



**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER
DIRETORIA TÉCNICA**



**PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO CONTORNO NORTE DE
CASTRO/PR, LIGAÇÃO ENTRE AS RODOVIAS PR-151 E
PR-090**

VOLUME 3: MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

REVISÃO 03

FEVEREIRO/2020



SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER
DIRETORIA TÉCNICA



**PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO CONTORNO NORTE DE
CASTRO/PR, LIGAÇÃO ENTRE AS RODOVIAS PR-151 E
PR-090**

VOLUME 3: MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

REVISÃO 03

Elaboração: Engemin Engenharia e Geologia Ltda

FEVEREIRO/2020

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	4
2	MAPA DE SITUAÇÃO	6
3	ESTUDOS.....	8
3.1	<i>Estudos de Traçado.....</i>	9
3.2	<i>Estudos de Tráfego</i>	9
3.3	<i>Estudos Topográficos.....</i>	30
3.4	<i>Estudos Hidrológicos.....</i>	65
3.5	<i>Estudos Geológicos.....</i>	83
3.6	<i>Estudos Geotécnicos.....</i>	85
3.7	<i>Estudos Ambientais.....</i>	95
4	PROJETOS	96
4.1	<i>Projeto Geométrico.....</i>	97
4.2	<i>Projeto de Interseções, Retornos e Acessos</i>	101
4.3	<i>Projeto de Terraplenagem</i>	106
4.4	<i>Projeto de Drenagem.....</i>	108
4.5	<i>Projeto de Pavimentação.....</i>	119
4.6	<i>Projeto de Obras de Arte Especiais - OAE</i>	135
4.7	<i>Projeto de Sinalização.....</i>	139
4.8	<i>Projeto de Obras Complementares.....</i>	147
4.9	<i>Projeto de Melhorias Ambientais</i>	148
4.10	<i>Projeto de Desapropriação</i>	149
5	EQUIPE TÉCNICA DISPONIBILIZADA.....	150
6	TERMO DE ENCERRAMENTO.....	152



CONTORNO NORTE DE CASTRO



1 APRESENTAÇÃO

1 APRESENTAÇÃO

ENGEMIN – Engenharia e Geologia Ltda apresenta o seu Relatório do Volume 3: Memória Justificativa, referente à Elaboração dos Projetos de Implantação do Contorno Norte de Castro/PR, Ligação entre as Rodovias PR-151 e PR-090, segmento compreendido entre as estacas 0 e 780 +18,05.

Estes projetos resultaram do convite efetuado pelas Empresas Contratantes CARGILL/CASTROLANDA/EVONIK, para apresentação de Proposta Técnica e Comercial, e ter sido selecionada como vencedora.

Cabe mencionar que o DER/PR participa do empreendimento como responsável pelo acompanhamento técnico, pela aceitação e certificação dos trabalhos executados.

O Contrato de Prestação de Serviços entre as Contratantes e a Engemin e o Termo de Cooperação entre as Contratantes e o DER/PR são apresentados no Volume 1: Relatório do Projeto.

O relatório é composto pelos seguintes volumes:

- Volume 1: Relatório do Projeto
- Volume 2: Projeto de Execução
- **Volume 3: Memória Justificativa**
- Anexo 3A: Estudos Geotécnicos
- Anexo 3B: Projeto de Desapropriação
- Anexo 3C: Notas de serviço e Memória de Cálculo dos Volumes de Terraplenagem
- Anexo 3D: Memória de Cálculo das Estruturas
- Anexo 3E: Seções Transversais
- Anexo 3F: Notas de serviço e Memória de Cálculo e de Quantidades de Drenagem
- Volume 4: Orçamento da Obra

Pinhais, Paraná, fevereiro de 2020.

Eng^o Jacídio Albin Salgado
ENGEMIN - Engenharia e Geologia Ltda.

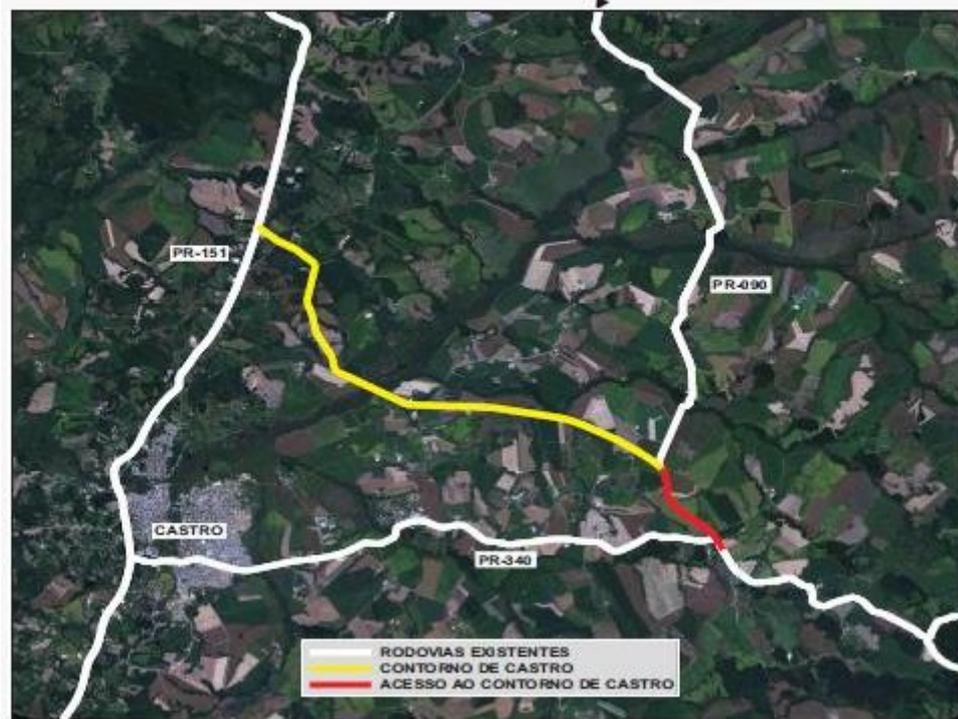
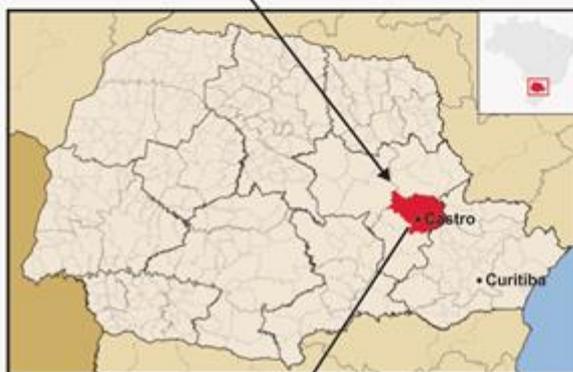
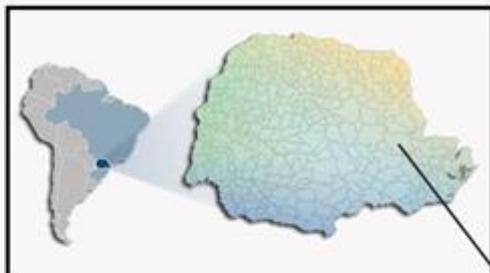


CONTORNO NORTE DE CASTRO



2 MAPA DE SITUAÇÃO

MAPA DE SITUAÇÃO





CONTORNO NORTE DE CASTRO



3 ESTUDOS

3 ESTUDOS

3.1 Estudos de Traçado

Os objetivos principais do Contorno Norte de Castro/PR referem-se ao desvio do fluxo de caminhões que hoje trafegam pelo centro urbano do município e a integração entre os dois distritos industriais.

Por questões que visam otimizar a destinação de recursos, foram adotados dois lotes de construção. O primeiro lote, denominado de Contorno Norte de Castro/PR, inicia na PR-151 (ao norte de Castro/PR) até a interseção com a PR-090, numa extensão aproximada de 15,6 km, e prevê a implantação da rodovia, com aproveitamento parcial de estradas vicinais. Por questões de topografia, desapropriação e meio ambiente, foram elaboradas alternativas de traçado que culminaram, após diversas discussões, na definição do traçado projetado.

Já para o trecho seguinte, apenas como informação, até a interseção com a PR-340, denominado de Pavimentação da PR-090 – Acesso ao Contorno Norte de Castro/PR, com extensão aproximada de 2,6 km, o traçado, exceto pelas retificações nas curvas e interseção com a rodovia PR-340, é coincidente com a rodovia existente.

3.2 Estudos de Tráfego

Os estudos de tráfego servem de base à engenharia de tráfego no planejamento de vias e da circulação do trânsito. Através dos métodos sistemáticos de coleta das informações é possível conhecer o número de veículos que circulam em um determinado trecho para um certo período. Além disso, por meio de algumas pesquisas, se pode conhecer as zonas de onde se originam os veículos e para onde eles se destinam, com a possibilidade de avaliar possíveis linhas de desejo de passageiros e de mercadorias.

Para o presente projeto, os Estudos de Tráfego foram iniciados pelas Contagens Volumétricas Classificatórias na rodovia PR-090, em 07 (sete) dias consecutivos, por um período de 24 h. Iniciaram em 29 de abril de 2014 às 00:00 h e se encerraram em 05 de maio de 2014 às 24:00 h. Neste local, a metodologia empregada, consistiu na instalação de câmaras de filmagens nos dois sentidos, por meio de equipamentos DVR (Digital Vídeo Recorder) H.264, equipado com HD de 500Gb, e câmeras Project System, com Infravermelho, lentes de 4,0 mm e alcance de 50,0 m.

Como as contagens foram realizadas em maio de 2014, antes das instalações e operações de algumas empresas na região, houve a necessidade de realizar contagens complementares. Estas contagens foram realizadas em um trecho da PR-340, perto da Cooperativa Castrolanda, entre às 07:30h e 19:30h, e próxima ao entroncamento entre as rodovias PR-151 e PR-340, entrada do município de Castro/PR, entre às 07:45h e 12:00h, no dia 11 de junho de 2015.

3.2.1 Dados Existentes

Os dados existentes para este estudo foram cedidos pela RODONORTE, referentes a praça de pedágio P-5.4 – Jaguariaíva, situada na PR-151.

3.2.2 Posto de Contagem

As contagens de vídeos foram realizadas na PR-090. A Figura 3.2.1 mostra o local onde foram instaladas as câmeras.

