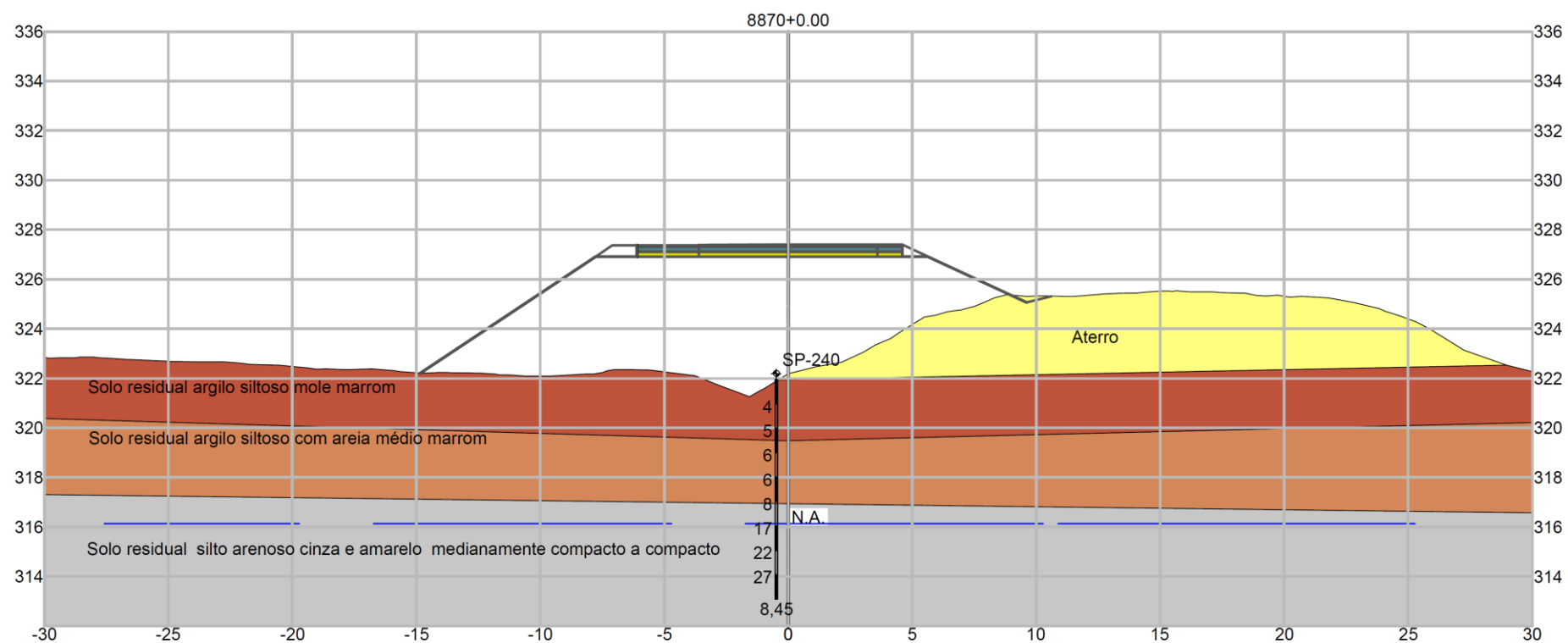


Figura 42: Perfil geológico geotécnico - ESTACA 8870+0.



As figuras a seguir demonstram os fatores de segurança da estaca 8826+5 do aterro existente, projetado sem tratamento do solo de fundação e projetado considerando tratamento do solo de fundação.

Figura 43: Fator de segurança do aterro existente - ESTACA 8826+5.

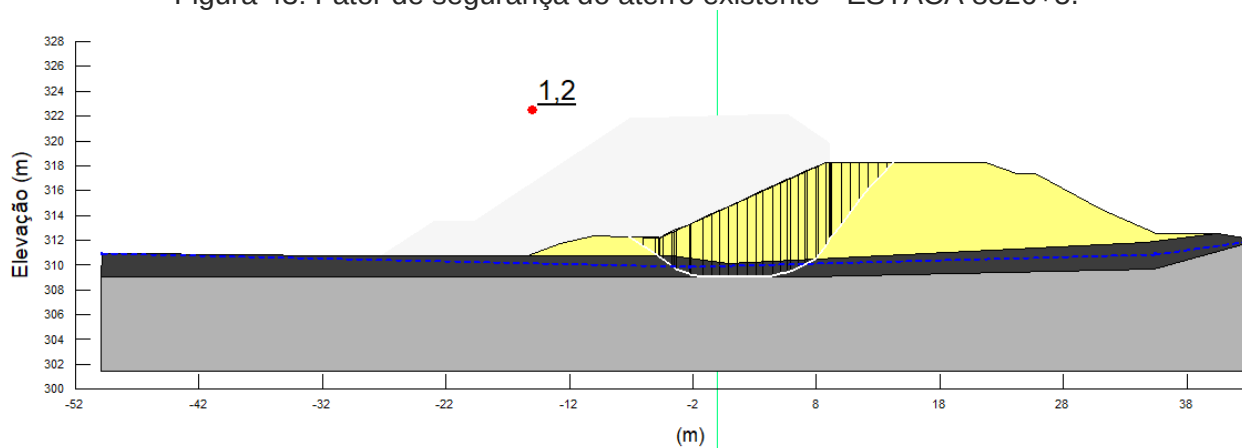


Figura 44: Fator de segurança para o aterro projetado SEM tratamento de solo de fundação - ESTACA 8826+5.

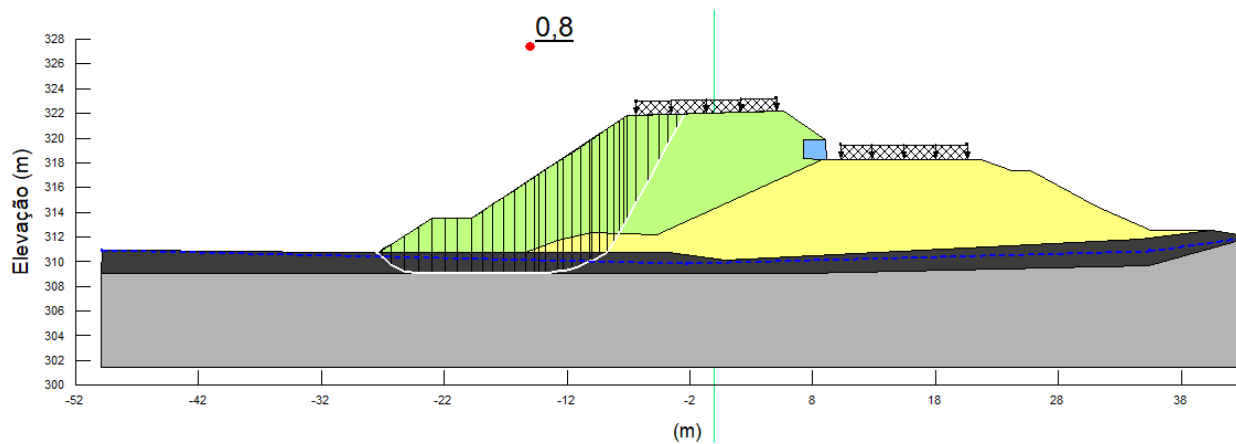
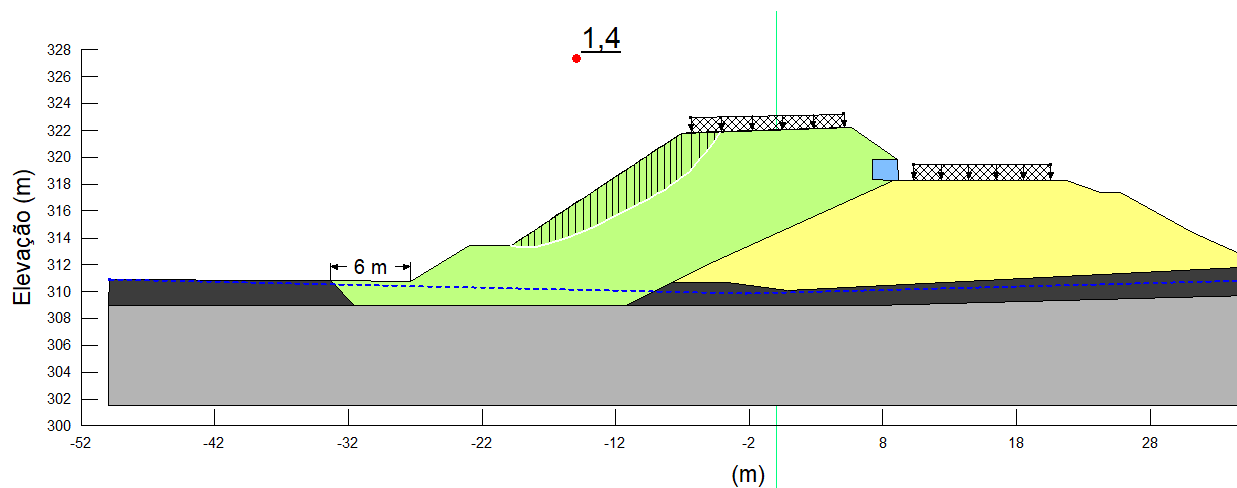


Figura 45: Fator de segurança para o aterro projetado com tratamento de solo de fundação - ESTACA 8826+5.



As figuras a seguir demonstram os fatores de segurança do aterro existente e projetado na estaca 8870.

Figura 46: Fator de segurança do aterro existente - ESTACA 8870.

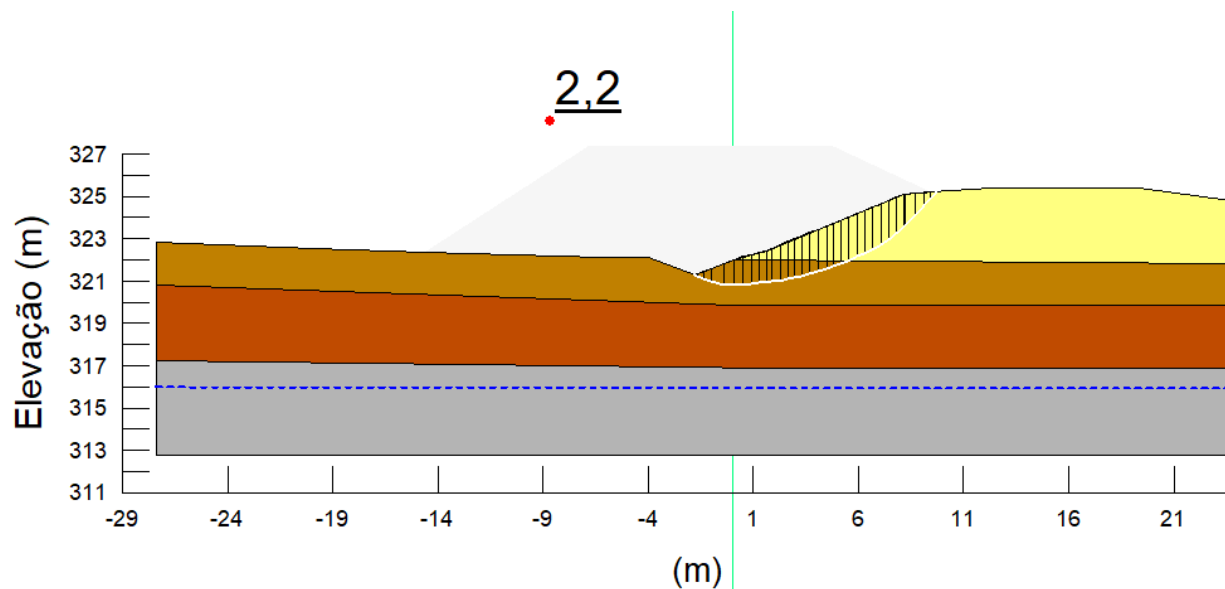
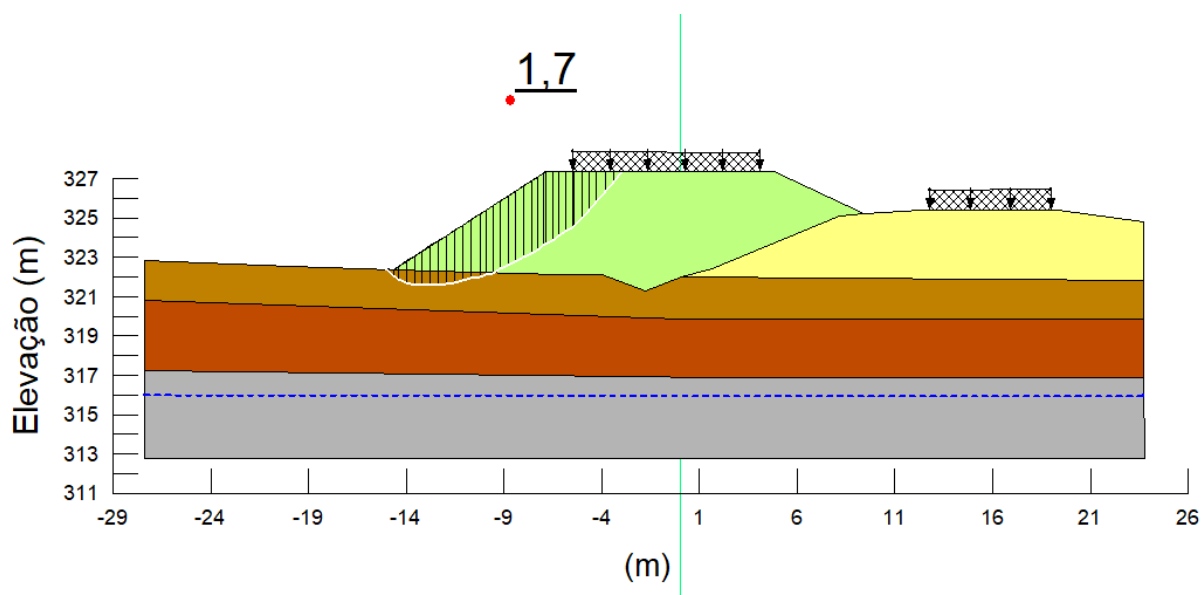


Figura 47: Fator de segurança para o aterro projetado na ESTACA 8870.



Os resultados das análises de estabilidade mostraram que, considerando a configuração de terraplenagem, os fatores de segurança dos aterros projetados, são iguais ou superiores a 1,4, ou seja, atendem ao mínimo definido pela NBR 11682/2009.

Da estaca 8822 até 8828 foi previsto tratamento do solo de fundação do aterro projetado a fim de garantir a estabilidade do aterro projetado com fator de segurança adequado ao mínimo definido pela NBR 11682/2009.

O tratamento consiste na remoção total da argila mole orgânica abaixo do aterro projetado. Abaixo do aterro existente, a argila orgânica não será removida, com exceção da presente sob a galeria projetada. Ao longo da galeria projetada, a remoção da argila mole orgânica deve ser realizada inclusive na região da pista/aterro existente.

Visto que não será possível remover o solo orgânico abaixo do aterro existente, é indispensável o monitoramento dos recalques. Foi indicado na seção tipo de terraplenagem a implantação de marcos superficiais na cota de implantação da contenção. A avaliação do desempenho e evolução dos recalques e a liberação da construção da contenção e liberação do aterro deve ser por parte da executora.

O aterro armado e alteamento do aterro só devem ser executado/continuado após estabilização dos recalques comprovado por meio do seu monitoramento com marcos superficiais (ver seção tipo de terraplenagem).

O aterro armado não deve sofrer deformações que prejudiquem o seu desempenho. Caso seja evidenciado deformações no aterro armado a projetista deve ser contatada imediatamente.

Baseado nas informações geotécnicas disponíveis no momento da elaboração do projeto foi estimado recalques inferiores a 3cm. Caso esta premissa não seja comprovada durante a execução do aterro (na cota da base da contenção), a CONTRATADA deverá ser consultada para avaliação de nova solução ou solução complementar. No entanto, fica a cargo da CONTRANTE/EXECUTORA quaisquer ensaios novos necessários para elaboração dos novos estudos.

O projeto está passando muito próximo a rodovia existente, as escavações necessárias para engastamento do aterro projetado assume alta criticidade à segurança e operação da rodovia.

Com o objetivo de manter a segurança da rodovia existente durante a implantação do projeto, os serviços de terraplenagem devem ser executados em panos máximos de 6,0 metros e durante o período de seca. Os aterros existentes não devem ser escavados em períodos chuvosos.

Nos trechos onde está previsto tratamento de fundação do aterro projetado deve-se seguir os seguintes cuidados construtivos:

1. Escavar o pé do aterro existente mantendo-se taludes com inclinação 1,0V:1,5H.
2. Executar o preenchimento da vala
 - 2.1 Da estaca 8822 até 8828, a sondagem SP-231 indicou presença de água superficial que pode dificultar o processo de compactação do solo e arranque do aterro. Portanto, neste trecho foi previsto adoção de rachão compactado até a cota do nível de água (ver seção tipo de terraplenagem).
3. Execução do próximo pano seguindo a etapa 1 e etapa 2 sucessivamente até o final do trecho a ser tratado.
4. Somente após conclusão de todo o tratamento do solo de fundação do aterro projetado iniciar o escalonamento do aterro existente para engastamento do aterro novo.

Para garantir o engastamento do aterro novo/projetado no antigo deve-se executar o denteamento do aterro existente. O denteamento também deve garantir largura mínima de plataforma para trabalhabilidade dos equipamentos de terraplenagem no corpo de aterro.

4.3.1.4.2 Verificação do terreno de fundação dos aterros e das obras de arte correntes (bueiros)

No trecho compreendido entre o km 174+200 ao km 180+500 localizado entre Doutor Camargo e a Futura Variante do Rio Ivaí foram projetados 4 bueiros.

A tensão admissível do solo de fundação dos bueiros foi avaliada considerando a tensão admissível do solo natural, ou seja, aquela abaixo da camada final projetada pelo método semiempírico baseado em ensaios SPT, dado por:

$$\sigma_{adm} = N2b/CS$$

Onde

σ_{adm} = tensão admissível do solo (kgf/cm²);

$N2b$ = média do número de golpes do SPT a partir da cota de apoio do bueiro (valores entre 5 e 15 NSPT)

CS = parâmetro em função da granulometria do solo. $CS=3$ solos arenosos e $CS=5$ solos argilosos

A tensão aplicada no solo de fundação das galerias considerada foi a especificada no alburno do DER PR para o respectivo bueiro.

A tabela a seguir apresenta a avaliação da capacidade de suporte do solo de fundação na seção dos 04 bueiros projetados.

Tabela 32. Avaliação da capacidade de suporte do solo de fundação dos bueiros projetados.

Bueiro	Estaca	Projeto do Bueiro	Solo de fundação	Cs	SPT	NSPT				N2b	** σ_{adm}	fs	σ_{adm} > fs	Tratamento solo de fundação do bueiro	Taludes da escavação provisória
BSCC 2,00 X 2,00	8758+6,96	Prolongamento do existente	argiloso	5	SP-217	impenetrável				5	0,10	0,09	sim	Não aplicável *	Não aplicável *
BDCC 2,50 X 2,50	8825+12,84	Projetado abrindo pista e desvio	arenoso	3	SP-231	2	11	15	15	10,8	0,36	0,24	sim	Remover e substituir todo solo mole orgânico (NSPT=2) na região de implantação do bueiro	Taludes com inclinação 1V:2H com banquetas de 3,00 m de largura a 4,5 m de profundidade
BSCC 2,50 X 2,50	8868+12,41	Projetado abrindo pista e desvio	argiloso	5	SP-240	4	5	6	6	5,25	0,11	0,14	não	Recompactar 1,5 m de solo abaixo do bueiro	Taludes com inclinação 1V:1,2H
BSCC 2,50 X 2,50	8910+4,34	Projetado abrindo pista e desvio	argiloso	5	SP-248	2*	4	7	13	8	0,16	0,14	sim	Não aplicável	Taludes com inclinação 1V:1,2H
*NSPT desconsiderado para o cálculo da tensão admissível do terreno pois a camada de solo será removida para implantação do bueiro.															
** Após serviços de terraplenagem, executar sondagem na cota de implantação do bueiro para confirmação da tensão admissível do terreno.															
camada de solo orgânico a ser removido integralmente															
camada de solo a ser compactada															

O bueiro localizado na estaca 8825+12,84 está localizado numa região onde ocorre uma camada de cerca de 1,20 m de solo aluvionar argiloso mole orgânico preto (SP-231). Conforme previsto no projeto de terraplenagem (ver seção tipo de terraplenagem), todo o solo orgânico preto sob o bueiro deve ser removido e o bueiro deve ser implantado sobre solo residual silto arenoso cinza ou solo compactado com NSPT > 11 golpes.

O projeto de drenagem previu a troca do bueiro metálico da estaca 8825+12,84 por uma galeria. Para execução desta obra foi previsto a abertura da pista existente. A estabilidade dos taludes necessários para execução da obra (troca do bueiro existente) está associada a inclinação do corte.

Ressalta-se que para esta análise estimou-se que com o acréscimo de tensão dado pelo aterro existente a resistência não drenada da argila orgânica tenha um incremento de resistência conforme correlação proposta por Mesri (1975):

$$\Delta s_u = 0,22 \times \Delta \sigma' \times U$$

U = grau de adensamento;

$\Delta \sigma'$ = variação da tensão efetiva no centro da camada de solo mole

Seguindo esta abordagem sob um aterro com até 5 metros de altura a resistência não drenada final da argila orgânica, considerando um grau de adensamento de 80%, é na ordem de 30 kPa. Portanto, a argila orgânica adensada existente abaixo da pista existente foi modelada com resistência não drenada de 28 kPa.

Os parâmetros de resistência dos solos dos cortes provisórios são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 33. Parâmetros de resistência dos materiais adotados nas análises de estabilidade.

Cor	Nome	Modelo	Peso Específico (kN/m³)	Coesão' (kPa)	Phi' (°)	Phi-B (°)	Coesão (kPa)
	ARGILA ORGÂNICA - ADENSADA	Não Drenado (Phi=0)	16				28
	ATERRO EXISTENTE	Mohr-Coulomb	18	3	28	0	
	ENSECADEIRA	Alta Resistência	18				
	Solo residual silto arenoso cinza e amarelo medianamente compacto	Mohr-Coulomb	18	6	30	0	

As figuras a seguir apresentam o fator de segurança do corte provisório (no eixo da pista existente) necessário para execução da obra com inclinação 1V:1,5H e com inclinação 1V:2H.

Figura 48: Fator de segurança do corte provisório necessário para troca do bueiro da estaca 8825+12,84 e tratamento de solo de fundação do bueiro com inclinação 1V:1,5H.

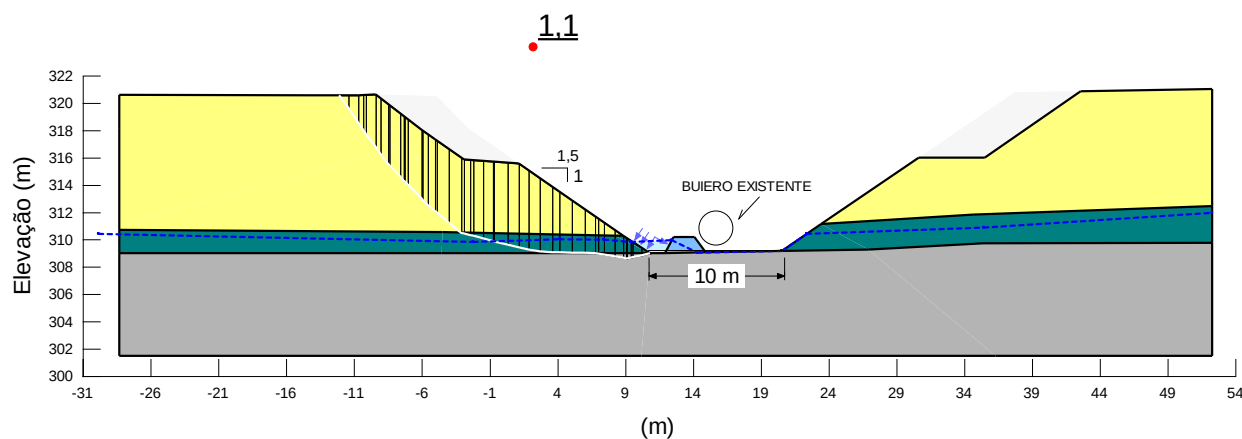
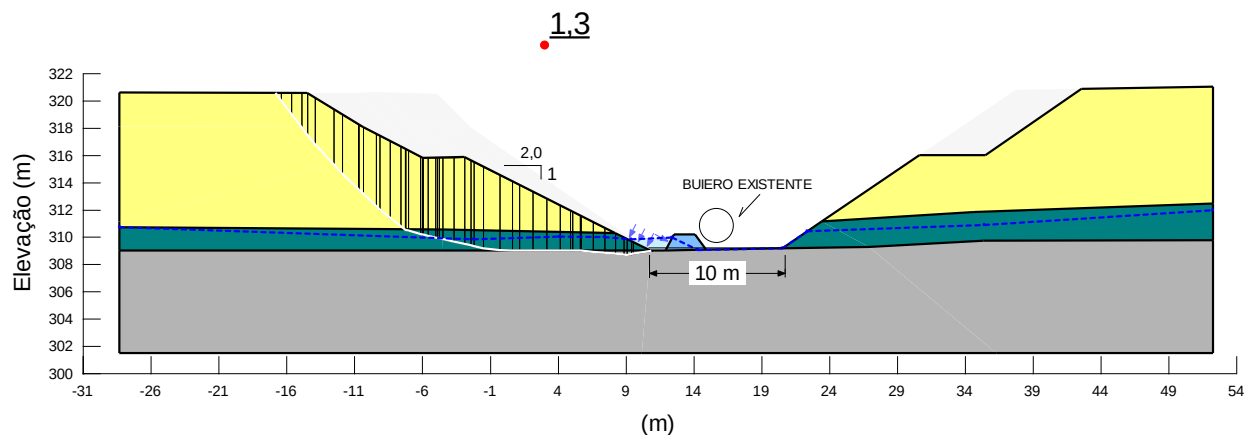


Figura 49: Fator de segurança do corte provisório necessário para troca do bueiro da estaca 8825+12,84 e tratamento de solo de fundação do bueiro com inclinação 1V:2H.



Também serão implantadas galerias nas estacas 8868+12,41 e 8910+4,34. As figuras a seguir apresentam os fatores de segurança dos cortes provisórios necessário para execução das obras com inclinação 1V:1H e 1V:1,2H.

Figura 50: Fator de segurança do corte provisório necessário para troca do bueiro da estaca 8869+12,41 e tratamento de solo de fundação do bueiro com inclinação 1V:1H.

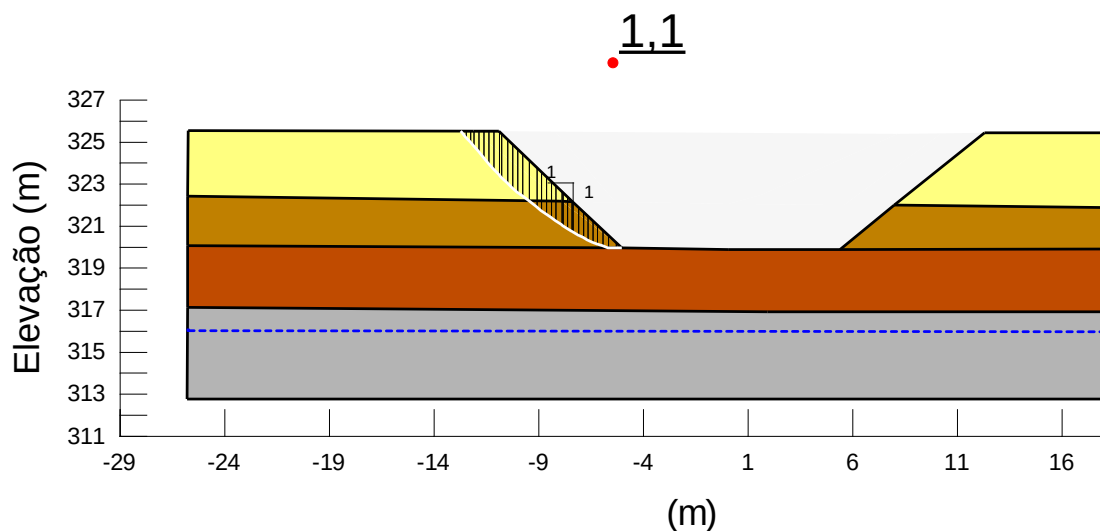


Figura 51: Fator de segurança do corte provisório necessário para troca do bueiro da estaca 8869+12.41 e tratamento de solo de fundação do bueiro com inclinação 1V:1,2H.

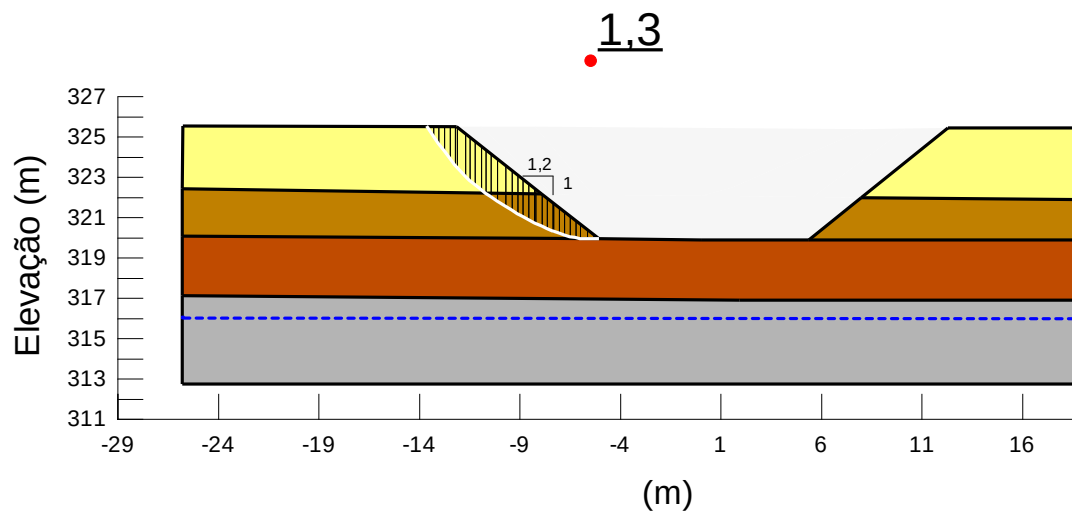


Tabela 34. Parâmetros de resistência dos materiais adotados nas análises de estabilidade da 8869+12.41

		(kN/m³)	(kPa)	(°)	(°)	
	ATERRO EXISTENTE	18	3	28	0	1
	Solo residual silto arenoso cinza e amarelo medianamente compacto	18	6	30	0	1
	Solo residual argilo siltooso com areia médio marrom	17	8	28	0	1
	Solo residual argilo siltooso mole marrom	17	6	28	0	1

Figura 52: Fator de segurança do corte provisório necessário para troca do bueiro da estaca 8910+4,34 e tratamento de solo de fundação do bueiro com inclinação 1V:1H.

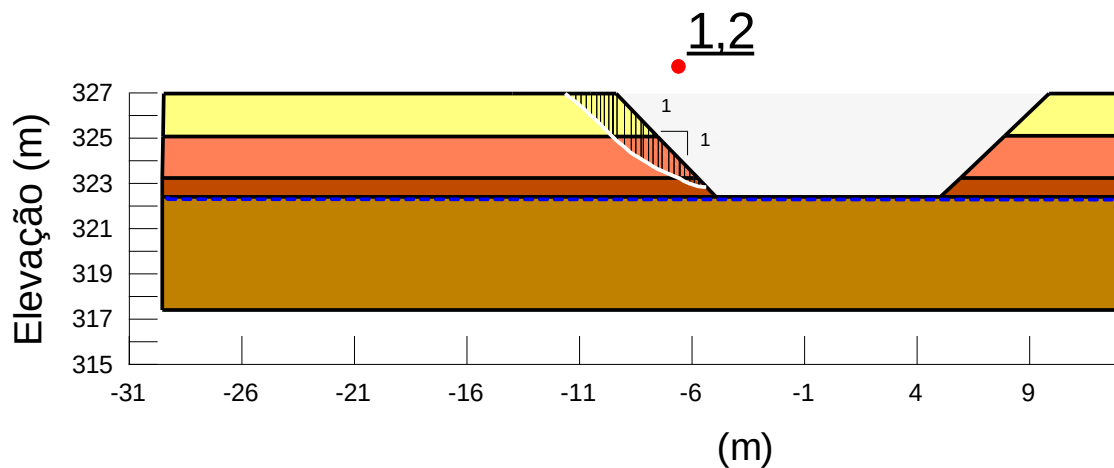


Figura 53: Fator de segurança do corte provisório necessário para troca do bueiro da estaca 8910+4,34 e tratamento de solo de fundação do bueiro com inclinação 1V:1,2H.

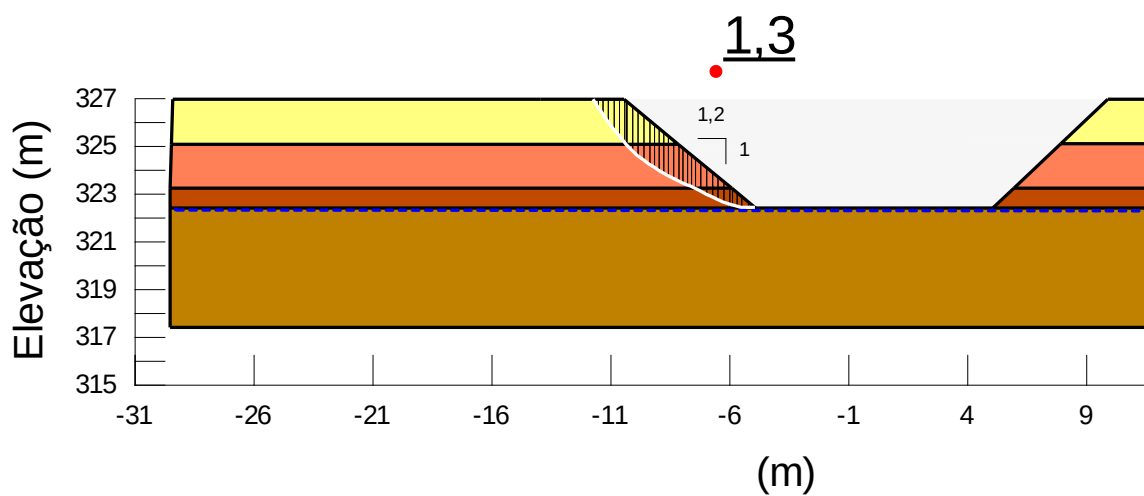


Tabela 35. Parâmetros de resistência dos materiais adotados nas análises de estabilidade da 8910+4,34

		(kN/m³)	(kPa)	(°)	(°)	
	ATERRO EXISTENTE	18	3	28	0	1
	Solo residual argilo siltoso com areia médio marrom	17	8	28	0	1
	Solo residual argiloso mole marrom	17	3	26	0	1
	Solo residual argiloso rijo marrom	17	15	28	0	1

Os cortes provisórios devem apresentar fator de segurança mínimo de 1,3 portanto, a fim de garantir a estabilidade dos taludes, os cortes provisórios para implantação do bueiro da estaca 8825+12,84 devem ter inclinação máxima de 1V:2H com banquetas de 3,00 m de largura a 4,5 m de profundidade e o da estaca 8868+12,41 e 8910+4,34 inclinação 1V:1,2H (sem banquetas). A seção tipo dos cortes provisórios são apresentados no projeto de terraplenagem.

4.3.1.5 Referências bibliográficas

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas, 2009.

TEIXEIRA, A. T.; GODOY, N. S. Análise, Projeto e Execução de Fundações Rasas. Fundação: Teoria e Prática. São Paulo, SP, PINI, 1996.

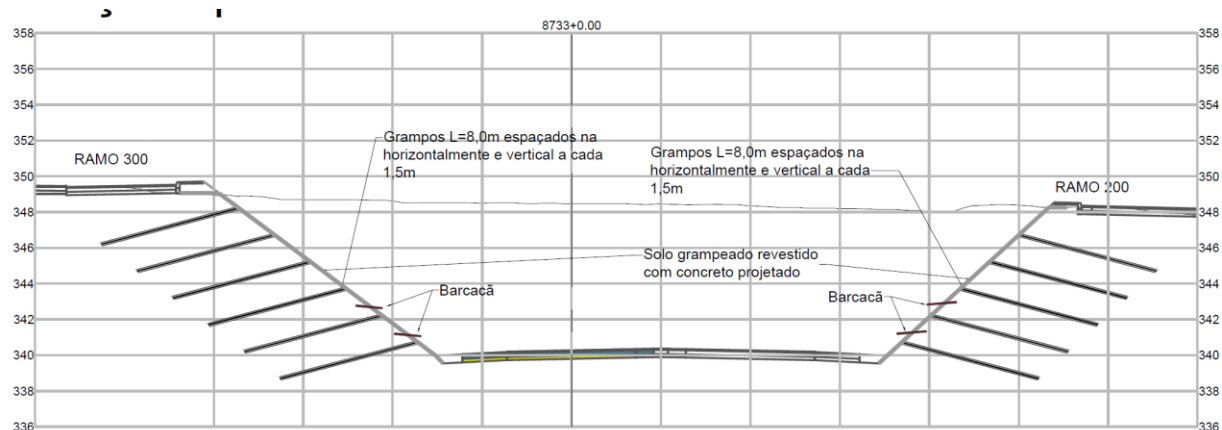
4.3.2 Projeto de Contensões

4.3.2.1 Solo grampeado – Estaca 8728+10 à 8737+10

Foi projetada uma contenção em solo grampeado da estaca 8728+10 à estaca 8736+10 (lado esquerdo) e da estaca 8728+10 à estaca 8737+10 (lado direito) para garantir o fator de segurança mínimo de 1,4 para os cortes.

A figura a seguir apresenta a seção tipo da solução em solo grampeado com revestimento em concreto projetado.

Figura 54: Seção tipo da solução em solo grampeado com face em concreto projetado - figura sem escala.



Os grampos projetados são de aço CA50, $\varnothing 25$ mm com 8,00 metros de comprimento (em solo) e deverão ser instalados a 15 graus com a horizontal a cada 1,50 m na vertical e a cada 1,5 m na horizontal.

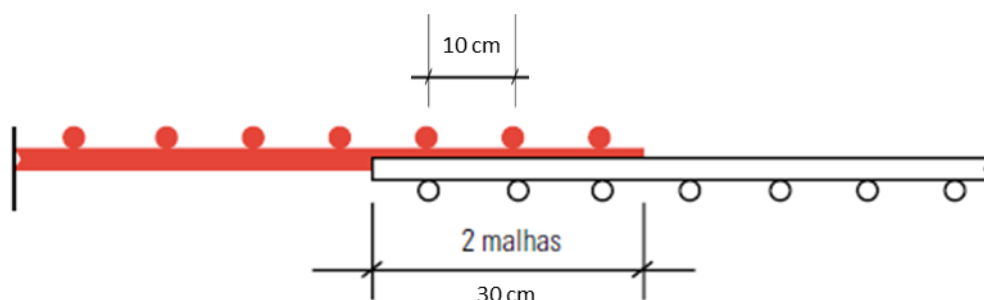
Os grampos devem ser instalados em perfurações com 73mm de diâmetro, preenchidas com calda de cimento com fator de água cimento de 0,5, injetada por gravidade do fundo para a boca.

Deve-se executar duas fases de re-injeção além da bainha para tanto, adjacente à barra, deve-se prever a instalação de dois tubos adicionais de re-injeção perdidos, de polietileno, com diâmetro de 20 mm, providos de válvulas manete a cada 0,8 m aproximadamente.

Após a instalação dos grampos deverá ser instalada uma tela tipo TELCON Q-138, ou similar, e em seguida projetado o concreto em camadas de no máximo 2 cm com espessura mínima final de 10cm e possuir resistência mínima a compressão de 25 MPa. O concreto projetado deve ter controle de qualidade baseada NORMA DNIT 087/2006 – ES - Execução e acabamento do concreto projetado e NBR 14026: Concreto projetado – Especificação.

Deve ser adotado transpasse mínimo de 2 malhas (30 cm) da tela metálica tipo TELCON Q-138 conforme o esquema abaixo.

Figura 55: Esquemas do transpasse mínimo de 2 malhas (30 cm) de tela metálica tipo TELCON Q-138.



Como medida contra a corrosão dos grampos deve ser realizada pintura de 2 demãos do tipo epóxi em todo o grampo ou outra medida contra corrosão aprovada pela fiscalização.

Os ensaios de arrancamento são realizados com a finalidade de verificar a relação tensão deformação dos grampos utilizados no sistema de contenção. Para isso são usados grampos protótipos, sem função estrutural, que devem ser instalados entre os grampos de serviço e ao longo da obra. Estes grampos protótipos obedecem aos mesmos critérios de execução dos demais grampos executados na obra quanto à perfuração e injeção, mas a barra de aço empregada deve ser superdimensionada (adotar barras de 32 mm) para que o ensaio atinja preferencialmente a ruptura no contato calda-solo.

Todas as fases da obra deverão ser obrigatoriamente fiscalizadas durante toda a sua execução, e liberadas por engenheiro especializado em geotecnia, o qual fará as orientações executivas e adequações necessárias, em função das reais características dos solos e dos condicionantes geotécnicos encontrados no local.

4.3.2.1.1 Memória de cálculo do dimensionamento da contenção em solo grampeado

As análises de estabilidade dimensionamento da contenção foram realizados tomando como base com as recomendações da Norma Brasileira de Estabilidade de Encostas, NBR 11682/2009, que recomenda fator de segurança (FS) mínimo de 1,5 para obras de contenção em solo.

De acordo com a NBR 11682/2009, foi considerado uma sobrecarga acidental de 20kPa uniformemente distribuída. Este carregamento foi aplicado em todo trecho onde pode ocorrer trânsito de veículos e/ou existência de cargas adicionais (ex: edificações) nas situações consideradas desfavoráveis, pois onde a influência dessa sobrecarga passa a ser positiva, não foram utilizadas tais sobrecargas.

4.3.2.1.2 Parâmetros geotécnicos

O projeto de contenção se desenvolve integralmente sobre solos proveniente da Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento.

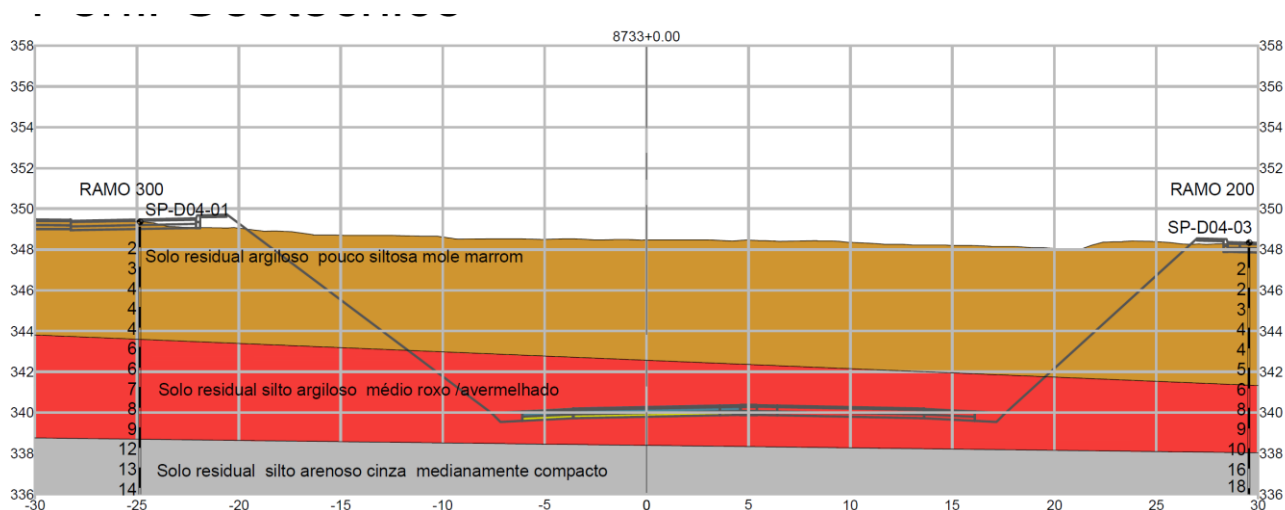
Com base nos resultados das sondagens SPT, informações obtidas em inspeções de campo definiram-se os valores dos parâmetros de resistência a serem utilizados na presente análise de estabilidade conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 4. Parâmetros de resistência dos materiais adotados nas análises de estabilidade.

Cor	Nome	Peso Específico (kN/m³)	Coesão' (kPa)	Phi' (°)
	Solo residual silto arenoso cinza medianamente compacto	18	6	30
	Solo residual argiloso pouco siltosa mole marrom	17	6	25
	Solo residual silto argiloso médio roxo /avermelhado	17	8	28

A figura a seguir apresenta o perfil geológico geotécnico típico verificado na região na seção do projeto de contenção.

Figura 56: Perfil geológico-geotécnico típico – ESTACA 8733.



4.3.2.1.3 Análise de estabilidade e dimensionamento dos grampos

As análises de estabilidade foram realizadas com o auxílio do software GeoSlope - Slope/W, cujo fator de segurança foi determinado pelo método do equilíbrio limite de momentos e forças de Morgenstern-Price.

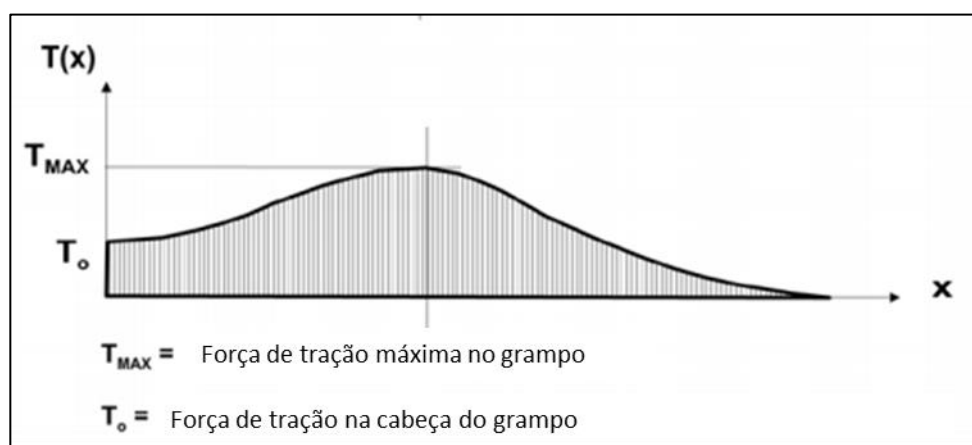
O mesmo programa foi adotado para o dimensionamento da estrutura baseada em solo grampeado.

Na análise de estabilidade analisou-se a probabilidade de ocorrência de ruptura da fundação e ruptura que envolvesse toda a massa de solo reforçado além da ruptura dos grampos ou por falta de aderência entre o solo e a calda de cimento.

A verificação da estabilidade interna foi baseada em métodos de equilíbrio limite onde o solo atrás da face é subdividido em duas regiões, uma ativa e outra passiva, limitadas por uma superfície potencial de ruptura. A inserção dos grampos na zona passiva deve garantir um comprimento suficiente para suportar os esforços de arrancamento dos grampos provenientes da zona ativa.

A forma da distribuição das tensões ao longo do grampo que podem causar a ruptura dos grampos pode ser simplificada conforme a proposta da FHWA (Lazarte et al., 2015):

Figura 57: Distribuição simplificada da distribuição das tensões ao longo do grampo (Modificado de Lazarte et al., 2015).



onde a força de tração ($T_{m\acute{a}x}$) é dado por:

$$T_{m\acute{a}x} = 0,75 \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H \cdot S_h \cdot S_v$$

Onde:

γ = específico do solo kN/m^3 ;

S_h = espaçamento horizontal entre grampos (m);

S_v = espaçamento vertical entre grampos (m);

K_a = coeficiente de empuxo ativo;

H = altura do talude (m).

Para cálculo da força de tração na cabeça do grampo (T_o), o manual técnico da FHWA (Lazarte et al., 2015) recomenda:

$$T_o = T_{m\acute{a}x} \times [0,6 + 0,2 (S_{m\acute{a}x} - 1)]$$

Onde:

$S_{m\acute{a}x}$ = máximo espaçamento entre grampos (maior valor entre s_v e s_h , em metros).

O FHWA (Lazarte et al., 2015) ainda cita que T_o varia entre 0,5 e 0,6 da $T_{m\acute{a}x}$.

Na contenção projetada para:

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3;$$

$$S_h = 1,5 \text{ (m)};$$

$$S_v = 1,5 \text{ (m)};$$

$$K_a = 0,4;$$

$$H = 9,75 \text{ (m)}.$$

A tensão máxima no grampo ($T_{m\acute{a}x}$) é de 113,5 kN e $T_o = 0,6 \times T_{m\acute{a}x}$, ou seja, 68 kN.

A resistência ao cisalhamento no contato solo-grampo (q_s) (adesão solo/bainha) adotada no projeto foi baseada na sua correlação com o NSPT proposta de Ortigão e Palmeira (1997).

Ortigão e Palmeira (1997)	$q_s = 67 + 60 \cdot \ln(N_{spt})$
---------------------------	------------------------------------

A tabela a seguir apresenta os resultados de q_s para cada metro de sondagem e o valor alcançado considerando fator de segurança de 1,5.

Tabela 36: Memória de cálculo da resistência ao cisalhamento no contato solo-grampo (q_s) com base no SP-D04-02

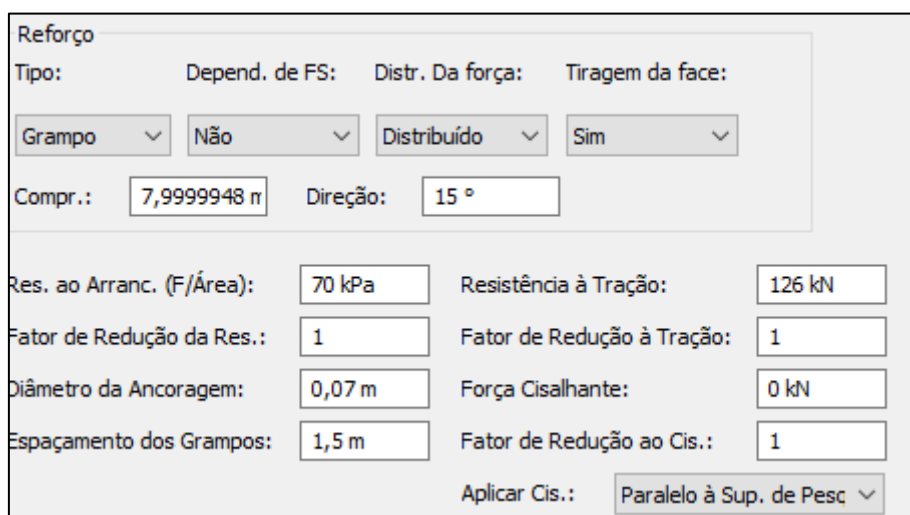
SP-D04-02	Ortigão e Palmeira (1997)	
	Ortigão e Palmeira (1997)	Ortigão e Palmeira (1997) + FS=1,5
2,00	109	72
2,00	109	72

SP-D04-02		
	Ortigão e Palmeira (1997)	Ortigão e Palmeira (1997) + FS=1,5
3,00	133	89
4,00	150	100
3,00	133	89
4,00	150	100
4,00	150	100

Baseado nos cálculos supracitados a adesão solo/bainha (q_s) considerada em projeto foi de 70 kPa, mas, conforme especificado no projeto executivo para comprovação do q_s devem ser realizados ensaios de arrancamento em campo. O ensaio deve ser levado até a ruptura por meio de pequenos incrementos de carga de 5kN ou até no máximo 300 kN (res. da barra de 32 mm a ser adotada nos ensaios).

A figura a seguir apresenta os dados de entrada no software GeoSlope - Slope/W para todos os grampos.

Figura 58: Dados de entrada no software GeoSlope – Slope/W para os grampos.



The screenshot shows the 'Reforço' (Reinforcement) dialog box in the GeoSlope - Slope/W software. The settings are as follows:

- Tipo:** Grampo (Anchor)
- Depend. de FS:** Não (No)
- Distr. Da força:** Distribuído (Distributed)
- Tiragem da face:** Sim (Yes)
- Compr.:** 7,9999948 m
- Direção:** 15 °
- Res. ao Arranc. (F/Área):** 70 kPa
- Resistência à Tração:** 126 kN
- Fator de Redução da Res.:** 1
- Fator de Redução à Tração:** 1
- Diâmetro da Ancoragem:** 0,07 m
- Força Cisalhante:** 0 kN
- Espaçamento dos Grampos:** 1,5 m
- Fator de Redução ao Cis.:** 1
- Aplicar Cis.:** Paralelo à Sup. de Pesc (Parallel to the Fishing Surface)

As figuras a seguir apresentam os resultados gráficos das análises de estabilidade realizadas.

Figura 59: Fator de segurança do corte projetado na estaca 8733 (lado esquerdo) sem contenção.

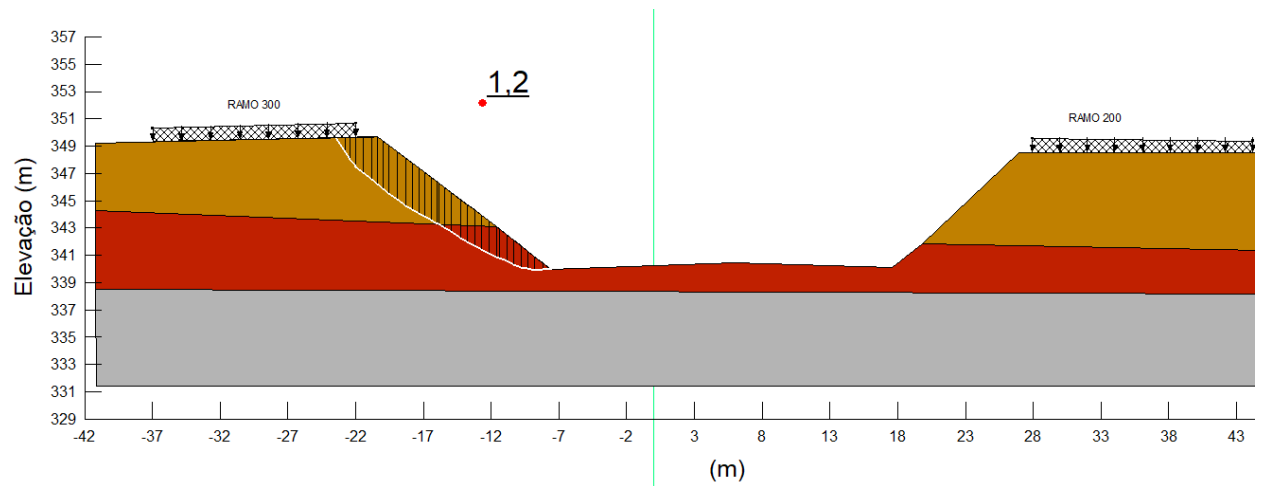


Figura 60: Fator de segurança do corte projetado na estaca 8733 (lado direito) sem contenção.

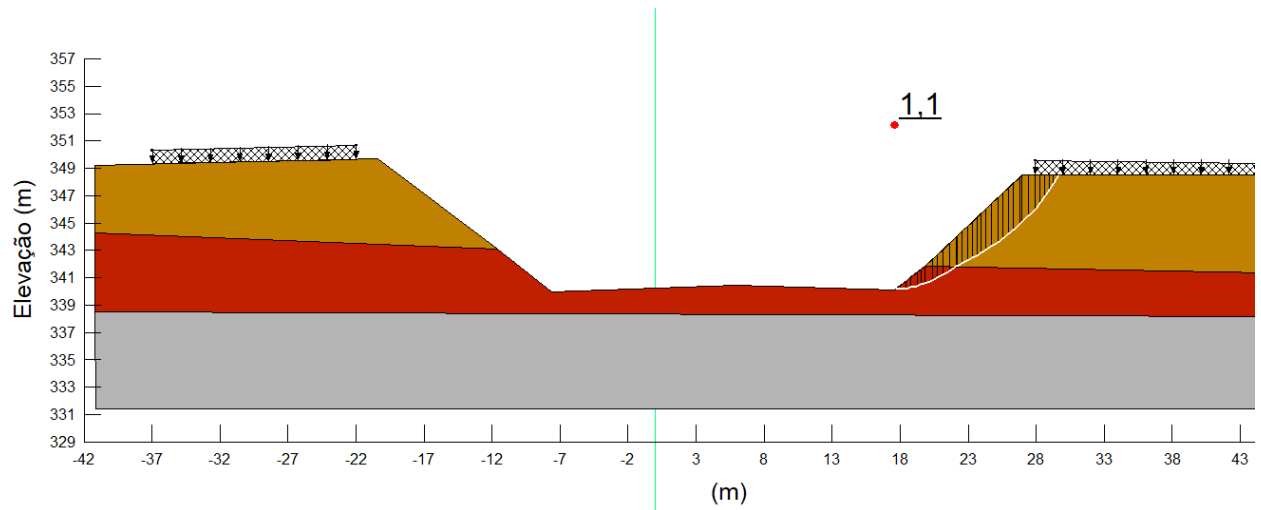


Figura 61: Fator de segurança do corte projetado na estaca 8733 (lado esquerdo) com contenção.

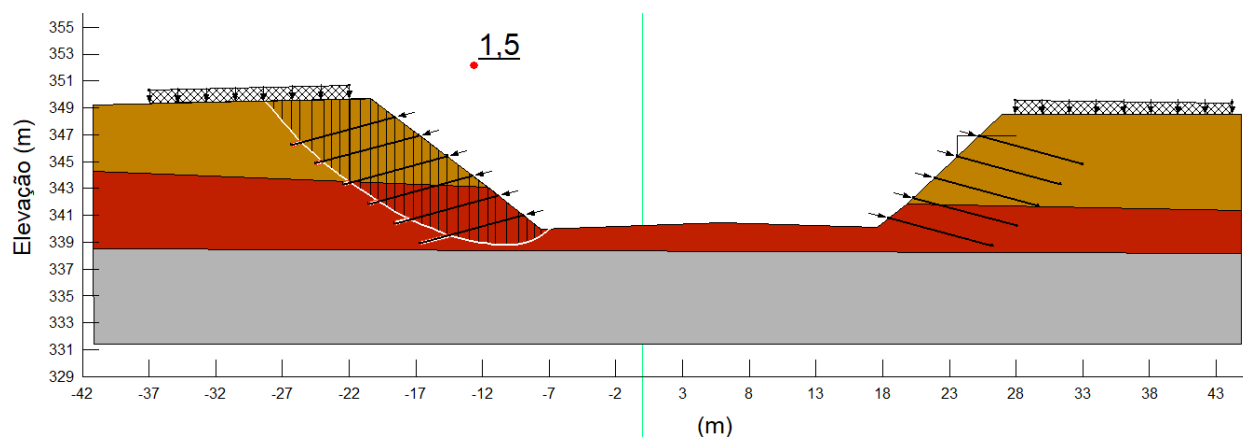
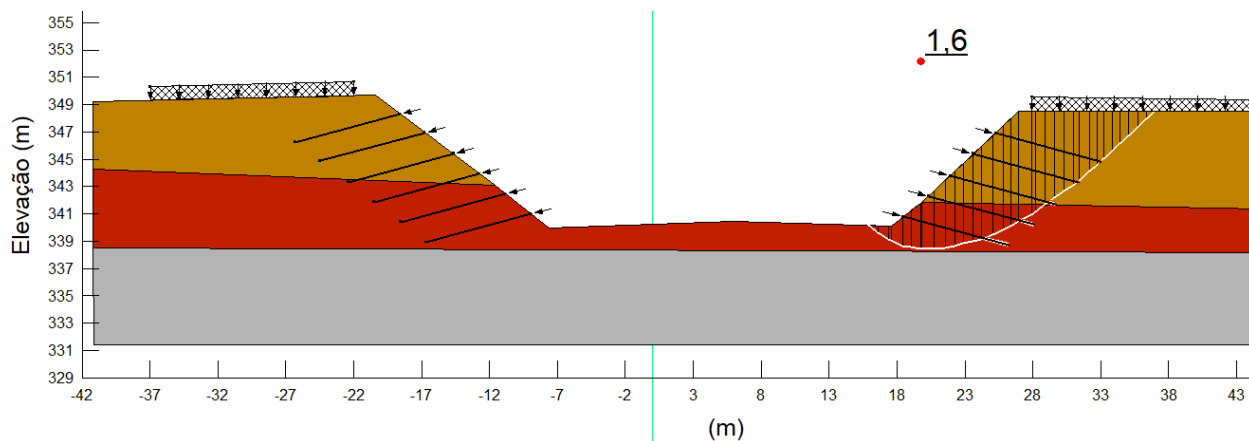
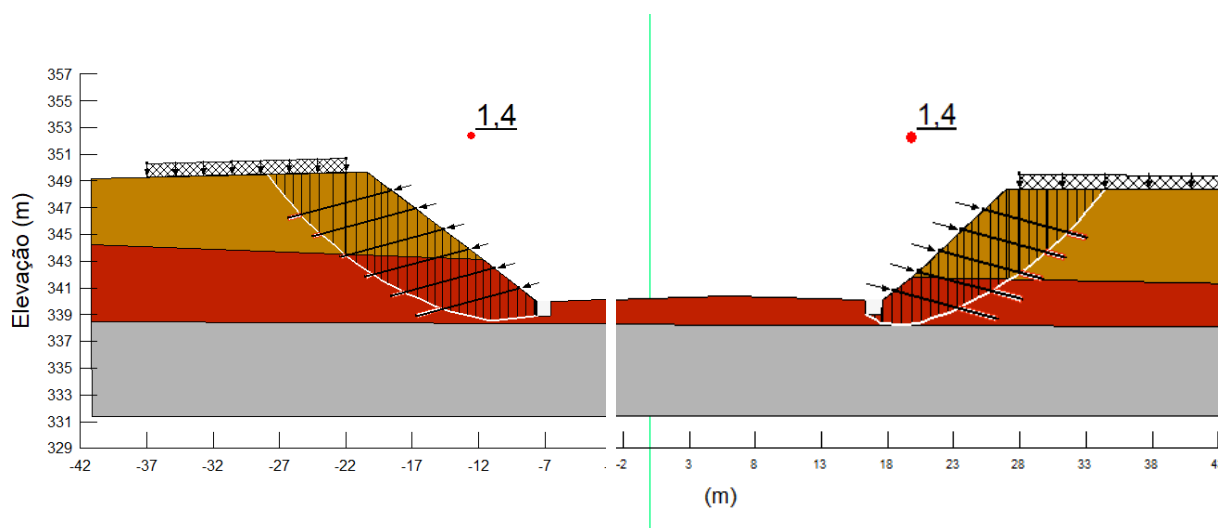


Figura 62: Fator de segurança do corte projetado na estaca 8733 (lado direito) com contenção.



No pé da contenção serão implantadas canaletas de drenagem superficial com até 0,90 m de altura interna. Para tanto, serão necessárias escavações no pé da corte. A figura a seguir apresenta o fator de segurança do talude considerando a implantação da contenção antes da escavação da canaleta.

Figura 63: Fator de segurança do corte projetado na estaca 8733 (lado direito e esquerdo) com contenção e com o corte necessário para implantação da canaleta de drenagem



A contenção em solo grampeado projetada apresentou fator de segurança superior a 1,4, ou seja, adequado a NBR11692/2009: Estabilidade de Taludes para todos os mecanismos de instabilização, portanto considerado adequado.

O fator de segurança do talude, já grampeado, com a escavação provisória de 1,00 m de profundidade, necessária para implantação da canaleta de drenagem é de 1,4 e atende ao mínimo necessário para uma obra provisória que é de 1,3.

4.3.2.2 Aterro Armado – Estaca 8818+15 à estaca 8832

Foi projetada uma contenção em aterro armado da estaca 8818+15 à estaca 8832 para conter o desnível entre a pista projetada e a existente.

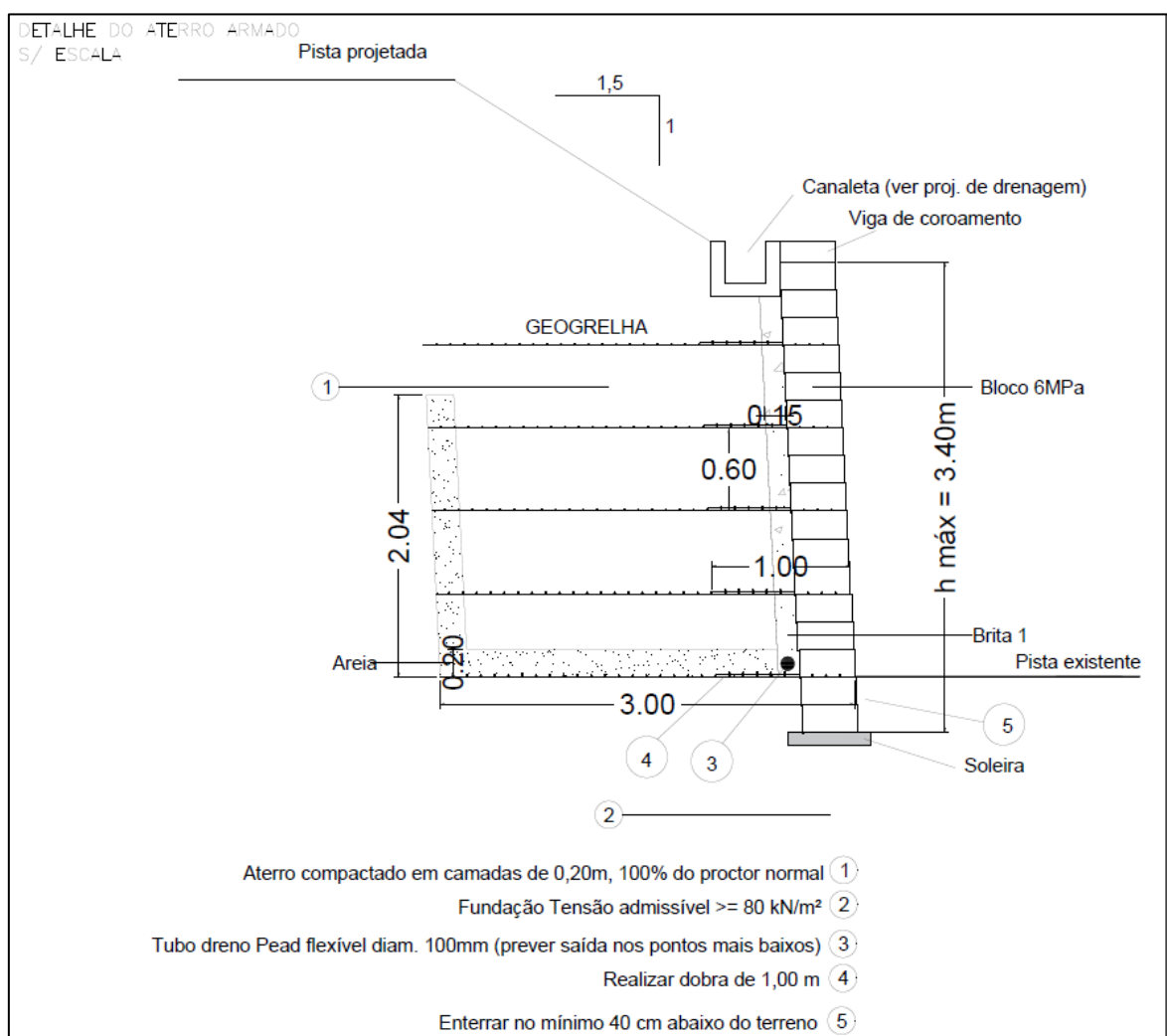
A solução de contenção projetada foi baseada na construção de um aterro reforçado com geogrelhas e com face em blocos de concreto.

Ressalta-se que a face do aterro armado pode ser substituída por outras similares disponíveis no mercado.

A execução das obras de contenção deve, necessariamente, ser acompanhada e monitorada por técnico responsável pelo sistema adotado. Todos os controles tecnológicos sugeridos pelo fornecedor devem ser executados e apresentados à fiscalização.

A figura a seguir apresenta a seção tipo da solução em aterro armado projetada.

Figura 64: Seção tipo da solução em aterro armado.



A geogrelha deve possuir resistência mínima a tração de 80 kN/m^2 na longitudinal e 30 kN/m^2 na transversal do rolo da geogrelha, e devem ser instaladas a cada 60 cm de altura.

O aterro armado só deve ser executado após estabilização dos recalques comprovado por meio de monitoramento de marcos superficiais (ver seção tipo de terraplenagem). A avaliação do desempenho e evolução dos recalques e liberação do aterro e construção da contenção deve ser por parte da Fiscalização.

O aterro armado não deve sofrer deformações que prejudiquem o seu desempenho. Caso seja evidenciado deformações no aterro armado a projetista deve ser contatada imediatamente.

A compactação do solo do aterro reforçado com geogrelhas deverá ser efetuada em camadas de no máximo 20cm de espessura com compactação de 100% do Proctor Normal realizado por equipamento de compactação mecânico. Deverá ser executado drenagem interna dos muros composta por dreno perfurado na base e camada drenante de areia com 20cm de espessura. Na face externa do muro (entre os blocos e o aterro) deverá ser executada uma camada de brita com 15cm de espessura.

A drenagem superficial do muro deve ser executada conforme previsto no projeto de drenagem.

A soleira deverá ser de concreto não armado com uma resistência a compressão de no mínimo 25MPa.

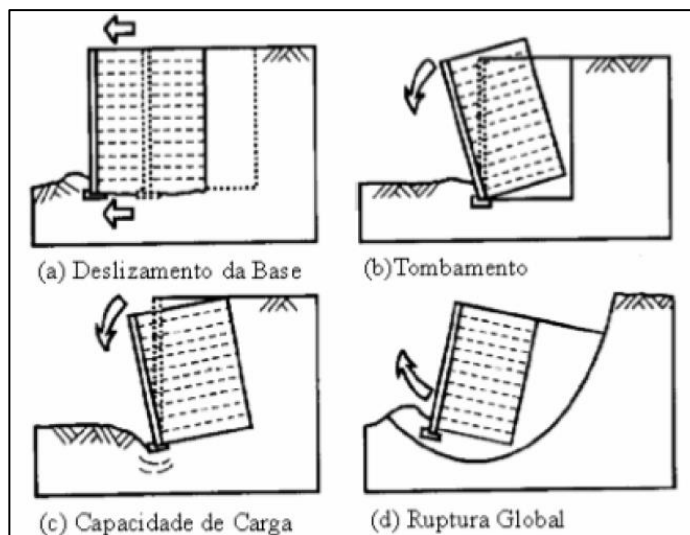
4.3.2.2.1 Memória de cálculo do dimensionamento da contenção em aterro armado

O dimensionamento de estruturas baseadas em aterro armado é dividido em duas etapas: análise da estabilidade externa e interna da estrutura.

- Verificação da estabilidade externa

Na análise de estabilidade externa de estrutura de contenção baseada em aterro armado verificou-se a possibilidade de ocorrência além da estabilidade global de outros três mecanismos clássicos de instabilização tais como: deslizamento pela base, tombamento e ruptura de fundação.

Figura 65: Mecanismos clássicos de instabilização em muros de contenção.



As análises de estabilidade global, foram realizadas com o auxílio do software GeoSlope - Slope/W, verificando-se o equilíbrio limite pelo método de Bishop e Spencer.

A verificação da estabilidade quanto o tombamento e deslizamento do aterro armado foi realizada com auxílio do software Forterrae que adota o método de Coulomb para os cálculos. Para tal, o programa considera que o aterro armado é um corpo rígido e o cálculo do empuxo é feito através de processo gráfico para diferentes valores do ângulo da superfície de ruptura, definida pelo ângulo teta. O programa traça um gráfico de empuxo versus teta e seleciona o valor crítico do empuxo. Com este valor são feitas verificações ao tombamento e ao deslizamento, bem como são calculadas as tensões aplicadas pela base do aterro armado no terreno que subsidiam a análise de ruptura de fundação.

- Estabilidade interna

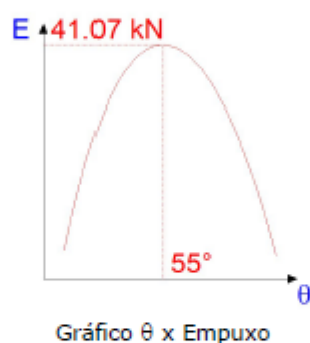
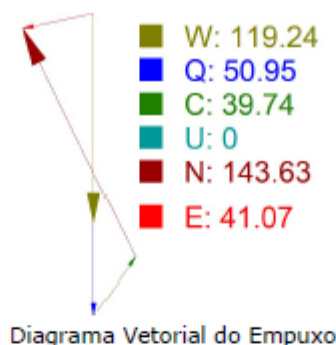
A verificação da estabilidade interna dos reforços do aterro armado foi realizada com auxílio do software Forterrae que adota o método proposto por Ehrlich e Mitchel (1995). Este método calcula a carga individual em cada camada de reforço a partir do espaçamento entre geogrelhas, das propriedades de resistência e rigidez do reforço e

da geogrelha e da energia de compactação induzida pelo equipamento de compactação.

4.3.2.2.2 Resultados

- Deslizamento pela base e tombamento

O fator de segurança para o deslizamento pela base e tombamento e tensão aplicada na fundação pelo aterro armado foram realizadas com auxílio do software Forterra.



Empuxo	Tensões na Base	Fatores de Segurança
E = 41.07 kN	e = 0.15 m	FSM c/Ev = 3.96
Ev = 5.01 kN	σ_p = 64.75 kN/m ²	FSM s/Ev = 3.72
Eh = 40.76 kN	σ_t = 34.58 kN/m ²	FSD c/Ev = 1.63
		FSD s/Ev = 1.57

Legenda

E:	Empuxo total
Ev:	Componente vertical do empuxo
Eh:	Componente horizontal do empuxo
e:	Excentricidade da resultante na base
σ_p :	Tensão vertical na base externa do muro
σ_t :	Tensão vertical na base interna do muro
FSM c/Ev:	Fator de segurança ao momento considerando Ev
FSM s/Ev:	Fator de segurança ao momento não considerando Ev
FSD c/Ev:	Fator de segurança ao deslizamento considerando Ev
FSD s/Ev:	Fator de segurança ao deslizamento não considerando Ev

- Estabilidade da fundação

A tensão de ruptura do solo ou capacidade de carga do solo é a tensão tal que aplicada ao solo causa a sua ruptura. Adotando um adequado coeficiente de segurança, da ordem de 3, obtém-se a tensão admissível, a qual deverá ser admissível à ruptura e às deformações excessivas do solo.

A capacidade de carga da fundação (tensão de ruptura do solo), assim como a tensão admissível do mesmo, foram verificadas pelo método de Meyerhof dada pela equação a seguir:

$$\sigma_r = cN_c + qN_q + 1/2 YB N_\gamma$$

$$\sigma_{adm} = \sigma_r / 3$$

Onde:

C= coesão do solo de fundação

q=sobrecarga na fundação (engastamento)

Y= peso específico do solo

H=altura do aterro armado

B=largura da base do aterro armado

Dados da fundação					
L (largura do aterro reforçado)	3,00	m			
c	3,00	kPa			
ang. De atrito	28,00	graus			
ang. De atrito	0,49	RADIANOS			
peso esp	17,00	kN/m ³			
qf (Sobrecarga na fundação)	0,00	kN/m			
Estabilidade da fundação					
MÉTODO MEIHOFF					
NC	25,00				
NQ	14,00				
N γ	14,00				
σ_r (capacidade de carga do solo de fundação)	432,00	kPa	$\sigma_r = c' N_c + q_s N_q + 0,5 \gamma_f L_r N_\gamma$		
σ_{adm} (tensão admissível do terreno)	144,00	kPa	$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_r}{3}$		

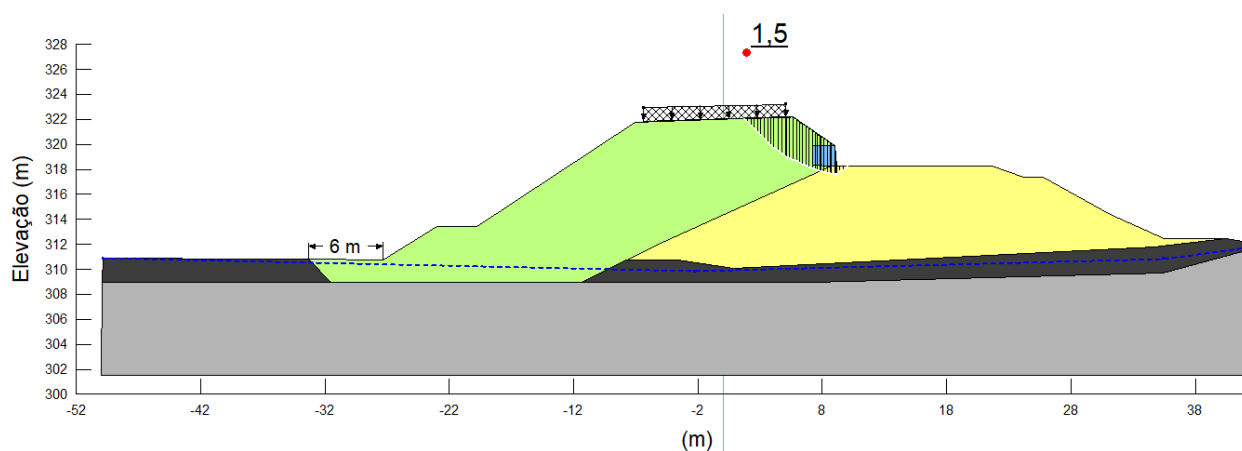
A tensão máxima ($\sigma_{máx}$) aplicada pelo aterro armado é de 64,00 kPa e o solo de fundação apresenta tensão admissível de 144 kPa, ou seja, σ_{adm} é maior que $\sigma_{máx}$ aplicada na base da contenção.