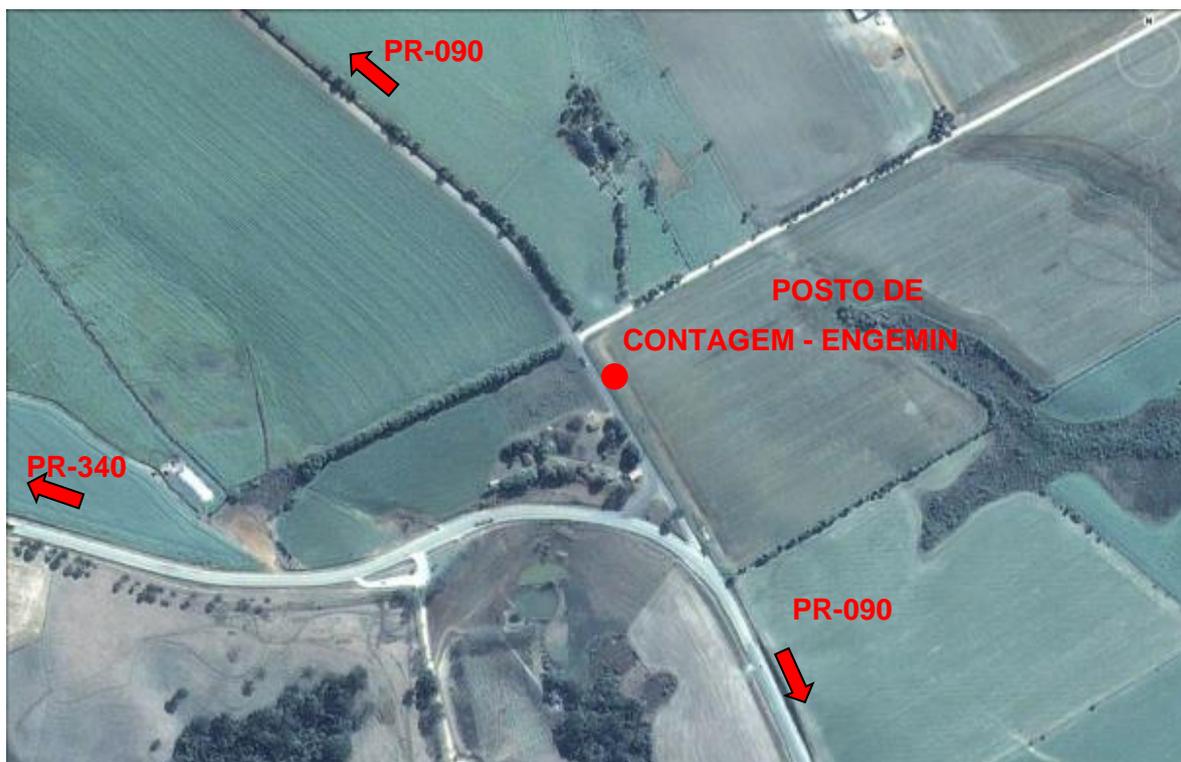


Figura 3.2.1 – Posto de contagem

3.2.3 Contagem Realizada

Para as contagens realizadas foi utilizada a classificação de veículos apresentada no Quadro 3.2.1.

Quadro 3.2.1 – Classificação dos Veículos – Ônibus e Caminhões

Carros e Utilitários			Caminhões Semi- Reboques	I-10		Caminhões Semi- Reboques	I-64	
Motos				I-26		Caminhões Semi- Reboques	II-19	
Ônibus	III-2			I-12		Caminhões Reboques	II-35	
	III-4			I-13			II-6	
Caminhões Leves	I-2			I-20				
	I-3			I-22				
	I-6			I-18				

3.2.3.1 Contagem do tráfego PR-090

Os resultados da contagem da PR-090, no trecho onde a rodovia não é pavimentada, estão apresentados no Quadro 3.2.2.

Quadro 3.2.2 - Contagem Volumétrica Classificatória PR-090.

RODOVIA: PR-090

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques								Caminhões Reboques		TOTAL	
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35		II-6
PR-340 - CARGILL	29/04/14	00.00	24.00	386	20	18	2	47	52	1	11	6	9	2	9	3	17	10	1	0	4	598
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	367	27	27	1	54	33	1	7	7	8	4	6	1	15	17	1	0	1	577
TOTAL				753	47	45	3	101	85	2	18	13	17	6	15	4	32	27	2	0	5	1175

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques								Caminhões Reboques		TOTAL	
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35		II-6
PR-340 - CARGILL	30/04/14	00.00	24.00	388	17	24	2	57	70	2	7	3	11	1	9	3	1	3	1	0	8	607
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	406	16	28	1	71	41	0	13	7	17	2	5	2	3	2	0	2	8	624
TOTAL				794	33	52	3	128	111	2	20	10	28	3	14	5	4	5	1	2	16	1231

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques								Caminhões Reboques		TOTAL	
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35		II-6
PR-340 - CARGILL	01/05/14	00.00	24.00	192	9	10	0	13	22	0	5	1	1	1	2	0	0	0	0	1	2	259
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	181	13	12	0	20	11	0	1	1	2	0	1	0	0	0	0	2	3	247
TOTAL				373	22	22	0	33	33	0	6	2	3	1	3	0	0	0	0	3	5	506

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques								Caminhões Reboques		TOTAL	
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35		II-6
PR-340 - CARGILL	02/05/14	00.00	24.00	348	20	18	0	29	64	0	5	3	16	3	3	2	26	8	1	0	0	546
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	331	26	18	1	40	59	0	2	2	13	0	1	1	35	11	0	0	1	541
TOTAL				679	46	36	1	69	123	0	7	5	29	3	4	3	61	19	1	0	1	1087

**Quadro 3.2.3 - Contagem Volumétrica Classificatória PR-090.**

RODOVIA: PR-090

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques							Caminhões Reboques		TOTAL		
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19		II-35	II-6
PR-340 - CARGILL	03/05/14	00.00	24.00	239	13	12	0	24	20	0	4	0	10	3	3	1	4	0	0	0	2	335
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	250	21	14	0	31	27	0	6	1	8	4	0	0	0	0	0	0	2	364
TOTAL				489	34	26	0	55	47	0	10	1	18	7	3	1	4	0	0	0	4	699

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques							Caminhões Reboques		TOTAL		
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19		II-35	II-6
PR-340 - CARGILL	04/05/14	00.00	24.00	122	9	7	0	7	4	0	2	3	3	1	2	0	0	0	0	1	1	162
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	133	14	5	0	7	3	0	4	3	3	1	0	2	1	0	0	1	0	177
TOTAL				255	23	12	0	14	7	0	6	6	6	2	2	2	1	0	0	2	1	339

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques							Caminhões Reboques		TOTAL		
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19		II-35	II-6
PR-340 - CARGILL	05/05/14	00.00	24.00	333	16	22	0	47	47	0	10	1	12	0	0	2	34	5	0	0	0	529
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	342	17	22	0	47	45	0	9	1	18	1	0	3	36	3	0	0	0	544
TOTAL				675	33	44	0	94	92	0	19	2	30	1	0	5	70	8	0	0	0	1073

3.2.4 Cálculo dos Fatores de Correções Sazonais

Como o tráfego sofre grandes variações durante o ano, se faz necessário realizar algumas correções. Neste sentido, é necessário também, analisar dados existentes efetivamente contados, afim de verificar seu comportamento.

Assim, a partir da relação entre a contagem realizada e os dados existentes, no presente caso, cedidos pela RODONORTE, ao longo de um determinado período, é possível encontrar os fatores de expansão. Para demonstrar este conceito, apresenta-se a fórmula utilizada para tal:

$$f_a = \frac{\text{Volume Anual}}{\text{Volume Mensal}}$$

Sendo assim, os fatores de Expansão Sazonal (f_a) estão apresentados no Quadro 3.2.4 das contagens de vídeo:

Quadro 3.2.4 - Fatores de Expansão Mensal

Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques									Caminhões Reboques	
Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6
1,147	1,068	1,109	1,119	1,018	1,005	1,086	1,086	1,001	1,001	1,001	1,057	1,057	1,057	1,047	1,013	1,001	1,013

3.2.5 Cálculo de Tráfego Médio Diário Anual

A partir dos resultados das contagens realizadas e dos fatores de expansão foi possível calcular o tráfego médio diário anual (TDMA). Como exemplo deste cálculo, foi apresentado o memorial de cálculo para a movimentação de automóveis e caminhões Tipo I-2, no Quadro 3.2.5 e no cálculo seguinte.

3.2.5.1 Memorial de Cálculo TMDA Para Veículos de Passeio

Quadro 3.2.5 – Memorial de Cálculo TMDA - Automóveis

Dia	Dia da Semana	Volume Contado (24h)	Fator de Correção (FC)	TMDA (Volume x FC)
29/04/2014	Terça-feira	753	1,147	864
30/04/2014	Quarta-feira	794		911
01/05/2014	Quinta-feira	373		428
02/05/2014	Sexta-feira	679		779
03/05/2014	Sábado	489		561
04/05/2014	Domingo	255		292
05/05/2014	Segunda-feira	675		774
Média da Semana		574	TMDA	658

$$TMDA = 1,147 * \frac{(753 + 794 + 373 + 679 + 489 + 255 + 675)}{7}$$

$$\rightarrow TMDA = 1,147 * \left(\frac{4.018}{7}\right) \rightarrow TMDA = 658$$

3.2.5.2 Memorial de Cálculo TMDA Para Caminhões Tipo I-2

Quadro 3.2.6 – Memorial de Cálculo TMDA – Caminhões Tipo I-2

Dia	Dia da Semana	Volume Contado (24h) por sentido	Fator de Correção (FC)	TMDA (Volume x FC) por sentido
29/04/2014	Terça-feira	47	1,018	48
		54		55
30/04/2014	Quarta-feira	57		58
		71		72
01/05/2014	Quinta-feira	13		13
		20		20
02/05/2014	Sexta-feira	29		30
		40		41
03/05/2014	Sábado	24		24
		31		32
04/05/2014	Domingo	7		7
		7		7
05/05/2014	Segunda-feira	47		48
		47		48

$$TMDA = 1,018 * \frac{(48 + 55 + 58 + 72 + 13 + 20 + 30 + 41 + 24 + 32 + 7 + 7 + 48 + 48)}{7}$$

$$\rightarrow TMDA = 1,018 * \left(\frac{503}{7}\right) \rightarrow TMDA = 73$$

Quadro 3.2.7 - Cálculo TMDA

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques							Caminhões Reboques			
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6
PR-340 - CARGILL	29/04/14	00.00	24.00	443	22	20	3	48	53	2	12	7	10	3	10	4	18	11	2	0	5
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	421	29	30	2	55	34	2	8	8	9	5	7	2	16	18	2	0	2
Expansão Sazonal (fa)				1,147	1,068	1,109	1,119	1,018	1,005	1,086	1,086	1,001	1,001	1,001	1,057	1,057	1,057	1,047	1,013	1,001	1,013
TOTAL				864	51	50	5	103	87	4	20	15	19	8	17	6	34	29	4	0	7

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques							Caminhões Reboques			
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6
PR-340 - CARGILL	30/04/14	00.00	24.00	446	19	27	3	59	71	3	8	4	12	2	10	4	2	4	2	0	9
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	466	18	32	2	73	42	0	15	8	18	3	6	3	4	3	0	3	9
Expansão Sazonal (fa)				1,147	1,068	1,109	1,119	1,018	1,005	1,086	1,086	1,001	1,001	1,001	1,057	1,057	1,057	1,047	1,013	1,001	1,013
TOTAL				912	37	59	5	132	113	3	23	12	30	5	16	7	6	7	2	3	18