A tensão admissível do solo de fundação do aterro deve ser comprovada em campo e deve ser de, no mínimo, 80 kPa.

- Análise de estabilidade global

Foi analisado quanto a estabilidade global a seção onde o aterro armado é mais alto (Estaca 8826+5). Os parâmetros de resistência dos materiais podem ser verificado na Tabela 31 deste relatório.

Figura 66: Fator de segurança para o aterro projetado SEM tratamento de solo de fundação - ESTACA 8826+5.



- Estabilidade interna

O fator de segurança para o arrancamento e ruptura do reforço foram realizadas com auxílio do software Forterrae e foram superiores a 1,5. A memória de cálculo do fator de segurança para cada geogrelha pode ser verificado a seguir.

Resultados do Dimensionamento Interno

Método de Cálculo: (Ehrlich, 1999)

Dados do Solo do Muro: Argila Siltosa

$B = 3 \text{ m}$

$H = 3 \text{ m}$

$B/H = 1 \text{ m}$

$c = 0 \text{ kPa}$

$K = 200 \text{ kN/m}^2$

$n = 0.6$

$\gamma_{\text{nat}} = 16 \text{ kN/m}^3$

$K_u = 400 \text{ kN/m}^2$

$R_f = 0.8$

$\phi = 24^\circ$

Dados do Compactador: Soquete(sapo)

$Q_e = 0.7 \text{ kN}$

$Q_d = 6 \text{ kN}$

$A = 0.1 \text{ m}^2$

Fatores de Redução: %=textofr

Vida útil da obra:	60 anos	FRfi	= 1.56
Solo do maciço:	Silte/Argila	FRamb	= 1.03
Ph do solo:	04<=Ph<09		

Fatores de Segurança

Fator de Segurança Interno Mínimo = 1.1

Fator de Segurança Interno Global = 4.26

Máxima Deformação Total Admissível = 10 %

Deformação Total de Trabalho Média = 1.88 %

Deslocamentos Horizontais Médios:

DTtc = 0.028 m		DTtc/H = 0.92 %	
DTto = 0.024 m	Incremento = 0 m	DTto/H = 0.798 %	Incremento = 0 %
DTlp = 0.032 m	Incremento = 0.008 m	DTlp/H = 1.077 %	Incremento = 0.279 %

Deslocamentos Horizontais Máximos:

DTtc = 0.032 m		DTtc/H = 1.051 %	
DTto = 0.033 m	Incremento = 0.001 m	DTto/H = 1.108 %	Incremento = 0.057 %
DTlp = 0.045 m	Incremento = 0.012 m	DTlp/H = 1.495 %	Incremento = 0.387 %

Quantitativo de Geogrelhas:

Geogrelha	Quantidade	FRG	FRdi
Fortrac 80/30-20	5	1,68	1,04

Altura (m)	Geogrelha	Dobra (s/n)	Sv (m)	T (kN)	FS	FS Con	DEc (%)	DEto (%)	DElp (%)	σ ZCI (kN/m ²)	σ Z (kN/m ²)	Kr
0.4	Fortrac 80/30-20	s	0.6	15.55	3.07	1.91	2.1	2.22	2.99	52.16	66.98	0.39
1	Fortrac 80/30-20	s	0.6	12.52	3.81	2.12	2.11	1.78	2.41	52.16	53.66	0.39
1.6	Fortrac 80/30-20	s	0.6	12.04	3.96	1.94	2.11	1.72	1.72	52.16	41.99	0.48
2.2	Fortrac 80/30-20	s	0.6	11.9	4.01	1.7	2.11	1.69	1.69	52.16	31.42	0.63
2.8	Fortrac 80/30-20	s	0.2	3.99	11.98	4.28	0.76	0.57	0.57	52.16	21.52	0.93

Legenda:

Altura: Posição da geogrelha a partir da base do muro

Geogrelha: Geogrelha utilizada

Dobra: Presença ou não de dobra na camada de geogrelha

Sv: Espaçamento entre geogrelhas

T: Solicitação de tração no reforço

FS: Fator de segurança à ruptura do reforço

FS Con: Fator de segurança à ruptura da conexão

DEc: Deformação específica máxima na compactação

DEto: Deformação específica máxima acumulada no final da construção

DElp: Deformação específica máxima acumulada a longo prazo

DTtc: Deslocamento horizontal da face na compactação

DTto: Deslocamento horizontal acumulado da face no final da construção

DTlp: Deslocamento horizontal acumulado da face a longo prazo

DTtc/H: Deslocamento horizontal da face na compactação percentualmente à altura total do muro

DTto/H: Deslocamento horizontal acumulado da face no final da construção percentualmente à altura total do muro

DTlp/H: Deslocamento horizontal acumulado da face a longo prazo percentualmente à altura total do muro

σ ZCI: Tensão vertical máxima equivalente decorrente da compactação

σ Z: Tensão vertical no final da construção

Kr: Coeficiente de empuxo residual no final da construção

4.3.2.3 Referências bibliográficas

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas, 2009.

Carlos A. Lazarte., PhD, PE, GE; Helen Robinson, PE; Jesús E. Gómez, PhD, PE; Andrew Baxter, PE, PG; Allen Cadden, PE; Ryan Berg, PE. FHWA-NHI-14-007 - Geotechnical Engineering Circular No. 7 - Soil Nail Walls - Reference Manual, 2015.

4.4 PROJETO DE DRENAGEM

O Projeto de Drenagem consiste na definição, detalhamento e posicionamento do novo sistema de drenagem a ser implantado, considerando-se a ampliação da via existente, para captação das águas que possam atingir a rodovia, conduzindo-as a situações que assegurem o seu afastamento, garantindo e a estabilidade além de minimizar a manutenção e conservação da via.

4.4.1 Cadastro e Diagnóstico dos Dispositivos Existentes

A avaliação dos dispositivos existentes foi realizada com base no levantamento topográfico e fotográfico.

Atualmente a drenagem superficial é feita através de sarjetas/ valetas longitudinais a rodovia e em geral em estado de conservação Regular, ou seja, interferência no funcionamento do dispositivo devido à falta de manutenção, sendo necessária limpeza e desobstrução dos mesmos.

4.4.2 Obras de arte correntes

Para elaboração do projeto de drenagem foram utilizadas as vazões de contribuição apresentados nos cálculos hidrológicos e a verificação hidráulica dos dispositivos existentes executada conforme as ***Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários, Especificações de Serviço- DNIT e Manual de Drenagem de Rodovias-DNIT.***

4.4.2.1 Aproveitamento de Obras Existentes

No dimensionamento hidráulico dos bueiros foi considerado o item **3.3 Casos Particulares, da IS-203- Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários**, que preconiza que, no caso de *Projetos de Pavimentação, Restauração e Duplicação, onde a maioria das obras já se encontram implantadas, apenas se aplicará a sistemática da IS-203 para os casos onde o levantamento cadastral indicar a necessidade de substituição do bueiro. Portanto, no caso de serem mantidas as obras-de-arte correntes existentes, ou apenas serem prolongadas (Projetos de Duplicação – Melhoramentos – Terceiras faixas, etc.), a metodologia da IS-203 não se aplica.*

4.4.2.2 Implantação de Obras Novas

4.4.2.2.1 Bueiros Operando como canal

Na hipótese de bueiros operando como canal, o dimensionamento foi feito considerando-se o seu funcionamento no regime supercrítico, limitando-se a sua capacidade hidráulica à vazão correspondente ao regime crítico, com energia específica igual ao seu diâmetro ou altura.

As equações utilizadas foram aquelas constantes do **Manual de Drenagem de Rodovias-DNIT** e que são reproduzidas abaixo:

Bueiros Tubulares

$$Q_c = 1,533 \cdot D^{2,5}$$

$$V_c = 2,56 \cdot \sqrt{D}$$

$$I_c = 32,82 \cdot \frac{n^2}{\sqrt[3]{D}}$$

Bueiros Celulares

$$Q_c = 1,705 \cdot B \cdot H^{1,5}$$

$$V_c = 2,56 \cdot \sqrt{H}$$

$$I_c = 2,60 \cdot \frac{n^2}{\sqrt[3]{H}} \cdot \left(3 + \left(\frac{4 \cdot H}{B}\right)^{\frac{4}{3}}\right)$$

Q_c = Vazão crítica, em m^3/s ;

V_c = Velocidade crítica, em m/s ;

I_c = Declividade crítica, em m/m ;

D = Diâmetro do bueiro tubular, em m ;

4.4.2.2.2 Bueiros Operando como Orifício

Os bueiros, dimensionados para operarem como canal com a vazão calculada para 15 anos – bueiros tubulares – e 25 anos – bueiros celulares –, foram, ainda, verificados para as vazões respectivas de 25 e 50 anos, considerando-se a sua operação como

orifício. Admitiu-se que para estes períodos de recorrência as obras possam trabalhar com carga hidráulica, limitada a:

- $H_w \leq 2D$ para bueiros tubulares projetados;
- $H_w \leq 2H$ para bueiros celulares projetados;
- Nível d'água abaixo do greide da rodovia, para evitar o sobre passe da pista.

Onde:

H_w = Carga hidráulica a montante (m);

D = Diâmetro do bueiro (m).

$$Q = C.A.\sqrt{2.g.h} \quad \text{- Fórmula do Orifício}$$

Onde:

Q = Vazão, em m^3/s ;

C = Coeficiente, adimensional;

A = Área da seção transversal, em m^2 ;

g = Aceleração da gravidade, em m/s^2 ;

h = Carga hidráulica sobre o centro da obra, em m.

Tomando-se $C = 0,63$ e $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, tem-se:

Bueiros Tubulares:

$$h = \frac{(Q_{25})^2}{4,803.D^4}$$

Bueiros Celulares:

$$h = \frac{(Q_{50})^2}{7,787 \cdot B^2 \cdot H^2}$$

Onde:

h = Carga hidráulica sobre o centro da obra, em m;

Q₂₅ = Vazão para TR=25 anos, em m³/s;

Q₅₀ = Vazão para TR=50 anos, em m³/s;

D = Diâmetro do bueiro tubular, em m;

H = Altura do bueiro celular, em m;

O coeficiente de rugosidade adotado para dimensionamento foi de 0,015 para tubos de concreto e 0,024 para tubos metálicos, sendo as velocidades máximas admissíveis de 4,5 m/s e 6 m/s, respectivamente.

4.4.2.2.3 Bacia de Dispersão com Dique de Terra

Para a obra de arte corrente implantada na estaca 8761+8,80 não foi possível a condução das vazões efluentes por meio de valas ou canais até o canal projetado na estaca 8758+6,96, pois o canal resultaria em conta inferior a conta de topo dos gabiões que revestem o canal da estaca 8758+6,96. Deste modo foi prevista a implantação de uma bacia de dispersão na saída do bueiro.

A bacia de dispersão foi dimensionada para acumular a vazão de projeto da obra de arte corrente referente a chuvas com duração menores ou iguais a 20 minutos sem que ocorra o extravasamento.

A altura definida para o acúmulo de água é de 1,80 m abaixo da cota de fundo de jusante da obra de arte corrente, a largura e o comprimento foram definidos em função do volume de acumulação.

Em decorrência das características do local de implantação e das cotas da obra de arte corrente a bacia de dispersão será totalmente escavada não sendo necessário o complemento da altura obtido por meio da implantação de diques de terra.

Todo o entorno da bacia de dispersão distantes de 2 m do bordo e os taludes deverão ser protegidos por grama em placas.

4.4.2.2.4 Critérios de Implantação

Para as obras de arte correntes projetadas, o diâmetro mínimo adotado foi de 0,80m. Para os prolongamentos, sempre que possível utilizou-se o mesmo diâmetro.

O recobrimento mínimo dos bueiros foi de 0,60m, em relação à plataforma de terraplenagem, conforme recomendado na especificação de serviço para execução de bueiros tubulares de concreto (DER/PR ES-D 09/18). Outros órgãos rodoviários, tais como o DER do estado de Minas Gerais, utilizam o diâmetro e as classes dos tubos como parâmetros para recomendar o cobrimento mínimo que variam de 0,30 a 0,55 m.

A resistência de compressão foi estabelecida para as diversas classes dos tubos pela ***NBR 8890/2007- Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios-ABNT***. As bocas dos bueiros tubulares de concreto foram indicadas de acordo com ***Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR***.

Foram indicados dissipadores de energia em todos os lançamentos dos bueiros.

Para implantação dos bueiros foi prevista abertura de valas onde a base menor corresponde à largura do berço, acrescida de 0,60m para cada lado, a partir da face externa do berço e talude com inclinação 1: 1.

O reaterro e compactação com soquete vibratório foi contabilizado até 0,60m acima da geratriz superior do tubo, ou da célula. O restante do reaterro até a cota de terraplenagem foi indicado como compactação de aterros a 100% proctor normal.

Os quantitativos de demolição de pavimento gerados pela implantação de bueiros e redes serão apresentados no Projeto de Pavimentação. A extensão considerada corresponde:

$$L = (b + 2 * 0,60) + 2 . h$$

Sendo:

L= Extensão da demolição;

B= Largura do berço do bueiro;

h= Altura de escavação para implantação do bueiro.

A NBR 12266/1992 estabelece que a seção retangular pode ser indicada para valas simples com até 1,30 m de profundidade ou para valas mais profundas, desde que convenientemente escoradas: **Portaria do Ministério do Trabalho NR 18-Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Segundo a mesma norma, seções trapezoidais ou mistas dispensam o uso de escoramentos e deverão ser indicadas quando houver ocorrência de solo estável, espaço disponível ou vantagem técnica e/ou econômica.

Desta forma, foram previstos escoramentos para relocação/implantação das caixas coletoras no canteiro central. No entanto, dada às alturas observadas em projeto, foram previstos escoramentos de acordo com o critério a seguir:

- Escoramento com perfis metálicos I 152 mm x 10,8 kg/m a cada metro e chapas de aço - estroncas a cada 2 m não incluídas - profundidade de até 10 m - aço com utilização de 20 vezes - fornecimento, instalação e retirada;
- Estroncas em perfil metálico I 152mm x 10,8 kg/m - utilização de 20 vezes (12,50m a cada metro de altura).

Antecedendo a etapa de prolongamento dos bueiros existentes, os mesmos deverão ser limpos e desobstruídos possibilitando um contínuo escoamento das águas que incidem no corpo estradal, ou que se deslocam de um lado para o outro através dos mesmos. Este procedimento deve seguir a **NORMA DNIT/028/2004-ES – Drenagem-Limpeza e desobstrução de dispositivos de drenagem- Especificação de serviço**.

4.4.3 Drenagem superficial

4.4.3.1 Critérios de dimensionamento

Os dispositivos de drenagem superficial posicionados longitudinalmente à rodovia, como é o caso das sarjetas de bordo, canaletas, sarjetas de canteiro, meios fios, sarjetas de banquetas e valetas de proteção de taludes de cortes e/ou aterros, tiveram o seu dimensionamento hidráulico realizado por meio da comparação entre a descarga de projeto e a capacidade de escoamento do dispositivo considerado, de modo que não haja transbordamento.

Para o cálculo da descarga de projeto calculou-se a descarga de projeto pela aplicação da fórmula do Método Racional:

$$Q = \frac{(C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3) i}{6}$$

Onde:

Q = vazão escoada, em m³/s;

A_1 = área da de contribuição do talude, em ha;

A_2 = área da de contribuição da pista, em ha;

A_3 = área da de contribuição externa, em ha;

C_1 = coeficiente de escoamento superficial do talude, adimensional;

C_2 = coeficiente de escoamento superficial da pista, adimensional;

C_3 = coeficiente de escoamento superficial da área externa, adimensional;

i = intensidade de precipitação (mm/min);

O valor da intensidade de precipitação foi definido pela Equação de Chuvas de Curitiba, obtida na publicação “**Chuvas Intensas Para Obras de Drenagem No Estado do Paraná**”, de Roberto Fendrich, (ANA/SUDERHSA, 2000), conforme especificado nos **Estudos Hidrológicos**.

A capacidade hidráulica máxima dos dispositivos foi obtida pela associação das equações de Manning e da continuidade:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

Onde:

Q = vazão máxima admissível, em m^3/s ;

A = área da seção transversal do dispositivo, em m^2 ;

I = declividade longitudinal do dispositivo, em m/m ;

n = coeficiente de rugosidade, adimensional;

Os períodos de recorrência foram utilizados conforme a tabela abaixo:

Tabela 37: Tempos de recorrência em função do tipo de dispositivo

Espécie	Período de Recorrência (anos)
Drenagem superficial	5 a 10
Drenagem subsuperficial	10
Bueiros Tubulares	15 (como canal)
	25 (como orifício)
Bueiro Celular	25 (como canal)
	50 (como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

Fixada a seção do dispositivo e a declividade é possível determinar a lâmina d'água e velocidade para a vazão escoada. Para sarjetas e valetas em grama foram utilizados coeficientes de rugosidade médios em função da declividade longitudinal do escoamento, conforme a seguir apresentados:

Tabela 38: Declividade longitudinal x coeficiente de rugosidade

Declividade Longitudinal	Coeficiente de Rugosidade
--------------------------	---------------------------

$I < 1\%$	0,065
$1\% \leq I < 2\%$	0,046
$2\% \leq I < 3\%$	0,041
$3\% \leq I < 5\%$	0,038
$I \geq 5\%$	0,035

No caso de revestimento com grama, as velocidades máximas admissíveis estão apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 39: Velocidade máxima admissível para revestimento em grama

Tipo de terreno ou material da plataforma	Velocidade para revestimento de grama em leivas (m/s)	Velocidade para revestimento de grama em placas (m/s)
Solo argiloso ou solo com boa coesão	1,50	1,80
Solo siltoso ou com média coesão	1,10	1,30
Solo arenoso ou com baixa coesão	0,60	0,80

Tabela 40: Coeficiente de escoamento superficial em função do tipo de cobertura

Valores dos Coeficientes de Deflúvio						
Cobertura Vegetal		Declividade Média da Bacia (%)				
		Escarpada $I > 50$	montanhosa $20 < I < 50$	Fortemente ondulada $10 < I < 20$	Ondulada $5 < I < 10$	Levemente Ondulada $2 < I < 5$
Sem Vegetação	I	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	S	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	P	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
Pastagem Campo ou Cerrado	I	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	S	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	P	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Culturas	I	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	S	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	P	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Matas ou Capoeiras	I	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	S	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20



Valores dos Coeficientes de Deflúvio						
Cobertura Vegetal		Declividade Média da Bacia (%)				
		Escarpada $I > 50$	montanhosa $20 < I < 50$	Fortemente ondulada $10 < I < 20$	Ondulada $5 < I < 10$	Levemente Ondulada $2 < I < 5$
	P	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10

Neste projeto, foram adotados os seguintes valores para coeficiente de escoamento superficial:

Áreas pavimentadas: **0,90**;

Superfícies em taludes: **0,70**;

Terreno natural: **0,30**.

Para as sarjetas projetadas em concreto foi utilizado coeficiente de rugosidade de 0,015, sendo que, as velocidades de projeto devem estar compreendidas entre 0,50 m/s e 4,5 m/s.

4.4.3.2 Critérios de Implantação

4.4.3.2.1 Sarjetas de Corte

Têm como objetivo captar as águas que se precipitam sobre a plataforma e taludes de corte e conduzi-las longitudinalmente à rodovia, até a transição entre o corte e o aterro, de forma a permitir a saída lateral para o terreno natural ou para a valeta de proteção.

As sarjetas foram projetadas em todos os cortes, sendo construídas à margem dos acostamentos, terminando em pontos de saída convenientes (pontos de passagem de corte para aterro ou caixas coletoras).

Para as saídas de sarjetas no terreno natural foi prevista a mudança de seção de do dispositivo, passando de triangular para trapezoidal para facilitar a execução e garantir o encaixe no terreno. Os dispositivos adotados foram selecionados conforme **Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR**, exceto onde indicado.

4.4.3.2.2 Canaleta

As canaletas trapezoidais foram indicadas em duas situações para o segmento de projeto.

- a. Crista da contenção em aterro armado com geogrelhas; Visando a captação da água precipitada sobre o canteiro.
- b. Pé da contenção solo grampeado com face em concreto projetado. Visando atender as limitações de espaço da faixa de drenagem, em relação a outros dispositivos (defensa, OAE, contenção e postes de iluminação).

4.4.3.3 Caixa Coletora Especial para Contenção

Para deságue da canaleta locada na contenção foi utilizada uma caixa coletora especial, cujo coletor vertical trata-se de tubulação em PEAD. Esta configuração permitiu que a água coletada do canteiro central pudesse ser direcionada ao patamar inferior, e direcionada adequadamente.

4.4.3.3.1 Sarjetas de Canteiro Central

Nos segmentos de duplicação onde a separação das pistas se deu por canteiro central côncavo, foram indicadas sarjetas de canteiro central de seção triangular e revestimento em concreto tipo SCC-01. Para os segmentos com desnível entre pistas, onde o fundo do canteiro foi posicionado próximo à pista mais baixa, foram indicadas sarjetas de bordo de seção triangular e revestimento em concreto, tipo STC-01.

4.4.3.3.2 Descidas d'água

As descidas d'água de cortes em degraus (DCD) são utilizadas como dispositivos que possibilitam o escoamento e dissipação de energia das águas que se concentram em talvegues interceptados pela terraplenagem, e que vertem sobre os taludes de corte. As descidas d'água em aterro (DAD) foram concebidas a jusante de entradas d'água e de bueiros, de acordo com o ***Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR.***

4.4.3.3.3 Dissipadores de Energia

São dispositivos destinados a dissipar a energia do fluxo d'água, reduzindo consequentemente sua velocidade, de modo que não haja risco de erosão no final das saídas de sarjetas, descidas d'água, valetas de proteção e bueiros. Foram projetados sistemas de amortecimento a jusante de todos os lançamentos no terreno natural. Foram indicados preferencialmente dispositivos do ***Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR.***

4.4.3.3.4 Caixas Coletoras e de Ligação

As caixas coletoras têm por finalidade coletar e destinar as águas oriundas dos sistemas de drenagem superficial e de talvegue, conduzindo-as para fora do corpo estradal através dos bueiros de greide ou bueiros de grotá. As caixas coletoras foram indicadas em função de sua altura e do diâmetro do bueiro conforme ***Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR.*** Para bueiros não contemplados no Álbum de dispositivos do DNIT foram utilizadas as caixas disponibilizadas especiais conforme projeto tipo específico.

4.4.3.3.5 Transposição de sarjetas

Para transposição de segmentos de sarjeta em acessos regularizados ou particulares, ou regularizados, foram previstas transposições com placas de concreto conforme ***Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR.***

4.4.4 Drenagem pluvial urbana

4.4.4.1 Meios-fios

Atendendo a ***NBR-15486/2016- Segurança no tráfego - Dispositivos de contenções viárias - Diretrizes de projeto e ensaios de impacto***, foram indicados nas ilhas e retorno, meios fios tipo MFC-09A, devido a sua altura de 0,10m, não configurando obstáculo fixo.

Nos segmentos de calçada das marginais foram indicados meios fios tipo MFC-03.

4.4.4.2 Boca de Lobo

As bocas de lobo são dispositivos especiais que têm finalidade de captar águas pluviais que escoam pelos meios fios para, em seguida, conduzi-las a galerias subterrâneas.

Foram indicadas bocas de lobo simples ligadas a poços de queda, caixas de ligação ou poços de visita conforme cada local. O dispositivo utilizado consta no **Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem**, do **DNIT**. Neste modelo de dispositivo a captação se dá pela grelha.

No RAMO 300 da marginal, o caimento da pista se dá para o bordo interno, ou seja, para o meio-fio junto a calçada, adicionalmente as bocas de lobo captam as contribuições das calçadas e taludes de corte adjacentes a pista. Dessa forma, o espaçamento máximo arbitrado foi de 50m.

4.4.4.3 Rede de drenagem urbana

Na marginal RAMO 300 foi prevista rede coletora, mantendo sempre bocas de lobo com poços queda na entrada dos acessos, prevendo futuras ligações das primeiras quadras do município de Dr. Camargo.

O diâmetro mínimo utilizado foi de 0,60m, mantendo-se recobrimento mínimo de 0,60m em relação a terraplenagem. A velocidade máxima admissível foi de 4,5 m/s, compatível com o revestimento em concreto.

4.4.5 Drenagem Subterrânea

4.4.5.1 Drenos de Pavimento

O projeto do sistema de drenagem subsuperficial do pavimento consiste na determinação do balanceamento entre permeabilidade e estabilidade da estrutura do pavimento e na coleta e remoção rápida da água que infiltra no pavimento.

Drenos de pavimento ou drenos subsuperficiais são dispositivos que tem como função receber as águas drenadas pela camada do pavimento de maior permeabilidade conduzindo-as até o local de deságue.

Para este projeto foi adotado o dreno subsuperficial, longitudinais e transversais, DSS-04 do **Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem – DNIT**, composto por material drenante, manta geotêxtil e tubo perfurado com Ø = 150 mm ou Ø = 200 mm, nos seguintes locais:

- Segmentos que o projeto geométrico indica curvas verticais côncavas;
- Segmentos com curvas horizontais com variação na superelevação.

Para retirar a água captada por este dreno foram utilizadas as caixas coletoras, bueiros ou bocas de saída do tipo BSDS-01, constante no **Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - DER-PR**.

A seguir apresenta-se o modelo utilizado para o dimensionamento dos drenos subsuperficiais quanto a Infiltração de projeto, cálculos das vazões e dimensionamento das saídas de água.

4.4.5.1.1 Avaliação da Infiltração de projeto

Para o cálculo da intensidade da chuva crítica foi adotado a equação da chuva, apresentado no Estudo Hidrológico, considerando o Tempo de recorrência (T_r) de 1 ano e tempo de concentração (t_c) de 60 minutos. Resultado na Intensidade Pluviométrico (p_i) de 50,19 mm/h.

Para a determinação da Taxa de Infiltração por unidade de área (q_i), Cedergren (1974) propõem coeficientes de infiltração (c_i), para revestimentos asfálticos variando entre 0,33 a 0,50. Para o presente estudo, foi adotado o valor do coeficiente de infiltração igual a 0,44.

Para a determinação do taxa de infiltração foi utilizado a seguinte equação:

$$q_i = \frac{c_i \cdot p_i}{36000}$$

Onde:

q_i = Taxa de infiltração por unidade de área, em cm/s;

c_i = Coeficiente de infiltração;

p_i = Intensidade Pluviométrica, em mm/h.

4.4.5.1.2 Cálculo da Vazão de Projeto

De acordo com a metodologia apresentada abaixo, determina-se a vazão por metro linear da camada drenante através da seguinte equação:

$$Q_R = \frac{W \cdot q_i}{100}$$

Onde:

Q_R = Vazão de projeto, em m³/s;

W = Largura de contribuição, em m;

Para se determinar o espaçamento entre as saídas da água, deve-se determinar a vazão máxima (Q_{max}) que o dispositivo suporta, admitindo que a altura da lâmina d'água no Tubo será de 2/3 e o coeficiente de Manning igual a 0,015 mm/h, através da seguinte equação:

$$Q_{Max} = \frac{A_m \cdot R_h^{2/3} \cdot S_y^{1/2}}{n}$$

Onde:

Q_{max} = Vazão máxima do dispositivo, em m³/s;

A_m = Área molhada, em m²;

R_h = Raio Hidráulico, em m;

S_y = Declividade Longitudinal da pista, em m/m;

n = Coeficiente de Manning, em mm/h;

4.4.5.1.3 Dimensionamento das saídas de água

Para determinar o espaçamento entre as saídas da água (L_s) que escoam no interior do dreno raso longitudinal, quando a capacidade hidráulica deste alcançar seu valor

máximo basta fazer a razão entre o valor da máxima vazão admissível ($Q_{\max}$) e a quantidade de água que deve ser removida por metro linear do dreno longitudinal (Q_R).

Para retirar a água captada por este dreno foram utilizadas as caixas coletoras ou bocas de saída do tipo BSDS-01.

A seguir apresenta-se o quadro resumo com o dimensionamento das saídas de água dos drenos longitudinais com tubos de 150 mm e 200 mm, respectivamente:

DADOS DE ENTRADA - DRENO DSS-04 ($\phi = 150$ mm)					
Largura de Pista Adotado [W]	Coef. de Permeabilidade adotado [c_i]	Tempo de Recorrência [T_r]	Tempo de Concentração [t_c]	Altura de Camada Drenante [H_{cd}]	Alternativa de Dreno
10,30 metros	0,44	1,0 anos	60 min	0,38 metros	Dreno Tubular
Diametro do Tubo [ϕ]	Índice Pluviométrico [p_i]	Coef. Manning	Altura da Lamina d'água	Raio Hidráulico [R_h]	Area Molhada [A_m]
0,15 metros	50,19mm/h	0,015mm/h	2/3	0,04367 metros	0,01251 m ²

DIMENSIONAMENTO DRENOS SUB-SUPERFICIAIS - MÉTODO CEDERGREN							
Pavimento	S_y	S_x	q_i	Q_R	$Q_{\max}$	L_s	$L_{s-\text{adotado}}$
Flexível	0,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	0,000E+00 m ³ /s	0,00 m	0,00 m
Flexível	0,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	7,315E-03 m ³ /s	115,77 m	116,00 m
Flexível	1,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	1,035E-02 m ³ /s	163,72 m	164,00 m
Flexível	1,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	1,267E-02 m ³ /s	200,52 m	201,00 m
Flexível	2,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	1,463E-02 m ³ /s	231,54 m	232,00 m
Flexível	2,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	1,636E-02 m ³ /s	258,87 m	259,00 m
Flexível	3,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	1,792E-02 m ³ /s	283,58 m	284,00 m
Flexível	3,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	1,935E-02 m ³ /s	306,30 m	307,00 m
Flexível	4,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	2,069E-02 m ³ /s	327,45 m	328,00 m
Flexível	4,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	2,195E-02 m ³ /s	347,31 m	348,00 m
Flexível	5,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	2,313E-02 m ³ /s	366,09 m	367,00 m
Flexível	5,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	2,426E-02 m ³ /s	383,96 m	384,00 m
Flexível	6,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	2,534E-02 m ³ /s	401,04 m	402,00 m
Flexível	6,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	2,638E-02 m ³ /s	417,41 m	418,00 m
Flexível	7,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	2,737E-02 m ³ /s	433,17 m	434,00 m
Flexível	7,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	2,833E-02 m ³ /s	448,37 m	449,00 m
Flexível	8,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	2,926E-02 m ³ /s	463,08 m	464,00 m
Flexível	8,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	3,016E-02 m ³ /s	477,33 m	478,00 m
Flexível	9,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	3,104E-02 m ³ /s	491,17 m	492,00 m
Flexível	9,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	3,189E-02 m ³ /s	504,63 m	505,00 m
Flexível	10,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	3,271E-02 m ³ /s	517,74 m	518,00 m

DADOS DE ENTRADA - DRENO DSS-04 ($\phi = 200$ mm)					
Largura de Pista Adotado [W]	Coef. de Permeabilidade adotado [c_i]	Tempo de Recorrência [T_r]	Tempo de Concentração [t_c]	Altura de Camada Drenante [H_{cd}]	Alternativa de Dreno
10,30 metros	0,44	1,0 anos	60 min	0,38 metros	Dreno Tubular
Diametro do Tubo [ϕ]	Indice Pluviométrico [p_i]	Coef. Manning	Altura da Lamina d'água	Raio Hidráulico [R_h]	Area Molhada [A_m]
0,20 metros	50,19mm/h	0,015mm/h	2/3	0,05822 metros	0,02225 m ²

DIMENSIONAMENTO DRENOS SUB-SUPERFICIAIS - MÉTODO CEDERGREN							
Pavimento	S_y	S_x	q_i	Q_R	Q_{Max}	L_s	$L_{s-adoptado}$
Flexível	0,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	0,000E+00 m ³ /s	0,00 m	0,00 m
Flexível	0,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	1,575E-02 m ³ /s	249,32 m	250,00 m
Flexível	1,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	2,228E-02 m ³ /s	352,60 m	353,00 m
Flexível	1,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	2,729E-02 m ³ /s	431,84 m	432,00 m
Flexível	2,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	3,151E-02 m ³ /s	498,65 m	499,00 m
Flexível	2,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	3,523E-02 m ³ /s	557,50 m	558,00 m
Flexível	3,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	3,859E-02 m ³ /s	610,72 m	611,00 m
Flexível	3,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	4,168E-02 m ³ /s	659,65 m	660,00 m
Flexível	4,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	4,456E-02 m ³ /s	705,19 m	706,00 m
Flexível	4,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	4,726E-02 m ³ /s	747,97 m	748,00 m
Flexível	5,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	4,982E-02 m ³ /s	788,43 m	789,00 m
Flexível	5,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	5,225E-02 m ³ /s	826,91 m	827,00 m
Flexível	6,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	5,457E-02 m ³ /s	863,68 m	864,00 m
Flexível	6,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	5,680E-02 m ³ /s	898,95 m	899,00 m
Flexível	7,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	5,895E-02 m ³ /s	932,88 m	933,00 m
Flexível	7,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	6,102E-02 m ³ /s	965,63 m	966,00 m
Flexível	8,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	6,302E-02 m ³ /s	997,29 m	998,00 m
Flexível	8,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	6,496E-02 m ³ /s	1027,99 m	1028,00 m
Flexível	9,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	6,684E-02 m ³ /s	1057,79 m	1058,00 m
Flexível	9,500%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	6,867E-02 m ³ /s	1086,78 m	1087,00 m
Flexível	10,000%	0,0200 m/m	6,13E-04 cm/s	6,319E-05 m ³ /s	7,046E-02 m ³ /s	1115,01 m	1116,00 m

4.4.5.2 Drenos Profundos

Os dispositivos de drenagem profunda têm como objetivo, rebaixar o nível do lençol freático evitando a percolação da água ao pavimento. No presente projeto, foi considerado o dreno do tipo DPS-06A para corte em solo nos seguintes locais:

- Presença de N.A. no ensaio de caracterização do solo.

Para retirar a água captada pelos drenos citados foram utilizadas as caixas coletoras ou boca de saída do tipo BSD-02.

4.4.6 Análise de fundação de bueiros

As soluções recomendadas para correção dos trechos em que foi identificada a presença de solo de baixa capacidade de suporte no subleito encontram-se indicadas no item 4.2 PROJETO DE TERRAPLENAGEM.

4.4.7 Particularidades do segmento de projeto

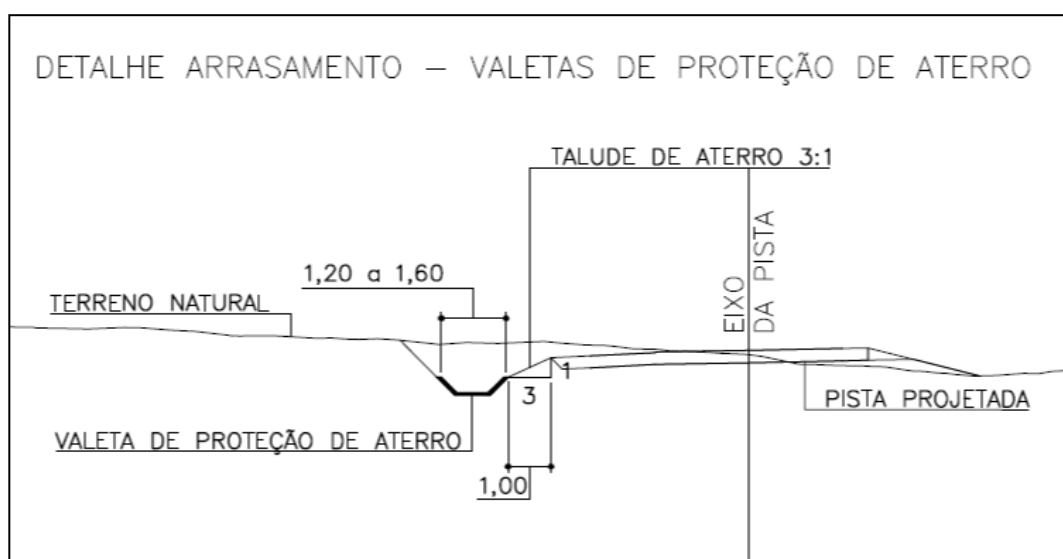
4.4.7.1 Arrasamento com implantação de valeta

Devido à implantação do greide colado no terreno natural, foram gerados taludes de cortes pequenos, mas que resultam em acúmulo de água no bordo da plataforma. Em todo o trecho, o talude adjacente incide na rodovia, e as sarjetas de bordo não possuem suficiência hidráulica para as vazões resultantes.

Dessa forma, é proposta uma solução de implantação de vala em todo o segmento de projeto, alterando os taludes de corte, para taludes de aterro com suavização 3:1 e afastamento de 1,0m da faixa de drenagem, para então implantar a valeta de proteção. Essa configuração permite que as declividades acompanhem o greide da rodovia, e isenta a necessidade de implantação de dispositivos de segurança. Foi previsto ainda o prolongamento da valeta no final do trecho de projeto de modo a garantir o deságue da vazão no talvegue existente, sendo indicado também um dissipador de alvenaria de pedra argamassada.