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques							Caminhões Reboques			
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6
PR-340 - CARGILL	01/05/14	00.00	24.00	221	10	12	0	14	23	0	6	2	2	2	3	0	0	0	0	2	3
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	208	14	14	0	21	12	0	2	2	3	0	2	0	0	0	0	3	4
Expansão Sazonal (fa)				1,147	1,068	1,109	1,119	1,018	1,005	1,086	1,086	1,001	1,001	1,001	1,057	1,057	1,057	1,047	1,013	1,001	1,013
TOTAL				429	24	26	0	35	35	0	8	4	5	2	5	0	0	0	0	5	7

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques							Caminhões Reboques			
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6
PR-340 - CARGILL	02/05/14	00.00	24.00	400	22	20	0	30	65	0	6	4	17	4	4	3	28	9	2	0	0
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	380	28	20	2	41	60	0	3	3	14	0	2	2	37	12	0	0	2
Expansão Sazonal (fa)				1,147	1,068	1,109	1,119	1,018	1,005	1,086	1,086	1,001	1,001	1,001	1,057	1,057	1,057	1,047	1,013	1,001	1,013
TOTAL				780	50	40	2	71	125	0	9	7	31	4	6	5	65	21	2	0	2



Quadro 3.2.7 - Cálculo TMDA

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques							Caminhões Reboques			
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6
PR-340 - CARGILL	03/05/14	00.00	24.00	275	14	14	0	25	21	0	5	0	11	4	4	2	5	0	0	0	3
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	287	23	16	0	32	28	0	7	2	9	5	0	0	0	0	0	0	3
Expansão Sazonal (fa)				1,147	1,068	1,109	1,119	1,018	1,005	1,086	1,086	1,001	1,001	1,001	1,057	1,057	1,057	1,047	1,013	1,001	1,013
TOTAL				562	37	30	0	57	49	0	12	2	20	9	4	2	5	0	0	0	6

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques							Caminhões Reboques			
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6
PR-340 - CARGILL	04/05/14	00.00	24.00	140	10	8	0	8	5	0	3	4	4	2	3	0	0	0	0	2	2
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	153	15	6	0	8	4	0	5	4	4	2	0	3	2	0	0	2	0
Expansão Sazonal (fa)				1,147	1,068	1,109	1,119	1,018	1,005	1,086	1,086	1,001	1,001	1,001	1,057	1,057	1,057	1,047	1,013	1,001	1,013
TOTAL				293	25	14	0	16	9	0	8	8	8	4	3	3	2	0	0	4	2

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques							Caminhões Reboques			
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6
PR-340 - CARGILL	05/05/14	00.00	24.00	382	18	25	0	48	48	0	11	2	13	0	0	3	36	6	0	0	0
CARGILL - PR-340		00.00	24.00	393	19	25	0	48	46	0	10	2	19	2	0	4	39	4	0	0	0
Expansão Sazonal (fa)				1,147	1,068	1,109	1,119	1,018	1,005	1,086	1,086	1,001	1,001	1,001	1,057	1,057	1,057	1,047	1,013	1,001	1,013
TOTAL				775	37	50	0	96	94	0	21	4	32	2	0	7	75	10	0	0	0



Quadro 3.2.8 - Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) – PR-090

	Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques									Caminhões Reboques	
	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6
Média Diária	659	37	38	2	73	73	1	14	7	21	5	7	4	27	10	1	2	6
Percentagem TOTAL	66,74%	3,77%	3,89%	0,17%	7,38%	7,40%	0,10%	1,46%	0,75%	2,10%	0,49%	0,74%	0,43%	2,70%	0,97%	0,12%	0,17%	0,61%
Percentagem COMERCIAL	-	-	13,19%	0,59%	25,01%	25,11%	0,34%	4,95%	2,55%	7,11%	1,67%	2,50%	1,47%	9,17%	3,29%	0,39%	0,59%	2,06%

Com estes resultados obtidos foi possível obter o percentual com que cada tipo de veículo participa do tráfego total da PR-090 (Quadro 3.2.9).

Quadro 3.2.9 - Percentual da Frota Total

Composição da Frota Total	Percentual
Carros e Utilitários	70,89%
Motos	4,03%
Ônibus III-2	3,77%
Ônibus III-4	0,12%
Caminhão Rígido I-2	5,45%
Caminhão Rígido I-3	6,01%
Caminhão Rígido I-6	0,14%
Caminhão Semi-Reboque I-10	0,99%
Caminhão Semi-Reboque I-26	0,49%
Caminhão Semi-Reboque I-12	1,46%
Caminhão Semi-Reboque I-13	0,38%
Caminhão Semi-Reboque I-20	0,49%
Caminhão Semi-Reboque I-22	0,37%
Caminhão Semi-Reboque I-18	3,11%
Caminhão Semi-Reboque I-64	1,73%
Caminhão Semi-Reboque II-19	0,10%
Caminhão Reboque II-35	0,10%
Caminhão Reboque II-6	0,37%
Total	100%

O gráfico a seguir, Figura 3.2.2, ilustra os percentuais do quadro anterior.

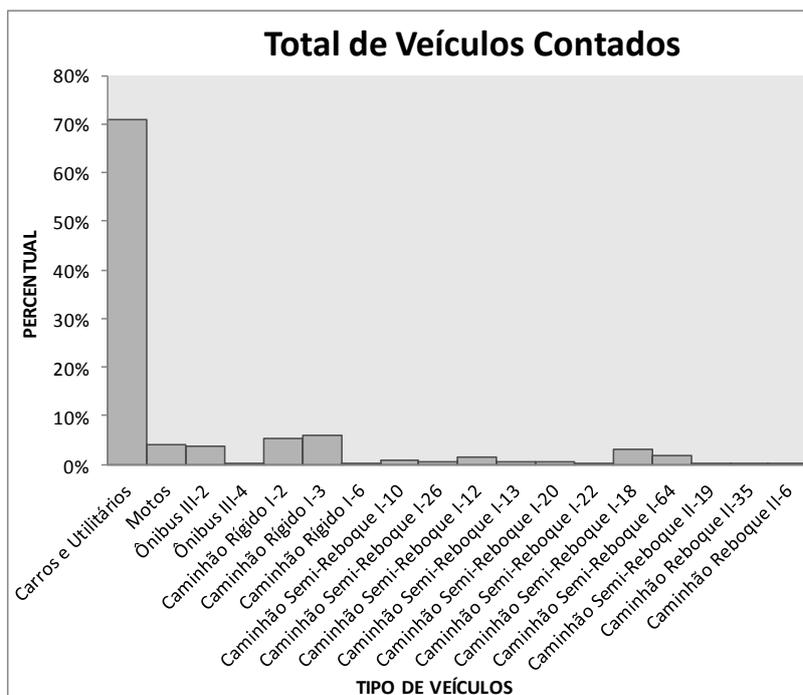


Figura 3.2.2 - Gráfico da Participação dos Veículos no Tráfego Total

Com a Figura 3.2.2, observa-se:

- Automóveis / Utilitários e motos correspondem a 74,92% do total;
- Ônibus urbanos, duas portas, tipo III-2, PBT (Peso Bruto Total) = 16,0t e rodoviários, tipo III-4, com PBT variando de 16 a 25,5t, correspondem juntos a 3,89% do total;
- Caminhões médios do tipo I-2, Veículos médios, PBT=16,0t corresponde a 5,45% do total;
- Caminhões pesados do tipo I-3 e I-6, PBT=23,0t e PBT=29,0t correspondem juntos a 6,15% do total;
- Caminhões reboque e semirreboque, do tipo, I-10, I-12, I-13, I-18, I-20, I-22, I-26, I-64, II-19, II-6 e II-35, correspondem juntos a 9,60% do total.

Quanto à movimentação de ônibus e caminhões na PR-090, exclusivamente, tem-se o Quadro 3.2.10.

Quadro 3.2.10 – Composição da Frota de Ônibus e Caminhões

Composição da Frota Comercial	Percentual
Ônibus III-2	14,99%
Ônibus III-4	0,50%
Caminhão Rígido I-2	21,71%
Caminhão Rígido I-3	23,96%
Caminhão Rígido I-6	0,54%
Caminhão Semi-Reboque I-10	3,97%
Caminhão Semi-Reboque I-26	1,94%
Caminhão Semi-Reboque I-12	5,83%
Caminhão Semi-Reboque I-13	1,53%
Caminhão Semi-Reboque I-20	1,96%
Caminhão Semi-Reboque I-22	1,47%
Caminhão Semi-Reboque I-18	12,42%
Caminhão Semi-Reboque I-64	6,89%
Caminhão Semi-Reboque II-19	0,42%
Caminhão Reboque II-35	0,40%
Caminhão Reboque II-6	1,47%
Total	100%

O gráfico a seguir, Figura 3.2.3, ilustra os percentuais do quadro anterior.

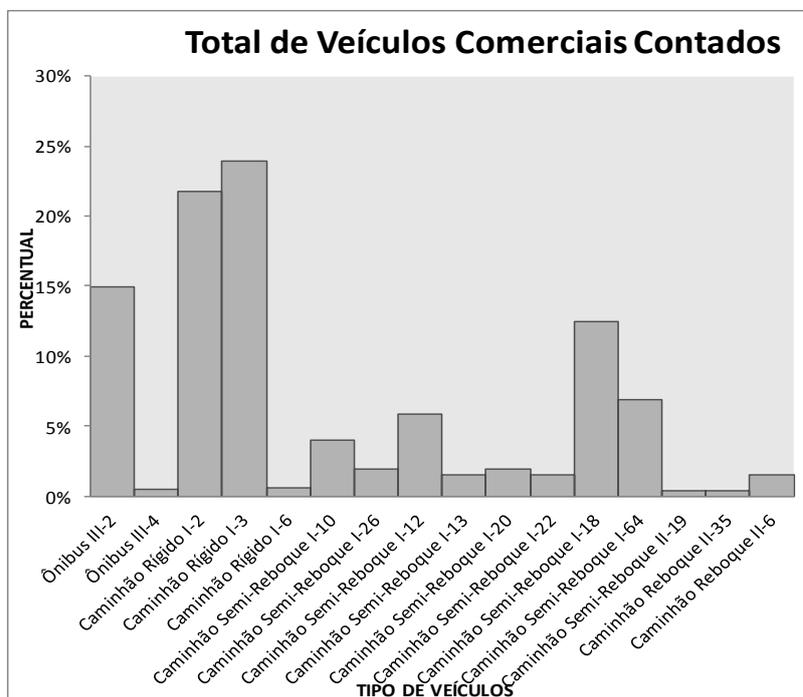


Figura 3.2.3 – Gráfico do Tráfego Comercial.

Com a Figura 3.2.3, observa-se:

- Ônibus urbanos, duas portas, tipo III-2, PBT (Peso Bruto Total) = 16,0t e rodoviários, tipo III-4, com PBT variando de 16 a 25,5t, correspondem juntos a 15,48% do total;
- Caminhões médios do tipo I-2, Veículos médios, PBT=16,0t corresponde a 21,71% do total;
- Caminhões pesados do tipo I-3 e I-6, PBT=23,0t e PBT=29,0t correspondem juntos a 24,50% do total;
- Caminhões reboque e semirreboques, do tipo III-2, III-4, I-2, I-3, I-6, I-10, I-12, I-13, I-18, I-20, I-22, I-26, I-64, II-19, II-6 e II-35, correspondem juntos a 38,31% do total.