A transposição dos acessos no segmento da valeta foi realizada mediante a implantação de BSTC com diâmetro variando de 0,80 a 1,50m, cuja seção tipo encontra-se indicada em projeto específico de limpa-rodas juntamente com o Projeto de Pavimentação. Exceção se aplica ao acesso regularizado pela geometria, onde devido à falta de recobrimento da seção transversal, foi indicado envelopamento do tubo de concreto de modo a garantir a resistência do tubo ao tráfego do acesso, sendo este apresentado juntamente com as seções de bueiros projetados.

Figura 67 – Detalhe de arrasamento



4.4.7.2 Taludes de corte sem valetas de proteção

Para atender aos parâmetros solicitados de projeto, fez-se necessária a retirada de alguns trechos de valeta de proteção de corte. No primeiro trecho, localizado na Marginal 400, a valeta encontrava-se fora da faixa de domínio, onde não foi prevista desapropriação. Desta forma, foi verificada a suficiência hidráulica das sarjetas de bordo, que foram por sua vez dimensionadas para receber a contribuição do terreno adjacente.

Em outro trecho, localizado entre as Estacas 8878 + 4,00 e 8893 + 4,00, a valeta de proteção de corte foi retirada a fim de evitar que a contribuição da mesma seja lançada na sarjeta de bordo da linha geral nos pontos onde existem acessos a serem transpostos. Desta forma, a contribuição do terreno adjacente foi considerada no dimensionamento da sarjeta de bordo.

4.4.7.3 Implantação de Canal

Visando atender às solicitações do contratante, foi prevista a execução de um canal à jusante do bueiro da Estaca 8717 + 7,55 até o ponto de lançamento no talvegue mais próximo. Para satisfazer a premissa de velocidade máxima do concreto de 4,5 m/s, adotou-se a declividade máxima de 2,00%. Desta forma, devido à diferença de declives entre o terreno natural e o canal projetado, fez-se necessária a implantação de degraus, conforme projeto apresentado.

Na saída da galeria da estaca 8758+6,96 há a ocorrência de erosões e devido a esse fato foi previsto revestir o canal pela extensão aproximada de 120m. Para o revestimento do fundo do canal foi previsto a utilização de gabião colchão, com espessura de 0,30 m e nas paredes foi utilizado gabiões caixa até a altura de 2,00m. Devido a limitação da velocidade máxima em 3,00m/s e o declive existente no terreno fez-se necessário a implantação de degraus de degraus de 0,25 m ao longo o canal.

No trecho final do canal há um BDTC Ø 1,50 que permite a travessia sob o canal, sendo que os tubos estão desalinhados e em más condições de conservação. Deste modo foi previsto a implantação de uma galeria dupla de 2,0x2,0m em substituição os tubos existentes. Logo após esta galeria o canal tem um declive acentuado no qual indicou-se a implantação de degraus de 0,50 m em gabião tipo caixa seguidos de um trecho de aproximadamente 20 m de gabião colchão.

4.4.7.4 Bueiro com tubo envelopado de concreto

Foram implantados bueiros envelopados com concreto nos trechos onde o recobrimento mínimo de 0,60m não foi atendido. Em especial o caso do bueiro da Estaca 9016 + 0,43, projetado para atender à solicitação da contratante de evitar a demolição do pavimento existente e, conseqüentemente, a interrupção do tráfego. Além do envelopamento do tubo, foi previsto um degrau de 0,30m na valeta de proteção de aterro para atingir a cota necessária para saída do bueiro projetado.



4.4.8 Resultados

As planilhas de dimensionamento para o segmento de projeto encontram-se apresentadas a seguir:

DRENOS SUBSUPERFICIAIS LONGITUDINAL DE PAVIMENTO - LINHA GERAL (LADO DIREITO)								
ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	LADO DA PISTA	$i_{\text{Projeto-Longit}}$	TIPO DE DRENO	ϕ TUBO (cm)	COMPRIMENTO PROJETADO	DISPOSITIVO DE SAÍDA	ESTACA DO DISPOSITIVO DE SAÍDA
8712 + 0,000	8716 + 0,000	DIREITO	5,35%	DSS-04	15	85,60 metros	CANAL	8711 + 14,535

DRENOS SUBSUPERFICIAIS LONGITUDINAL DE PAVIMENTO - LINHA GERAL (LADO ESQUERDO)								
ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	LADO DA PISTA	$i_{\text{Projeto-Longit}}$	TIPO DE DRENO	ϕ TUBO (cm)	COMPRIMENTO PROJETADO	DISPOSITIVO DE SAÍDA	ESTACA DO DISPOSITIVO DE SAÍDA
8711 + 0,000	8716 + 0,000	ESQUERDO	4,50%	DSS-04	15	113,75 metros	BSDS-01	8710 + 4,269
8746 + 4,000	8761 + 9,000	ESQUERDO	-3,64%	DSS-04	15	305,00 metros	CCS-06	8761 + 9,000
8761 + 9,000	8786 + 8,000	ESQUERDO	2,18%	DSS-04	20	499,00 metros	CCS-06	8761 + 2,430
8826 + 0,000	8829 + 1,707	ESQUERDO	-4,50%	DSS-04	15	61,71 metros	CCS-06	8829 + 1,707
8829 + 1,707	8850 + 0,000	ESQUERDO	3,56%	DSS-04	20	418,29 metros	CCS-06	8829 + 1,707
8855 + 0,000	8868 + 0,000	ESQUERDO	-4,50%	DSS-04	15	260,00 metros	BSTC	8868 + 0,000
8868 + 0,000	8871 + 0,000	ESQUERDO	4,50%	DSS-04	15	60,00 metros	BSTC	8868 + 0,000
8868 + 0,000	8890 + 0,000	DIREITO	4,50%	DSS-04	20	440,00 metros	BSTC	8868 + 0,000
8910 + 0,000	8912 + 14,007	ESQUERDO	4,17%	DSS-04	15	54,01 metros	CCS-06	8912 + 14,007
8912 + 14,007	8917 + 0,000	ESQUERDO	4,17%	DSS-04	15	85,99 metros	CCS-06	8912 + 14,007

DRENOS SUBSUPERFICIAIS TRANSVERSAIS DE PAVIMENTO - LINHA GERAL							
ESTACA INICIAL	CRITÉRIO	TIPO DE DRENO	ϕ TUBO (cm)	COMPRIMENTO PROJETADO	DISPOSITIVO DE SAÍDA	LADO DA PISTA	ESTACA DO DISPOSITIVO DE SAÍDA
8759 + 19,000	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8759 + 19,000
8761 + 9,000	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	CCS-06	ESQUERDO	8761 + 9,000
8762 + 19,000	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8762 + 19,000
8827 + 11,707	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8827 + 11,707
8829 + 1,707	PONTO BAIXO	DSS-04	15	16,10 m	CCS-06	DIREITO	8829 + 0,937
8830 + 11,707	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8830 + 11,707
8866 + 10,000	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8866 + 10,000
8868 + 0,000	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	BSTC	ESQUERDO	8868 + 0,000
8869 + 10,000	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8869 + 10,000
8870 + 0,000	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8870 + 0,000
8874 + 0,102	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8874 + 0,102
8876 + 18,937	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8876 + 18,937
8879 + 17,773	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8879 + 17,773
8882 + 16,608	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8882 + 16,608
8885 + 15,443	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8885 + 15,443
8889 + 15,444	CURVA	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8889 + 15,444
8911 + 4,007	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	ESQUERDO	8911 + 4,007
8912 + 14,007	PONTO BAIXO	DSS-04	15	16,00 m	CCS-06	DIREITO	8912 + 14,007
8914 + 4,007	PONTO BAIXO	DSS-04	15	12,00 m	DSS-04	DIREITO	8914 + 4,007

PLANILHA DE CÁLCULO - SARJETA DE CORTE

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
101 + 17,00	105 + 15,00	78,00	LE	0,01	0,50	5,00	3,12	0,061	0,040	STC-01	1,25	0,25	1,858	0,115	CONCRETO	n = 0,015
				0,12	0,90											
8710 + 11,00	416 + 12,00	137,00	LE	0,07	0,70	5,00	3,12	0,101	0,044	STC-01	1,25	0,25	2,186	0,136	CONCRETO	n = 0,015
				0,16	0,90											
416 + 12,00	402 + 3,00	285,00	LE	1,57	0,30	5,00	3,12	0,420	0,051	STC-01	1,25	0,25	3,280	0,227	CONCRETO	n = 0,015
				0,36	0,90											
109 + 9,00	113 + 6,00	79,00	LD	0,01	0,70	5,00	3,12	0,113	0,037	STC-01	1,25	0,25	1,936	0,129	CONCRETO	n = 0,015
				0,07	0,90											
216 + 0,00	223 + 8,00	148,00	LD	0,15	0,50	5,00	3,12	0,120	0,025	STC-01	1,25	0,25	1,841	0,162	CONCRETO	n = 0,015
				0,17	0,90											
8742 + 12,00	8761 + 8,00	376,00	LE	0,23	0,50	5,00	3,12	0,265	0,030	STC-02	1,00	0,30	2,567	0,249	CONCRETO	n = 0,015
				0,44	0,90											
8761 + 8,00	8772 + 0,00	210,00	LE	0,06	0,70	5,00	3,12	0,336	0,022	STC-10	1,40	0,35	2,380	0,266	CONCRETO	n = 0,015
				0,25	0,90											
8772 + 0,00	8787 + 17,00	317,00	LE	0,10	0,50	5,00	3,12	0,198	0,022	STC-01	1,25	0,25	1,989	0,200	CONCRETO	n = 0,015
				0,37	0,90											
305 + 16,00	301 + 4,00	93,00	LD	0,03	0,70	5,00	3,12	0,012	0,010	STC-01	1,25	0,25	0,740	0,055	CONCRETO	n = 0,015
				0,00	0,90											
301 + 4,00	8814 + 10,00	477,00	LE	0,19	0,70	5,00	3,12	0,308	0,045	STC-01	1,25	0,25	2,904	0,206	CONCRETO	n = 0,015
				0,51	0,90											
8833 + 2,00	8852 + 18,00	396,00	LE	0,08	0,70	5,00	3,12	0,227	0,035	STC-01	1,25	0,25	2,448	0,193	CONCRETO	n = 0,015
				0,42	0,90											
8852 + 18,00	8865 + 4,00	246,00	LE	0,05	0,70	5,00	3,12	0,141	0,045	STC-01	1,25	0,25	2,388	0,154	CONCRETO	n = 0,015
				0,26	0,90											
8878 + 10,00	8891 + 0,00	252,00	LE	2,02	0,30	5,00	3,12	0,314	0,018	STC-01	1,25	0,25	2,070	0,247	CONCRETO	n = 0,015
				0,00	0,90											
8891 + 0,00	8906 + 13,00	314,00	LE	0,06	0,70	5,00	3,12	0,249	0,045	STC-01	1,25	0,25	2,754	0,190	CONCRETO	n = 0,015
				0,48	0,90											

PLANILHA DE CÁLCULO - SARJETA DE CORTE																
ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
208 + 15,00	218 + 0,00	185,00	LE	0,19	0,50	5,00	3,12	0,123	0,025	STC-04	0,70	0,20	1,970	0,189	CONCRETO	n = 0,015
				0,16	0,90											
205 + 9,00	208 + 15,00	66,00	LE	0,07	0,50	5,00	3,12	0,044	0,049	STC-04	0,70	0,20	1,957	0,114	CONCRETO	n = 0,015
				0,06	0,90											
223 + 9,00	229 + 0,00	111,00	LD	0,11	0,50	5,00	3,12	0,090	0,025	STC-01	1,25	0,25	1,710	0,145	CONCRETO	n = 0,015
				0,13	0,90											
8710 + 11,00	+	110,00	LE	0,04	0,70	5,00	3,12	0,169	0,045	STC-01	1,25	0,25	2,498	0,164	CONCRETO	n = 0,015
VERIF. STC EXISTENTE - TRECHO 1A				0,12	0,90											



PLANILHA DE CÁLCULO - SARJETA DE CANTEIRO CENTRAL

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8745 + 1,00	8761 + 8,00	327,00	CENTRAL	0,20	0,70	5,00	3,12	0,098	0,010	STC-09	1,00	0,25	1,307	0,194	CONCRETO	n = 0,015
				0,06	0,90											
8761 + 8,00	8779 + 0,00	352,00	CENTRAL	0,21	0,70	5,00	3,12	0,249	0,022	STC-10	1,40	0,35	2,215	0,237	CONCRETO	n = 0,015
				0,16	0,90											
8779 + 0,00	8790 + 2,00	222,00	CENTRAL	0,13	0,70	5,00	3,12	0,096	0,008	STC-09	1,00	0,25	1,195	0,201	CONCRETO	n = 0,015
				0,10	0,90											
8790 + 2,00	8794 + 10,00	86,00	CENTRAL	0,05	0,70	5,00	3,12	0,037	0,005	STC-01	1,25	0,25	0,755	0,142	CONCRETO	n = 0,015
				0,04	0,90											
8794 + 10,00	8829 + 2,00	692,00	CENTRAL	0,42	0,70	5,00	3,12	0,337	0,020	STC-01	1,25	0,25	2,192	0,248	CONCRETO	n = 0,015
				0,32	0,90											
8829 + 2,00	8852 + 18,00	476,00	CENTRAL	0,29	0,70	5,00	3,12	0,206	0,010	STC-01	1,25	0,25	1,494	0,235	CONCRETO	n = 0,015
				0,22	0,90											
8852 + 18,00	8868 + 0,00	302,00	CENTRAL	0,18	0,70	5,00	3,12	0,131	0,020	STC-01	1,25	0,25	1,730	0,055	CONCRETO	n = 0,015
				0,14	0,90											



PLANILHA DE CÁLCULO - SARJETA DE CANTEIRO CENTRAL

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8868 + 0,00	8871 + 10,00	50,00	CENTRAL	0,03	0,70	5,00	3,12	0,348	0,007	STC-10	1,40	0,35	1,567	0,333	CONCRETO	n = 0,015
				0,06	0,90											
8871 + 10,00	8891 + 0,00	405,00	CENTRAL	0,24	0,70	5,00	3,12	0,310	0,045	STC-01	1,25	0,25	2,908	0,207	CONCRETO	n = 0,015
				0,47	0,90											
8891 + 0,00	8900 + 0,00	180,00	CENTRAL	0,07	0,70	5,00	3,12	0,082	0,010	STC-01	1,25	0,25	1,144	0,157	CONCRETO	n = 0,015
				0,12	0,90											
8900 + 0,00	8912 + 14,00	254,00	CENTRAL	0,15	0,70	5,00	3,12	0,192	0,005	STC-10	1,40	0,35	1,191	0,284	CONCRETO	n = 0,015
				0,12	0,90											
8912 + 14,00	8933 + 10,00	416,00	CENTRAL	0,25	0,70	5,00	3,12	0,258	0,029	STC-09	1,00	0,25	2,462	0,229	CONCRETO	n = 0,015
				0,26	0,90											
8933 + 10,00	8938 + 12,00	102,00	CENTRAL	0,06	0,70	5,00	3,12	0,044	0,008	STC-09	1,00	0,25	0,981	0,149	CONCRETO	n = 0,015
				0,05	0,90											
8938 + 12,00	8944 + 0,00	108,00	CENTRAL	0,06	0,70	5,00	3,12	0,047	0,005	STC-09	1,00	0,25	0,834	0,167	CONCRETO	n = 0,015
				0,05	0,90											
8944 + 0,00	8981 + 17,00	757,00	CENTRAL	0,45	0,70	5,00	3,12	0,375	0,025	STC-10	1,40	0,35	2,575	0,270	CONCRETO	n = 0,015
				0,35	0,90											
8981 + 17,00	8985 + 11,00	74,00	CENTRAL	0,04	0,70	5,00	3,12	0,032	0,008	STC-01	1,25	0,25	0,867	0,123	CONCRETO	n = 0,015
				0,03	0,90											
8985 + 11,00	8993 + 9,30	157,00	CENTRAL	0,09	0,70	5,00	3,12	0,100	0,005	STC-01	1,25	0,25	0,962	0,204	CONCRETO	n = 0,015
				0,07	0,90											
8995 + 3,00	9002 + 9,00	141,00	CENTRAL	0,08	0,70	5,00	3,12	0,061	0,008	STC-01	1,25	0,25	1,005	0,156	CONCRETO	n = 0,015
				0,06	0,90											
9002 + 10,00	9007 + 10,00	100,00	CENTRAL	0,06	0,70	5,00	3,12	0,105	0,011	STC-01	1,25	0,25	1,289	0,180	CONCRETO	n = 0,015
				0,05	0,90											
9007 + 10,00	9016 + 0,00	170,00	CENTRAL	0,10	0,70	5,00	3,12	0,178	0,011	STC-10	1,40	0,35	1,550	0,240	CONCRETO	n = 0,015
				0,08	0,90											



PLANILHA DE CÁLCULO - CANALETA

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8715 + 17,00	8717 + 8,00	33,00	LE	0,02 0,03	0,70	5,00	1,65	0,0095	0,005	DR-5A	0,30	0,30	0,565	0,057	CONCRETO	n = 0,015
8717 + 8,00	8724 + 0,00	132,00	LE	0,20 0,14	0,70	5,00	3,12	0,541	0,025	DR-7A-1	0,40	0,90	2,851	0,474	CONCRETO	n = 0,015
8724 + 0,00	8728 + 10,00	90,00	LE	0,14 0,10	0,70	5,00	3,12	0,402	0,005	DR-7A-1	0,40	0,90	1,373	0,733	CONCRETO	n = 0,015
8728 + 10,00	8731 + 3,00	53,00	LE	0,07 0,06	0,90	5,00	3,12	0,308	0,005	DR-7A-1	0,40	0,80	1,324	0,582	CONCRETO	n = 0,015
8731 + 3,00	8732 + 15,00	32,00	LE	0,04 0,03	0,90	5,00	3,12	0,247	0,040	DR-7A-1	0,40	0,40	2,925	0,211	CONCRETO	n = 0,015
8732 + 15,00	8736 + 10,00	75,00	LE	0,11 0,08	0,90	5,00	3,12	0,210	0,045	DR-5A	0,30	0,30	2,894	0,242	CONCRETO	n = 0,015
8736 + 10,00	8742 + 12,00	122,00	LE	0,17 0,13	0,70	5,00	3,12	0,123	0,030	DR-5A	0,30	0,30	2,202	0,187	CONCRETO	n = 0,015
8717 + 0,00	8717 + 8,00	7,00	LD	0,00 0,01	0,70	5,00	3,12	0,004	0,010	DR-5A	0,30	0,30	0,525	0,026	CONCRETO	n = 0,015
8717 + 8,00	8724 + 0,00	132,00	LD	0,12 0,14	0,70	5,00	3,12	0,582	0,025	DR-7A-1	0,40	0,90	2,885	0,504	CONCRETO	n = 0,015
8724 + 0,00	8728 + 10,00	90,00	LD	0,11 0,10	0,70	5,00	3,12	0,472	0,005	DR-7A-1	0,40	0,90	1,399	0,844	CONCRETO	n = 0,015
8728 + 10,00	8731 + 3,00	53,00	LD	0,04 0,10	0,90	5,00	3,12	0,388	0,005	DR-7A-1	0,40	0,80	1,366	0,710	CONCRETO	n = 0,015
8731 + 3,00	8733 + 13,00	50,00	LD	0,05 0,07	0,90	5,00	3,12	0,322	0,023	DR-7A-1	0,40	0,40	2,504	0,321	CONCRETO	n = 0,015
8733 + 13,00	8735 + 0,00	27,00	LD	0,03 0,04	0,90	5,00	3,12	0,217	0,023	DR-7A-1	0,40	0,40	2,296	0,236	CONCRETO	n = 0,015
8735 + 0,00	8737 + 10,00	50,00	LD	0,06 0,09	0,90	5,00	3,12	0,186	0,045	DR-5A	0,30	0,30	2,822	0,220	CONCRETO	n = 0,015

**PLANILHA DE CÁLCULO - CANALETA**

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8737 + 10,00	8742 + 13,00	103,00	LD	0,08	0,70	5,00	3,12	0,116	0,020	DR-5A	0,30	0,30	1,857	0,209	CONCRETO	n = 0,015
				0,19	0,90											
8742 + 12,00	8746 + 4,00	72,00	LD	0,02	0,70	5,00	3,12	0,056	0,005	DR-5A	0,30	0,30	0,921	0,203	CONCRETO	n = 0,015
				0,10	0,90											
8746 + 4,00	8751 + 7,00	103,00	LD	0,04	0,70	5,00	3,12	0,097	0,036	DR-5A	0,30	0,30	2,240	0,146	CONCRETO	n = 0,015
				0,13	0,90											
8818 + 0,00	8829 + 2,00	222,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	0,111	0,045	DR-5A	0,19	0,30	2,370	0,247	CONCRETO	n = 0,015
				0,24	0,90											

PLANILHA DE CÁLCULO - SARJETA DE BANQUETA DE ATERRO

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8822 + 7,00	8827 + 3,00	96,00	LE	0,12	0,70	5,00	3,12	0,090	0,020	SZC-04	0,20	0,20	1,784	0,146	CONCRETO	n = 0,015
				0,10	0,90											



PLANILHA DE CÁLCULO - VALETA DE PROTEÇÃO DE ATERRO																
ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8814 + 13,00	8825 + 0,00	211,00	LE	0,19	0,70	5,00	3,12	0,538	0,080	VPA-7A	0,60	0,30	4,457	0,159	CONCRETO	n = 0,015
				0,23	0,90											
				0,35	0,30											
8825 + 16,00	8832 + 17,00	145,00	LE	0,17	0,70	5,00	3,12	1,828	0,030	VPA-5A-2	1,00	0,40	4,258	0,324	CONCRETO	n = 0,015
				0,16	0,90											
				4,44	0,30											
8865 + 7,00	8868 + 5,00	58,00	LE	0,02	0,70	5,00	3,12	0,730	0,050	VPA-7A	0,60	0,30	4,130	0,217	CONCRETO	n = 0,015
				0,06	0,90											
				0,76	0,30											
8868 + 17,00	8878 + 4,00	189,00	LE	0,13	0,70	5,00	3,12	0,447	0,074	VPA-7A	0,60	0,30	4,107	0,146	CONCRETO	n = 0,015
				0,02	0,90											
				0,49	0,30											
8906 + 17,00	8909 + 14,00	58,00	LE	0,02	0,70	5,00	3,12	1,002	0,040	VPA-7A	0,60	0,30	4,165	0,275	CONCRETO	n = 0,015
				0,06	0,90											
				0,28	0,30											
8910 + 15,00	8938 + 11,00	557,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	1,358	0,030	VPA-5A	1,00	0,30	3,901	0,273	CONCRETO	n = 0,015
				0,60	0,90											
				6,92	0,30											
8938 + 11,00	8957 + 0,00	369,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	0,797	0,030	VPA-5A	1,00	0,30	3,324	0,200	CONCRETO	n = 0,015
				0,39	0,90											
				3,93	0,30											
8959 + 6,00	8981 + 17,00	451,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	2,022	0,029	VPA-5A-2	1,00	0,40	4,323	0,347	CONCRETO	n = 0,015
				0,48	0,90											
				6,40	0,30											
8984 + 9,00	9009 + 17,00	517,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	1,367	0,010	VPA-5A-2	1,00	0,40	2,649	0,375	CONCRETO	n = 0,015
				0,55	0,90											
				7,11	0,30											

PLANILHA DE CÁLCULO - VALETA DE PROTEÇÃO DE ATERRO

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
9009 + 17,00	9025 + 5,00	304,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	2,305	0,010	VPA-5A-3	1,00	0,55	3,062	0,501	CONCRETO	n = 0,015
				0,33	0,90											
				5,04	0,30											
174 + 200,00	180 + 715,00	220,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	2,340	0,020	VPA-5A-3	1,00	0,55	3,952	0,417	CONCRETO	n = 0,015
				0,00	0,90											
				0,22	0,30											
180 + 715,00	180 + 980,00	282,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	2,851	0,020	VPA-5A-3	1,00	0,55	4,175	0,466	CONCRETO	n = 0,015
				0,62	0,90											
				1,43	0,30											
180 + 980,00	181 + 40,00	76,00	LE	0,00	0,70	5,00	3,12	5,391	0,020	VPA-5A-4	1,20	0,65	4,912	0,607	CONCRETO	n = 0,015
				0,19	0,90											
				15,70	0,30											
8829 + 0,94	8826 + 19,00	46,30	LD	0,00	0,70	5,00	3,12	0,540	0,125	VPA-5A-4	1,20	0,65	4,470	0,093	CONCRETO	n = 0,015
				0,00	0,90											
				0,00	0,30											
224 + 4,00	229 + 4,00	95,00	LD	0,00	0,70	5,00	3,12	0,217	0,030	VPA-5A-3	1,00	0,55	2,139	0,093	CONCRETO	n = 0,015
				0,19	0,90											
				15,70	0,30											
229 + 4,00	8757 + 19,00	21,00	LD	0,00	0,70	5,00	3,12	0,306	0,030	VPA-5A-3	1,00	0,55	2,407	0,114	CONCRETO	n = 0,015
				0,00	0,90											
				0,00	0,30											

PLANILHA DE CÁLCULO - VALETA DE PROTEÇÃO DE CORTE

ESTACA		EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA (ha)	C	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES		DIMENSIONAMENTO		REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL										b (m)	h (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)		
8710 + 11,00	8715 + 14,00	105,00	LE	0,20	0,30	5,00	3,12	0,032	0,171	VPC-5A	1,00	0,30	1,805	0,017	CONCRETO	n = 0,015
8793 + 10,00	8800 + 9,00	139,00	LE	2,01	0,30	5,00	3,12	0,313	0,022	VPC-7A	0,60	0,30	2,395	0,170	CONCRETO	n = 0,015
8832 + 16,00	8840 + 12,00	154,00	LE	3,96	0,30	5,00	3,12	1,390	0,040	VPC-5A	1,00	0,30	4,344	0,255	CONCRETO	n = 0,015
8840 + 12,00	8853 + 15,00	262,00	LE	4,95	0,30	5,00	3,12	0,773	0,028	VPC-7A	0,60	0,30	3,407	0,055	CONCRETO	n = 0,015
8853 + 15,00	8865 + 7,00	232,00	LE	2,77	0,30	5,00	3,12	0,432	0,039	VPC-7A	0,60	0,30	3,242	0,173	CONCRETO	n = 0,015
8893 + 4,00	8906 + 17,00	272,00	LE	4,32	0,30	5,00	3,12	0,674	0,048	VPC-7A	0,60	0,30	3,993	0,212	CONCRETO	n = 0,015

PLANILHA DE CÁLCULO - MEIOS FIOS - COMPRIMENTO CRÍTICO

ESTACA		POSIÇÃO RELATIVA	LARGURA DE PLATAFORMA (m)	C1	LARGURA DO TALUDE(m)	C2	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	DECLIVIDADE (m/m)	CONTRIBUIÇÃO UNITÁRIA (m³/s/m)	TIPO DE SARJETA	REVESTIMENTO		VELOCIDADE SEÇÃO PLENA (m/s)	VAZÃO SEÇÃO PLENA (m³/s)	EXTENSÃO CRÍTICA (m)	EXTENSÃO REAL (m)	SUFICIÊNCIA (m)
INICIAL	FINAL											CONCRETO	n =					
113 + 6	117 + 14	LD	7,70	0,90	3,82	0,90	5,00	3,12	0,037	0,000539	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	1,09	0,07	128,00	67,00	OK
117 + 14	120 + 4	LD	27,00	0,90			5,00	3,12	0,051	0,001264	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	1,28	0,08	64,00	41,00	OK
200 + 0	208 + 15	LD	9,50	0,90			5,00	3,12	0,049	0,000445	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	1,25	0,08	177,00	172,00	OK
400 + 4	402 + 3	LD	12,00	0,90			5,00	3,12	0,040	0,000562	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	1,13	0,07	127,00	39,00	OK
503 + 18	205 + 7	LD	2,00	0,90			5,00	3,12	0,020	0,000094	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	0,80	0,05	538,00	56,00	OK
505 + 7	357 + 17	LE	5,00	0,90			5,00	3,12	0,005	0,000234	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	0,40	0,03	108,00	54,00	OK
8818 + 10	8822 + 3	LE	10,71	0,90			5,00	3,12	0,045	0,000501	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	1,03	0,04	82,00	73,00	OK
8822 + 3	8825 + 16	LE	10,71	0,90			5,00	3,12	0,045	0,000501	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	1,03	0,04	82,00	73,00	OK
8825 + 16	8829 + 2	LE	10,71	0,90			5,00	3,12	0,045	0,000501	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	1,03	0,04	82,00	66,00	OK
8829 + 2	8830 + 10	LE	10,71	0,90			5,00	3,12	0,036	0,000501	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,92	0,04	73,00	28,00	OK
8866 + 15	8868 + 0	LE	10,71	0,90			5,00	3,12	0,005	0,000501	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,35	0,01	28,00	23,00	OK
8868 + 0	8869 + 15	LE	10,71	0,90			5,00	3,12	0,008	0,000501	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,43	0,02	35,00	33,00	OK

PLANILHA DE CÁLCULO - MEIOS FIOS - COMPRIMENTO CRÍTICO

PLANILHA DE CÁLCULO - MEIOS FIOS - COMPRIMENTO CRÍTICO																		
ESTACA		POSIÇÃO RELATIVA	LARGURA DE PLATAFORMA (m)	C1	LARGURA DO TALUDE(m)	C2	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	DECLIVIDADE (m/m)	CONTRIBUIÇÃO UNITÁRIA (m³/s/m)	TIPO DE SARJETA	REVESTIMENTO	VELOCIDADE SEÇÃO PLENA (m/s)	VAZÃO SEÇÃO PLENA (m³/s)	EXTENSÃO CRÍTICA (m)	EXTENSÃO REAL (m)	SUFICIÊNCIA (m)	
INICIAL	FINAL																	
8909 + 10	8911 + 5	LE	10,71	0,90			5,00	3,12	0,018	0,000501	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,65	0,03	52,00	34,00	OK
8924 + 15	8927 + 4	LE	10,70	0,90			5,00	3,12	0,042	0,000501	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,89	0,02	50,00	50,00	OK
8927 + 4	8929 + 14	LE	10,70	0,90			5,00	3,12	0,042	0,000501	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,89	0,02	50,00	50,00	OK
8929 + 14	8932 + 4	LE	10,70	0,90			5,00	3,12	0,042	0,000501	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,89	0,02	50,00	50,00	OK
8932 + 4	8934 + 14	LE	10,70	0,90			5,00	3,12	0,042	0,000501	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,89	0,02	50,00	50,00	OK
8951 + 9	8953 + 5	LE	11,80	0,90			5,00	3,12	0,030	0,000552	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,76	0,02	38,00	36,00	OK
8953 + 5	8955 + 2	LE	11,80	0,90			5,00	3,12	0,030	0,000552	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,76	0,02	38,00	37,00	OK
8955 + 2	8956 + 19	LE	11,80	0,90			5,00	3,12	0,030	0,000552	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,76	0,02	38,00	37,00	OK
8956 + 19	8957 + 14	LE	11,80	0,90			5,00	3,12	0,030	0,000552	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,76	0,02	38,00	23,00	OK
8958 + 0	8959 + 11	LE	11,80	0,90			5,00	3,12	0,030	0,000552	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,76	0,02	38,00	38,00	OK
8959 + 11	8961 + 9	LE	11,80	0,90			5,00	3,12	0,030	0,000552	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,76	0,02	38,00	38,00	OK
8961 + 9	8963 + 7	LE	11,80	0,90			5,00	3,12	0,030	0,000552	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,76	0,02	38,00	38,00	OK
208 + 15	216 + 0	LD	9,00	0,90			5,00	3,12	0,035	0,000421	MFC-3	CONCRETO	n = 0,015	1,06	0,07	158,00	145,00	OK
306 + 3	306 + 17	LE	7,76	0,90	2,58	0,70	5,00	3,12	0,005	0,000457	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,35	0,01	30,00	18,00	OK
306 + 17	307 + 18	LE	9,00	0,90	0,77	0,70	5,00	3,12	0,005	0,000449	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,34	0,01	30,00	21,00	OK
307 + 18	309 + 1	LE	11,50	0,90	0,77	0,70	5,00	3,12	0,012	0,000566	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,53	0,02	38,00	23,00	OK
309 + 1	310 + 1	LE	12,00	0,90	0,40	0,70	5,00	3,12	0,012	0,000576	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,53	0,02	37,00	20,00	OK
310 + 1	311 + 4	LE	12,00	0,90	0,38	0,70	5,00	3,12	0,016	0,000575	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,55	0,02	27,00	23,00	OK
311 + 4	312 + 1	LE	12,00	0,90	0,34	0,70	5,00	3,12	0,017	0,000574	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,57	0,02	28,00	17,00	OK
312 + 1	313 + 4	LE	12,00	0,90	0,39	0,70	5,00	3,12	0,022	0,000576	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,64	0,02	31,00	23,00	OK
313 + 4	314 + 7	LE	11,50	0,90	0,42	0,70	5,00	3,12	0,022	0,000553	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,64	0,02	32,00	23,00	OK
314 + 7	315 + 10	LE	11,00	0,90	0,45	0,70	5,00	3,12	0,022	0,000531	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,64	0,02	34,00	23,00	OK
315 + 10	316 + 13	LE	11,00	0,90	0,55	0,70	5,00	3,12	0,022	0,000535	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,64	0,02	34,00	23,00	OK
316 + 13	317 + 16	LE	11,50	0,90	0,55	0,70	5,00	3,12	0,022	0,000558	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,64	0,02	32,00	23,00	OK
317 + 16	318 + 19	LE	12,00	0,90	0,48	0,70	5,00	3,12	0,022	0,000579	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,64	0,02	31,00	23,00	OK
318 + 19	320 + 2	LE	12,00	0,90	0,51	0,70	5,00	3,12	0,022	0,000580	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,64	0,02	31,00	23,00	OK
320 + 2	321 + 5	LE	12,00	0,90	0,50	0,70	5,00	3,12	0,022	0,000580	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,64	0,02	31,00	23,00	OK
321 + 5	322 + 8	LE	12,00	0,90	0,61	0,70	5,00	3,12	0,022	0,000584	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,64	0,02	31,00	23,00	OK
322 + 8	323 + 11	LE	11,50	0,90	0,66	0,70	5,00	3,12	0,022	0,000562	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,64	0,02	32,00	23,00	OK
323 + 11	324 + 14	LE	11,00	0,90	0,61	0,70	5,00	3,12	0,022	0,000537	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,64	0,02	33,00	23,00	OK

PLANILHA DE CÁLCULO - MEIOS FIOS - COMPRIMENTO CRÍTICO																		
ESTACA		POSIÇÃO RELATIVA	LARGURA DE PLATAFORMA (m)	C1	LARGURA DO TALUDE(m)	C2	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO tc (min)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA i (mm/min)	DECLIVIDADE (m/m)	CONTRIBUIÇÃO UNITÁRIA (m³/s/m)	TIPO DE SARJETA	REVESTIMENTO		VELOCIDADE SEÇÃO PLENA (m/s)	VAZÃO SEÇÃO PLENA (m³/s)	EXTENSÃO CRÍTICA (m)	EXTENSÃO REAL (m)	SUFICIÊNCIA (m)
INICIAL	FINAL																	
324 + 14	325 + 17	LE	11,00	0,90	0,75	0,70	5,00	3,12	0,022	0,000542	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,64	0,02	33,00	23,00	OK
325 + 17	327 + 0	LE	11,00	0,90	0,87	0,70	5,00	3,12	0,019	0,000546	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,60	0,02	31,00	23,00	OK
327 + 0	328 + 0	LE	11,00	0,90	0,76	0,70	5,00	3,12	0,005	0,000551	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,34	0,01	25,00	20,00	OK
328 + 0	328 + 17	LE	11,00	0,90	0,76	0,70	5,00	3,12	0,005	0,000551	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,34	0,01	25,00	17,00	OK
328 + 17	330 + 1	LE	11,50	0,90	0,00	0,70	5,00	3,12	0,005	0,000538	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,34	0,01	25,00	24,00	OK
330 + 1	331 + 4	LE	12,00	0,90	0,00	0,70	5,00	3,12	0,005	0,000562	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,34	0,01	24,00	23,00	OK
331 + 4	332 + 7	LE	12,00	0,90	0,00	0,70	5,00	3,12	0,005	0,000562	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,34	0,01	24,00	23,00	OK
332 + 7	333 + 10	LE	12,00	0,90	0,00	0,70	5,00	3,12	0,005	0,000562	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,34	0,01	24,00	23,00	OK
360 + 15	359 + 6	LE	12,00	0,90	0,00	0,70	5,00	3,12	0,042	0,000562	MFC-2-A1	CONCRETO	n = 0,015	0,80	0,02	29,00	27,00	OK
359 + 6	358 + 1	LE	12,00	0,90	0,00	0,70	5,00	3,12	0,017	0,000562	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,57	0,02	29,00	24,00	OK
358 + 1	356 + 17	LE	12,00	0,90	0,00	0,70	5,00	3,12	0,012	0,000562	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,48	0,01	24,00	23,00	OK
356 + 17	355 + 7	LE	12,00	0,90	0,14	0,70	5,00	3,12	0,016	0,000567	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,61	0,02	43,00	30,00	OK
355 + 7	354 + 6	LE	12,00	0,90	0,36	0,70	5,00	3,12	0,012	0,000575	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,48	0,01	23,00	21,00	OK
354 + 6	353 + 7	LE	12,00	0,90	0,00	0,70	5,00	3,12	0,025	0,000562	MFC-2-A1	CONCRETO	n = 0,015	0,63	0,01	23,00	19,00	OK
353 + 7	352 + 4	LE	12,00	0,90	0,00	0,70	5,00	3,12	0,025	0,000562	MFC-2-A1	CONCRETO	n = 0,015	0,63	0,01	23,00	23,00	OK
352 + 4	351 + 1	LE	12,00	0,90	0,14	0,70	5,00	3,12	0,025	0,000567	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,69	0,02	34,00	23,00	OK
351 + 1	349 + 18	LE	12,00	0,90	0,36	0,70	5,00	3,12	0,025	0,000575	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,69	0,02	34,00	23,00	OK
349 + 18	348 + 15	LE	12,00	0,90	0,63	0,70	5,00	3,12	0,025	0,000584	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,69	0,02	33,00	23,00	OK
348 + 15	347 + 12	LE	12,00	0,90	0,47	0,70	5,00	3,12	0,025	0,000579	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,69	0,02	33,00	23,00	OK
347 + 12	346 + 5	LE	11,50	0,90	0,10	0,70	5,00	3,12	0,028	0,000542	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,73	0,02	38,00	27,00	OK
346 + 5	345 + 2	LE	11,50	0,90	0,03	0,70	5,00	3,12	0,053	0,000539	MFC-2-A1	CONCRETO	n = 0,015	0,90	0,02	34,00	23,50	OK
345 + 2	343 + 9	LE	11,50	0,90	0,36	0,70	5,00	3,12	0,048	0,000551	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,95	0,03	48,00	32,50	OK
343 + 9	341 + 18	LE	11,50	0,90	0,36	0,70	5,00	3,12	0,048	0,000551	MFC-2-A1	CONCRETO	n = 0,015	0,86	0,02	32,00	31,00	OK
341 + 18	340 + 11	LE	12,00	0,90	0,36	0,70	5,00	3,12	0,048	0,000575	MFC-2-A1	CONCRETO	n = 0,015	0,86	0,02	30,00	27,00	OK
340 + 11	339 + 3	LE	12,00	0,90	0,36	0,70	5,00	3,12	0,042	0,000575	MFC-2-A1	CONCRETO	n = 0,015	0,80	0,02	29,00	28,00	OK
339 + 3	337 + 19	LE	12,00	0,90	0,36	0,70	5,00	3,12	0,030	0,000575	MFC-2-A1	CONCRETO	n = 0,015	0,68	0,01	24,00	24,00	OK
337 + 19	336 + 19	LE	12,00	0,90	0,36	0,70	5,00	3,12	0,021	0,000575	MFC-2-A1	CONCRETO	n = 0,015	0,57	0,01	20,00	20,00	OK
336 + 19	335 + 19	LE	12,00	0,90	0,36	0,70	5,00	3,12	0,012	0,000575	MFC-2-A3	CONCRETO	n = 0,015	0,48	0,01	23,00	20,00	OK
335 + 19	335 1	LE	12,00	0,90	0,36	0,70	5,00	3,12	0,004	0,000575	MFC-2-A2	CONCRETO	n = 0,015	0,30	0,01	21,00	18,00	OK

VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DE DESCIDA DE CORTE EM DEGRAUS													
ESTACA	EXTENSÃO (m)	POSIÇÃO RELATIVA	VAZÃO (m³/s)	TIPO DE DESCIDA	DIMENSÕES				PROFUNDIDADE CRÍTICA (m)	VERIFICAÇÃO QUANTO A PROFUNDIDADE	COMP. CRÍTICO DO DEGRAU (m)	VERIFICAÇÃO QUANTO A LARGURA DO DEGRAU	
			TOTAL		L (m)	h (m)	C (m)	DECLIVIDADE (m/m)					
8822 + 3	12,20	LE	0,037	DAD-02	0,500	0,100	0,600	1,50	0,082	OK	0,085	OK	
8825 + 16	19,50	LE	0,04	DAD-02	0,500	0,100	0,600	1,50	0,082	OK	0,085	OK	
8829 + 2	8,00	LE	0,05	DAD-02	0,500	0,100	0,600	1,50	0,097	OK	0,140	OK	
8868 + 0	6,30	LE	0,03	DAD-02	0,500	0,100	0,600	1,50	0,074	OK	0,071	OK	
8911 + 5	4,10	LE	0,02	DAD-02	0,500	0,100	0,600	1,50	0,049	OK	0,046	OK	
205 + 9	11,80	LE	0,04	DCD-04	0,800	0,200	0,400	1,00	0,067	OK	0,075	OK	
8761 + 8,8	2,60	LD	0,95	DAD-08	3,170	0,250	0,600	1,50	0,209	OK	0,224	OK	



DISPOSITIVOS				
ESTACA		DISPOSITIVO	EXTENSÃO/ QUANTIDADE (m)	LADO
INICIAL	FINAL			
105 + 13,00		MFC-9A	10,00	LD
418 + 5,00		MFC-9A	10,00	LE
109 + 2,00	109 + 9,00	SZC-03	7,00	LD
109 + 2,00		DES-03	1,00	LD
505 + 17,00		MFC-9A	14,00	CENTRAL
506 + 10,00		MFC-9A	94,00	CENTRAL
508 + 9,00		MFC-9A	29,00	CENTRAL
118 + 5,00		MFC-9A	60,00	LD
202 + 13,00		MFC-9A	73,00	LD
223 + 3,00		MFC-9A	20,00	LD
8742 + 2,00	8717 + 8,00	DPS-6A	505,00	LD
8742 + 2,00	8717 + 8,00	DPS-6A	505,00	LE
220 + 11,00	221 + 0,00	TSS-05	9,00	LD
222 + 3,00	222 + 11,00	TSS-05	8,00	LD
223 + 17,00	224 + 5,00	TSS-05	8,00	LD
229 + 0,00	229 + 4,00	SZC-03	7,00	LD
357 + 11,00		MFC-9A	60,00	LE
303 + 17,00		MFC-9A	10,00	LE
301 + 4,00	8818 + 0,00	DPS-6A	550,00	LE
8800 + 9,00		DES-05	1,00	LE
8814 + 10,00	8814 + 13,00	SZC-03	5,00	LE
8818 + 0,00		BSD-02	1,00	LE
8822 + 3,00		DEB-01	1,00	LE
8822 + 3,00		EDA-01	1,00	LE
8825 + 16,00		DEB-01	1,00	LE
8825 + 16,00		EDA-01	1,00	LE
8829 + 12,00		EDA-02	1,00	LE
8832 + 17,00	8833 + 2,00	SZC-03	5,00	LE
8844 + 0,00	8844 + 13,00	TSS-05	13,00	LE
8844 + 6,00	8844 + 13,00	TSS-ESP-1	7,00	LE
8857 + 3,00	8857 + 16,00	TSS-05	13,00	LE
8857 + 9,00	8857 + 16,00	TSS-05	7,00	LE
8865 + 4,00	8865 + 7,00	SZC-03	5,00	LE
8868 + 0,00		EDA-02	1,00	LE
8878 + 4,00	8878 + 10,00	SZC-03	6,00	LE
8881 + 3,00	8881 + 18,00	TSS-05	15,00	LE
8892 + 14,00	8893 + 9,00	TSS-05	15,00	LE
8906 + 13,00	8906 + 16,00	SZC-03	3,00	LE
8906 + 16,00	8907 + 3,00	TSS-05	7,00	LE

DISPOSITIVOS				
ESTACA		DISPOSITIVO	EXTENSÃO/ QUANTIDADE (m)	LADO
INICIAL	FINAL			
8912 + 17,00	8913 + 4,00	TSS-ESP-1	7,00	LE
9016 + 11,00		MFC-9A	21,00	CENTRAL
9036 + 5,00		DES-06	1,00	LE
8929 + 17,00	8935 + 17,00	MFC-3	121,00	LD
8957 + 16,00	8963 + 16,00	MFC-3	121,00	LD
8991 + 14,00	+	MFC-9A	113,00	CENTRAL
8993 + 5,00	+	MFC-9A	21,00	CENTRAL
8995 + 11,00	+	MFC-9A	24,00	CENTRAL
8993 + 5,00	8995 + 11,00	TSS-05	35,00	CENTRAL
8932 + 4,00	+	GS-01	1ud / 2,88m	LE
8925 + 0,00	+	GS-01	1ud / 2,88m	LE
8927 + 4,00	+	GS-01	1ud / 2,88m	LE
8929 + 14,00	+	GS-01	1ud / 2,88m	LE
8953 + 5,00	+	GS-01	1ud / 2,88m	LE
8955 + 1,00	+	GS-01	1ud / 2,88m	LE
8956 + 19,00	+	GS-01	1ud / 2,88m	LE
8959 + 11,00	+	GS-01	1ud / 2,88m	LE
8961 + 9,00	+	GS-01	1ud / 2,88m	LE
8963 + 7,00	+	GS-01	1ud / 2,88m	LE
218 + 0,00	218 + 2,00	SZC-03	2,00	LE
304 + 8,00	357 + 17,00	MFC-03	1079,00	LE
+	+			

CANAL 01

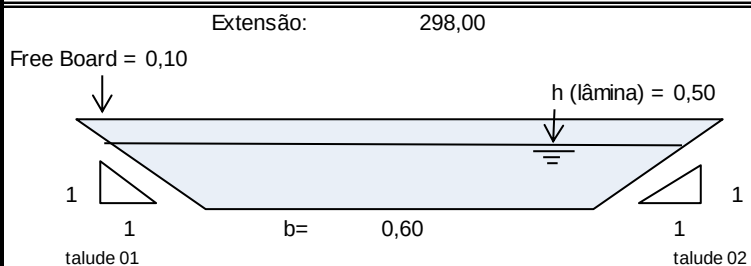
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

i (m/m)	v (m/s)	Área Molhada (m²)	Perímetro Molhado (m)	Manning (n)
0,0200	3,97	0,55	2,01	0,015
	Regime de Escoamento	Q real (m³/s)	Q requerida (m³/s)	
	SUBCRÍTICO	2,18	1,92	

DADOS DE CONTRIBUIÇÃO

Localização	8699+0,00	8713+13,00
Tempo de Recorrência	10	(Anos)
Bacia de Contribuição	Bueiro EST. 8717+8,00 + Pista exist.+ Pista Proj.	

DADOS DO CANAL



Revestimento talude 01: CONCRETO
 Revestimento talude 02: CONCRETO
 Revestimento base: CONCRETO

*obs: dimensões em metros

CANAL 02

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Saída Bueiro 8758+6,96

i (m/m)	v (m/s)	Área Molhada (m ²)	Perímetro Molhado (m)	Manning (n)
0,0090	2,99	6,88	7,50	0,030
Regime de Escoamento		Q real (m ³ /s)	Q requerida (m ³ /s)	
SUPERCRÍTICO		20,54	20,50	

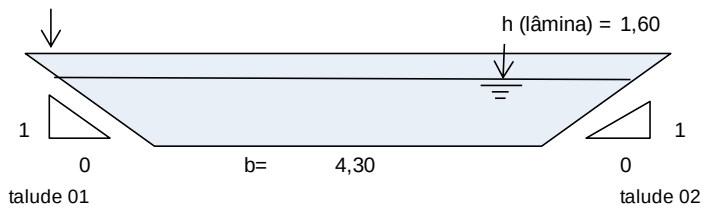
DADOS DE CONTRIBUIÇÃO

Localização	8758+6,96	0,00
Tempo de Recorrência	25	(Anos)
Bacia de Contribuição	0	

DADOS DO CANAL

Extensão: 120,00

Free Board = 0,32



Revestimento talude 01: GABIÃO
 Revestimento talude 02: GABIÃO
 Revestimento base: GABIÃO

*obs: dimensões em metros



REDE COLETORA

LOCAL PR-323											MUNICIPIO							PROJETO				
ESTACA INICIAL: 305+14											ESTADO							DATA fev/20				
TRECHO	ESTACA		DISPOSITIVO TIPO		COTA DA REDE		(L) (m)	(S) (%)	ÁREA (ha)		tc (minutos)	F (anos)	i (mm/min)	i (mm/min) real	C (run off)	Q (m3/s) (prevista)	Lamina d'água (m)	D (m) (diâmetro)	S (%) (corrigida)	h/D	V (m/s) (velocidade)	Q (m3/s) (calculada)
	(montante)	(jusante)	(montante)	(jusante)	(montante)	(jusante)			(trecho)	(acumulada)												
1	305+14	306+17	CCS-06	PV DERPR	344,524	344,305	23,00	1,000	3,76	3,76	10,00	10	2,70	2,70	0,5	0,851	0,513	0,8	1,000	0,64	2,28	1,15
			TCC-01																			
2	306+17	307+18	PV DERPR	PQ DERPR	344,073	343,875	21,00	1,000	1,43	5,19	10,17	10	2,69	2,69	0,5	1,169	0,537	1	1,000	0,54	2,65	2,08
3	307+18	309+1	PQ DERPR	PQ DERPR	343,863	343,645	23,00	1,000	0,88	6,07	10,30	10	2,68	2,68	0,5	1,362	0,591	1	1,000	0,59	2,65	2,08
4	309+1	310+1	PQ DERPR	PQ DERPR	343,633	343,445	20,00	1,000	0,89	6,96	10,45	10	2,67	2,67	0,46	1,424	0,608	1	1,000	0,61	2,65	2,08
5	310+1	311+4	PQ DERPR	PQ DERPR	343,425	342,949	23,00	2,190	1,07	8,03	10,57	10	2,66	2,66	0,46	1,638	0,519	1	2,190	0,52	3,92	3,08
6	311+4	312+1	PQ DERPR	PV DERPR	342,921	342,577	17,00	2,190	1,09	9,12	10,67	10	2,65	2,66	0,46	1,855	0,560	1	2,190	0,56	3,92	3,08
7	312+1	313+4	PV DERPR	PQ DERPR	342,549	342,073	23,00	2,190	0,82	9,94	10,74	10	2,65	2,65	0,46	2,019	0,591	1	2,190	0,59	3,92	3,08
8	313+4	314+7	PQ DERPR	PQ DERPR	342,045	341,569	23,00	2,190	1,20	11,14	10,84	10	2,64	2,65	0,46	2,256	0,636	1	2,190	0,64	3,92	3,08
9	314+7	315+10	PQ DERPR	PQ DERPR	341,542	341,066	23,00	2,190	1,18	12,32	10,94	10	2,64	2,64	0,46	2,489	0,682	1	2,190	0,68	3,92	3,08
10	315+10	316+13	PQ DERPR	PQ DERPR	341,038	340,562	23,00	2,190	1,25	13,57	11,04	10	2,63	2,63	0,46	2,735	0,734	1	2,190	0,73	3,92	3,08
11	316+13	317+16	PQ DERPR	PV DERPR	340,535	340,059	23,00	2,190	1,33	14,90	11,13	10	2,62	2,63	0,46	2,995	0,797	1	2,190	0,80	3,92	3,08
12	317+16	318+19	PV DERPR	PQ DERPR	339,591	339,189	23,00	1,850	1,43	16,33	11,23	10	2,62	2,62	0,46	3,275	0,749	1,2	1,850	0,62	4,06	4,60
13	318+19	320+2	PQ DERPR	PQ DERPR	339,165	338,763	23,00	1,850	1,46	17,79	11,33	10	2,61	2,62	0,46	3,559	0,793	1,2	1,850	0,66	4,06	4,60
14	320+2	321+5	PQ DERPR	PQ DERPR	338,740	338,337	23,00	1,850	1,36	19,15	11,42	10	2,60	2,61	0,46	3,822	0,836	1,2	1,850	0,70	4,06	4,60
15	321+5	322+8	PQ DERPR	PQ DERPR	338,058	337,677	23,00	1,750	1,26	20,41	11,51	10	2,60	2,60	0,46	4,063	0,898	1,2	1,750	0,75	3,95	4,47
16	322+8	323+11	PQ DERPR	PV DERPR	337,654	337,274	23,00	1,750	1,17	21,58	11,61	10	2,59	2,70	0,46	4,286	0,942	1,2	1,750	0,78	3,95	4,47
17	323+11	324+14	PV DERPR	CLP-12	337,252	336,871	23,00	1,750	1,08	22,66	11,71	10	2,58	2,69	0,46	4,489	0,988	1,2	1,750	0,82	3,95	4,47
18	324+14	325+17	CLP-12	CLP-06	336,434	336,104	23,00	1,520	0,98	23,64	11,81	10	2,58	2,69	0,46	4,672	0,854	1,5	1,520	0,57	4,27	7,55
19	325+17	327+0	CLP-06	CLP-06	336,085	335,867	23,00	1,000	0,88	24,52	11,89	10	2,57	2,68	0,46	4,835	1,005	1,5	1,000	0,67	3,47	6,13
20	327+0	328+0	CLP-06	CLP-06	335,855	335,667	20,00	1,000	0,78	25,30	12,01	10	2,56	2,68	0,46	4,975	1,026	1,5	1,000	0,68	3,47	6,13
21	328+0	328+17	CLP-06	PVI-06	335,655	335,497	17,00	1,000	0,80	26,10	12,10	10	2,56	2,67	0,46	5,120	1,049	1,5	1,000	0,70	3,47	6,13
22	328+17	330+1	PVI-06	CPV-02	335,487	335,257	24,00	1,000	0,67	26,77	12,18	10	2,55	2,66	0,46	5,241	1,068	1,5	1,000	0,71	3,47	6,13
			CPV-02																			



REDE COLETORA

LOCAL PR-323										MUNICIPIO								PROJETO											
ESTACA INICIAL: 305+14										ESTACA FINAL: 333+10								ESTADO								DATA fev/20			
TRECHO	ESTACA		DISPOSITIVO TIPO		COTA DA REDE		(L)	(S)	ÁREA (ha)		tc (minutos)	F (anos)	i (mm/min)	i (mm/min) real	C (run off)	Q (m3/s) (prevista)	Lamina d'água (m)	D (m) (diâmetro)	S (%) (corrigida)	h/D	V (m/s) (velocidade)	Q (m3/s) (calculada)							
	(montante)	(jusante)	(montante)	(jusante)	(montante)	(jusante)	(trecho)	(acumulada)																					
23	330+1	331+4	CLP-06	CLP-06	335,247	335,027	23,00	1,000	0,54	27,31	12,30	10	2,55	2,66	0,46	5,331	1,082	1,5	1,000	0,72	3,47	6,13							
24	331+4	332+7	CLP-06	CLP-06	335,017	334,797	23,00	1,000	0,41	27,72	12,41	10	2,54	2,65	0,46	5,397	1,093	1,5	1,000	0,73	3,47	6,13							
25	332+7	333+10	CLP-06	PVI-06	334,787	334,568	23,00	1,000	0,26	27,98	12,52	10	2,53	2,64	0,46	5,432	1,099	1,5	1,000	0,73	3,47	6,13							
26	333+10	333+10	PVI-06	CLP-06	334,568	334,478	9,00	0,810	0,00	27,98	12,63	10	2,53	2,64	0,46	5,418	1,207	1,5	0,810	0,80	3,12	5,51							
27	333+10	333+13	CLP-06	SAÍDA	334,478	334,471	3,00	0,810	0,00	27,98	12,68	10	2,52	2,63	0,46	5,411	1,205	1,5	0,810	0,80	3,12	5,51							

REDE COLETORA

LOCAL PR-323										MUNICIPIO								PROJETO							
ESTACA INICIAL: 361+6,11										ESTACA FINAL: 344+0,00								ESTADO				DATA fev/20			
TRECHO	ESTACA		DISPOSITIVO TIPO		COTA DA REDE		(L)	(S)	ÁREA (ha)		tc	F	i	i	C	Q (m3/s)	Lamina d'água	D (m)	S (%)	h/D	V (m/s)	Q (m3/s)			
	(montante)	(jusante)	(montante)	(jusante)	(montante)	(jusante)	(m)	(%)	(trecho)	(acumulada)	(minutos)	(anos)	(mm/min)	(mm/min) real	(run off)	(prevista)	(m)	(diâmetro)	(corrigida)		(velocidade)	(calculada)			
1	360+11	359+6	PV DERPR	PQ DERPR	348,796	348,519	21,85	1,260	0,70	0,70	10,00	10	2,70	2,70	0,46	0,145	0,213	0,6	1,260	0,35	2,11	0,60			
2	359+6	358+1	PQ DERPR	PQ DERPR	348,506	348,269	21,90	1,080	0,07	0,77	10,17	10	2,69	2,69	0,46	0,158	0,224	0,6	1,080	0,37	1,96	0,55			
3	358+1	356+17	PQ DERPR	PQ DERPR	348,257	348,029	21,05	1,080	0,15	0,92	10,36	10	2,68	2,67	0,46	0,188	0,245	0,6	1,080	0,41	1,96	0,55			
4	356+17	354+6	PQ DERPR	PV DER PR	348,017	347,519	50,97	1,000	0,26	1,18	10,54	10	2,66	2,66	0,46	0,240	0,282	0,6	1,000	0,47	1,88	0,53			
6	354+6	353+7	PV DER PR	PQ DERPR	347,507	347,329	19,00	1,000	0,16	1,33	10,99	10	2,63	2,63	0,46	0,269	0,301	0,6	1,000	0,50	1,88	0,53			
7	353+7	352+4	PQ DERPR	PQ DERPR	347,316	347,099	23,00	1,000	0,14	1,48	11,16	10	2,62	2,61	0,46	0,297	0,320	0,6	1,000	0,53	1,88	0,53			
8	352+4	351+1	PQ DERPR	PQ DERPR	347,077	346,576	23,00	2,416	0,11	1,59	11,36	10	2,61	2,60	0,46	0,318	0,258	0,6	2,416	0,43	2,93	0,83			
9	351+1	349+18	PQ DERPR	PQ DERPR	346,545	345,996	24,00	2,416	0,08	1,67	11,49	10	2,60	2,59	0,46	0,333	0,264	0,6	2,416	0,44	2,93	0,83			
10	349+18	348+16	PQ DERPR	PV DER PR	345,965	345,465	23,00	2,416	0,07	1,74	11,63	10	2,59	2,58	0,46	0,346	0,270	0,6	2,416	0,45	2,93	0,83			
11	348+16	347+12	PV DER PR	PQ DERPR	345,433	344,648	24,00	3,475	0,07	1,81	11,76	10	2,58	2,57	0,46	0,359	0,249	0,6	3,475	0,42	3,51	0,99			
12	347+12	346+5	PQ DERPR	PQ DERPR	344,604	343,706	27,00	3,475	0,07	1,89	11,87	10	2,57	2,57	0,46	0,372	0,254	0,6	3,475	0,42	3,51	0,99			



REDE COLETORA

LOCAL PR-323											MUNICIPIO					PROJETO						
ESTACA INICIAL: 361+6,11											ESTACA FINAL: 344+0,00					ESTADO						
ESTADO											ESTADO					DATA fev/20						
TRECHO	ESTACA		DISPOSITIVO TIPO		COTA DA REDE		(L)	(S)	ÁREA (ha)		tc	F	i	i	C	Q (m3/s)	Lamina d'água	D (m)	S (%)	h/D	V (m/s)	Q (m3/s)
	(montante)	(jusante)	(montante)	(jusante)	(montante)	(jusante)	(m)	(%)	(trecho)	(acumulada)	(minutos)	(anos)	(mm/min)	(mm/min) real	(run off)	(prevista)	(m)	(diâmetro)	(corrigida)		(velocidade)	(calculada)
13	346+5	345+1,5	PQ DERPR	PQ DERPR	343,662	342,893	23,50	3,475	0,09	1,98	12,00	10	2,57	2,56	0,46	0,389	0,261	0,6	3,475	0,43	3,51	0,99
14	345+1,5	343+9	PQ DERPR	PV DER PR	342,859	341,380	32,50	4,738	0,10	2,07	12,11	10	2,56	2,55	0,46	0,406	0,245	0,6	4,738	0,41	4,10	1,16
15	343+9	341+18	PV DER PR	PQ DERPR	341,320	339,912	27,00	4,738	0,10	2,17	12,25	10	2,55	2,54	0,46	0,424	0,251	0,6	4,738	0,42	4,10	1,16
16	341+18	340+11	PQ DERPR	PQ DERPR	339,851	338,633	28,00	4,738	0,08	2,25	12,36	10	2,54	2,70	0,46	0,439	0,256	0,6	4,738	0,43	4,10	1,16
17	340+11	339+3	PQ DERPR	PQ DERPR	338,575	337,459	28,00	4,180	0,09	2,34	12,47	10	2,54	2,69	0,46	0,455	0,270	0,6	4,180	0,45	3,85	1,09
18	339+3	337+19	PQ DERPR	PV DER PR	337,401	336,456	24,00	4,180	0,08	2,42	12,59	10	2,53	2,68	0,46	0,469	0,275	0,6	4,180	0,46	3,85	1,09
19	337+19	336+19	PV DER PR	PQ DERPR	336,424	336,237	20,00	1,000	0,06	2,48	12,70	10	2,52	2,68	0,46	0,479	0,444	0,6	1,000	0,74	1,88	0,53
20	336+19	335+19	PQ DERPR	PQ DERPR	336,224	336,037	20,00	1,000	0,06	2,54	12,87	10	2,51	2,66	0,46	0,489	0,452	0,6	1,000	0,75	1,88	0,53
21	335+19	335+1	PQ DERPR	PQ DERPR	335,824	335,660	17,67	1,000	0,08	2,63	13,05	10	2,50	2,65	0,46	0,503	0,371	0,8	1,000	0,46	2,28	1,15
22	335+1	334+5	PQ DERPR	CL DERPR	335,647	335,270	17,80	2,540	0,08	2,71	13,18	10	2,49	2,64	0,46	0,518	0,291	0,8	2,540	0,36	3,63	1,83
23	334+5	334+4	CL DERPR	SAIDA	334,600	334,570	1,00	1,000	70,37	73,08	13,26	10	2,49	2,64	0,46	13,935		1,2	1,000		2,99	3,38

BUEIROS DE GREIDE									VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DOS BUEIROS							VERIFICAÇÃO ORIFÍCIO	
LOCALIZAÇÃO	VAZÃO (m³/s)	DISPOSITIVO PROJETADO							DECLIVIDADE (%)	VAZÃO CRÍTICA	VAZÃO DE PROJETO	VELOCIDADE (m/s)	LAMINA D'ÁGUA (m)	LAMINA CRÍTICA (m)	REGIME DE ESCOAMENTO	Hw - CARGA HIDRÁULICA (m)	SUFICIÊNCIA
		TIPO	nº células	Tubular/ Celular	Dimensão (Bxh ou ϕ)		AUXILIAR	TIPO									
8717+7,55	0,52	BSTC	1,00	ϕ	0,80	0,80	T	BSTC ϕ 0,8	1,00	0,88	0,52	2,22	0,38	0,52	SUPERCRÍTICO	0,14	OK
8717+7,55	1,07	BSTC	1,00	ϕ	1,00	1,00	T	BSTC ϕ 1	1,00	1,53	1,07	2,67	0,51	0,64	SUPERCRÍTICO	0,24	OK
8717+7,55	1,66	BSTC	1,00	ϕ	1,20	1,20	T	BSTC ϕ 1,2	1,00	2,42	1,66	2,97	0,59	0,75	SUPERCRÍTICO	0,28	OK
8761+8,80	0,60	BSTC	1,00	ϕ	0,80	0,80	T	BSTC ϕ 0,8	1,00	0,88	0,60	2,31	0,41	0,53	SUPERCRÍTICO	0,18	OK
8761+8,80	0,95	BSTC	1,00	ϕ	1,00	1,00	T	BSTC ϕ 1	1,00	1,53	0,95	2,59	0,47	0,64	SUPERCRÍTICO	0,19	OK
8829+0,94	0,54	BSTC	1,00	ϕ	0,80	0,80	T	BSTC ϕ 0,8	1,00	0,88	0,54	2,25	0,39	0,52	SUPERCRÍTICO	0,15	OK
8868+0,00	0,48	BSTC	1,00	ϕ	0,80	0,80	T	BSTC ϕ 0,8	1,00	0,88	0,48	2,18	0,36	0,52	SUPERCRÍTICO	0,12	OK
8912+14,01	0,45	BSTC	1,00	ϕ	0,80	0,80	T	BSTC ϕ 0,8	1,00	0,88	0,45	2,14	0,35	0,52	SUPERCRÍTICO	0,10	OK
8981+16,94	2,02	BSTC	1,00	ϕ	1,20	1,20	T	BSTC ϕ 1,2	1,00	2,42	2,02	3,12	0,67	0,75	SUPERCRÍTICO	0,41	OK
8981+16,94	2,40	BSTC	1,00	ϕ	1,20	1,20	T	BSTC ϕ 1,2	1,00	2,42	2,40	3,24	0,75	0,75	SUPERCRÍTICO	0,58	OK
8993+9,29	0,10	BSTC	1,00	ϕ	0,60	0,60	T	BSTC ϕ 0,6	1,00	0,43	0,10	1,44	0,18	0,41	SUPERCRÍTICO	0,02	OK
9016+0,43	0,26	BSTC	1,00	ϕ	0,60	0,60	T	BSTC ϕ 0,6	1,00	0,43	0,26	1,88	0,30	0,41	SUPERCRÍTICO	0,11	OK
223+6,60	0,10	BSTC	1,00	ϕ	0,80	0,80	T	BSTC ϕ 0,8	1,00	0,88	0,10	1,40	0,16	0,53	SUPERCRÍTICO	0,00	OK
223+6,60	0,22	BSTC	1,00	ϕ	0,80	0,80	T	BSTC ϕ 0,8	1,00	0,88	0,22	1,76	0,24	0,53	SUPERCRÍTICO	0,02	OK

LOCALIZAÇÃO EST	LADO DE MONTANTE	ÁREA (ha)	BACIA N°	L (m)	H (m)	I (m/km)	leq (m/km)	tc real (min)	tc (min)	i (mm/min)			C	VAZÃO (m³/s)			MÉTODO DE CÁLCULO
										T=15 anos	T=25 anos	T=50 anos		T=15 anos	T=25 anos	T=50 anos	
8758+6,96	ESQUERDO	104,79	1E	1523,00	70,00	45,96	45,96	18,05	18,05	2,37	2,55	2,82	0,46	19,02	20,48	22,65	Racional
8825+18,88	ESQUERDO	329,71	2E	2145,27	62,00	28,90	28,90	28,10	28,10	1,96	2,11	2,33	0,30	32,27	34,75	38,43	Racional
8868+12,68	ESQUERDO	111,32	3E	1172,37	50,00	42,65	42,65	15,19	15,19	2,52	2,71	3,00	0,30	14,03	15,11	16,71	Racional
8910+4,34	ESQUERDO	59,57	4E	783,61	64,00	81,67	81,67	8,67	10,00	2,86	3,08	3,41	0,35	9,95	10,72	11,85	Racional

VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA COMO CANAL										VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA COMO ORIFÍCIO							
LOCALIZAÇÃO EST	DISPOSITIVO PROJETADO	DECLIVIDADE (%)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)	VAZÃO CRÍTICA (m³/s)	VELOCIDADE (m/s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	LAMINA D'ÁGUA (m)	LAMINA CRÍTICA (m)	REGIME DE ESCOAMENTO	h-CARGA HIDRÁULICA (m)	VELOCIDADE ORIFÍCIO (m/s)	h/D	SUFICIÊNCIA HIDRÁULICA	ALTURA DO ATERRO EXISTENTE (m)	SUFICIÊNCIA DO ATERRO EXISTENTE	ALTURA DO ATERRO PROJETADO (m)	SUFICIÊNCIA DO ATERRO PROJETADO
	TIPO																
8758+6,96	BDCC 2 x 2	0,65	0,62	19,29	3,73	3,62	1,37	1,33	SUBCRÍTICO	1,03	2,83	0,52	OK	3,70	OK	4,25	OK
8825+18,88	BDCC 2,5 x 2,5	0,65	0,57	33,70	4,27	4,04	1,63	1,67	SUPERCRÍTICO	1,21	3,07	0,48	OK	9,45	OK	13,10	OK
8868+12,68	BSCC 2,5 x 2,5	0,81	0,57	16,85	4,49	4,04	1,35	1,67	SUPERCRÍTICO	0,92	2,68	0,37	OK	3,90	OK	5,40	OK
8910+4,34	BSCC 2,5 x 2,5	1,50	0,57	16,85	5,14	4,04	0,83	1,67	SUPERCRÍTICO	0,46	1,89	0,18	OK	3,90	OK	5,60	OK

LOCALIZAÇÃO EST	LADO DE MONTANTE	ÁREA (ha)	BACIA N°	L (m)	H (m)	I (m/km)	leq (m/km)	tc real (min)	tc (min)	i (mm/min)			C	VAZÃO (m³/s)			MÉTODO DE CÁLCULO
										T=15 anos	T=25 anos	T=50 anos		T=15 anos	T=25 anos	T=50 anos	
8758+6,96	ESQUERDO	104,79	1E	1523,00	70,00	45,96	45,96	18,05	18,05	2,37	2,55	2,82	0,46	19,02	20,48	22,65	Racional
8825+18,88	ESQUERDO	329,71	2E	2145,27	62,00	28,90	28,90	28,10	28,10	1,96	2,11	2,33	0,30	32,27	34,75	38,43	Racional
8868+12,68	ESQUERDO	111,32	3E	1172,37	50,00	42,65	42,65	15,19	15,19	2,52	2,71	3,00	0,30	14,03	15,11	16,71	Racional
8910+4,34	ESQUERDO	59,57	4E	783,61	64,00	81,67	81,67	8,67	10,00	2,86	3,08	3,41	0,35	9,95	10,72	11,85	Racional

VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA COMO CANAL										VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA COMO ORIFÍCIO							
LOCALIZAÇÃO EST	DISPOSITIVO PROJETADO	DECLIVIDADE (%)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)	VAZÃO CRÍTICA (m³/s)	VELOCIDADE (m/s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	LAMINA D'ÁGUA (m)	LAMINA CRÍTICA (m)	REGIME DE ESCOAMENTO	h-CARGA HIDRÁULICA (m)	VELOCIDADE ORIFÍCIO (m/s)	h/D	SUFICIÊNCIA HIDRÁULICA	ALTURA DO ATERRO EXISTENTE (m)	SUFICIÊNCIA DO ATERRO EXISTENTE	ALTURA DO ATERRO PROJETADO (m)	SUFICIÊNCIA DO ATERRO PROJETADO
	TIPO																
8758+6,96	BDCC 2 x 2	0,65	0,62	19,29	3,73	3,62	1,37	1,33	SUBCRÍTICO	1,03	2,83	0,52	OK	3,70	OK	4,25	OK
8825+18,88	BDCC 2,5 x 2,5	0,65	0,57	33,70	4,27	4,04	1,63	1,67	SUPERCRÍTICO	1,21	3,07	0,48	OK	9,45	OK	13,10	OK
8868+12,68	BSCC 2,5 x 2,5	0,81	0,57	16,85	4,49	4,04	1,35	1,67	SUPERCRÍTICO	0,92	2,68	0,37	OK	3,90	OK	5,40	OK
8910+4,34	BSCC 2,5 x 2,5	1,50	0,57	16,85	5,14	4,04	0,83	1,67	SUPERCRÍTICO	0,46	1,89	0,18	OK	3,90	OK	5,60	OK

4.5 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

O projeto de pavimentação foi desenvolvido com apoio nas seguintes informações obtidas ao longo do desenvolvimento do presente projeto executivo de duplicação:

- Parâmetros de tráfego;
- Características geotécnicas dos materiais ocorrentes no subleito e ocorrências de materiais selecionadas ao longo dos trechos;
- Disponibilidade de materiais locais com potencialidade para a composição de camadas estruturais de base e sub-base;
- Disponibilidade de agregados para a composição das misturas asfálticas;
- Disponibilidade de ligantes para a formação de pinturas asfálticas e das misturas asfálticas; e
- Características geométricas projetadas para a nova pista e para as interseções, retornos e marginais previstas.

Com base nestas informações, definiu-se a concepção estrutural para os pavimentos, efetuando-se o seu dimensionamento e detalhamento do projeto em todos os seus principais aspectos, conforme se descreve em continuação.

4.6 Parâmetros de tráfego dos Trechos

Os parâmetros de tráfego determinados segundo os fatores de equivalência USACE e AASHTO foram calculados conforme os procedimentos descritos nos Estudos de Tráfego. O período de projeto considerado é igual à 10 (dez) anos, sendo os valores destinados ao dimensionamento do pavimento da nova pista da duplicação, interseções e retornos, bem como para o acostamento e marginais apresentados na tabela a saber:

Tabela 41: Resumo Número “N” por tipo de melhoria

LOCAIS	TRECHO 1B	
	N AASHTO	N USACE
LINHA GERAL	2,16E+07	8,21E+07
INTERSEÇÕES/RETORNOS	1,49E+07	5,66E+07

4.6.1 Estudos dos subleitos

Um pavimento é um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semiespaço infinito, denominado subleito, que por sua vez, é o terreno de fundação onde será apoiado todo o pavimento. Deve ser considerado e estudado até as profundidades em que atuam significativamente as cargas impostas pelo tráfego (de 0,60 m a 1,50 m de profundidade) sendo que os esforços impostos na superfície serão aliviados em sua profundidade e normalmente se dispersam no primeiro metro.

Esse terreno de fundação também deve cumprir certas exigências de compactação de acordo com valores fixados nas especificações gerais, além de aspectos qualitativos como a expansão e CBR.

A capacidade de suporte do subleito pode ser determinada diretamente por uma prova de carga estática ou por meio de correlação entre o Índice de Suporte Califórnia (CBR ou ISC) e o coeficiente de recalque (k). Portanto, os materiais do subleito devem apresentar uma expansão, medida no ensaio de CBR, menor ou igual a 2% e um CBR maior ou igual a 2%.

A seguir é apresentado o quadro resumo com os vinte e seis resultados de ensaios de CBR, expansão e umidades natural e ótima, obtidos nos ensaios laboratoriais para o segmento em projeto.

Tabela 42: Estudo dos Cortes e Aterros

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO	CBR	EXPANSÃO (%)	ENERGIA	h - NATURAL (%)	h - ÓTIMA (%)	TRB
ST-209	174+363	13,5	0,6	Intermediária	32,0	28,9	A7-6
ST-211	174+542	15,2	0,9	Intermediária	33,1	30,0	A7-5
ST-215	174+942	14,3	0,3	Intermediária	30,8	29,7	A7-6
ST-218	175+262	15,6	0,2	Intermediária	30,0	30,0	A7-5
ST-222	175+637	14,0	0,3	Intermediária	32,1	26,6	A7-6
ST-224	175+862	14,8	0,6	Intermediária	33,0	26,7	A7-5
ST-226	176+042	14,2	0,6	Intermediária	30,1	30,0	A7-5
ST-228	176+242	13,1	0,9	Intermediária	35,3	30,8	A7-5
ST-236	117+047	15,8	0,4	Intermediária	33,4	29,7	A7-5
ST-238	117+202	14,4	0,5	Intermediária	32,5	30,7	A7-5
ST-243	117+735	13,7	0,6	Intermediária	33,6	30,4	A7-5
ST-245	117+934	15,2	0,5	Intermediária	33,3	30,4	A7-5
ST-247	178+014	15,4	0,7	Intermediária	36,3	30,5	A7-5
ST-249	178+314	16,5	0,3	Intermediária	33,6	30,0	A7-5
ST-251	178+544	14,0	0,7	Intermediária	33,8	30,1	A7-5
ST-253	178+715	16,3	0,6	Intermediária	36,9	30,9	A7-5
ST-255	178+916	14,0	0,5	Intermediária	36,5	29,9	A7-5
ST-257	179+115	15,5	0,3	Intermediária	27,8	30,5	A7-6
ST-259	179+295	16,5	0,7	Intermediária	27,9	30,0	A7-5
ST-261	179+515	16,3	0,6	Intermediária	29,0	30,6	A7-6
ST-263	179+721	15,6	0,6	Intermediária	29,9	29,1	A7-6
ST-265	179+905	15,1	0,3	Intermediária	31,3	30,6	A7-6
ST-267	180+095	12,2	0,5	Intermediária	29,3	29,9	A7-5
ST-269	180+355	15,3	0,4	Intermediária	27,7	29,8	A7-6
ST-271	180+516	13,7	0,7	Intermediária	27,7	28,7	A7-6
ST-480	175+136	15,5	0,8	Intermediária	43,7	29,3	A7-5
CBR	MÉDIA	14,8					
	DESVIO-PADRÃO	1,11					
	INTERVALO inferior	11,5					
	INTERVALOR superior	18,2					

Em um primeiro momento foi verificado se todas as amostras estavam dentro do intervalo de aceitação, calculando a média e o desvio padrão do CBR. Em seguida para determinar os valores mínimo e máximo do intervalo de aceitação foram aplicadas as seguintes equações.

Valor mínimo para o intervalo de aceitação = $D - z \sigma$

Valor máximo para o intervalo de aceitação = $D + z \sigma$

Onde:

D: média aritmética

z: constante em função de n

n: número de amostras

σ : desvio padrão

n	z
3	1
4	1,5
5 - 6	2
7 - 19	2,5
≥ 20	3

Os valores obtidos que delimitam o intervalo de aceitação são: 11,5 e 18,2. Analisando os dados apresentados, verifica-se que todas as amostras ensaiadas se encontram dentro dos seus respectivos intervalos de aceitação, não sendo necessário expurgar nenhum valor.

Na sequência foram então calculados os valores característicos de CBR e expansão aplicando a fórmula apresentada a seguir.

$$\text{Característico} = \bar{X} \pm \frac{1,29.s}{\sqrt{N}}$$

Onde:

X é a média aritmética;

“s” é o desvio padrão; e

N é o número de amostras.

Deste modo, aplicando os parâmetros na fórmula apresentada, foi verificado um CBR característico igual a 14,55%.

Para efeitos de dimensionamento de pavimento pela metodologia DNIT o CBR do subleito será igual a 12% em função de que se fosse considerado o valor característico

haveria necessidade de substituição dos materiais do subleito nos locais cujo valor do índice de suporte fossem inferiores ao valor de 14,55%.

Para efeito de dimensionamentos mecânicos será utilizado um Módulo de Resiliência do Subleito (Es) igual a 1200 kgf/cm² (120 MPa), conforme a equação de correlação de Heukelom & Klomp (1962):

$$MR \text{ (psi)} = 1500 \times CBR \text{ ou } MR \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 100 \times CBR$$

4.6.2 Estudos das Jazidas

As jazidas definidas para a execução do projeto são apresentadas no item “Estudo de Ocorrência de Materiais”.

4.6.3 Dimensionamento dos Pavimentos

O dimensionamento das estruturas propostas foi executado através do emprego do método empírico de dimensionamento de pavimentos flexíveis oficializado pelo DNIT (Manual de Pavimentação, 2006) e da aplicação da verificação mecânica.

O Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis, desenvolvido em 1966 pelo extinto DNER, consiste em uma abordagem empírica com base em dois parâmetros de entrada: o Índice de Suporte Califórnia (CBR) e o volume de tráfego, representado pelo número equivalente de eixos padrão durante o período de projeto (Número N). Este método foi concebido para garantir a proteção do subleito e pode ser considerado a favor da segurança em termos de acúmulo de deformações permanentes.

A fragilidade do método em questão consiste nas espessuras mínimas recomendadas para o revestimento asfáltico apenas em função do Número N, sem levar em consideração aspectos do material constituinte do revestimento e a sua interação com as demais camadas. Portanto, a metodologia empregada atualmente em projetos brasileiros seguindo a norma em vigor desconsidera as deformações elásticas que podem levar o pavimento a rupturas precoces por efeito da fadiga do revestimento asfáltico.

Para a verificação mecânica do pavimento utilizou-se o programa computacional ELSYM5 (Elastic Layered System), o qual permite a obtenção de respostas elásticas em estruturas de pavimento com camadas múltiplas, sob a ação de carregamentos formados por áreas de contato circulares. O ELSYM5 foi desenvolvido segundo a formulação matemática da teoria da elasticidade desenvolvida por Burmister para meios semi-infinitos estratificados. Utiliza modelagem elástico-linear (módulos resilientes constantes e independentes do estado tensional) e o procedimento de cálculo é o do método das diferenças finitas.

4.6.3.1 Carregamento

As solicitações usualmente impostas pelo tráfego rodoviário são de natureza dinâmica e apresentam particularidades no que diz respeito à distribuição e à conformação geométrica das cargas, em função dos tipos de veículos considerados.

Para o presente estudo, foi considerado o eixo padrão rodoviário de 8,2 ton. simples com rodas dupla. Para definir a pressão vertical de contato, admitiu-se um valor aproximadamente igual ao da pressão de enchimento dos pneus.

Desse modo, considerando-se as características técnicas dos veículos comerciais, os tipos de pneu mais usuais e as cargas por eixo-padrão de 8,2 ton., constatou-se que o valor mais representativo da pressão de enchimento é da ordem de $5,60 \text{ kgf/cm}^2$ (80 psi).

Quanto à forma e às dimensões da superfície de contato pneu-pavimento, vários estudos revelam contornos, em geral, irregulares e distribuição da pressão de contato não uniforme, com maior concentração nos bordos do que no centro do pneu, principalmente a baixas pressões de enchimento.

Com a finalidade de se definir uma forma geométrica de carregamento e considerando a dificuldade de se ter em conta uma distribuição heterogênea de pressões no contato pneu-pavimento, admitiu-se que as cargas se distribuem uniformemente em uma área circular de raio r igual a 10,79 cm.

Este procedimento, além de simplificar os cálculos analíticos para determinação das tensões e deformações que se desenvolvem em sistemas estratificados, conduz a

resultados sensivelmente análogos àqueles obtidos a partir de considerações mais elaboradas, com outras formas de impressão de contato e distribuições de carga não uniformes.

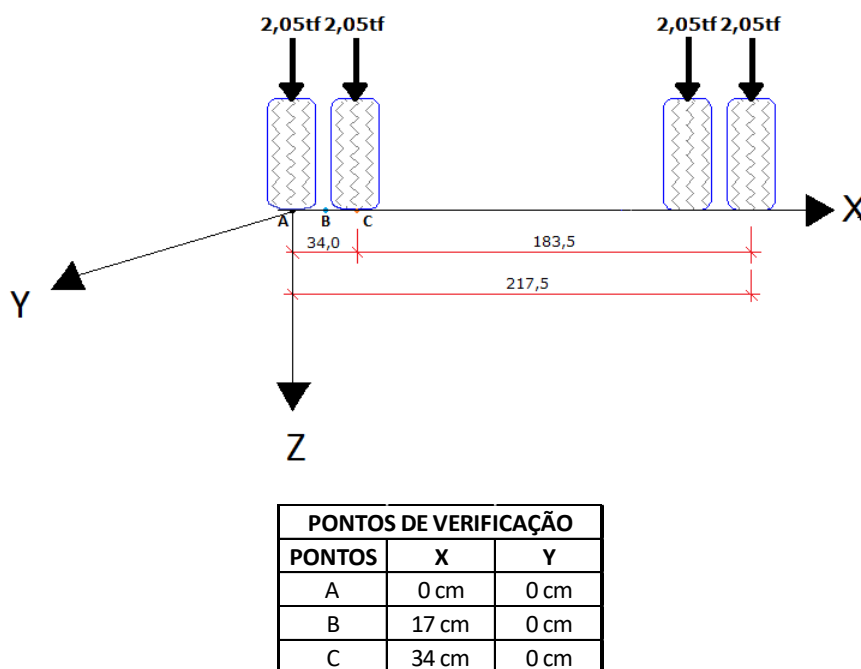
Na sequência, indicam-se as coordenadas x e y das três verticais tomadas como suporte dos pontos computacionais. As profundidades z dos pontos computacionais considerados em cada modelo foram as compatíveis com as respostas críticas relacionadas com os distintos critérios de dano levados em conta na análise efetuada, a saber:

- Fibra inferior do revestimento: deformação máxima específica horizontal de tração (ϵ_t);
- Fibra inferior da base e sub-base com cimento: tensão de tração na flexão (σ_t);
- Topo do subleito: deformação máxima específica vertical de compressão (ϵ_v).

Além destes esforços, foi determinado o deslocamento vertical no centro de carga do semi-eixo na superfície do revestimento (D_0), para comparação com a deflexão tomada com a viga Benkelman.

Figura 68: Carregamento Adotado na Análise Mecânica

CARREGAMENTO ADOTADO NA ANÁLISE MECANÍSTICA



A avaliação foi feita com base em análise racional das estruturas, a partir do cálculo das tensões e das deformações que atuam nas camadas de um sistema estratificado, solicitado por cargas exteriores. Os fundamentos desta técnica são ditados pelos princípios clássicos da Mecânica dos Pavimentos e da Teoria da Elasticidade.

Para a determinação das respostas elásticas (tensões e deformações) foram utilizados os seguintes parâmetros.

Revestimento

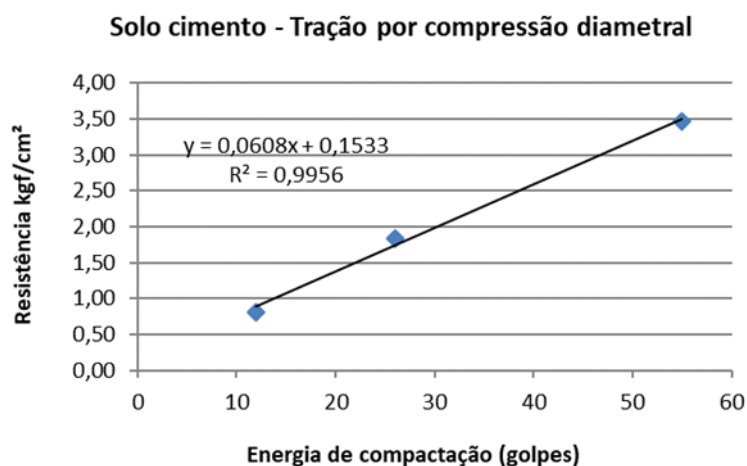
Para a camada de CBUQ com Borracha e/ou CBUQ Convencional foi considerado um módulo de resiliência igual à 40.000 kgf/cm² e coeficiente de Poisson de 0,30.

TSD polimerizado

Para a camada de TSD foi considerado um módulo de resiliência de correspondente a 35.000 kgf/cm² e coeficiente de Poisson de 0,35.

Base de Solo Cimento

A camada de base de solo cimento deverá ter um teor de 5% de maneira a garantir a resistência de tração aos 7 dias de no mínimo 3,47 kgf/cm² conforme verificado nos ensaios de laboratório. Em um primeiro momento o pavimento foi dimensionado considerando uma resistência de tração de no mínimo 3,50 kgf/cm², sem um teor de cimento específico. Foram então realizados ensaios laboratoriais considerando inicialmente um teor de 5% de cimento, onde as amostras foram analisadas levando em consideração três diferentes energias: normal, intermediária e modificada. O resultado dos ensaios é apresentado a seguir.



Solo- cimento 5,0% cimento		
Resistência a tração por compressão diametral kgf/cm ²	Energia de compactação (golpes)	
0,82	12	Normal
1,84	26	Intermediária
3,47	55	Modificada

Analisando os dados obtidos, com um percentual de 5% e energia modificada, é possível obter uma resistência a tração por compressão diametral de no mínimo 3,47kgf/cm², o que corrobora para a solução de pavimento adotada.

Para efeitos de avaliação mecanística considerou-se um módulo de resiliência igual à 50.000 kgf/cm² e coeficiente de Poisson de 0,20.

Sub-Base de Solo Cimento

A camada de sub-base de solo cimento deverá ter um teor mínimo de maneira a garantir as resistências de tração aos 7 dias de no mínimo 3,0 kgf/cm². Para efeitos de avaliação mecânica considerou-se um módulo de resiliência de 35.000 kgf/cm² e coeficiente de Poisson de 0,25.

Subleito

O subleito será executado na energia intermediária de maneira a resultar um módulo de no mínimo 1.200 kgf/cm² e um coeficiente de Poisson de 0,45.

4.6.3.2 Critérios de Resiliência Adotados

Para a análise mecânica foram utilizadas as equações (modelos) e critérios vigentes para o dimensionamento de pavimentos, relacionadas a seguir.

1º Critério – Deslocamento Vertical Recuperável Máximo na Superfície do Pavimento

Para a verificação do deslocamento vertical recuperável utilizou-se a equação do DNER-PRO 269/94, expresso pela seguinte equação:

$$\log D_{adm} = 3,148 - 0,188 \times \log N$$

Onde:

N = número de repetições de carga (NUSACE);

D_{adm} = deslocamento vertical recuperável máximo admissível.

2º Critério - Deformação específica de tração na camada betuminosa do revestimento asfáltico

O controle do trincamento da camada betuminosa ocasionada pelo fenômeno de fadiga atribuído à ação das cargas repetidas é associado à máxima deformação específica horizontal de tração ϵ_t desenvolvida na face inferior da camada betuminosa.

O modelo adotado é o desenvolvido pelo Asphalt Institute (MS-1), expresso pela seguinte equação para que se atinja uma percentagem de área trincada de 20%:

$$N = C \times f_0 \times 4,325 \times 10^{-3} \times (\varepsilon_t)^{-3,291} \times (|E^*|)^{-0,854}$$

Onde:

N = número de repetições obtido sob condições particulares de carga (fator de equivalência de carga AASHTO);

C = 10M;

$$M = 4,84 \left(\frac{V_{ae}}{V_{ae} + V_v} - 0,69 \right);$$

f₀ = Fator Campo / Laboratório, utilizado 35;

V_{ae} = Vazios cheios de Asfalto (%), adotado 12%;

V_v = Volume de Vazios de ar (%), adotado 4,0%;

ε_t = Deformação máxima de tração sob a camada asfáltica; e,

|E*| = Módulo Dinâmico do CBUQ, em psi (568.934 psi), utilizado 40.000 kgf/cm².

3º Critério - Deformações específicas de compressão no subleito

A análise é realizada por comparação da máxima deformação específica vertical de compressão, ε_v, atuante no topo do subleito, considerando-se sistema de camadas elásticas, com os valores admissíveis. O critério de fadiga para deformações verticais de compressão do subleito é idêntico aos modelos adotados para a fadiga de misturas asfálticas e expresso por equação do tipo:

$$N = K \left(\frac{1}{\varepsilon_v} \right)^\eta$$

Onde:

N = número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto;

ϵ_v = deformação específica vertical na tração;

K e n : = coeficientes determinados por regressões lineares.

Dentre as inúmeras equações de fadiga para deformações verticais de compressão do subleito desenvolvidas por pesquisadores em estudos nacionais e internacionais, recomenda-se o emprego Dormon & Metcalf 1965 na análise mecanicista de uma das expressões matemáticas cujos parâmetros são:

$K=6,069 \times 10^{-10}$ e $n=4,760$.

4º Critério – Solo Cimento (Base e Sub-base)

Quanto aos materiais tratados com cimento, a tensão específica máxima de tração na fibra inferior da camada, optou-se pela equação proposta por Ceratti (1991) para solos lateríticos arenosos (LA'):

$$RT = a - b \times \log_{10} N$$

Onde:

RT = relação de tensão admissível;

N = número de repetições de carga (fator de equivalência de carga USACE);

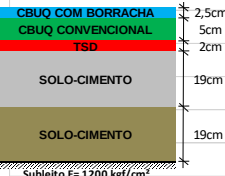
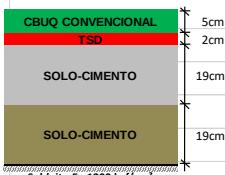
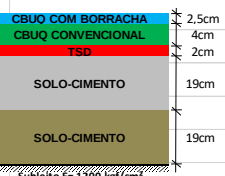
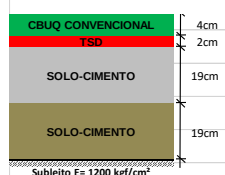
a = constante igual a 0,9476; e

b = constante igual a 0,02500.

Salienta-se que para a sub-base de solo cimento a resistência a tração aos 7 dias deverá ser de no mínimo 3 kgf/cm² e para a base deverá ser de maior ou igual a 3,5 kgf/cm².

4.6.3.3 Quadros Resumos dos Dimensionamentos

Na sequência são apresentados os quadros resumos dos dimensionamentos resultantes, respectivamente para a Linha geral (nova pista da duplicação), acostamento, marginais, interseções e retornos.

T R E C H O 1 B	LINHA GERAL		MATERIAL	MÓDULO (kgf/cm²)	POISSON	ESPESSURA (cm)	Parâmetro	Número N		Modelo	Valor Admissível	Unidade	Valor Atuante	Resultado da Análise
			CBUQ c/ Borracha	40000	0,30	2,5	D	USACE	8,21E+07	DNER - PRO 269/94	22,86	x 10 ⁻² mm	21,2	Verifica
			CBUQ Convencional	40000	0,30	5	ϵ_t	AASHTO	2,16E+07	Asphalt Institute	1,31E-04	cm/cm	8,16E-06	Verifica
			TSD	35000	0,35	2	ϵ_t	AASHTO	8,21E+07	Asphalt Institute	1,31E-04	cm/cm	4,28E-06	Verifica
			Solo-cimento	50000	0,20	19	σ_t	USACE	2,16E+07	Ceratti, 1991	0,750	kgf.cm ⁻² /kgf.cm ⁻²	0,224	Verifica
			Solo-cimento	35000	0,25	19	σ_t	USACE	8,21E+07	Ceratti, 1991	0,750	kgf.cm ⁻² /kgf.cm ⁻²	0,558	Verifica
			Subleito	1200	0,45	∞	ϵ_v	USACE	2,16E+07	Dormon & Metcalf, 1965	2,51E-04	cm/cm	8,11E-05	Verifica
	ACOSTAMENTO LINHA GERAL		CBUQ Convencional	40000	0,30	5	D	USACE	8,21E+07	DNER - PRO 269/94	22,86	x 10 ⁻² mm	21,74	Verifica
							ϵ_t	AASHTO	2,16E+07	Asphalt Institute	1,31E-04	cm/cm	0,00E+00	Verifica
			TSD	35000	0,35	2	ϵ_t	AASHTO	2,16E+07	Asphalt Institute	1,31E-04	cm/cm	0,00E+00	Verifica
			Solo-cimento	50000	0,20	19	σ_t	USACE	8,21E+07	Ceratti, 1991	0,750	kgf.cm ⁻² /kgf.cm ⁻²	0,223	Verifica
			Solo-cimento	35000	0,25	19	σ_t	USACE	8,21E+07	Ceratti, 1991	0,750	kgf.cm ⁻² /kgf.cm ⁻²	0,609	Verifica
			Subleito	1200	0,45	∞	ϵ_v	USACE	8,21E+07	Dormon & Metcalf, 1965	2,51E-04	cm/cm	8,83E-05	Verifica
	INTERSEÇÕES E RETORNOS		CBUQ c/ Borracha	40000	0,30	2,5	D	USACE	5,66E+07	DNER - PRO 269/94	24,52	x 10 ⁻² mm	21,42	Verifica
			CBUQ Convencional	40000	0,30	4	ϵ_t	AASHTO	1,49E+07	Asphalt Institute	1,47E-04	cm/cm	5,15E-06	Verifica
			TSD	35000	0,35	2	ϵ_t	AASHTO	1,49E+07	Asphalt Institute	1,47E-04	cm/cm	2,88E-06	Verifica
			Solo-cimento	50000	0,20	19	σ_t	USACE	5,66E+07	Ceratti, 1991	0,754	kgf.cm ⁻² /kgf.cm ⁻²	0,224	Verifica
			Solo-cimento	35000	0,25	19	σ_t	USACE	5,66E+07	Ceratti, 1991	0,754	kgf.cm ⁻² /kgf.cm ⁻²	0,578	Verifica
			Subleito	1200	0,45	∞	ϵ_v	USACE	5,66E+07	Dormon & Metcalf, 1965	2,72E-04	cm/cm	8,39E-05	Verifica
	ACOSTAMENTO INTERSEÇÕES		CBUQ Convencional	40000	0,30	4	D	USACE	5,66E+07	DNER - PRO 269/94	24,52	x 10 ⁻² mm	21,96	Verifica
							ϵ_t	AASHTO	1,49E+07	Asphalt Institute	1,47E-04	cm/cm	0,00E+00	Verifica
			TSD	35000	0,35	2	ϵ_t	AASHTO	1,49E+07	Asphalt Institute	1,47E-04	cm/cm	0,00E+00	Verifica
			Solo-cimento	50000	0,20	19	σ_t	USACE	5,66E+07	Ceratti, 1991	0,754	kgf.cm ⁻² /kgf.cm ⁻²	0,221	Verifica
			Solo-cimento	35000	0,25	19	σ_t	USACE	5,66E+07	Ceratti, 1991	0,754	kgf.cm ⁻² /kgf.cm ⁻²	0,631	Verifica
			Subleito	1200	0,45	∞	ϵ_v	USACE	5,66E+07	Dormon & Metcalf, 1965	2,72E-04	cm/cm	2,77E-05	Verifica

No projeto foi considerado a execução de limpa-rodas para a pavimentação dos acessos rurais. A execução do limpa-rodas tem como principal função evitar que veículos carreguem o solo proveniente de acessos rurais para a pista de rolamento, os serviços considerados foram:

- Regularização e execução de camada de Base com solo-cimento na espessura igual a 19 cm;
- Pintura de cura; e
- Execução de TSD (tratamento superficial duplo).

4.6.3.4 Apresentação do Resultado dos Dimensionamentos

No Volume 2, Projeto Executivo, são apresentadas as plantas e as seções transversais com as estruturas dos pavimentos.

4.6.3.5 Critérios de Liberação de Camadas

Em relação à liberação de camadas, os valores defletoométricos medidos com Viga Benkelman deverão enquadrar-se dentro dos valores especificados e apresentados na **Instrução de Serviço para o Controle Defletoométricos das Camadas do Pavimento**, a saber:

Objetivo:

Estabelecer os critérios para a liberação e aceitação de camadas do pavimento através do controle rotineiro de deflexões.

Controle Defletoométrico:

- O controle de deflexões será executado com emprego de viga Benkelman devidamente aferida, de acordo com o método de ensaio DNER-ME 024/94;
- A carga a ser aplicada nas medições de deflexões será de 4,1 tf, em cada semi-eixo de rodas duplas do caminhão de prova utilizado;

- Serão medidas deflexões na posição correspondente às trilhas de roda externas e ao eixo da rodovia sobre as seguintes camadas acabadas: regularização do subleito; sub-base de solo-cimento; base de solo-cimento; revestimento asfáltico.
- As deflexões deverão ser medidas sobre cada camada em até 3 (três) dias após a sua conclusão, à exceção da sub-base e base de solo-cimento, para a qual se aguardará um período de cura de 7 (sete) a 10 (dez) dias;
- Os panos para o controle deflectométrico deverão ter extensões entre 200 m e 1.000 m;
- Não há obrigatoriedade de que os panos utilizados na avaliação de uma camada coincidam com aqueles considerados para uma camada superior, sendo cada camada tratada individualmente;
- Para cada pano será efetuada a análise estatística dos valores das deflexões medidas, calculando-se:
 - D_m : média aritmética das deflexões medidas, consideradas as duas trilhas de roda externas e o eixo;
 - S : desvio-padrão da amostra;
 - $D_c = D_m + S$: deflexão característica do pano avaliado;
 - $CV = 100 \times S/D_m$ (%): coeficiente de variação da amostra.

Critérios de Aceitação:

- A tabela a seguir apresentada resume os critérios de aceitação para o controle deflectométrico:

Camada	Deflexão Característica - D_c	
	Desejável	Aceitável
Revestimento	18	25
Base Solo-cimento	20	36
Subbase Solo-cimento	33	48
Subleito	57	90

(7 dias)

(7 dias)

- A coluna "desejável" indica os valores de deflexões características a serem buscados na obra, em prol do melhor desempenho para o pavimento;
- A coluna "aceitável" indica os valores de deflexões características que permitem a liberação de cada camada executada e a consequente aceitação do serviço.

Ações quando do não atendimento do controle deflectométrico:

- Regularização do subleito:

- Caso não seja atendido o limite aceitável para a deflexão característica em um determinado pano o serviço não será aceito, devendo ser novamente executado;
- A Fiscalização do DER/PR decidirá, em função dos dados do controle tecnológico do pano não atendido, pela escarificação, correção de umidade e recompactação, ou pela remoção do material existente e sua substituição por material importado selecionado;

- Sub-base e base de solo-cimento:

- Caso não seja atendido o limite aceitável para a deflexão característica em um determinado pano, no que respeita à meta de obtenção dos padrões estabelecidos à idade de 7 (sete) dias, a camada não será liberada para a execução das etapas seguintes e não será objeto de medição, devendo nova medição de deflexão ser efetuada após 14 (quatorze), 21 (vinte e um dias) ou 28 (vinte e oito) dias de cura;
- Se o processamento estatístico das deflexões tomadas nas idades de 14, 21 ou 28 dias atender aos limites aceitáveis estabelecidos, a camada será liberada e medida;
- Se mesmo com o avanço da cura até a idade de 28 dias não forem atendidos os limites aceitáveis para o controle deflectométrico, a Fiscalização do DER/PR avaliará os resultados dos controles tecnológicos efetuados e decidirá de acordo com as seguintes alternativas:

Camada	Deflexão Característica	Demais Parâmetros de Controle	Decisão (*)
Base	$36 < D_c \leq 45$	Atendidos	Redimensionar a espessura do revestimento
	$D_c > 45$		Remover e refazer a camada de base
Sub-Base	$48 < D_c \leq 57$	Atendidos	Redimensionar a espessura da base e/ou
	$D_c > 57$		Remover e refazer a camada de sub-base
(*) Acréscimos de espessura não serão objeto de medição e pagamento.			

- Revestimento:

- Caso não seja atendido o limite aceitável para a deflexão característica sobre o revestimento o pavimento será reforçado; a espessura adicional de reforço não será objeto de medição e pagamento.

4.7 PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

Passagem superior localizada na estaca 8731 da rodovia PR323

Com esconsidade de 65,4° possui um comprimento total de 30,50m e sua largura, de 13,50m, permite a incorporação de duas pistas de rolagem com respectivos acostamentos além das barreiras de proteção.

A superestrutura do viaduto, do tipo grelha plana, tem como estrutura principal cinco longarinas pré-moldadas em concreto protendido, as quais serão solidarizadas na obra através da concretagem “in loco” de transversinas e lajes do tabuleiro. Para a execução das lajes usar-se-ão pré-lajes pré-moldadas, apoiadas sobre as longarinas, eliminando-se a necessidade de formas. Nas extremidades da obra estão previstas juntas de dilatação do tipo Jeene.

Devido as cotas do terreno natural estarem no nível da superestrutura optou-se pela utilização de cortinas de contenções nas extremidades da obra. Estas contenções, que servirão também de apoio para a superestrutura, são constituídas pela associação de estacas $\phi 600\text{mm}$, placas de concreto para vedação e vigas de coroamento atirantadas no terreno natural. Com essa solução, considerando o gabarito vertical da rodovia, conseguiu-se uma redução de aproximadamente 10m na obra, além de deixá-la mais esbelta e reduzir seu custo/m².

Nos acessos da obra foram previstas placas de aproximação para evitar possíveis recalques diferenciais entre o aterro e a estrutura, evitando-se possíveis desconfortos para os usuários.

- Classe da obra: trem tipo Classe 45 da NBR7188.
- Classe de agressividade ambiental II NBR6118/2014.

- Cobrimento da armação: vigas = 30mm
lajes = 25mm
estacas = 70mm
- Concreto estrutural: superestrutura $f_{ck} = 30\text{Mpa}$
Contenção $f_{ck} = 25\text{Mpa}$
- Aço: CA-50 / CP190-RB ϕ 12,7mm / DYWIDAGST85/105

4.8 PROJETO DE SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

Os projetos de sinalização viária e dispositivos de segurança foram desenvolvidos com a finalidade de garantir segurança e prestar as necessárias informações aos usuários da rodovia.

Este projeto é composto por sinalização horizontal, sinalização vertical, dispositivos auxiliares e dispositivos de segurança, tais como barreiras de concreto e defensas metálicas. Para a sua execução foram consideradas as recomendações contidas nos seguintes documentos:

- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Vol. I – CONTRAN, 2007;
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Vol. II – CONTRAN, 2007;
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Vol. III – CONTRAN, 2014;
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Vol. IV – CONTRAN, 2007.

A rodovia PR-323, em todo trecho em projeto, desenvolve-se em região de relevo ondulado, caracterizada como classe I-A, pista duplicada e velocidade diretriz de 80 km/h, características que subsidiaram o dimensionamento dos elementos contemplados neste projeto.

Ressalta-se que para atendimento do exposto pelo Sistema Rodoviário Estadual (S.R.E.), que é o conjunto das rodovias sob jurisdição do Governo Estadual, foi atualizada a quilometragem do trecho em questão com base no Decreto Estadual nº. 3062, de 16 de Dezembro de 2015 e publicado no Diário Oficial nº. 9599 de 17 de Dezembro de 2015, comparado ao apresentado na rodovia. Anteriormente, o início do

projeto encontrava-se no km 160,965 e, após a atualização do sistema rodoviário, o início passou a ser no km 153,445. Desta forma, uma defasagem de 7,52 km foi adequada no projeto executivo.

4.8.1 Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal tem como finalidade principal, orientar o motorista dentro de critérios pré-estabelecidos por normas, transmitindo informações ou advertências aos usuários, sem que estes desviem sua atenção da rodovia, aumentando a segurança do tráfego. Este tipo de sinalização é composto por pinturas de faixas contínuas e faixas seccionadas, no pavimento, associada à pintura de símbolos no mesmo.

Classificação:

A sinalização horizontal é classificada em quatro grandes grupos:

- a) Marcas longitudinais: formam um conjunto de linhas longitudinais à pista, que estabelecem as regas de ultrapassagem e dos deslocamentos laterais dos veículos, tendo as marcas contínuas poder de regulamentação, enquanto as seccionadas, apenas ordenam os movimentos veiculares.
- b) Marcas de canalização: possuem a característica de transmitir ao condutor uma mensagem de fácil entendimento em situações que exijam uma reorganização de seu caminamento natural. Basicamente, orienta o fluxo de tráfego em situações específicas como interseções, variação de larguras, obstáculos na pista, etc.
- c) Marcas transversais: ordenam os deslocamentos frontais dos veículos, compatibilizando-os com os cruzamentos de outros veículos e dos pedestres.

Inscrições no pavimento: atuam aumentando o grau de percepção dos usuários para as condições de operação da rodovia, possibilitando a tomada de decisão adequada, no tempo apropriado. São compostas por setas direcionais, símbolos e legendas.

Dimensionamento:

Foram adotados os seguintes critérios para o presente projeto:

-
- a) Linha dupla contínua (LFO-3) - localizadas no eixo da pista, a fim de separar os fluxos opostos de circulação, indicando os segmentos em que a ultrapassagem é totalmente proibida em ambos os sentidos de tráfego: linha contínua dupla, na cor amarela, com 15 cm de largura, distanciadas em 10 cm;
- b) Linha de bordo (LBO) - localizadas nos bordos interno e externo, a fim de delimitar a pista destinada ao deslocamento dos veículos: linha contínua, na cor branca, com 15 cm de largura;
- c) Linha de continuidade (LCO) - localizadas no bordo interno, para indicar continuidade visual onde há interrupção na LBO devido à entrada e saídas de veículos na pista: linha seccionada 2x2 (2,00 m pintados e 2,00 m sem pintura), na cor branca, com 15 cm de largura;
- d) Linha simples seccionada (LMS-2) - localizadas no interior da pista, a fim de separar as faixas de trânsito de mesmo sentido: linha seccionada 4x12 (4,00 m pintados e 12,00 m sem pintura), na cor branca, com 15 cm de largura;
- e) Linha de canalização (LCA) - utilizada para delimitar o pavimento reservado à circulação de veículos, desviando os veículos nas proximidades de obstáculos, presentes nas interseções, acessos e pontes: linha contínua, na cor branca, com 15 cm de largura;
- f) Zebrado de preenchimento da área de pavimento não utilizável (ZPA) - destaca a área interna às linhas de canalização, reforçando a ideia de área não utilizável para a circulação de veículos, além de direcionar os condutores para o correto posicionamento na via: a marcação do zebrado é feita com linhas contínuas, com 40 cm de largura, espaçadas por 2,50 m, inclinadas de 45° em relação à direção dos fluxos de tráfego. Para locais com único sentido de tráfego, utiliza-se a cor branca, já nos locais com fluxo oposto utiliza-se a cor amarela;
- g) Linha de “Dê a preferência” (LDP) - indicadas transversalmente nos acessos a rodovia, indicando ao condutor o limite onde deve parar o veículo, caso seja necessário: linha seccionada 0,5x0,5 (0,50 m pintados e 0,50 m sem pintura), na cor branca, com 40 cm de largura;
-

-
- h) Linha de retenção (LRE) - indicadas transversalmente nos acessos a rodovia, indicando ao condutor o limite onde deve parar o veículo: linha contínua na cor branca, com 40 cm de largura;
- i) Seta indicativa de mudança obrigatória de faixa (MOF) - utilizada diante da necessidade de mudança de faixa de circulação, como por exemplo, nas faixas de aceleração das interseções e acessos: símbolo branco, com dimensão para velocidades superiores a 80 km/h (comprimento longitudinal = 7,50 m).
- j) Símbolo indicativo de interseção com via que tem preferência (SIP) - indicada como reforço ao sinal de regulamentação R-2 - “Dê a preferência” , sinalizando nos acessos a existência de cruzamento com via que tem preferência: símbolo branco, com dimensão para velocidades não superiores a 60 km/h (comprimento longitudinal = 3,60 m).
- k) Legenda “PARE” - indicada como reforço ao sinal de regulamentação R-1 - “PARE” , sinalizando nos acessos a obrigatoriedade de parada: símbolos brancos, com dimensão para velocidades não superiores a 60 km/h (altura de letra = 2,40 m).

Materiais Especificados

Segundo a Instrução de Plano de Trabalho para Implantação de Sinalização Rodoviária do DNIT, a especificação do material da sinalização horizontal decorre da faixa de VDM em que a rodovia se encontra. Observando a tabela abaixo, temos o valor da espessura de aplicação e o material a ser utilizado:

Figura 69: Espessura de Aplicação por Faixa de VMD

VMD	Material DNIT	Espessura (mm)	Garantia (meses) ⁽¹⁾
Até 5.000	EM-368/2000	0,6	18
5.000 – 10.000	EM-276/2000	0,5	30
10.000 – 20.000	NBR 13731	0,6	24
Acima de 10.000 ⁽²⁾	Termoplástico Alto Relevo NBR 15.543/07	2,0 (base) 8,0 (relevo)	36
20.000 – 30.000	Termoplástico - EM-372/00	1,5	36
Acima de 30.000 ⁽³⁾	Termoplástico – EM-372/00	1,5	24
Acima de 10.000 ⁽⁴⁾	Termoplástico Preformado ou elastoplástico – NBR 15.741/09	1,0	24

(1) Essa garantia fica condicionada aos valores mínimos de retrorrefletividade definidos na Tabela 12.

(2) Em trechos críticos ou especiais.

(3) Ou em trechos de menor VMD, mas que apresentem na composição do tráfego grande quantidade de veículos comerciais (caminhão, ônibus) ou com larguras de faixa de rolamento inferiores a 3,5 metros.

(4) Para sinalização de pequenos trechos em tangente, faixas de retenção, faixas de pedestres, símbolos, legendas.

Desse modo, temos para faixa de VDM da rodovia (até 5.000 veículos unidirecional) foi escolhida a utilização de tinta à base de resina acrílica emulsionada em água, com espessura de 0,5 mm, excetuando as inscrições no pavimento que serão realizadas em termoplástico pré-formado, com espessura de 1,0 mm.

4.8.2 Sinalização Vertical

A sinalização vertical é um subsistema da sinalização viária, que se utiliza de sinais situados na posição vertical, implantados à margem da via ou suspensos sobre ela, transmitindo mensagens mediante símbolos e/ou legendas preestabelecidas e legalmente instituídas. Seu emprego tem por finalidade fornecer informações que permitam aos usuários da rodovia adotar comportamentos adequados, de modo a aumentar a segurança, ordenar os fluxos de tráfego e orientar os condutores.

Classificação segundo sua função:

- Regularizar as obrigações, limitações, proibições ou restrições que governam o uso da via;
- Advertir os condutores sobre condições com potencial risco existentes na via ou nas suas proximidades, tais como escolas e passagens de pedestres;

- Indicar direções, localizações, pontos de interesse turístico ou de serviços e transmitir mensagens educativas, dentre outras, de maneira a ajudar o condutor em seu deslocamento.

Os sinais devem estar corretamente posicionados dentro do campo visual do usuário, ter forma e cores padronizadas, símbolos e mensagens simples e claras, além de letras com tamanho e espaçamento adequados à velocidade de percurso, de modo a facilitar sua percepção, assegurando uma boa legibilidade e, por consequência, uma rápida compreensão de suas mensagens por parte dos usuários. Suas cores devem ser mantidas inalteradas tanto de dia quanto à noite, mediante iluminação ou refletorização.