3.2.6 Projeção de Crescimento do Tráfego

Sabendo que a região do projeto representa um polo da agropecuária do Estado e, que existem empresas ainda em fase de instalação, o crescimento do tráfego desta região deve fugir aos padrões normalmente utilizados. Assim, foram realizadas algumas consultas junto à Prefeitura do município, afim de se prever essas expansões.

Estimou-se, para o período 2014-2031, uma taxa de crescimento médio de 3,0% de automóveis, 2,0% de ônibus e 2,5% para caminhões, conforme preconiza o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), página 249.

3.2.7 Fator de Veículo

Os fatores de veículos foram calculados por meio de consulta à bibliografia, no caso o “Manual de Estudos de Tráfego do DNIT” e a dissertação de mestrado de Peterlini, (UFSC, 2006), admitindo ainda as seguintes hipóteses de carregamentos:

- Ônibus III-2 e III-4, 80% trafegam com carga legal e 20% com carga legal mais a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução nº. 258/2007 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN);
- Caminhões rígidos I-2, I-3 e I-6, 70% trafegam com carga legal, 25% com carga legal mais a tolerância de 7,5% e 5% trafegam vazios;
- Caminhões semirreboques I-10, I-12 e I-13, 55% trafegam com carga legal, 40% com carga legal mais a tolerância de 7,5% e 5% trafegam vazios;
- Caminhão semirreboque I-18, 80% trafegam com carga legal, 10% com carga legal mais a tolerância de 7,5% e 10% trafegam vazios;
- Caminhões semirreboques I-20, I-22, I-26, I-64 e II-19, 60% trafegam com carga legal, 30% com carga legal mais a tolerância de 7,5% e 10% trafegam vazios;
- Caminhões reboques II-6 e II-35, 60% trafegam com carga legal, 30% com carga legal mais a tolerância de 7,5% e 10% trafegam vazios.

O Quadro 3.2.11 mostra os cálculos de Fatores de Equivalência de Carga (FEC) com as condições de carregamento citadas.



Quadro 3.2.11 - Fator de Veículos

Veículo	Eixo	FATOR DE VEÍCULO - AASHTO							FATOR DE VEÍCULO - USACE							
		Carga Legal		Carga legal + 7,5%		Vazio		Fator de Veículo	Carga Legal		Carga legal + 7,5%		Vazio		Fator de Veículo	
		Carga (t)	FC	Carga (t)	FC	Carga (t)	FC		Carga (t)	FC	Carga (t)	FC	Carga (t)	FC		
Ônibus	III-2	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	2,100	0,004	2,92	6,000	0,278	6,450	0,372	2,100	0,004	3,96
		Eixo Traseiro	10,000	2,394	10,750	3,273	3,200	0,017		10,000	3,289	10,750	5,171	3,200	0,022	
		Total	16,000	2,722	17,200	3,720	5,300	0,021		16,000	3,567	17,200	5,542	5,300	0,026	
	III-4	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	2,400	0,006	1,03	6,000	0,278	6,450	0,372	2,400	0,007	2,95
		Eixo Traseiro	13,500	0,632	14,513	0,853	4,000	0,004		13,500	2,415	14,513	3,590	4,000	0,020	
		Total	19,500	0,960	20,963	1,301	6,400	0,010		19,500	2,693	20,963	3,962	6,400	0,027	
Caminhões Rígidos	I-2	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	2,400	0,006	2,84	6,000	0,278	6,450	0,372	2,400	0,007	3,88
		Eixo Traseiro	10,000	2,394	10,750	3,273	3,600	0,029		10,000	3,289	10,750	5,171	3,600	0,036	
		Total	16,000	2,722	17,200	3,720	6,000	0,035		16,000	3,567	17,200	5,542	6,000	0,043	
	I-3	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	2,600	0,009	2,05	6,000	0,278	6,450	0,372	2,600	0,010	9,45
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	5,000	0,010		17,000	8,549	18,275	12,710	5,000	0,043	
		Total	23,000	1,970	24,725	2,663	7,600	0,019		23,000	8,827	24,725	13,082	7,600	0,052	
	I-6	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,400	0,086	2,39	6,000	0,327	6,450	0,447	4,400	0,086	9,66
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	5,300	0,013		6,000	0,135	6,450	0,212	4,400	0,080	
		Total	29,000	2,297	31,175	3,110	14,100	0,185		17,000	8,549	18,275	12,710	5,300	0,052	
Total		29,000	2,297	31,175	3,110	14,100	0,185	29,000		9,011	31,175	13,369	14,100	0,218		
Caminhões Semi-Reboques	I-10	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,400	0,086	5,42	6,000	0,278	6,450	0,372	4,400	0,080	13,98
		Eixo Traseiro	10,000	2,974	10,750	4,065	5,200	0,176		10,000	3,289	10,750	5,171	5,200	0,156	
		Semi-reboque	17,000	1,642	18,275	2,216	5,300	0,013		17,000	8,549	18,275	12,710	5,300	0,052	
		Total	33,000	4,944	35,475	6,728	14,900	0,275		33,000	12,116	35,475	18,253	14,900	0,288	
	I-12	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	5,34	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	14,87
		Eixo Traseiro	10,000	2,974	10,750	4,065	4,800	0,125		10,000	3,289	10,750	5,171	4,800	0,113	
		Semi-reboque	25,500	1,560	27,413	2,117	5,700	0,003		25,500	9,300	27,413	13,922	5,700	0,028	
		Total	41,500	4,862	44,613	6,629	15,100	0,232		41,500	12,867	44,613	19,464	15,100	0,237	
	I-13	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	8,70	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	17,87
		Eixo Traseiro	10,000	2,974	10,750	4,065	4,800	0,125		10,000	3,289	10,750	5,171	4,800	0,037	
		Semi-reboque	17,000	1,642	18,275	2,216	6,700	0,035		10,000	3,289	10,750	5,171	5,700	0,226	
		Total	43,000	7,918	46,225	10,793	21,800	0,526		17,000	8,549	18,275	12,710	6,700	0,118	
	I-18	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	3,32	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	17,23
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,300	0,050		17,000	8,549	18,275	12,710	7,300	0,158	
		Semi-reboque	25,500	1,560	27,413	2,117	6,700	0,006		25,500	9,300	27,413	13,922	6,700	0,047	
Total		48,500	3,530	52,138	4,780	18,600	0,159	48,500		18,127	52,138	27,004	18,600	0,301		

Quadro 3.2.11 - Fator de Veículos

Veículo	Eixo	FATOR DE VEÍCULO - AASHTO							FATOR DE VEÍCULO - USACE							
		Carga Legal		Carga legal + 7,5%		Vazio		Fator de Veículo	Carga Legal		Carga legal + 7,5%		Vazio		Fator de Veículo	
		Carga (t)	FC	Carga (t)	FC	Carga (t)	FC		Carga (t)	FC	Carga (t)	FC	Carga (t)	FC		
Caminhões Semi-Reboques	I-20	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	6,08	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	21,74
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,300	0,050		17,000	8,549	18,275	12,710	7,300	0,158	
		Semi-reboque	10,000	2,394	10,750	3,273	5,400	0,167		10,000	3,289	10,750	5,171	5,400	0,182	
		17,000	1,642	18,275	2,216	5,300	0,013	17,000		8,549	18,275	12,710	5,300	0,052		
	Total	50,000	6,007	53,750	8,151	22,600	0,334	50,000	20,665	53,750	30,963	22,600	0,488			
	I-22	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	9,30	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	19,88
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,300	0,050		17,000	8,549	18,275	12,710	7,300	0,158	
		Semi-reboque	10,000	2,394	10,750	3,273	5,400	0,167		10,000	3,289	10,750	5,171	5,400	0,182	
		10,000	2,394	10,750	3,273	5,400	0,167	10,000		3,289	10,750	5,171	5,400	0,182		
	Total	53,000	9,153	56,975	12,481	28,100	0,655	53,000	18,695	56,975	28,594	23,500	0,800			
	I-26	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	3,65	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	18,19
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,400	0,052		17,000	8,549	18,275	12,710	7,400	0,166	
		Semi-reboque	17,000	1,642	18,275	2,216	5,300	0,013		17,000	8,549	18,275	12,710	5,300	0,052	
		Total	40,000	3,612	43,000	4,879	17,300	0,170		40,000	17,376	43,000	25,792	17,300	0,314	
	I-64	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	5,30	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	27,14
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,400	0,052		17,000	8,549	18,275	12,710	7,400	0,166	
		Semi-reboque	17,000	1,642	18,275	2,216	5,300	0,013		17,000	8,549	18,275	12,710	5,300	0,052	
		17,000	1,642	18,275	2,216	5,300	0,013	17,000		8,549	18,275	12,710	5,300	0,052		
	Total	57,000	5,255	61,275	7,094	22,600	0,183	57,000	25,924	61,275	38,502	22,600	0,366			
	II-19	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	5,14	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	28,77
Eixo Traseiro		17,000	1,642	18,275	2,216	7,400	0,052	17,000		8,549	18,275	12,710	7,400	0,166		
Semi-reboque		25,500	1,560	27,413	2,117	5,700	0,003	25,500		9,300	27,413	13,922	5,700	0,028		
25,500		1,560	27,413	2,117	5,700	0,003	25,500	9,300		27,413	13,922	5,700	0,028			
Total	74,000	5,090	79,550	6,896	23,400	0,162	74,000	27,426	79,550	40,926	23,400	0,317				
Caminhões Reboque	II-6	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	6,95	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	36,09
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,400	0,052		17,000	8,549	18,275	12,710	7,400	0,166	
		Semi-reboque	17,000	1,642	18,275	2,216	5,700	0,018		17,000	8,549	18,275	12,710	5,700	0,067	
		Reboque	17,000	1,642	18,275	2,216	5,700	0,018		17,000	8,549	18,275	12,710	5,700	0,067	
		17,000	1,642	18,275	2,216	5,700	0,018	17,000		8,549	18,275	12,710	5,700	0,067		
		Total	74,000	6,897	79,550	9,310	29,100	0,210		74,000	34,473	79,550	51,212	29,100	0,463	
	II-35	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	6,86	6,000	0,327	6,450	0,372	4,600	0,096	16,36
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	6,500	0,031		17,000	8,549	18,275	12,710	6,500	0,106	
		Reboque	10,000	2,394	10,750	3,273	5,400	0,167		10,000	3,289	10,750	5,171	5,400	0,182	
		10,000	2,394	10,750	3,273	5,400	0,167	10,000		3,289	10,750	5,171	5,400	0,182		
Total	43,000	6,759	46,225	9,208	21,900	0,469	43,000	15,455	46,225	23,423	21,900	0,565				

3.2.8 Tráfego Desviado/Gerado

A partir das contagens complementares e com o levantamento do tráfego existente, é possível afirmar que a implantação do Contorno Norte de Castro/PR, fará com que o tráfego pesado que hoje circula pela cidade em seu perímetro urbano, seja direcionado para o novo trecho projetado.

O posto de contagem complementar está apresentado na Figura 3.2.4.

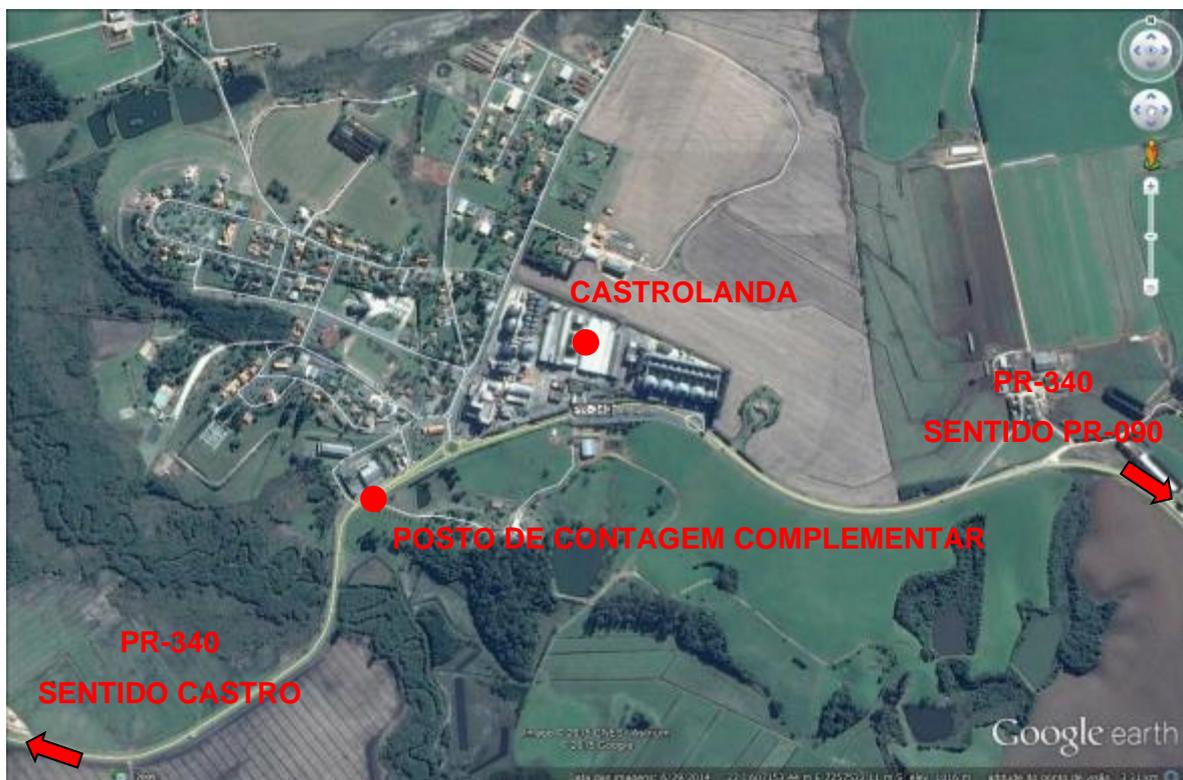


Figura 3.2.4 – Posto de Contagem Complementar PR-340.

Para encontrar o TMDA do trecho, os resultados das contagens foram expandidos com base nos dados cedidos pela RODONORTE, referentes a praça de pedágio P-5.4 e na própria contagem realizada na PR-090.

Os resultados das contagens são apresentados no Quadro 3.2.12 e os resultados com a expansão diária, semanal e mensal estão apresentados no Quadro 3.2.13.

Quadro 3.2.12 – Resultado do Posto de Contagem Complementar na PR-340

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques						Caminhões Reboques		TOTAL			
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64		II-19	II-35	II-6
Castrolândia - PR 151	11/06/15	07:30	19:30	2419	151	79	3	118	186	8	17	3	23	10	9	11	181	122	4	0	2	3346
PR 151 - Castrolândia		07:30	19:30	2332	119	59	2	130	178	10	9	7	23	6	5	15	118	96	4	0	0	3113
PR 151 - Castrolândia				4751	270	138	5	248	364	18	26	10	46	16	14	26	299	218	8	0	2	6459

Quadro 3.2.13 – Resultado do Estudo de Expansão PR-340

SENTIDO	DATA	HORÁRIO		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques						Caminhões Reboques					
		INÍCIO	FIM	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6	
Castrolândia - PR 151	11/06/15	00.00	24.00	3532	222	185	3	119	188	7	21	3	26	13	9	11	202	141	4	0	3	
PR 151 - Castrolândia		00.00	24.00	3405	175	138	2	131	180	9	11	7	26	8	5	14	131	111	4	0	0	
Expansão Diária (fd)				1,350	1,302	2,327	1,000	1,102	1,108	1,000	1,296	1,155	1,243	1,452	1,089	1,071	1,242	1,278	1,000	1,071	1,614	
Expansão Semanal (fs)				0,941	0,952	0,928	0,891	0,881	0,865	0,869	0,869	0,851	0,851	0,851	0,841	0,841	0,841	0,841	0,878	0,912	0,851	0,912
Expansão Sazonal (fa)				1,150	1,186	1,086	1,139	1,040	1,056	1,074	1,074	1,074	1,074	1,074	1,067	1,067	1,067	1,067	1,029	1,091	1,074	1,091
TOTAL				6937	397	323	5	250	369	17	31	11	52	21	14	25	333	252	8	0	3	

Mediante os dados da projeção de tráfego informado pela Prefeitura Municipal de Castro/PR, consideramos que 55% do movimento da PR-340, seja desviado para o trecho do Contorno Norte de Castro/PR, passando pelo projeto ora apresentado.

O Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) encontrado neste trecho é apresentado no Quadro 3.2.14.

Quadro 3.2.14 – TMDA PR-340

	Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques									Caminhões Reboques	
	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6
Média Diária	6937	397	323	5	250	369	17	31	11	52	21	14	25	333	252	8	0	3
Percentagem TOTAL	76,66%	4,39%	3,57%	0,06%	2,77%	4,07%	0,19%	0,35%	0,12%	0,58%	0,23%	0,15%	0,28%	3,68%	2,78%	0,09%	0,00%	0,04%
Percentagem COMERCIAL	-	-	18,86%	0,30%	14,60%	21,50%	0,98%	1,83%	0,62%	3,05%	1,24%	0,80%	1,46%	19,43%	14,69%	0,46%	0,00%	0,19%

Sendo assim, o TMDA, já somado a porcentagem do tráfego desviado, é demonstrado no Quadro 3.2.15.

Quadro 3.2.15 – TMDA PR-090

	Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques									Caminhões Reboques	
	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6
Média Diária	4474	256	216	5	211	276	10	32	13	49	17	15	18	210	148	6	2	8
Percentagem TOTAL	70,89%	4,03%	3,76%	0,12%	5,45%	6,01%	0,14%	0,99%	0,49%	1,46%	0,38%	0,49%	0,37%	3,11%	1,73%	0,10%	0,10%	0,37%
Percentagem COMERCIAL	-	-	14,99%	0,50%	21,72%	23,97%	0,54%	3,97%	1,94%	5,83%	1,53%	1,96%	1,47%	12,42%	6,89%	0,42%	0,40%	1,47%

3.2.9 Cálculo do Número “N”

O valor do número N anual, número de operações equivalentes do eixo padrão no ano considerado, é obtido pela seguinte equação:

$$N = 365 \times k \times FV \times TMDA$$

Onde:

- k = Fator direcional, tomado igual a 0,50;
- FV = Fator de Veículo (FEC da AASHTO e USACE);
- TMDA = Tráfego Médio Diário Anual (somente comercial) do ano do período de projeto considerado.

Considerou-se, ainda, fator climático regional igual a 1. O Quadro 3.2.16 mostra o cálculo do número “N” da PR-090.



Quadro 3.2.16 – Número “N” da PR-090

VEÍCULOS	Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques									Caminhões Reboques		TOTAL VEÍCULOS LEVES	TOTAL COMERCIAL	TOTAL SENTIDO
	Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35	II-6			
VMD	4.389	252	212	4	208	274	10	30	11	47	15	13	17	208	147	5	1	6	4.642	1.208	5.849
TDMA	4.474	256	216	5	211	276	10	32	13	49	17	15	18	210	148	6	2	8	4.730	1.234	5.964
%	75,02%	4,29%	3,63%	0,08%	3,53%	4,62%	0,17%	0,53%	0,22%	0,83%	0,28%	0,25%	0,30%	3,52%	2,48%	0,09%	0,03%	0,13%	79,31%	20,69%	100,00%
VDM COMERCIAL	-	-	212	4	208	274	10	30	11	47	15	13	17	208	147	5	1	6	-	1.208	1.208
TDMA COMERCIAL	-	-	216	5	211	276	10	32	13	49	17	15	18	210	148	6	2	8	-	1.234	1.234
%	-	-	17,52%	0,36%	17,06%	22,35%	0,83%	2,57%	1,07%	4,01%	1,34%	1,20%	1,46%	17,01%	11,99%	0,45%	0,14%	0,63%	-	100,00%	100,00%
FATOR DE VEÍCULO	AASHTO	-	2,92	1,03	2,84	2,05	2,39	5,42	3,65	5,34	8,70	6,08	9,30	3,32	5,30	5,14	6,86	6,95	-	-	-
	USACE	-	3,96	2,95	3,88	9,45	9,66	13,98	18,19	14,87	17,87	21,74	19,88	17,23	27,14	28,77	16,36	36,09	-	-	-
PRODUTOS	AASHTO	-	51,19	0,38	48,40	45,72	1,99	13,94	3,91	21,39	11,66	7,30	13,59	56,43	63,56	2,30	0,95	4,38	-	-	-
FV x %	USACE	-	69,44	1,08	66,28	211,24	8,01	35,93	19,51	69,61	23,94	26,09	29,04	293,12	325,56	12,87	2,27	22,71	-	-	-

DADOS	Taxas de Crescimento de Tráfego (%ao ano)			FATOR DIRECIONAL	FATOR CLIMÁTICO	FATOR MÉDIO DE VEÍCULOS DA FROTA	
	CARROS, UTIL. E MOTOS	ÔNIBUS	CAMINHÕES	Pista Simples	Regional	AASHTO	USACE
	3,00%	2,00%	2,50%	0,50	1,00	3,47	12,07