Para todos os sinais posicionados lateralmente à via deve-se garantir uma pequena deflexão horizontal, entre 3° e 5° (três e cinco graus), em relação à direção ortogonal ao trajeto dos veículos que se aproximam, de forma a evitar reflexos provocados pela incidência de faróis de veículos ou de raios solares sobre a placa. Adicionalmente, os sinais devem ser inclinados em relação à vertical, em trechos de rampa, para frente ou para trás conforme a rampa seja ascendente ou descendente, de forma assim melhorar também a refletividade. De maneira análoga os sinais suspensos também devem ser defletidos formando um ângulo com a vertical entre 3° e 5° (três e cinco graus).

Ainda quando ao posicionamento na via, todas as placas devem distar, a partir do bordo voltado para a rodovia, 1,20 m do bordo externo do acostamento, ou pista, quando este não existir. Devem também ser elevadas, a partir do inferior da placa, 1,20 m da superfície da pista de rolamento, para placas de solo, sendo a exceção os marcos quilométricos, que devem ser elevados em 0,50 m. Já para as placas suspensas, o gabarito mínimo, medido do bordo inferior ao plano do pavimento rodoviário, deve ser 5,50 m.

A escolha dos materiais para confecção do substrato da sinalização vertical deu-se em função do local de fixação da placa, sendo utilizado chapa de alumínio composto para placas terrestres e chapa de alumínio com 2 mm de espessura para placas aéreas. Já para os suportes dos sinais, foram projetadas com suporte metálicos em perfil “c”, adequado a resistência e ao comprimento.

Aliada às características já citadas, tem-se a especificação dos materiais das placas, visando garantir à correta transmissão das mensagens da sinalização vertical perenemente, principalmente no tocante a manutenção de cores, segundo a na norma ABNT NBR 14644:2013 — Sinalização vertical viária – Películas – Requisitos.

No projeto temos três tipos específicos de conjuntos de placas de acordo com o quadro abaixo;

Tabela 43: Tipos de Placas/películas

E-1	PLACA EM CHAPA DE ALUMÍNIO COMPOSTO COM POLIETILENO COM SINAL IMPRESSO SOBRE AI P PRISMÁTICO (AIP) . COM PELÍCULA REFLETIVA TIPO III E PELÍCULA NÃO REFLETIVA TIPO IV.
E-2	PLACA EM CHAPA DE ALUMÍNIO COMPOSTO COM POLIETILENO FUNDO EM AMARELO AIP FAIXAS COM PELÍCULA PRETA OPACA. COM PELÍCULA REFLETIVA TIPO III E PELÍCULA NÃO REFLETIVA TIPO IV.
E-3	PLACA EM CHAPA DE ALUMÍNIO COMPOSTO COM POLIETILENO. FUNDO EM (GT). LETRAS SETAS E TARJAS EM AIP. COM PELÍCULA REFLETIVA TIPO III E PELÍCULA NÃO REFLETIVA TIPO IV.

As películas refletivas a serem utilizadas são do tipo III, conhecidas comercialmente como “alta intensidade prismática”, são constituídas tipicamente por microprismas não metalizadas e devem apresentar desempenho de retrorrefletividade de acordo com a tabela a seguir. São utilizadas nas cores branca, amarela, vermelha, azul, verde, laranja e marrom.

Tabela 44: Coeficiente inicial de retrorreflexão das películas tipo III (cd/lx/m²)

Ângulo de observação	Ângulo de entrada	Branca	Amarela	Laranja	Verde	Vermelha
0,2	-4	360	270	145	50	65
0,2	+30	170	135	68	25	30
0,5	-4	150	110	60	21	27
0,5	+30	72	54	28	10	13

Ângulo de observação	Ângulo de entrada	Azul	Marrom	Amarela lima-limão fluorescente	Amarela fluorescente	Laranja fluorescente
0,2	-4	30	18	290	220	105
0,2	30	14	8,5	135	100	50
0,5	-4	13	7,5	120	90	45
0,5	30	6	3,5	55	40	22

Fonte: ABNT NBR 14644:2013

As películas não refletivas serão do tipo IV, são constituídas por um filme plástico e conhecidas comercialmente como “preto legenda”, destinadas a produção de tarjas, legendas, símbolos e pictogramas em placas de sinalização. As películas devem possuir adesivo sensível a pressão.

A diferenciação visual entre sinais de diferentes finalidades é efetuada a partir de padronização própria de forma e cores, associadas ao tipo de mensagem que pretende transmitir, favorecendo o tempo de reação por parte do usuário, permitindo assim melhor leitura à complexidade da operação da via. De acordo com as suas funções, os sinais verticais são reunidos em quatro grupos:

- Sinais de regulamentação: contem mensagens imperativas, cujo desrespeito constitui infração;
- Sinais de advertência: contem mensagens cuja finalidade é alertar os usuários para condições adversas ou situações inesperadas na via;
- Sinais de indicação: contem mensagens cuja finalidade é identificar, orientar, posicionar, indicar e educar os usuários, facilitando o seu deslocamento;
- Dispositivos auxiliares: indicam a presença de obstáculos e orientam o fluxo de tráfego.

Ressalta-se que qualquer dispositivo de sinalização sem a devida conservação e manutenção perde sua eficácia, podendo induzir ao desrespeito, daí a necessidade de serem mantidas condições que assegurem que a vegetação, placas publicitárias e outros materiais que por ventura sejam depositados ao longo da via, não prejudiquem a visualização da sinalização projetada.

Regulamentação

A sinalização vertical de regulamentação tem por finalidade transmitir aos usuários as condições, proibições, obrigações ou restrições no uso das vias urbanas e rurais. Assim, o desrespeito aos sinais de regulamentação constitui infrações, previstas no capítulo XV do Código de Trânsito Brasileiro - CTB.

Além da forma normalmente circular, da orla vermelha e do fundo na cor branca, os sinais de regulamentação possuem o símbolo ou legenda na cor preta, e ainda uma tarja diagonal vermelha no caso dos sinais de proibição. As exceções são o sinal de 'Parada Obrigatória' (R-1) que, além da forma octogonal e fundo vermelho, possui legenda na cor branca, e o sinal 'Dê a Preferência' (R-2), que se diferencia pela forma triangular.

As dimensões dos sinais variam em função das características da via, principalmente no tocante à sua velocidade de operação, de forma a possibilitar a percepção do sinal, a legibilidade e a compreensão de sua mensagem, por parte do usuário, dentro de um tempo hábil para que se realize a operação ditada por esta mensagem. As placas de regulamentação foram projetadas para a velocidade de operação da rodovia, 80 km/h, implicando em placas com diâmetro Ø 1,00 m. Já para as placas compostas (formato retangular, fundo branco e orla preta), que trazem mensagens aliadas aos sinais padronizados de regulamentação, formando uma única placa, a altura de letra adotada para sua diagramação foi $h = 200$ mm, também em função da velocidade diretriz.

Destaca-se também a indicação diferenciada dos suportes das placas de 'Altura máxima permitida' (R-15), as quais foram projetadas para serem diretamente fixadas nas obras de arte especiais que limitam o gabarito vertical da rodovia, sejam elas passarelas ou viadutos.

Advertência

Os sinais de advertência têm a finalidade de chamar atenção dos usuários para a existência e natureza de perigo na rodovia ou adjacente a ela. Tais situações podem exigir redução de velocidade e/ou manobras, necessárias para a segurança e fluidez ao tráfego. Portanto, serão utilizados de maneira tal que o condutor tenha tempo de

percebê-lo, compreender a mensagem, reagir de forma racional e efetuar a operação que a situação exigir.

Podemos citar como situações permanentes a ser sinalizada: curvas acentuadas, interseções, estreitamento de pista, condições de superfície da pista, declives acentuados, passagem em nível, etc. Já como situações eventuais, evidenciam-se as ocorrências, na pista ou em área adjacente, de: pedestres, ciclistas, animais, ventos fortes laterais e queda de pedras, etc.

A sinalização vertical de advertência deve ser implantada a, no mínimo, 150 m antes do início da condição potencialmente perigosa, podendo ser antecedida, se necessário, de outro sinal composto entre 300 a 500 m, reforçando a ocorrência. Em casos especiais, essas distâncias podem ser alteradas, dependendo das peculiaridades do local, mas o sinal mais próximo de evento não deve ficar a menos de 100 m do seu evento. Ressalta-se que os sinais de advertência somente devem ser implantados caso a situação adversa não se evidencie claramente.

Além da forma normalmente quadrada, dispostas com uma diagonal na vertical, os sinais de advertência trazem fundo amarelo, orla e símbolo na cor preta. As exceções são: sinal de 'Sentido único' (A-26a) e 'Sentido duplo' (A-26b) que se diferenciam pela forma retangular, sinal da 'Cruz de Santo André' (A-41) que se destaca pelo formato em cruz, sinal de 'Obra' (A-24), por seu fundo na cor laranja e o sinal de 'Semáforo à frente' (A-14), pela presença das cores vermelho e verde.

As dimensões dos sinais de advertência foram projetadas para a velocidade de operação da rodovia, 80 km/h, implicando em placas com lado $L = 1,00$ m. Já para as placas compostas (formato retangular, fundo amarelo e orla preta), que trazem mensagens aliadas aos sinais padronizados de advertência, formando uma única placa, a altura de letra adotada para sua diagramação foi $h = 200$ mm, também em função da velocidade diretriz.

No tocante a especificação dos materiais a serem aplicados, foram projetadas películas tipo III para todas as placas de advertência.

Indicação

Os sinais de indicação têm como finalidade principal orientar os usuários da via no curso de seu deslocamento, fornecendo-lhes as informações necessárias para a definição das direções e sentidos a serem percorridas nos diversos segmentos do seu trajeto. São também utilizados para informar os condutores de veículos e pedestres quanto aos destinos, acessos e distâncias, além da existência de serviços ao longo da via, tais como postos de abastecimentos e restaurantes, quanto à ocorrência de pontos geográficos de referência, como divisas de estado e limites de municípios, à existência de atrativos turísticos, como praias e locais históricos, mas ainda fornecer mensagens de educação do usuário, ligadas à segurança de trânsito.

Os sinais de indicação podem ser subdivididos nos seguintes grupos: identificação, orientação de destino, educativas, serviços auxiliares, atrativos turísticos e postos de fiscalização. Porém, quanto a sua identidade visual, todos apresentam forma retangular com o lado maior na horizontal, diferenciando-se pelas cores:

- *Orientação e destino*: fundo verde, com orlas, textos e setas em branco;

- *Identificação e postos de fiscalização*: fundo azul, com orlas e textos em branco.

Exceção: brasão da rodovia: fundo branco com orlas e textos pretos.

- *Serviços auxiliares*: fundo azul, com orlas, textos e setas brancas, além de pictogramas pretos em fundo branco. Exceção: sinal de 'Pronto socorro' (SVA-10) com pictograma vermelho em fundo branco;

- *Educativas*: fundo branco, com orlas e textos em preto;

- *Atrativos turísticos*: fundo marrom, com orlas, textos e setas em branco, além de pictogramas pretos em fundo branco.

Os sinais de indicação devem possibilitar que sua mensagem seja captada com segurança pelos usuários da via, permitindo tempo hábil para a tomada de decisão. Dessa maneira, o sinal deve ter boa visibilidade, letras e símbolos de forma, tamanho e espaçamento adequados às mensagens curtas, assegurando a necessária distância para percepção, leitura e rápida compreensão das mensagens pelos condutores.

O dimensionamento dos sinais de indicação é função do tamanho das mensagens e símbolos neles contidos. O dimensionamento das mensagens, por outro lado, depende basicamente da altura de letra a ser adotada, bem como na quantidade de caracteres a ser transmitida. O tamanho de letra utilizado está em função das características da via, principalmente no tocante à sua velocidade, conforme tabelas a seguir:

Tabela 45: Altura Mínima das Letras

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	ALTURA MÍNIMA DAS LETRAS MAIÚSCULAS – h (mm)	
	Via Urbana	Via Rural
$V \leq 40$	125	150
$40 < V \leq 70$	150	150
$V = 80$	200	200
$80 < V \leq 100$	250	250
$V > 100$	-	300

As mensagens das placas de indicação foram projetadas para a velocidade de operação da rodovia, 80 km/h, portanto para altura de letra $h = 200$ mm.

A marcação quilométrica da rodovia foi projetada contendo um marco por quilômetro em cada pista da rodovia.

Já a identificação da rodovia se dará pela implantação de brasão distanciado em até 300 m, do término do taper da faixa de aceleração de cada acesso.

4.8.3 Dispositivos Auxiliares

Dispositivos auxiliares são elementos colocados junto à via, como reforço da sinalização convencional, com finalidade de alertar os motoristas sobre situações adversas ou de referência para o seu posicionamento na pista. Dentre os mais utilizados podemos citar: tachas, tachões, marcadores de perigo, marcadores de alinhamento, e balizadores.

Tachas são pequenos prismas com elementos refletivos dispostos no pavimento afim de propiciar reforço noturno para sinalização horizontal. Acompanham todas as linhas

longitudinais e de canalização, sendo preferencialmente fixadas em segmentos não pintados, protegendo o dispositivo durante uma nova pintura. As tachas podem ser bidirecionais, quando implantadas em vias de sentido duplo, ou monodirecionais, quando em sentido único, porém sempre apropriando a cor da linha a qual estão associadas. Assim, as tachas bidirecionais recebem elementos refletivos de acordo com seu emprego, refletivos amarelos em ambos os lados para as tachas associadas à sinalização amarela (proibição) e refletivo branco num lado e vermelho no outro, para as tachas associadas a marcações brancas. Para as monodirecionais, há somente o emprego de refletivo branco em um dos lados da tacha. No projeto, devido à duplicação, foram previstas majoritariamente tachas monodirecionais brancas do tipo III, restringindo o emprego de tachas bidirecionais, tanto brancas quanto amarelas, para os dispositivos e marginais de sentido duplo. Deste modo, especificou-se tachas para o eixo da rodovia, a cada 12 m, visando coincidir com os segmentos não-pintados das faixas, tachas para os bordos, com cadência de 16 m e tachas para o interior das canalizações de acordo com a cor empregada nos zebrados (amarela ou branca).

Os tachões são dispositivos de emprego semelhante as tachas, contudo por terem dimensões maiores, são utilizados somente em vias locais de baixa velocidade para impedir deslocamentos laterais. Devido as suas características, não foram projetados tachões para a PR-323.

Os marcadores de perigo são utilizados para alertar os motoristas sobre a existência de obstáculos físicos fora da pista da rodovia, deste modo foram previstos nos narizes das ilhas nas interseções.

Os balizadores e os marcadores de alinhamento são dispositivos auxiliares de percurso, posicionados lateralmente à via, em série, de forma a indicar aos usuários o alinhamento da borda da via, principalmente em situações envolvendo risco de acidentes e são particularmente importantes em trajetos noturnos ou com visibilidade prejudicada devido a condições adversas de tempo. Marcadores de alinhamento são aplicados nas curvas acentuadas (sempre do lado externo da curva) e, ainda, em pontos localizados onde o alinhamento pode ser considerado confuso. Nos segmentos

de curva, a distância entre marcadores consecutivos é dada pela expressão: $d = \sqrt{R}$, onde: R= raio da curva.

De acordo com as características geométricas da rodovia não foi necessário projetar novos marcadores de alinhamento.

4.8.4 Dispositivos de Segurança

Os dispositivos de segurança compreendem elementos colocados de forma permanente ao longo da via, interseções, ramos e acessos, de modo a proteger os usuários e minimizar danos. Os sistemas de contenção têm por objetivo evitar colisão frontal contra outro veículo (após travessia de canteiro central), quedas em grandes desníveis e choque contra elementos fixos (como pilares das obras de arte especiais, postes de iluminação e árvores).

Para a PR-323 procurou-se seguir o padrão atual da rodovia, projetando somente defensas metálicas como dispositivos de contenção, exceto onde a largura do canteiro central é inferior a zona livre indicada (8,50 m), projetando-se barreira dupla de concreto.

Desse modo, foram projetados dispositivos de segurança seguindo os requisitos da ABNT NBR 15.486, destacando-se as defensas metálicas para aterros com altura superior a 1,00 m, proteção de obstáculos fixos (pórticos, postes etc.), encontros com as OAEs e demais locais que ofereçam riscos aos condutores.

O nível de contenção para os dispositivos de segurança será alto do tipo H3 por se tratar de uma rodovia classe I-A e alta velocidade e com geometria suave se classifica como risco alto.

Defensa Metálica

Sistema de segurança contínuo, constituído por perfis metálicos implantados ao longo das vias com circulação de veículos, projetado na forma, resistência e dimensões, para conter e redirecionar os veículos desgovernados, absorvendo parte da energia cinética do veículo, pela deformação do dispositivo.

As defensas metálicas devem ter os postes cravados no solo através de abertura de buracos com posterior enchimento de concreto. Suas extremidades devem ser dotadas de ancoragem, propiciando adequada fixação ao sistema.

Barreira de Concreto

Dispositivo de segurança, rígido e contínuo, destinado a ser implantado ao longo das vias, com forma e dimensões adequadas que, ao ser colidido por veículos desgovernados, reconduza os mesmos à pista com desacelerações suportáveis para os usuários, minimizando também os danos possíveis aos veículos e ao próprio dispositivo.

Destaca-se que as barreiras simples de concreto, tipo New Jersey, estão presentes nas pontes e viadutos, mas não foram projetados novos dispositivos, apenas barreiras duplas no canteiro central para divisão de fluxos.

Transição Tripla Onda

A alternância de elementos de contenção com rigidezes diferentes deve ser realizada de modo gradual, visando não transmitir uma mudança brusca ao condutor. Portanto, nos locais onde há mudança de um sistema de contenção de menor rigidez, defesa metálica, para um sistema de contenção de maior rigidez, barreira de concreto, foi projetado a utilização de transição tripla onda, com extensão de 10,00 m.

Terminal

Os terminais são subsistemas das contenções laterais com dupla função: ancorar o dispositivo de segurança e propiciar atenuação contra impactos frontais ao sistema. Devido a essas características, os terminais estão presentes em ambas as extremidades dos dispositivos de contenção, devendo ser dotados de amortecimento na face voltada contra o fluxo de veículos, sempre que a velocidade for superior ou igual a 60 km/h. Portanto, foram projetados os seguintes tipos:

- Terminal absorvedor de energia: para velocidade de 80 km/h, fixação simples (12,00 m) e serão de dois tipos:
 - Onde há sistemas de drenagem e objetos fixos sem desnível do terreno está sendo previsto terminal absorvedor do tipo de abertura;

- Em locais onde há desnível do terreno foram previstos os terminais do tipo não abertura que tem por capacidade redirecionar o veículo a partir do primeiro poste impactado;
- Terminal abatido: lâminas de defesa metálica cravadas no solo para promover ancoragem ao final do dispositivo (16,00 m);
- Atenuador de impacto modelo TAU-II: para velocidade de 80km/h, deverão ser utilizados nas bifurcações no início das defensas metálicas;

4.9 PROJETO DE PAISAGISMO E OBRAS COMPLEMENTARES

O projeto de paisagismo e obras complementares compreende o revestimento vegetal dos taludes e áreas remanescentes da obra, e a implantação de calçadas com dispositivos de acessibilidade onde necessários e cercas.

4.9.1 Revestimento Vegetal

O revestimento vegetal dos taludes resultantes da obra e outras áreas remanescentes é extremamente importante, pois sua função é impedir a formação de processos erosivos e diminuir a infiltração de água na superfície.

Para o projeto de duplicação da PR-323 - km 174+200 ao km 180+500, foi considerado o serviço de revestimento vegetal pelo processo da hidrossemeadura e enleivamento.

A hidrossemeadura é um processo de plantio que emprega o uso de equipamentos hidráulicos para dispersar uma massa líquido-pastosa, com sementes, adubo e outros insumos. Esse material é lançado sobre a terra através da utilização de um tanque do pulverizador que normalmente é transportado por caminhão ou reboque ao local. O objetivo da aplicação é proporcionar uma cobertura rápida e homogênea da área, com ação imediata na proteção do solo a processos erosivos.

Para a aplicação da hidrossemeadura, deverá ser previsto o preparo de uma mistura contendo adubo, mulch, adesivo e sementes. A mistura de sementes deverá ser composta por espécies previamente determinadas entre gramíneas e leguminosas.

As sementes deverão ter sua procedência garantida, ou seja, deverão ser utilizadas apenas sementes com a produção fiscalizada. Estão previstas, nas superfícies hidrossemeadas, duas aplicações de fertilização nitrogenada após a germinação, aos 60 e 120 dias, aproximadamente. O processo de hidrossemeadura será aplicado nos taludes de corte ao longo do trecho de projeto.

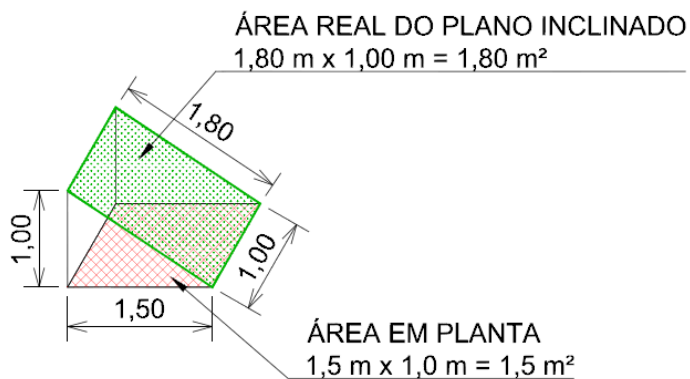
O enleivamento através de leivas em placas contendo gramínea e leguminosas, transplantada de viveiro ou outro local de extração, para o local de implantação, promovendo a cobertura imediata do solo. Como os taludes projetados são todos suaves não há necessidade de colocar estacas para travamento das placas.

Após espalhar os montes de grama, assentam-se as placas. A área deve ser nivelada manualmente, retirando pequenas irregularidades, assim a grama poderá ser assentada. Para melhorar a adesão ao solo, poderá compactar levemente as placas. O serviço de revestimento vegetal pelo processo da enleivamento será executado nos canteiros centrais, todas as áreas de revestimento na interseção, taludes de aterro e valas de drenagem.

Para a delimitação das áreas dos taludes foi considerado um metro a mais da crista e pé dos taludes de projetos. Os valores dessas áreas (horizontal) são multiplicados pelo fator correspondente a inclinação dos taludes conforme figuras abaixo.

Figura 70 – Fator de inclinação para os taludes de aterros 1,5:1.

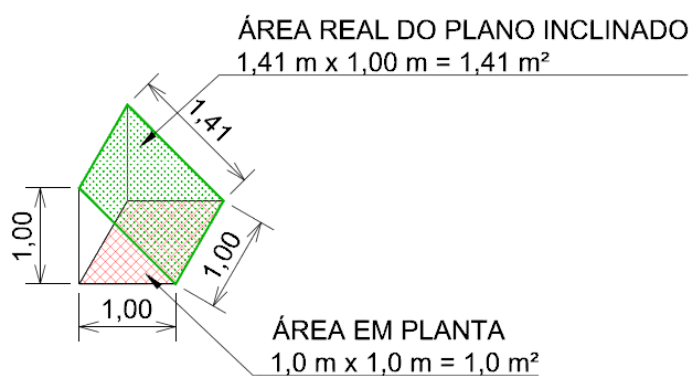
TALUDES DE ATERRO 1,5:1



FATOR DE MULTIPLICAÇÃO DA ÁREA EM PLANTA
 PARA ÁREA REAL DO TALUDE
 $1,80 \text{ m}^2 / 1,50 \text{ m}^2 = 1,20$

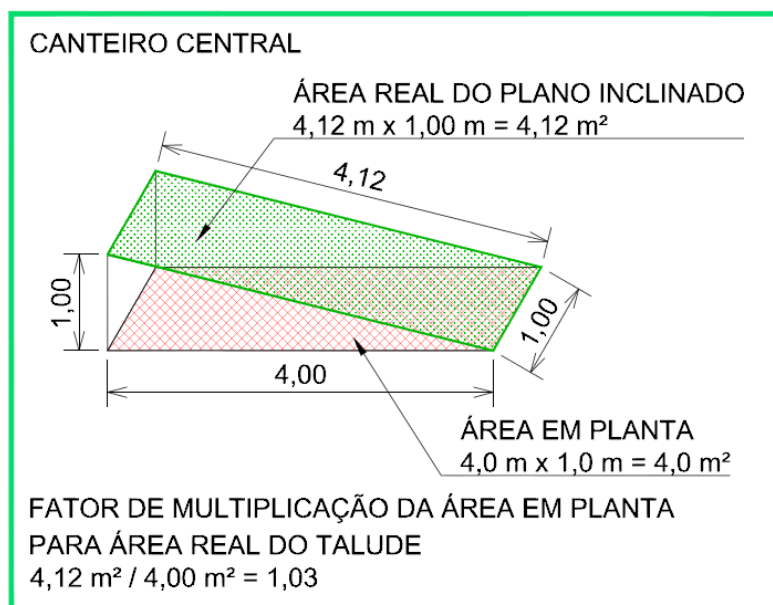
Figura 71 – Fator de inclinação para os taludes de cortes 1:1.

TALUDES DE CORTE 1:1



FATOR DE MULTIPLICAÇÃO DA ÁREA EM PLANTA
 PARA ÁREA REAL DO TALUDE
 $1,41 \text{ m}^2 / 1,01 \text{ m}^2 = 1,41$

Figura 72 – Fator de inclinação para o canteiro central.



Foram obtidas a soma das áreas dos polígonos horizontais na planta e então multiplicadas pelo fator de inclinação conforme tabela a seguir. Em alguns locais do canteiro central e nos canteiros entre pista e ramos do dispositivo 4 as inclinações dos taludes são diferentes devido ao desnível entre as pistas. Esses cálculos são apresentados em tabelas na memória de cálculo e na prancha PR323-174.200-DUP-DE-PAI-PE-0001.

4.9.2 Calçadas em Concreto

No dispositivo 4 - Interseção km 174+600 e sua via marginal foram projetadas calçadas em concreto. As calçadas terão largura de 1,50 ou 2,00 metros, podendo variar em alguns locais. A calçada constitui-se de lastro de brita com espessura de 10 cm e calçada em concreto $f_{ck}=20\text{Mpa}$ com espessura de 8 cm. Essa espessura já garante o tráfego de veículos leves para o acesso as propriedades. A declividade transversal deverá ser de 2%.

Na prancha PR323-174.200-DUP-DE-PAI-PE-0101 e na memória de cálculo é apresentada tabela com a localização e quantidades das calçadas. Com o valor total das áreas e dos perímetros (laterais da calçada excluindo o lado do meio-fio) foram calculadas as quantidades dos serviços para execução das calçadas.

Para o acesso de veículos as propriedades, deverá ser implantado nos locais indicados no projeto o meio-fio tipo 8, com altura de 4 cm, e na extensão desse meio-fio, a calçada será executada em rampa em largura de 80 cm com aproximadamente 18%, mantendo-se 1,20 metros da calçada em nível para o tráfego de pedestres. A tabela com a localização e extensão do meio-fio rebaixado é apresentada na prancha PR323-174.200-DUP-DE-PAI-PE-0101 e na memória de cálculo. A estaca indicada é a localização referencial do centro do meio-fio tipo 8. Os acessos dos veículos as propriedades devem ser verificados, e implantação deve ser em frente ao acesso/portão. Havendo interferências com dispositivos de drenagem, postes ou outros elementos no local a implantação do meio-fio tipo 8 pode ser deslocada, desde que seja mantido o acesso as propriedades.

4.9.3 Rampas de Acessibilidade

De forma a atender o Decreto Federal nº 5,296, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e a Norma ABNT 9050 (acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos), foram indicadas em projetos a implantação de rampas de acessibilidade ou rebaixamento das calçadas.

As rampas de acessibilidade devem atender ao especificado na norma ABNT 9050. As principais características são:

- Inclinação constante e não superior a 8,33% (1:12) no sentido longitudinal da rampa central e na rampa das abas laterais;
- Largura mínima do rebaixamento de 1,50m;
- A rampa não pode diminuir a faixa livre de circulação de no mínimo 1,20m;
- A largura da rampa central dos rebaixamentos deve ser de no mínimo 1,50m; e
- Não pode haver desnível entre o término do rebaixamento da calçada e o leito carroçável.

A implantação das rampas ou rebaixamento está indicada nas esquinas e locais com travessia de pedestres do projeto da interseção km 174+600 (dispositivo 4) e sua

marginal. A indicação é aproximada, e sua execução no local deve ser feita seguindo as dimensões do projeto e as recomendações abaixo:

- a) Evitar postes, árvores, placas e outros obstáculos que impeçam a passagem;
- b) Evitar passagem por bocas de lobo, e outros dispositivos de drenagem;
- c) Conformação com a sinalização horizontal (faixa de pedestres e faixa de retenção pare); e
- d) As rampas de ambos os lados devem estar alinhadas.

Por causa da largura das calçadas, 1,50 e 2,00 metros, a implantação de rampas não é possível pois não sobra espaço suficiente para a circulação no nível da calçada (são necessários 3,00 metros de largura, 1,80m da rampa e 1,20m de faixa livre para circulação), sendo a solução fazer o rebaixamento na largura total da calçada.

Em todas as rampas e rebaixamento das calçadas deverá ser implantado piso tátil de alerta, também de acordo com a norma ABNT 9050.

A tabela com a localização dos rebaixamentos das calçadas é apresentada na prancha PR323-174.200-DUP-DE-PAI-PE-0101 e na memória de cálculo. A estaca indicada é a localização referencial do centro do rebaixamento da calçada. Havendo interferências com dispositivos de drenagem, postes ou outros elementos no local indicado, fazer a construção no local mais próximo possível, salvaguardando as dimensões necessárias para garantir a acessibilidade (rampas com 8,33% de declividade - 1,80m de comprimento). O detalhamento é apresentado na prancha PR323-174.200-DUP-DE-PAI-PE-0102.

4.9.4 Cercas

As cercas são os dispositivos delimitadores da faixa de domínio de uma rodovia, e devem ser implantadas ao longo dela, exceto nos perímetros urbanos, nas travessias de grandes cursos d' água, entroncamento com outras estradas e nos pontos em que julgadas desnecessárias.

As cercas são constituídas de mourões em concreto armado e de quatro fios de arame farpado. O projeto tipo apresentado na prancha PR323-174.200-DUP-DE-PAI-PE-0100

tem como referência as definições da ES-OC 11/18 (Obras Complementares: Cercas), mas algumas dimensões foram adequadas devido aos novos requisitos para mourões de concreto armado para cercas de arame da ABNT NBR 7176:2013.

Os locais de implantação e de remoção de cercas existentes são apresentados nas plantas do projeto de paisagismo e obras complementares e em tabela na prancha PR323-174.200-DUP-DE-PAI-PE-0100 e na memória de cálculo.

4.10 PROJETO DE RELOCAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS

No Trecho 1B foram identificadas as seguintes interferências:

- Edificação a demolir, com área de 44,82 m²;
- Remoção de quatro abrigos de parada de ônibus;
- Relocação de dois monumentos no Dispositivo 04.

A relocação da rede elétrica foi apresentada no Projeto de Iluminação, ver documentos: PR323-174.200-DUP-DE-ILU-PE-0101 a PR323-174.200-DUP-DE-ILU-PE-0105.

Estão apresentadas as redes existentes de distribuição de água e elétrica, cadastro de edificações na área de abrangência do projeto, bem como as localizações dos abrigos nos pontos ônibus existentes.

Para elaboração da base cadastral de interferências foram utilizados os seguintes documentos disponibilizados pelas concessionárias de serviços públicos:

Tabela 46: Documentos base para obtidos – Cadastro de Interferências

Nome de Arquivo	Concessionária
ASBUILT's_BACKBONE ROTA-CONESUL-MARINGÁ-GOIOÊRE.DWG	VIVO
CNE_ASBUILT 2015.DWG	EMBRATEL
UMU_ASBUILT 2015.DWG	EMBRATEL
CTA_092_DR_CAMARGO.DWG	SANEPAR
BCA_092_DOUTOR_CAMARGO_MB.DWG	SANEPAR
PR-323 – INTERFERÊNCIAS DE RDA E RCE.DWG	SANEPAR
PR-323 – RODOVIA.DWG	SANEPAR

Nome de Arquivo	Concessionária
ANEXO 01 - MACROZONEAMENTO MUNICIPAL PDM.PDF	PREFEITURA DE DOUTOR CAMARGO
ANEXO 02 -- MACROZONEAMENTO E PERÍMETRO URBANOS PDM.PDF	PREFEITURA DE DOUTOR CAMARGO
ANEXO I - HIERARQUIA E DIRETRIZES VIÁRIAS.PDF	PREFEITURA DE DOUTOR CAMARGO
ANEXO I - PERÍMETRO URBANO DISTRITO-SEDE.PDF	PREFEITURA DE DOUTOR CAMARGO
ANEXO I - ZONEAMENTO-USO OCUPACAO.PDF	PREFEITURA DE DOUTOR CAMARGO
DOUTOR CAMARGO.KMZ	PREFEITURA DE DOUTOR CAMARGO
DRENAGEM.DWG	PREFEITURA DE DOUTOR CAMARGO
MAPA 2020-2 atualizado.PDF	PREFEITURA DE DOUTOR CAMARGO
NUMERAÇÃO PREDIAL mar20 completo.DWG	PREFEITURA DE DOUTOR CAMARGO

4.11 PROJETO DE ILUMINAÇÃO

A seguir serão apresentados os cálculos utilizados para dimensionamento de componentes de proteção e de comando, dos cabos de distribuição, além dos cálculos luminotécnicos para determinação do tipo e potência das luminárias, altura de montagem, ângulo de instalação e distanciamento entre postes utilizados no projeto de iluminação. A Iluminação Pública na Rodovia PR-323, no trecho 1B, com uso de estruturas exclusivas para esta finalidade, ficou restrita a Iluminação do Viaduto de acesso a Sede do Município de Doutor Camargo, conforme mostrado no desenho "PR323-174.200-DUP-DE-ILU-PE-1001_1006_R01", denominados de P01 e P02, ou seja, com o emprego de dois postes do tipo POSTE RETO CÔNICO CONTÍNUO, FLANGEADO, 9 m, ALTURA ÚTIL, FAB. FONINI, CÓD. CONIC 1000.92.B, ou similar, instalado na mureta do viaduto com o uso de SUPORTE LATERAL PARA VIADUTO.

4.11.1 Referências

Os estudos luminotécnicos tem como referência os seguintes documentos e normas técnicas:

- ABNT NBR-5461 Iluminação – Terminologia;
- ABNT NBR-5101 Iluminação Pública;
- ABNT NBR-5410 Instalações Elétricas em Baixa Tensão;
- DNIT Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Publicação IPR 726 de 2006.

4.11.2 Definições

Altura de Montagem: Distância vertical entre a superfície da rodovia e o centro da fonte de luz.

Diagrama de Distribuição: Descrição, em forma de diagrama, da intensidade da luz da luminária.

Espaçamento: Distância entre as sucessivas unidades de iluminação, medida paralelamente ao longo da linha longitudinal da via.

Fator de Uniformidade (U) da Iluminância: Razão entre a iluminância mínima e a iluminância média de um plano.

$$U = E_{\min}/E_{\text{med}}$$

Onde:

$E_{\min}$ = iluminância mínima;

E_{med} = iluminância média.

Fluxo luminoso (Φ): é a quantidade total de energia radiante ou luz, visível, emitida por uma fonte. Sua unidade é o lúmen (lm).

Iluminância ou iluminamento: é o fluxo luminoso incidente por unidade de área. É designado pela letra E e tem como unidade o lux (lx).

Linha isolux: lugar geométrico dos pontos de uma superfície onde a iluminância tem o mesmo valor.

Fator de uniformidade da iluminância: razão entre a iluminância mínima e a média em um plano especificado. Designada pela letra U, ($U = E_{\min} / E_{\text{med}}$).

Plano de uso ou campo de trabalho: região onde, para qualquer superfície nela situada, exigem-se condições de iluminância apropriadas ao trabalho visual a ser realizado e cujos níveis de iluminância devem ser especificados e medidos. Para áreas externas e faixas de tráfego o plano de uso coincide com o piso asfaltado, segundo a NBR 5413 - Iluminância de interiores.

Fator de manutenção: com o tempo de uso o fluxo luminoso emitido pelo conjunto LED e luminária é prejudicado devido à depreciação e à sujeira acumulada nos equipamentos. Em função disto e das condições do local é considerado nos cálculos um fator de manutenção na faixa de 0,60 a 0,80, incidente sobre a iluminância média, de modo a aumentar a quantidade de luz para evitar que os níveis de iluminamento, ao longo do tempo, atinjam valores abaixo do mínimo recomendado.

4.11.3 Descrição geral

A finalidade de um bom projeto de iluminação é que os locais a serem iluminados tenham o melhor conforto luminoso, a melhor qualidade, a maior eficiência energética atendendo às necessidades econômicas do projeto.

Quando da iluminação de rodovias, a segurança do trânsito para o usuário se configura como fator da máxima importância nos projetos de implantação ou de melhoramentos.

Dentro destes conceitos, temos como principal objetivo da iluminação a obtenção de boas condições de visão associadas à visibilidade, segurança e orientação do local a ser iluminado.

Seguindo estas premissas, foram utilizados equipamentos de uso amplamente difundidos, sem a especificação de postes, luminárias e fontes de luz especiais.

Para fins de cálculo, cada área foi subdividida em sub-áreas menores, a saber:

- Pistas principais;

- Pistas secundárias;
- Passagens Superiores.