NÚMERO "N" AO LONGO DO PERÍODO DE ANÁLISE

Ano		TIPOS DE VEÍCULOS																	TDMA	Número "N" AASHTO		Número "N" USACE		
		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques									Caminhões Reboques		Comercial	No ano	Acumulado	No ano	Acumulado
		Carros e Util.	Motos	III-2	III-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-26	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	II-19	II-35		II-6				
2014	Contagem	4.474	256	216	5	211	276	10	32	13	49	17	15	18	210	148	6	2	8	1236	-	-	-	-
2019	Projeto	5.187	297	239	5	238	312	12	36	15	56	19	17	20	238	167	6	2	9	1391	-	-	-	-
2020	Licitação	5.343	305	244	5	244	320	12	37	15	57	19	17	21	243	172	6	2	9	1423	-	-	-	-
2021	Construção	5.503	315	248	5	250	328	12	38	16	59	20	18	21	250	176	7	2	9	1459	-	-	-	-
2022	Construção	5.668	324	253	5	257	336	12	39	16	60	20	18	22	256	180	7	2	9	1492	-	-	-	-
2023	1	5.838	334	258	5	263	344	13	40	17	62	21	18	23	262	185	7	2	10	1530	9,69E+05	9,69E+05	3,37E+06	3,37E+06
2024	2	6.013	344	264	5	270	353	13	41	17	63	21	19	23	269	190	7	2	10	1567	9,93E+05	1,96E+06	3,45E+06	6,82E+06
2025	3	6.194	354	269	6	276	362	13	42	17	65	22	19	24	275	194	7	2	10	1603	1,02E+06	2,98E+06	3,53E+06	1,04E+07
2026	4	6.379	365	274	6	283	371	14	43	18	67	22	20	24	282	199	7	2	10	1642	1,04E+06	4,02E+06	3,62E+06	1,40E+07
2027	5	6.571	376	280	6	290	380	14	44	18	68	23	20	25	289	204	8	2	11	1682	1,07E+06	5,08E+06	3,70E+06	1,77E+07
2028	6	6.768	387	285	6	298	390	14	45	19	70	23	21	25	297	209	8	2	11	1723	1,09E+06	6,17E+06	3,79E+06	2,15E+07
2029	7	6.971	398	291	6	305	399	15	46	19	72	24	21	26	304	214	8	2	11	1763	1,12E+06	7,29E+06	3,88E+06	2,53E+07
2030	8	7.180	410	297	6	313	409	15	47	20	73	25	22	27	312	220	8	3	12	1809	1,15E+06	8,44E+06	3,98E+06	2,93E+07
2031	9	7.396	423	303	6	320	420	16	48	20	75	25	23	27	319	225	8	3	12	1850	1,17E+06	9,61E+06	4,07E+06	3,34E+07
2032	10	7.617	435	309	6	328	430	16	49	21	77	26	23	28	327	231	9	3	12	1895	1,20E+06	1,08E+07	4,17E+06	3,76E+07

Sendo assim chega-se aos valores do número equivalente de operações do eixo padrão para a pavimentação da rodovia PR-090:

Número “N”, metodologia AASHTO: $1,08 \times 10^7$

Número “N”, metodologia USACE: $3,76 \times 10^7$

3.3 Estudos Topográficos

Os estudos topográficos foram iniciados com a implantação de pares de marcos de concreto, próximos a cada uma das extremidades do trecho. As coordenadas destes marcos foram determinadas utilizando receptores geodésicos de dupla frequência (L1+L2), pós-processados, para bases longas. Esta sistemática consiste na instalação de um receptor em um ponto de coordenadas conhecidas, e, simultaneamente, outro instalado em um ponto cujas coordenadas se deseja conhecer.

Os dados obtidos em campo foram processados em softwares específicos, indicando a precisão em cada um dos marcos. As coordenadas geográficas obtidas neste processamento foram transformadas em coordenadas de origem UTM, a partir do *datum* oficial brasileiro (SAD-69).

Para permitir a locação de qualquer ponto do projeto, de maneira rápida, durante a construção, a estes marcos foi atribuído um sistema de coordenadas local – LTM, onde não serão necessárias as correções de distâncias, particular ao sistema de projeção UTM.

As monografias dos marcos de concreto foram apresentadas da Figura 3.3.1 a Figura 3.3.12.

DADOS GERAIS - MR01					
Estado: PARANÁ			Município: CASTRO		
Bairro:			Local: PR-151		
DADOS PLANIMÉTRICOS					
GEOGRÁFICA WGS84 UTM22-SAD-69			STL (Local)		
$\phi =$	24°42'27.40399"	N=	7.267.088,485	$\phi =$	N = 201.923,148
$\lambda =$	49°58'52.76904"	E=	603.088,864	$\lambda =$	E = 50.496,041
DADOS ALTIMÉTRICOS					
ALTITUDE GEOMÉTRICA *			ALTITUDE ORTOMÉTRICA**		
H =	1036,1284	H =	1032,387		
<i>Observação:</i> (*) Altitude obtida do GPS. (**) Altitude obtida por nivelamento					
<i>Descrição:</i> Marco de concreto de formato retangular, medindo (50 x 12 x 12) cm, com chapa de bronze no centro do topo, constando o número do ponto, MR01, inscrição: PROTEGIDO POR LEI .					
ITINERÁRIO					
Marco localizado no km 277,5 na PR 151 sentido Piraí do Sul, lado direito, a 30,0m do acostamento.					
ESTAÇÃO:			VÉRTICES INTERVISÍVEIS:		
MR01			MR02		
FOTO DA LOCALIZAÇÃO					

Figura 3.3.1 – Dados Gerais MR01

DADOS GERAIS-MR02					
Estado: PARANÁ			Município: CASTRO		
Bairro:			Local: PR-151		
DADOS PLANIMÉTRICOS					
GEOGRÁFICA WGS84 UTM22-SAD-69			STL (Local)		
$\phi =$	24°42'34.27836"	N =	7.266.876,342	$\phi =$	N = 201.710,921
$\lambda =$	49°58'49.47814"	E =	603.179,763	$\lambda =$	E = 50.586,970
DADOS ALTIMÉTRICOS					
ALTITUDE GEOMÉTRICA *			ALTITUDE ORTOMÉTRICA**		
H =	1.046,0657	H =	1.042,330		
Observação: (*) Altitude obtida do GPS. (**) Altitude obtida por nivelamento					
Descrição: Marco de concreto de formato retangular, medindo (50 x 12 x 12) cm, com chapa de bronze no centro do topo, constando o número do ponto, MR02, inscrição: PROTEGIDO POR LEI .					
ITINERÁRIO					
Marco localizado próximo ao estacionamento da cooperativa Unicastro.					
ESTAÇÃO:			VÉRTICES INTERVISÍVEIS:		
MR02			MR01		
FOTO DA LOCALIZAÇÃO					

Figura 3.3.2 - Dados Gerais MR02

DADOS GERAIS-MR03					
Estado: PARANÁ			Município: CASTRO		
Bairro:			Local:		
DADOS PLANIMÉTRICOS					
GEOGRÁFICA WGS84 UTM22-SAD-69			STL (Local)		
$\phi =$	24°44'20.96280"	N=	7.263.584,479	$\phi =$	N = 198.417,799
$\lambda =$	49°58'00.88779"	E=	604.520,351	$\lambda =$	E = 51.928,015
DADOS ALTIMÉTRICOS					
ALTITUDE GEOMÉTRICA *			ALTITUDE ORTOMÉTRICA**		
H =	1.034,3221	H =	1.030,609		
<i>Observação:</i> (*) Altitude obtida do GPS. (**) Altitude obtida por nivelamento					
<i>Descrição:</i> Marco de concreto de formato retangular, medindo (50 x 12 x 12) cm, com chapa de bronze no centro do topo, constando o número do ponto, MR03, inscrição: PROTEGIDO POR LEI .					
ITINERÁRIO					
Marco localizado junto a cerca, margem direita da estrada que chega ao rio Iapó.					
ESTAÇÃO:			VÉRTICES INTERVISÍVEIS:		
MR03			MR03B-MR04-MR06		

FOTO DA LOCALIZAÇÃO

Figura 3.3.3 - Dados Gerais MR03

DADOS GERAIS-MR03B					
Estado: PARANÁ			Município: CASTRO		
Bairro:			Local:		
DADOS PLANIMÉTRICOS					
GEOGRÁFICA WGS84 UTM22-SAD-69			STL (Local)		
$\phi =$	24°44'35.55857"	N=	7.263.133,447	$\phi =$	N = 197.966,576
$\lambda =$	49°57'51.07582"	E=	604.792,595	$\lambda =$	E = 52.200,358
DADOS ALTIMÉTRICOS					
ALTITUDE GEOMÉTRICA *			ALTITUDE ORTOMÉTRICA**		
H =	1.009,4381	H =	1.005,745		
<i>Observação:</i> (*) Altitude obtida do GPS. (**) Altitude obtida por nivelamento					
<i>Descrição:</i> Marco de concreto de formato retangular, medindo (50 x 12 x 12) cm, com chapa de bronze no centro do topo, constando o número do ponto, MR03B, inscrição: PROTEGIDO POR LEI .					
ITINERÁRIO					
Marco localizado lado esquerdo da estrada que chega ao rio Iapó.					
ESTAÇÃO:			VÉRTICES INTERVISÍVEIS:		
MR03B			MR03-MR04		

FOTO DA LOCALIZAÇÃO

Figura 3.3.4 - Dados Gerais MR04

DADOS GERAIS-MR04					
Estado: PARANÁ			Município: CASTRO		
Bairro:			Local:		
DADOS PLANIMÉTRICOS					
GEOGRÁFICA WGS84 UTM22-SAD-69			STL (Local)		
$\phi =$	24°44'51.21977"	N=	7.262.650,390	$\phi =$	N = 197.483,336
$\lambda =$	49°57'44.89108"	E=	604.962,682	$\lambda =$	E = 52.370,507
DADOS ALTIMÉTRICOS					
ALTITUDE GEOMÉTRICA *			ALTITUDE ORTOMÉTRICA**		
H =	981,6933		H =	977,991	
<i>Observação:</i> (*) Altitude obtida do GPS. (**) Altitude obtida por nivelamento					
<i>Descrição:</i> Marco de concreto de formato retangular, medindo (50 x 12 x 12) cm, com chapa de bronze no centro do topo, constando o número do ponto, MR04, inscrição: PROTEGIDO POR LEI .					
ITINERÁRIO					
Marco localizado lado direito da estrada que chega ao rio lapó.					
ESTAÇÃO:			VÉRTICES INTERVISÍVEIS:		
MR04			MR03-MR03B		
FOTO DA LOCALIZAÇÃO					

Figura 3.3.5 - Dados Gerais MR05

DADOS GERAIS-MR05					
Estado: PARANÁ			Município: CASTRO		
Bairro:			Local:		
DADOS PLANIMÉTRICOS					
GEOGRÁFICA WGS84 UTM22-SAD-69			STL (Local)		
$\phi =$	24°45'20.12878"	N=	7.261.749,330	$\phi =$	N = 196.581,939
$\lambda =$	49°56'49.83938"	E=	606.502,270	$\lambda =$	E = 53.910,667
DADOS ALTIMÉTRICOS					
ALTITUDE GEOMÉTRICA *			ALTITUDE ORTOMÉTRICA**		
H =	978,6072		H =	974,813	
<i>Observação:</i> (*) Altitude obtida do GPS. (**) Altitude obtida por nivelamento					
<i>Descrição:</i> Marco de concreto de formato retangular, medindo (50 x 12 x 12) cm, com chapa de bronze no centro do topo, constando o número do ponto, MR05, inscrição: PROTEGIDO POR LEI .					
ITINERÁRIO					
Marco localizado lado esquerdo da estrada, em frente a sub estação de água de Castrolanda.					
ESTAÇÃO:			VÉRTICES INTERVISÍVEIS:		
MR05			MR06		

FOTO DA LOCALIZAÇÃO

Figura 3.3.6 - Dados Gerais MR06

DADOS GERAIS-MR06					
Estado: PARANÁ			Município: CASTRO		
Bairro:			Local:		
DADOS PLANIMÉTRICOS					
GEOGRÁFICA WGS84 UTM22-SAD-69			STL (Local)		
$\phi =$	24°45'41.79657"	N=	7.261.078,568	$\phi =$	N = 195.910,933
$\lambda =$	49°56'30.21790"	E=	607.048,258	$\lambda =$	E = 54.456,857
DADOS ALTIMÉTRICOS					
ALTITUDE GEOMÉTRICA *			ALTITUDE ORTOMÉTRICA**		
H =	1000,9961	H =	997,129		
<i>Observação:</i> (*) Altitude obtida do GPS. (**) Altitude obtida por nivelamento					
<i>Descrição:</i> Marco de concreto de formato retangular, medindo (50 x 12 x 12) cm, com chapa de bronze no centro do topo, constando o número do ponto, MR06, inscrição: PROTEGIDO POR LEI .					
ITINERÁRIO					
Marco localizado no canto da cerca da casa, granja rio Taquara.					
ESTAÇÃO:			VÉRTICES INTERVISÍVEIS:		
MR06			MR05		



Figura 3.3.7 - Dados Gerais MR07

DADOS GERAIS-MR07					
Estado: PARANÁ			Município: CASTRO		
Bairro:			Local:		
DADOS PLANIMÉTRICOS					
GEOGRÁFICA WGS84 UTM22-SAD-69			STL (Local)		
$\phi =$	24°45'34.59446"	N=	7.261.262,738	$\phi =$	N = 196.095,185
$\lambda =$	49°53'41.96148"	E=	611.775,963	$\lambda =$	E = 59.186,233
DADOS ALTIMÉTRICOS					
ALTITUDE GEOMÉTRICA *			ALTITUDE ORTOMÉTRICA**		
H =	989,2621	H =	985,477		
<i>Observação:</i> (*) Altitude obtida do GPS. (**) Altitude obtida por nivelamento					
<i>Descrição:</i> Marco de concreto de formato retangular, medindo (50 x 12 x 12) cm, com chapa de bronze no centro do topo, constando o número do ponto, MR07, inscrição: PROTEGIDO POR LEI .					
ITINERÁRIO					
Marco localizado no bordo da estrada da fazenda Terra Negra					
ESTAÇÃO:			VÉRTICES INTERVISÍVEIS:		
MR07			MR08		

FOTO DA LOCALIZAÇÃO

Figura 3.3.8 - Dados Gerais MR08

DADOS GERAIS-MR07B					
Estado: PARANÁ			Município: CASTRO		
Bairro:			Local:		
DADOS PLANIMÉTRICOS					
GEOGRÁFICA WGS84 UTM22-SAD-69			STL (Local)		
$\phi =$	24°45'44.55988"	N=	7.260.962,862	$\phi =$	N = 195.795,204
$\lambda =$	49°54'11.45202"	E=	610.945,171	$\lambda =$	E = 58.355,157
DADOS ALTIMÉTRICOS					
ALTITUDE GEOMÉTRICA *			ALTITUDE ORTOMÉTRICA**		
H =	984,4158	H =	980,719		
<i>Observação:</i> (*) Altitude obtida do GPS. (**) Altitude obtida por nivelamento					
<i>Descrição:</i> Marco de concreto de formato retangular, medindo (50 x 12 x 12) cm, com chapa de bronze no centro do topo, constando o número do ponto, MR07B, inscrição: PROTEGIDO POR LEI .					
ITINERÁRIO					
Marco localizado próximo a linha das torres de energia					
ESTAÇÃO:			VÉRTICES INTERVISÍVEIS:		
MR07B			MR08B		
FOTO DA LOCALIZAÇÃO					

Figura 3.3.9 - Dados Gerais MR09

DADOS GERAIS-MR08					
Estado: PARANÁ			Município: CASTRO		
Bairro:			Local:		
DADOS PLANIMÉTRICOS					
GEOGRÁFICA WGS84 UTM22-SAD-69			STL (Local)		
$\phi =$	24°45'49.22784"	N=	7.260.813,537	$\phi =$	N = 195.645,830
$\lambda =$	49°53'46.06804"	E=	611.656,985	$\lambda =$	E = 59.067,217
DADOS ALTIMÉTRICOS					
ALTITUDE GEOMÉTRICA *			ALTITUDE ORTOMÉTRICA**		
H =	991,8823	H =	988,140		
<i>Observação:</i> (*) Altitude obtida do GPS. (**) Altitude obtida por nivelamento					
<i>Descrição:</i> Marco de concreto de formato retangular, medindo (50 x 12 x 12) cm, com chapa de bronze no centro do topo, constando o número do ponto, MR08, inscrição: PROTEGIDO POR LEI .					
ITINERÁRIO					
Marco localizado no bordo da estrada da fazenda Terra Negra					
ESTAÇÃO:			VÉRTICES INTERVISÍVEIS:		
MR08			MR07		



FOTO DA LOCALIZAÇÃO



Figura 3.3.10 - Dados Gerais MR10

DADOS GERAIS-MR08B					
Estado: PARANÁ			Município: CASTRO		
Bairro:			Local:		
DADOS PLANIMÉTRICOS					
GEOGRÁFICA WGS84 UTM22-SAD-69			STL (Local)		
$\phi =$	24°45'49.34790"	N=	7.260.813,979	$\phi =$	N = 195.646,270
$\lambda =$	49°54'04.35422"	E=	611.143,347	$\lambda =$	E = 58.553,402
DADOS ALTIMÉTRICOS					
ALTITUDE GEOMÉTRICA *			ALTITUDE ORTOMÉTRICA**		
H =	992,1910		H =	988,497	
Observação: (*) Altitude obtida do GPS. (**) Altitude obtida por nivelamento					
Descrição: Marco de concreto de formato retangular, medindo (50 x 12 x 12) cm, com chapa de bronze no centro do topo, constando o número do ponto, MR08B, inscrição: PROTEGIDO POR LEI .					
ITINERÁRIO					
Marco localizado próximo a linha das torres de energia.					
ESTAÇÃO:			VÉRTICES INTERVISÍVEIS:		
MR08B			MR07B		

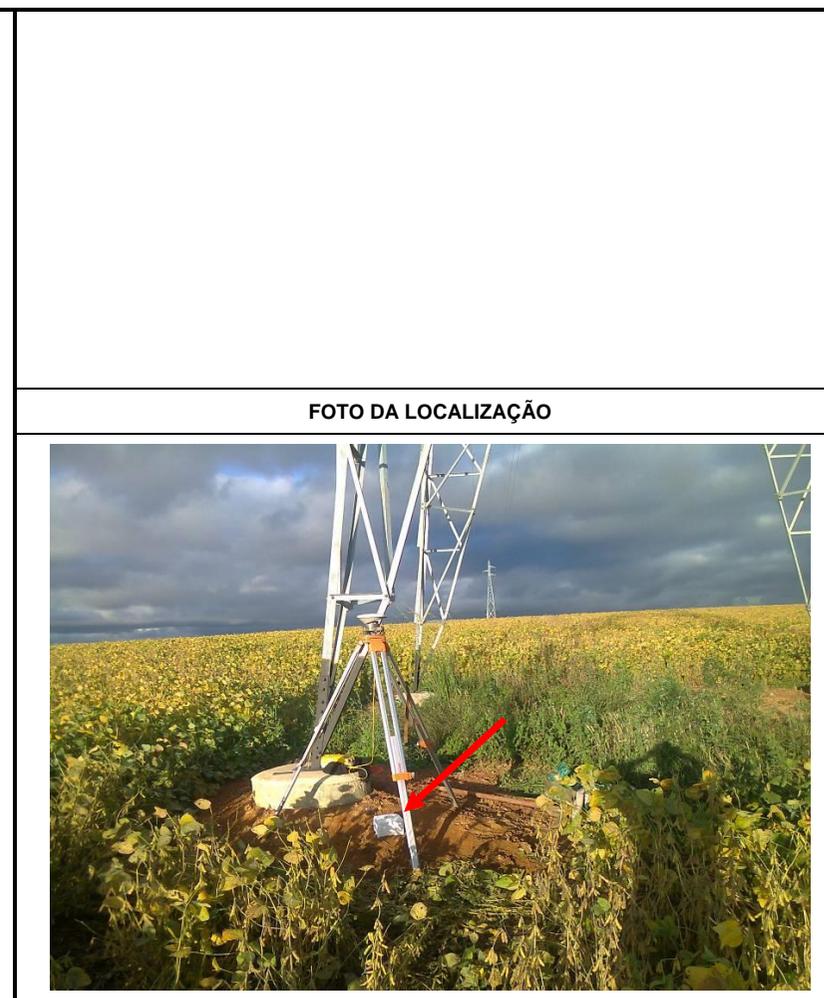


Figura 3.3.11 - Dados Gerais MR11

DADOS GERAIS-MR09					
Estado: PARANÁ			Município: CASTRO		
Bairro:			Local:		
DADOS PLANIMÉTRICOS					
GEOGRÁFICA WGS84 UTM22-SAD-69			STL (Local)		
$\phi =$	24°46'39.46599"	N=	7.259.259,479	$\phi =$	N = 194.091,254
$\lambda =$	49°53'07.90518"	E=	612.716,279	$\lambda =$	E = 60.126,886
DADOS ALTIMÉTRICOS					
ALTITUDE GEOMÉTRICA *			ALTITUDE ORTOMÉTRICA**		
H =	1.036,2692	H =	1.032,522		
<i>Observação:</i> (*) Altitude obtida do GPS. (**) Altitude obtida por nivelamento					
<i>Descrição:</i> Marco de concreto de formato retangular, medindo (50 x 12 x 12) cm, com chapa de bronze no centro do topo, constando o número do ponto, MR09, inscrição: PROTEGIDO POR LEI .					
ITINERÁRIO					
Marco localizado no entroncamento da estrada, no canto da caixa d'água.					
ESTAÇÃO:			VÉRTICES INTERVISÍVEIS:		
MR09			MR010		
FOTO DA LOCALIZAÇÃO					

Figura 3.3.12 - Dados Gerais MR12

Entre estes marcos foi realizada uma poligonal enquadrada. O enquadramento permitiu verificar a precisão planialtimétrica dos levantamentos, tendo sido alcançada precisão superior à exigida pela norma NBR 13133 para esta classe de poligonal.

Implantadas as poligonais, foram realizados transportes de cotas a partir do marco de origem, referida a rede oficial do IBGE, por meio de nivelamento geométrico, para todos os vértices da poligonal. A estação base para o transporte das cotas foi a RN 2018P, conforme Figura 3.3.13 a seguir.