4.11.3.1 Critérios e dados para o Cálculo

Seguem as considerações para a execução dos estudos luminotécnicos:

4.11.3.2 Pistas Principais e Secundárias

Largura das Vias	de 3,6+3,6 m a 8 m
Volume de tráfego (conforme tabela 1 da NBR 5101)	MÉDIO
Classificação da via (conforme item 4.1 NBR 5101)	RODOVIA
Tráfego de pedestres	Leve
Classe de Iluminação da via (conforme tabela 4 da NBR 5101)	V2
Iluminância média mínima (conforme tabela 4 da NBR 5101)	20 Lux
Fator de uniformidade (conforme tabela 4 da NBR 5101)	0,3
Postes	de aço, retos, cônicos contínuos, simples/duplos, alt. 12 m
Luminárias da via	luminária fechada para iluminação pública de rodovias, tecnologia LED, grau de proteção IP 66, corpo em alumínio injetado a alta pressão, tensão nominal 90 a 305 VAC, vida útil prevista de 60.000 horas, temperatura de cor de 4000K, potência nominal 190 W, re. Tecnowatt, Modelo NATH-L 190
Fluxo luminoso da Luminária	19.000 Lm

4.11.3.3 Pontes e Viadutos

Largura das Vias	de 3,6+3,6 m a 8 m
Volume de tráfego (conforme tabela 1 da NBR 5101)	MÉDIO
Classificação da via (conforme item 4.1 NBR 5101)	RODOVIA
Tráfego de pedestres	Leve
Classe de Iluminação da via (conforme tabela 4 da NBR 5101)	V2
Iluminância média mínima (conforme tabela 4 da NBR 5101)	20 Lux
Fator de uniformidade (conforme tabela 4 da NBR 5101)	0,3
Postes	de aço, retos, cônicos contínuos, simples/duplos, alt. 9 m
Luminárias da via	luminária fechada para iluminação pública de rodovias, tecnologia LED, grau de proteção IP 66, corpo em alumínio injetado a alta pressão, tensão nominal 90 a 305 VAC, vida útil prevista de 60.000 horas, temperatura de cor de 4000K, potência nominal 163 W, ref. Tecnowatt, Modelo NATH-L 163
Fluxo luminoso da Luminária	17.667 Lm

4.11.4 Cálculo luminotécnico

Para verificação das características luminotécnicas do projeto, foi utilizado o programa Dialux Evo, versão 5.8.2.41698.

As curvas das luminárias existentes utilizadas no programa foram fornecidas pela Tecnowatt.

Com base no arquivo .dwg (planta e posicionamento dos postes) mais a localização e orientação das luminárias, o programa calcula diversas grandezas referentes a iluminação, fornecendo relatórios dos resultados.

O software permite um estudo luminotécnico completo e tridimensional das vias, pelo método ponto a ponto, preservando as características geométricas do empreendimento e considerando a fotometria do conjunto óptico de cada luminária.

O software também orienta e determina o tipo e a quantidade de luminárias, assim como verifica e simula os níveis de iluminação, obtendo o resultado luminotécnico mais apropriado, observando que:

- a) o fluxo luminoso considerado é o nominal da luminária empregada;
- b) um fator de manutenção igual a 0,80 é aplicado como parâmetro de cálculo, reproduzindo além da depreciação dos equipamentos, um certo grau de poluição, sujeira e um ciclo trienal de limpeza do conjunto óptico. Significa prever uma iluminância acima da mínima requisitada de forma a compensar as referidas perdas ao longo do tempo;
- c) depois de inserir as luminárias e todos os dados necessários, o software realiza uma série de cálculos e simulações e fornece os resultados que são criteriosamente analisados. Caso atendam aos níveis médios de iluminância requeridos e proporcionem uma iluminação adequada para as necessidades daquela área são encaminhados para emissão de relatórios, caso contrário, uma readequação da iluminação se faz necessária, retomando os devidos procedimentos.

Os resultados devem obedecer aos parâmetros definidos na tabela 5 da NBR 5101 – Iluminação Pública – Procedimento, que estabelece:

- 1 - Levando-se em conta o volume de tráfego e na classificação da via determina-se a classe de iluminação da via
- 2 - Dada a classe de iluminação, são definidos os valores de Iluminância média mínima e fator de uniformidade (FU) mínimo.

Estes dois valores devem ser alcançados em toda trecho iluminado.

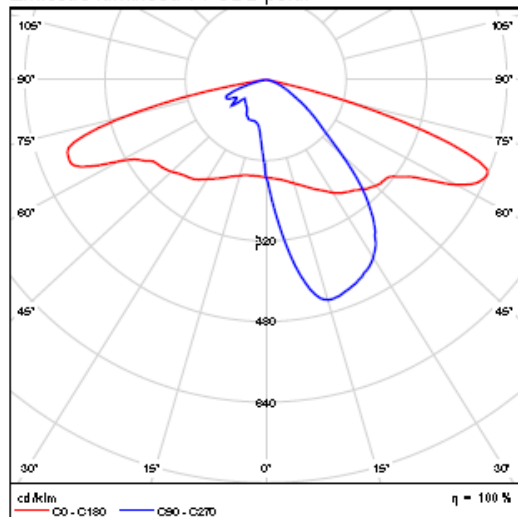
4.11.4.1 Resultados

Os estudos luminotécnicos desenvolvidos com base nas referências, critérios e definições expressas, apresentam-se a seguir:

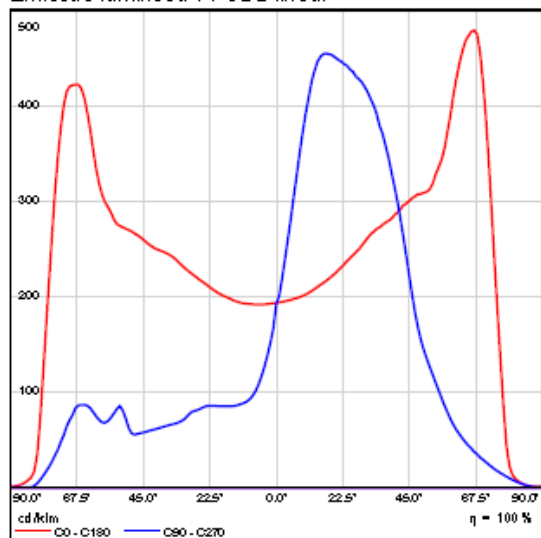
ENSAIOS DE ILUMINAÇÃO - PR-323 NTH S (TECNOWATT)

Tecnowatt(Simon) - LUM LED TW4001589 190W IP66 90-305Vac 1x

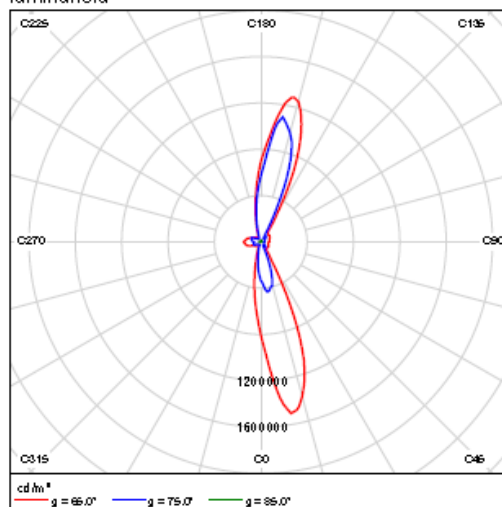
Emissão luminosa 1 / CDL polar



Emissão luminosa 1 / CDL linear

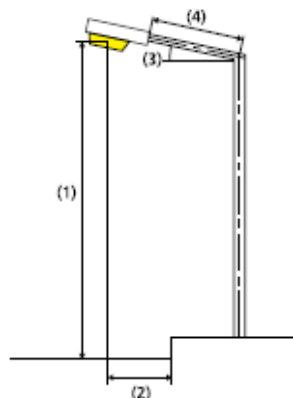
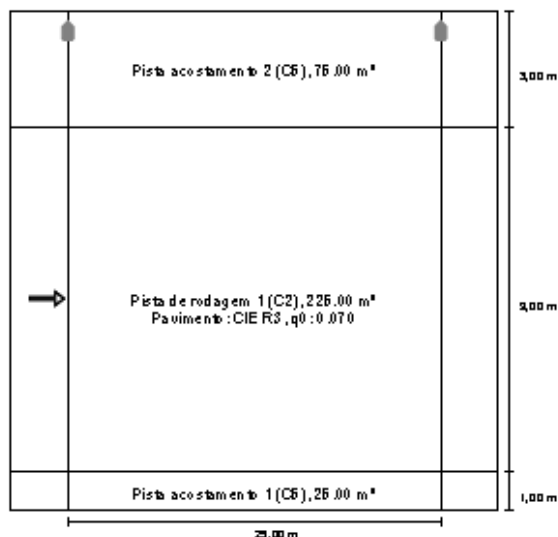


Emissão luminosa 1 / Diagrama de densidade de luminância



Trecho Típico em direção EN 13201:2015

Tecnowatt(Simon) - LUM LED TW4001589 190W
IP66 90-305Vac



Lâmpada:	1x
Fluxo luminoso (luminária):	22447.61 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	22448.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 185.9 W
W/km:	7436.0
Distribuição:	unilateral em cima
Distância entre postes:	25.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	6.0°
Comprimento braço extensor (4):	0.000 m
Altura do ponto de luz (1):	10.000 m
Pendulo do ponto de luz (2):	-2.500 m

Resultados para os campos de avaliação
Factor de manutenção: 0.80

Pista acostamento 2 (C6)

$E_m [lx]$ ≥ 7.50	U_o ≥ 0.40
✓ 38.04	✓ 0.66

Pista de rodagem 1 (C2)

$E_m [lx]$ ≥ 20.00	U_o ≥ 0.40
✓ 47.31	✓ 0.40

Pista acostamento 1 (C6)

$E_m [lx]$ ≥ 7.50	U_o ≥ 0.40
✓ 13.47	✓ 0.66

Resultados para indicadores de eficiência energética

Indicador de Densidade de potência (Dp) 0.013 W/km²

Densidade de consumo de energia

Distribuição: 18617 - 1 - NATH L 190W/5000K Repaired Jcs 2.3 kWh/m².yr
(743.6 kWh/yr)

ULR:	0.00
ULOR:	0.00
Valor máximo da potência luminosa	
com 70° e acima:	1012 cd/ldm "
com 80° e acima:	196 cd/ldm "
com 90° e acima:	3.19 cd/ldm "
Classe de potência luminosa:	G*1

Em todas as direções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais interiores.

* Os valores de intensidade luminosa em [cd/ldm] para o cálculo da classe de intensidade luminosa referem-se ao fluxo luminoso das luminárias de acordo com EN 13201:2015.

A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6

Pista acostamento 2 (C6)

Factor de manutenção: 0.80

Tema: 10 x 3 Pontos

$E_m [lx]$ ≥ 7.50	U_o ≥ 0.40
✓ 38.04	✓ 0.66

Pista acostamento 2 (C5)

Potência luminosa horizontal [lx]

12.500	29.3	27.3	25.3	22.6	21.1	21.2	22.9	25.9	27.6	28.2
11.500	44.0	41.5	37.5	31.9	28.5	28.7	32.7	39.3	43.9	45.5
10.500	62.6	59.0	51.9	42.7	36.3	36.7	43.0	53.9	62.7	67.2
m	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Trama: 10 x 3 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
38.0	21.1	67.2	0.564	0.313

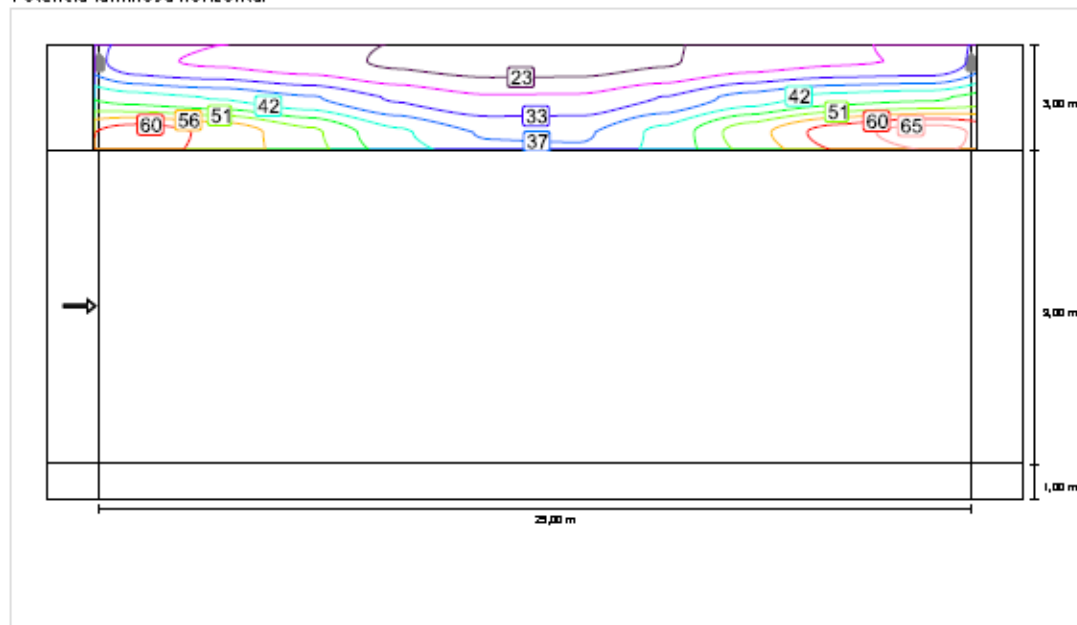
Pista acostamento 2 (C5)

Factor de manutenção: 0.80

Trama: 10 x 3 Pontos

Em [lx]	Uo
≥ 7.50	≥ 0.40
✓ 38.04	✓ 0.55

Potência luminosa horizontal

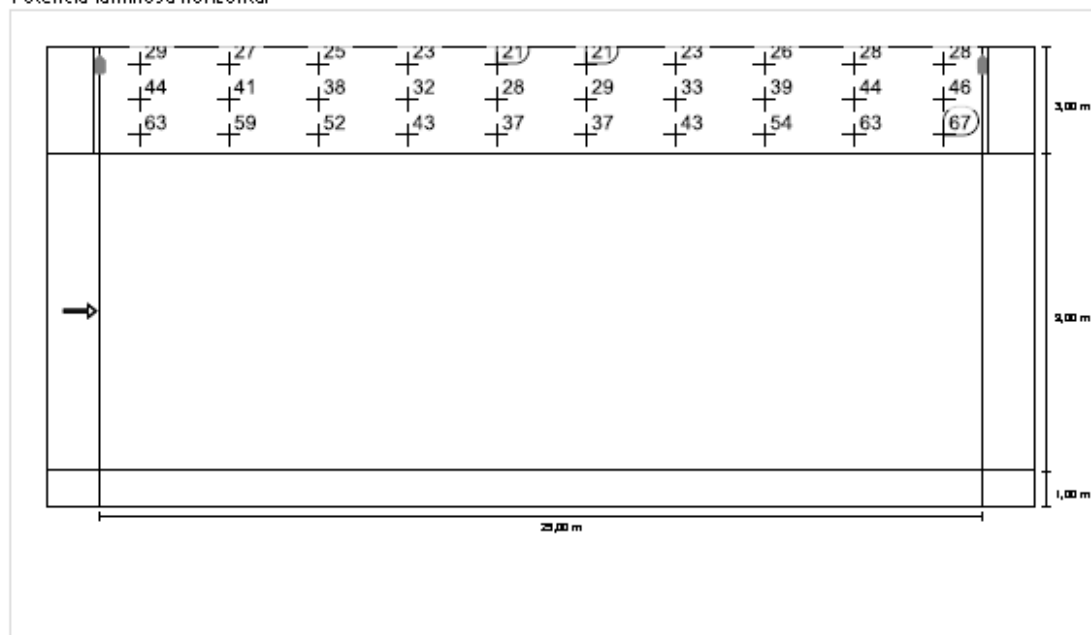


Pista acostamento 2 (C5)

Factor de manutenção: 0.80
Tema: 10 x 3 Pontos

Em [lx]	Uo
≥ 7.50	≥ 0.40
✓ 38.04	✓ 0.55

Potência luminosa horizontal



Pista de rodagem 1 (C2)

Factor de manutenção: 0.80
Tema: 10 x 3 Pontos

Em [lx]	Uo
≥ 20.00	≥ 0.40
✓ 47.31	✓ 0.40

Pista de rodagem 1 (C2)

Potência luminosa horizontal [lx]

3.500	79.9	75.6	68.4	62.3	51.4	50.7	56.2	66.2	75.5	80.1
5.500	57.9	56.2	52.2	47.0	42.7	41.2	44.6	49.5	55.0	57.0
2.500	32.3	30.6	25.2	21.4	19.3	18.2	19.2	23.2	28.3	30.7
m	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Tema: 10 x 3 Pontos

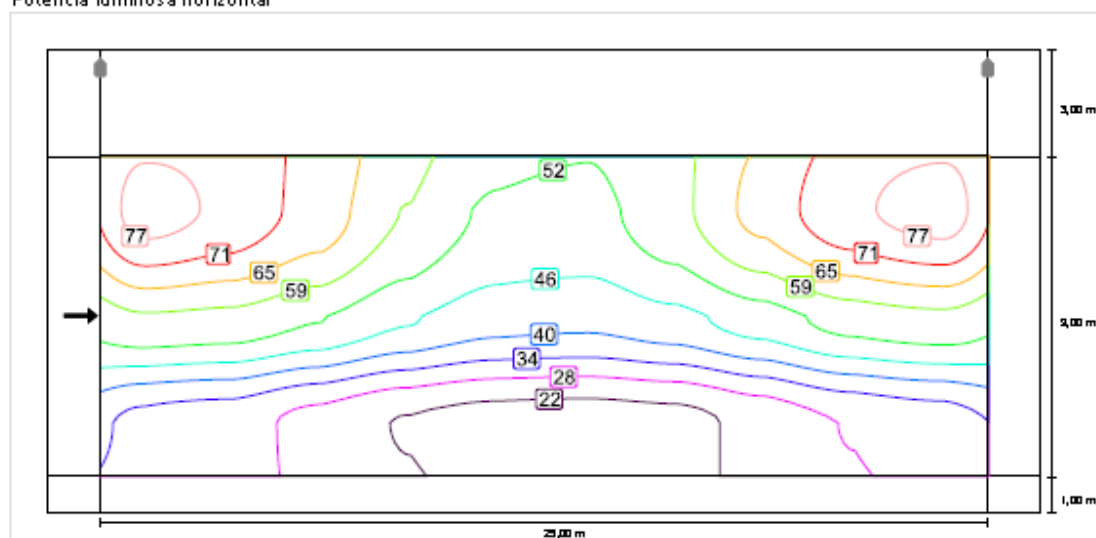
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
47.3	18.2	80.1	0.397	0.236

Pista de rodagem 1 (C2)

Factor de manutenção : 0.80
Tema : 10 x 3 Pontos

Em [lx]	Uo
≥ 20.00	≥ 0.40
✓ 47.31	✓ 0.40

Potência luminosa horizontal

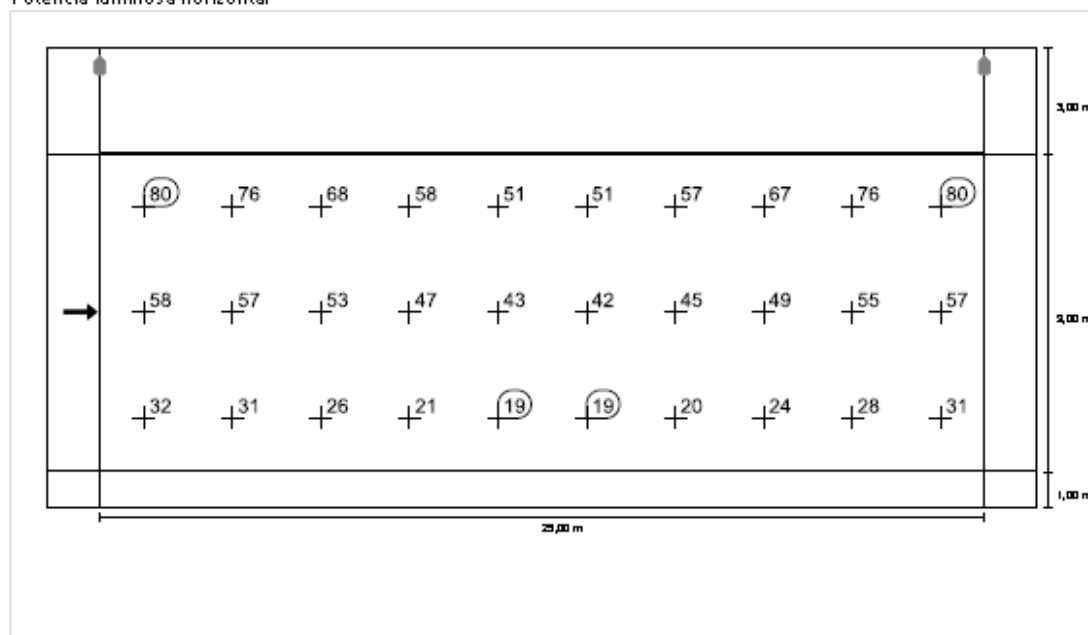


Pista de rodagem 1 (C2)

Factor de manutenção : 0.80
Tema : 10 x 3 Pontos

Em [lx]	Uo
≥ 20.00	≥ 0.40
✓ 47.31	✓ 0.40

Potência luminosa horizontal



Pista acostamento 1 (C5)

Factor de manutenção: 0.20
Trama: 10 x 3 Pontos

E_m [lx] ≥ 7.50	U_o ≥ 0.40
✓ 13.47	✓ 0.65

Pista acostamento 1 (C5)

Potência luminosa horizontal [lx]

0.233	20.2	18.6	16.4	12.6	10.2	10.7	11.5	14.0	16.9	13.7
0.500	13.0	16.6	13.9	11.3	9.67	9.62	10.3	12.6	16.2	16.2
0.167	16.1	14.2	12.6	10.1	8.21	8.79	9.26	11.5	13.6	14.9
m	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Trama: 10 x 3 Pontos

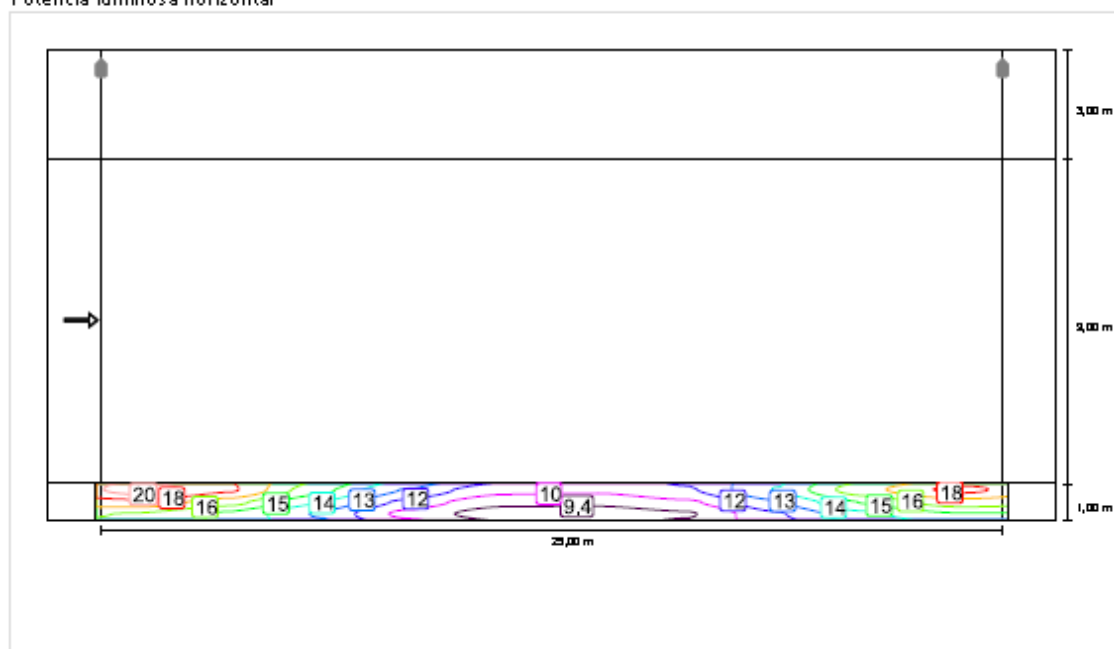
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	g_1	g_2
13.5	8.79	20.2	0.653	0.436

Pista acostamento 1 (C5)

Factor de manutenção: 0.20
Trama: 10 x 3 Pontos

E_m [lx] ≥ 7.50	U_o ≥ 0.40
✓ 13.47	✓ 0.65

Potência luminosa horizontal

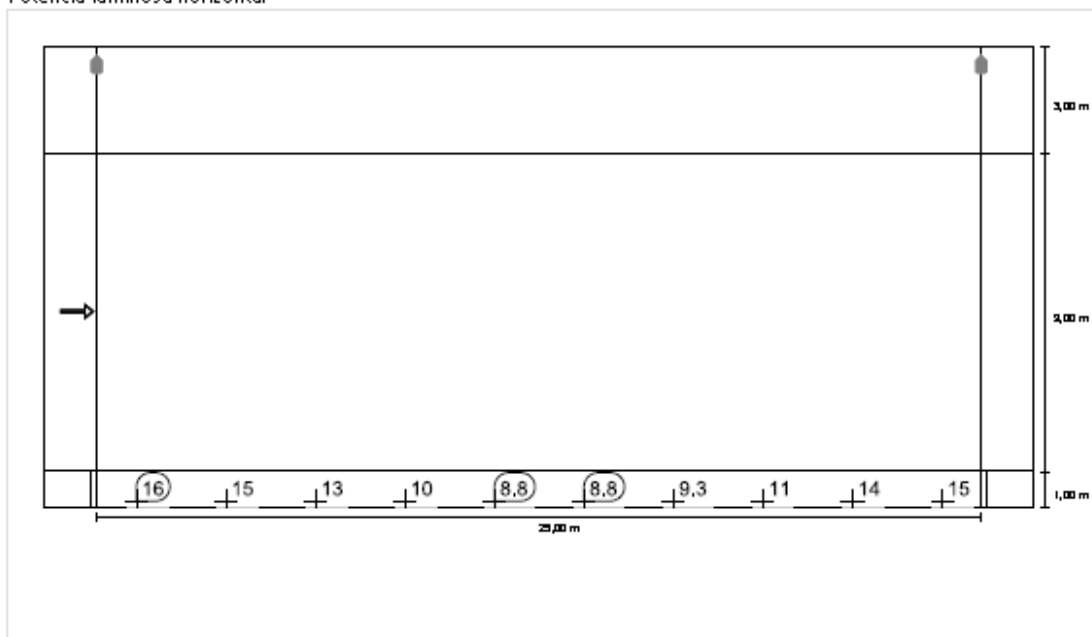


Pista acostamento 1 (C5)

Factor de manutenção: 0.80
Tema: 10 x 3 Pontes

$E_m [lx]$ ≥ 7.50	U_o ≥ 0.40
✓ 13.47	✓ 0.66

Potência luminosa horizontal



4.11.5 Dimensionamento dos condutores de distribuição

Os circuitos de iluminação p01 E p02 serão alimentados diretamente da Rede de energia da Copel, através do poste 011.

4.11.5.1 Critério de Capacidade de Condução de Corrente

Determinação da maior Corrente Nominal.

Do quadro a seguir, podemos obter as correntes nominais de cada circuito:

CIRCUITO	POTÊNCIA (W)	I (A)
1	400	1,05

Então adotaremos como $I_n = 1,05$ A.

Para determinação da capacidade de condução, devemos consultar a NBR 5410, item 6.2.5.

Modo de Instalar. Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso por cabo suporte - Tabela 33 - Método de instalação 17 - Modo F.

Condutor selecionado = 16 mm² alumínio multiplexado 3#16 mm² (2F+T).

Corrente nominal do condutor = $I_z = 61$ A (TAB 38 - coluna 3).

Como a maior corrente nominal dos circuitos é menor que a capacidade de condução de corrente do cabo, o critério foi obedecido.

4.11.5.2 Critério de Máxima Queda de Tensão no Circuito

$$\Delta V = 1,732 \times I \times D \text{ (km)} \times (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

Sendo:

ΔV = QUEDA DE TENSÃO no circuito

I = corrente nominal do circuito

D = distância em Km do circuito

R = RESISTÊNCIA DO CABO

X = REATÂNCIA DO CABO

Considerando:

COS ϕ = 0,9 e que para cabo 16 mm², adotando os valores de R = 2,295 Ω e X = 0,115 Ω

Cálculo de queda de tensão conforme tabelas abaixo, com a indicação da queda mais alta em cada circuito. Estabelecido o limite máximo de 5% para queda máxima (NBR 5410). Observamos que em todos os circuitos esse limite foi atendido com folga.

Condutor selecionado = 16 mm² alumínio multiplexado 4#16 mm² (3F+T). ou 3#16 mm² (2F+T). A queda foi calculada através da expressão: $(1,732 \times I \times D \text{ (km)} \times (R \cos \phi + X \sin \phi)) / 1000$, onde D=Distância em km do trecho analisado, R=Resistência do condutor e X=Reatância do condutor.

CIRCUITO 2/MEDIÇÃO 1 - CABO: AL-16mm ² - Impedância=2,115627338 Ω /Km							
TRECHO	DIST. (m)	P(W)	I(A)	ΔV TRECHO	ΔV TOTAL	ΔV TOTAL	Condutor Mult. AL
				(V)	(V)	%	
011 a P01	31	400	1,92	0,13	0,13	0,06	2x16(16)mm ²
P01 a P02	25	200	1,01	0,09	0,09	0,15	2x16(16)mm ²
0,15% de QUEDA DE TENSÃO COMO CASO MAIS CRÍTICO DO CIRCUITO no ponto P02<5% - OK							

Condutor selecionado = 16 mm² alumínio multiplexado 4#16 mm² (3F+T).

4.11.5.3 Esforços Mecânicos nas Estruturas

A avaliação dos esforços na nas estruturas ficou restrito ao caso mais crítico do poste em final de linha com dois braços de sustentação de luminárias.

Os esforços nos postes são basicamente devido ao vento e peso dos componentes instalados nos postes (luminárias e braços) além do ação do vento no próprio poste.

As premissas adotadas foram de temperatura de 5°C e velocidade do vento de 31m/s.

O máximo de esforço suportado pelo poste é de 1.120kgf.m (informação do fabricante).

O esforço total crítico foi determinado em 614 kgf.m, momento fletor no ponto do engastamento do poste. Considerando resistencia do poste de 1.120kgf.m, concluímos que o esforço solicitado é suportado.

5 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO

INFORMAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DE ORDEM GERAL	
DER/PR ES-IG 01/05	Informações e Recomendações de Ordem Geral

SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM	
DER/PR ES-T 01/18	Serviços preliminares
DER/PR ES-T 02/18	Cortes
DER/PR ES-T 03/18	Empréstimos
DER/PR ES-T 04/18	Remoção de solos moles
DER/PR ES-T 05/18	Colchão drenante de areia para fundação de aterro
DER/PR ES-T 06/18	Aterros
DER/PR ES-T 07/18	Revestimento Primário
DER/PR ES-T 08/18	Caminhos de serviço

DER/PR ES-T 02/18 – CORTES: no tocante ao rebaixamento do solo de fundação do pavimento, prever escavações e recompactação (mesmo material) de todos os cortes e aterros de altura inferior a 60 cm, objetivando homogeneidade das camadas finais de aterro e corte, e garantindo o Grau de Compactação necessário à implantação do novo pavimento.

SERVIÇOS DE DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE	
DER/PR ES-D 01/18	Sarjetas e valetas
DER/PR ES-D 02/18	Transposição de segmentos de sarjeta
DER/PR ES-D 03/18	Entradas e descidas d'água
DER/PR ES-D 04/18	Dissipadores de energia
DER/PR ES-D 05/18	Bocas e caixas para bueiros tubulares
DER/PR ES-D 06/18	Drenos longitudinais profundos
DER/PR ES-D 07/18	Drenos sub-superficiais
DER/PR ES-D 08/18	Drenos sub-horizontais
DER/PR ES-D 09/18	Bueiros tubulares de concreto
DER/PR ES-D 11/18	Demolição de dispositivos de concreto

SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO	
DER/PR ES-P 01/05	Regularização do Subleito
DER/PR ES-P 08/05	Solo arenoso fino laterítico
DER/PR ES-P 11/18	Solo-cimento e solo tratado com cimento
DER/PR ES-P 28/18 – ADAPTADO	Concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha
DER/PR ES-P 21/17	Concreto Asfáltico Usinado à Quente
DER/PR ES-P 25/05	Contenção Lateral de Pavimentos
DER/PR ES-P 27/05	Demolição de pavimentos
DER/PR ES-P 31/05	Fresagem a frio
DER/PR ES-P 17/17	Pinturas asfálticas
DER/PR ES-P 36/17	Tratamentos Superficiais – Ligantes Convencionais e Modificados
DER/PR ES-D 06/18	Drenos Longitudinais Profundos
DER/PR ES-D 07/18	Drenos Sub-Superficiais

Com relação ao serviço: concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha (DER/PR ES-P 28/18) recomenda-se a adoção da faixa para a mistura da camada de rolamento as seguintes alternativas de misturas descontínuas do tipo Gap-Graded, ambas com condições de suportar bem as condições de tráfego da PR-323, além de serem adequadas ao ligante modificado com borracha reciclada de pneu indicado no projeto e de proporcionarem a execução da espessura de 2,5 cm prevista:

Peneira de Malha Quadrada		% Passando, em peso			
ABNT	Abertura (mm)	Faixa 3/8"		Faixa 6 mm	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
3/8"	9,50	80	100	95	100
nº 4	4,80	25	40	42	55
nº 10	2,00	18	29	16	28
nº 40	0,42	9	15	8	15
nº 80	0,18	6	11	6	11
nº 200	0,07	4	7	4	7
Espessura da camada (cm)		2,5 a 4		2 a 3	

O teor de asfalto que resultará da dosagem deverá se aproximar daquele previsto no projeto, não gerando impacto financeiro ao contrato.

As faixas acima foram adaptadas da CALTRANS para melhor correspondência aos padrões de peneiras usualmente considerados pelo DER/PR e têm sido aplicadas por concessionárias de rodovias brasileiras em trechos de tráfego pesado.

Outras características a serem consideradas na formulação da mistura densa descontínua e de seus componentes são as seguintes:

Agregados:

- Cuidados especiais deverão ser tomados perante agregados com elevada absorção de água, comuns em pedreiras de rocha basáltica da região: desejável evitar o uso de agregados com mais de 1,5% de absorção; considerar o ligante absorvido pelos poros permeáveis na dosagem;
- Não deverá ser utilizada areia natural na formulação da mistura;
- Agregados deverão apresentar:
 - No ensaio de índice de forma (1:n) n menor do que 3 e no máximo 10% de partículas lamelares e alongadas com relação de tamanhos $n > 5$ (NBR-7809);
 - Perda inferior a 12% no ensaio de Durabilidade de Sódio;
 - Percentagem de desgaste inferior a 35%, no ensaio de Abrasão Los Angeles;
 - Equivalente de areia igual ou superior a 55%.
- É obrigatória a incorporação de cal hidratada CH-1 que conduza à obtenção de uma mistura com resistência retida no ensaio a Danos por Umidade Induzida (AASHTO T-283) de, no mínimo, 70%.

Mistura Asfáltica:

PARÂMETRO	UNID.	LIMITES	
	%	Mín.	Máx.
Vazios preenchidos por asfalto	%	50	75
Vazios do agregado mineral (VAM)	%	16	
Resistência à tração por compressão diametral	daPa	5	
Danos por umidade induzida	%	70	
Volume de vazios - 75 golpes/face (Faixa 3/8")	%	4	6
Volume de vazios - 75 golpes/face (Faixa 6 mm)	%	4,5	6,5

(*) Condições de vazios determinadas com apoio do Rice Test

Ligante Asfáltico:

- Deverá ser utilizado cimento asfáltico de petróleo modificado com borracha reciclada de pneus do tipo AB8, conforme Resolução Técnica no. 39 da ANP, de 24 de dezembro de 2008.

Recomendações de ordem executiva:

- A compactação da mistura densa descontínua deverá ser executada com rolo liso tandem vibratório, com controle de frequência e amplitude, capaz de prover frequência de vibração mínima de 2200 vpm;
- Demais padrões de execução deverão ser atendidos, conforme especificação DER/PR ES-P 28/17.

Em face das pesadas solicitações de tráfego e elevadas temperaturas prevalentes na Região Noroeste do Estado do Paraná, consideramos essencial que as misturas asfálticas utilizadas sejam verificadas na fase de dosagem quanto à deformação permanente, conforme preveem as especificações aplicáveis do DER/PR.

SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	
DER/PR ES-OC 02/05	Sinalização horizontal com tinta à base de resina acrílica emulsionada em água, retrorrefletiva
DER/PR ES-OC 04/05	Sinalização horizontal com material termoplástico aplicado pelo processo de extrusão, retrorrefletivo
DER/PR ES-OC 05/05	Sinalização horizontal com material termoplástico aplicado pelo processo de aspersão, retrorrefletivo
DER/PR ES-OC 09/05	Fornecimento e implantação de placas laterais para sinalização vertical
DER/PR ES-OC 06/06	Tachas refletivas

SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	
DER/PR ES-OC 14/05	Defensas de concreto (barreiras)
ABNT – NBR 6971/12	Defensas metálicas – Projeto e implantação
ABNT – NBR 14885/16	Segurança no tráfego – Barreiras de concreto
ABNT – NBR 14962/13	Sinalização vertical viária — Suportes metálicos em aço para placas — Projeto e implantação
ABNT – NBR 15402/14	Sinalização horizontal viária — Procedimentos para execução da demarcação e avaliação
ABNT – NBR 15486/16	Segurança no tráfego – Dispositivos de contenção viária – Diretrizes de projeto e ensaios de impacto

SERVIÇOS DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS	
DER/PR ES-OA 01/05	Serviços Preliminares
DER/PR ES-OA 02/05	Concreto e Argamassas
DER/PR ES-OA 03/05	Armaduras para concreto armado
DER/PR ES-OA 04/05	Armaduras para concreto protendido
DER/PR ES-OA 05/05	Fôrmas
DER/PR ES-OA 06/05	Escoramentos
DER/PR ES-OA 07/05	Fundações
DER/PR ES-OA 08/05	Estruturas de concreto armado
DER/PR ES-OA 09/05	Estruturas de concreto protendido
DER/SP ET-DE-C00/005	Juntas de dilatação para obras de arte especiais

SERVIÇOS DE PAISAGISMO	
DER/PR ES-OC 15/05	Proteção vegetal

SERVIÇOS DE OBRAS COMPLEMENTARES	
DER/PR ES-OC 11/05	Cercas

6 TERMO DE ENCERRAMENTO

O Volume 3 – Memória Justificativa, parte integrante do PROJETO DE ENGENHARIA PARA DUPLICAÇÃO DA RODOVIA PR-323 - km 174,200 ao km 180,500, é composto por 258 páginas, numeradas sequencialmente a partir do sumário, sendo esta a última página do relatório.

Curitiba, 10 de agosto de 2020.

Djalma R. A. Martins Pereira – CREA PR-6259/D