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	2018P	Nome da Estação :	2018P	Tipo :	Referência de Nível - RN
Município :	CASTRO				UF : PR
Última Visita :	15/06/1998	Situação Marco Principal :	Bom		
Conexões :	GPS : 92700				
DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	24 ° 43 ' 29,7721 " S	Altitude Ortométrica(m)	1.037,5545	Gravidade(mGal)	
Longitude	49 ° 59 ' 10,9315 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	
Altitude Geométrica(m)	1.041,746	Sigma Altitude(m)	0,05	Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum	Imbituba	Data Cálculo	
Origem	Ajustada	Data Medição	15/02/1982		
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	15/06/2011		
Data Medição	15/06/1998				
Data Cálculo	23/11/2004				
Sigma Latitude(m)	0,002				
Sigma Longitude(m)	0,006				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,011				
UTM(N)	7.265.129,749				
UTM(E)	602.515,165				
MC	-51				
<ul style="list-style-type: none"> - Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf - Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/re_sirgas2000.pdf - Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geodal.shtm - As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015. 					
Localização					
Em um canto de uma cerca de arame, a 25 m sudeste da Rodovia PR-151, junto a placa indicativa Fazenda Nhoaiva.					
Descrição					
Marco padrão IBGE com chapa de metal, estampada: RN 2018-P.					
Itinerário					
Partir do trevo (viaduto) das cidades de Castro/Tibaji-PR, na Rodovia PR-151 e seguir rumo leste para Pirai do Sul, com 0,6 km, passar ponte sobre o Rio Iapo, com 6,3 km, passar viaduto sobre linha férrea; com 8,2 km, no lado direito, junto a um canto de cerca de arame, local da estação.					

Figura 3.3.13 – Relatório de Estação Geodésica

O relatório de fechamento da poligonal, assim como o relatório de nivelamento, indicando o fechamento entre a RN de partida e os marcos implantados pelas poligonais, estão apresentados a seguir.

3.3.1 Cadernetas de Poligonação

3.3.1.1 Coordenadas de Projeção UTM

Quadro 3.3.1 – Poligonal 1 (UTM)

POLIGONAL 1 COORDENADAS SAD69 MR01-MR02 AO MR03-MR03B							
MERIDIANO CENTRAL: -51°00'00"				DATUM: SAD69		HEMISFÉRIO: SUL	
Estação	AH Plano	DH Plana	Desnível	Azim Plano	K	Conv merid	Norte Este Altitude
MR01						-0°25'33,6848"	7.267.088,485 603.088,864 1.032,387
	359°55'20"	156,69	3,917	156°43'44"	0,999731		
J1						-0°25'34,6972"	7.266.944,543 603.150,769 1.036,304
	154°26'48"	132,862	1,005	131°10'36"	0,999732		
J2						-0°25'36,2404"	7.266.857,069 603.250,772 1.037,308
	217°13'04"	45,781	4,545	168°23'43"	0,999732		
J3						-0°25'36,4060"	7.266.812,223 603.259,981 1.041,854
	133°12'40"	122,772	1,404	121°36'26"	0,999732		
J4						-0°25'38,0024"	7.266.747,880 603.364,541 1.043,258
	184°20'02"	130,975	3,145	125°56'28"	0,999732		
J5						-0°25'39,6290"	7.266.671,003 603.470,581 1.046,403
	175°52'35"	218,488	-6,495	121°49'03"	0,999732		
J6						-0°25'42,4646"	7.266.555,812 603.656,238 1.039,908
	175°19'43"	75,187	3,999	117°08'43"	0,999733		
J7						-0°25'43,4819"	7.266.521,508 603.723,143 1.043,907
	185°07'48"	172,402	0,667	122°16'27"	0,999733		
J8						-0°25'45,7096"	7.266.429,451 603.868,910 1.044,574
	179°12'36"	204,886	13,75	121°28'56"	0,999733		
J9						-0°25'48,3779"	7.266.322,453 604.043,637 1.058,323
	200°31'54"	209,094	-8,721	142°00'41"	0,999734		
J10						-0°25'50,3987"	7.266.157,659 604.172,335 1.049,603
	164°48'11"	238,972	0,453	126°48'41"	0,999734		
J11						-0°25'53,3378"	7.266.014,471 604.363,659 1.050,056
	202°44'04"	210,063	8,485	149°32'32"	0,999735		
J12						-0°25'55,0390"	7.265.833,396 604.470,140 1.058,540
	222°39'43"	291,323	-0,933	192°12'02"	0,999735		
J13						-0°25'54,3062"	7.265.548,653 604.408,574 1.057,608
	177°58'57"	217,805	7,377	190°10'49"	0,999735		
J14						-0°25'53,8713"	7.265.334,277 604.370,078 1.064,985
	178°04'40"	198,794	-3,212	188°15'23"	0,999734		
J15						-0°25'53,5731"	7.265.137,543 604.341,531 1.061,773
	183°25'56"	196,875	5,045	191°41'14"	0,999734		
J16						-0°25'53,1035"	7.264.944,749 604.301,650 1.066,817
	181°07'35"	275,485	-17,792	192°48'48"	0,999734		
J17						-0°25'52,3667"	7.264.676,124 604.240,554 1.049,026
	148°22'27"	265,291	-16,677	161°11'18"	0,999734		
J18						-0°25'53,8021"	7.264.425,004 604.326,099 1.032,349
	182°18'35"	238,768	-2,408	163°29'56"	0,999735		
J19						-0°25'54,9594"	7.264.196,070 604.393,918 1.029,941
	185°17'22"	227,322	-2,45	168°47'22"	0,999735		
J20						-0°25'55,7613"	7.263.973,085 604.438,112 1.027,491
	181°42'40"	170,736	7,139	170°30'08"	0,999735		
J21						-0°25'56,2895"	7.263.804,690 604.466,285 1.034,629
	175°42'06"	226,751	-4,02	166°12'21"	0,999735		
MR03						-0°25'57,2368"	7.263.584,479 604.520,351 1.030,609
	162°40'37"			148°53'05"			

Partida e Chegada da Poligonal

Estação de partida: MR01

Referência de partida: MR02

Norte: 7.267.088,485 Norte: 7.266.876,342

Este: 603.088,864 Este: 603.179,763

Cota: 1.032,387 Cota: 1.042,330

Azimute: 156°48'21"

Estação de chegada: MR03

Referência de chegada: MR03B

Norte: 7.263.584,479 Norte: 7.263.133,447

Este: 604.520,351 Este: 604.792,595

Cota: 1.030,609 Cota: 1.005,745

Azimute: 148°53'05"

Perímetro	Observados		Compensados	
	Perímetro	Área	Perímetro	Área
	4.229,1046m		4.227,3223m	
Angular	Erros		Tolerâncias	
	0°00'40,5"	0°00'48,0" (= 0°00'10,0" × N½)		
Relativo	1:13901		1:10000	
Linear	0,3042m			
Eixo Norte	0,1175m			
Eixo Este	-0,2806m			
Altimétrico	0,006m		0,041m (= 20mm × K½)	

Quadro 3.3.2 – Poligonal 2 (UTM)

POLIGONAL 2 COORDENADAS SAD69 MR03-MR04 AO MR05-MR06									
MERIDIANO CENTRAL: -51°00'00"				DATUM: SAD69		HEMISFÉRIO: SUL			
Estação	AH Plano	DH Plana	Desnível	Azim Plano	K	Conv merid	Norte	Este	Altitude
MR03						-0°25'57,2368"	7.263.584,479	604.520,351	1.030,609
	353°22'28"	277,902	-15,86	148°02'00"	0,999735				
J22						-0°25'59,5807"	7.263.348,719	604.667,479	1.014,749
	181°29'43"	274,164	-9,799	149°31'39"	0,999735				
J23						-0°26'01,8048"	7.263.112,426	604.806,515	1.004,950
	194°16'53"	337,702	-25,883	163°48'29"	0,999736				
J24						-0°26'03,4177"	7.262.788,119	604.900,685	979,067
	180°33'17"	419,047	-2,484	164°21'47"	0,999736				
J25						-0°26'05,3624"	7.262.384,582	605.013,636	976,583
	132°49'44"	223,371	-0,762	117°11'35"	0,999736				
J26						-0°26'08,3896"	7.262.282,503	605.212,318	975,821
	178°48'26"	243,942	0,337	116°00'06"	0,999737				
J27						-0°26'11,7269"	7.262.175,560	605.431,569	976,158
	186°16'31"	144,24	-0,158	122°16'41"	0,999737				
J28						-0°26'13,5946"	7.262.098,532	605.553,519	976,000
	176°46'23"	96,024	-0,237	119°03'07"	0,999738				
J29						-0°26'14,8762"	7.262.051,902	605.637,461	975,763
	155°26'37"	62,815	-1,318	94°29'48"	0,999738				
J30						-0°26'15,8128"	7.262.046,977	605.700,083	974,444
	196°02'40"	72,431	-0,077	110°32'31"	0,999738				
J31						-0°26'16,8403"	7.262.021,562	605.767,909	974,368
	211°47'55"	105,292	0,305	142°20'29"	0,999738				
J32						-0°26'17,8536"	7.261.938,206	605.832,237	974,673
	100°11'28"	164,838	0,599	62°32'01"	0,999739				
J33						-0°26'19,9839"	7.262.014,234	605.978,495	975,272
	293°35'40"	126,084	-2,096	176°07'42"	0,999739				
J34						-0°26'20,1931"	7.261.888,439	605.987,008	973,175
	158°02'58"	50,106	0,287	154°10'42"	0,999739				
J35						-0°26'20,5480"	7.261.843,336	606.008,833	973,463
	164°29'59"	56,221	0,216	138°40'44"	0,999739				
J36						-0°26'21,1290"	7.261.801,113	606.045,954	973,679
	153°07'13"	31,946	-0,481	111°48'00"	0,999739				
J37						-0°26'21,5789"	7.261.789,249	606.075,615	973,198
	175°52'14"	156,817	3,365	107°40'17"	0,999739				
J38						-0°26'23,8374"	7.261.741,646	606.225,033	976,563
	199°05'48"	220,168	-2,914	126°46'08"	0,99974				
J39						-0°26'26,5531"	7.261.609,856	606.401,400	973,649
	89°06'20"	172,127	1,164	35°52'31"	0,99974				
MR05						-0°26'27,9651"	7.261.749,330	606.502,270	974,813
	284°58'48"			140°51'18"					

Partida e Chegada da Poligonal

Estação de partida MR03 Norte: 7.263.584,479 Este: 604.520,351 Cota: 1.030,609	Referência de partida MR04 Norte: 7.262.650,390 Este: 604.962,682 Cota: 977,991 Azimute: 154°39'38"
Estação de chegada MR05 Norte: 7.261.749,330 Este: 606.502,270 Cota: 974,813	Referência de chegada MR06 Norte: 7.261.078,568 Este: 607.048,258 Cota: 997,129 Azimute: 140°51'18"

Perímetro Área	Observados	Compensados		
		3.236,5591m	3.235,2349m	
Erros	Tolerâncias		Fora	
	Angular	0°00'33,6" 0°00'44,7" (= 0°00'10,0" × N½)		
	Relativo	1:21809		1:10000
	Linear	0,1484m		
	Eixo Norte	-0,0628m		
Eixo Este	-0,1345m			
Altimétrico	0,035m	0,036m (= 20mm × K½)		

Quadro 3.3.3 – Poligonal 3 (UTM)

POLIGONAL 3 COORDENADAS SAD69 MR05-MR06 AO MR07B-MR08B									
MERIDIANO CENTRAL: -51°00'00"			DATUM: SAD69			HEMISFÉRIO: SUL			
Estação	AH Plano	DH Plana	Desnível	Azim Plano	K	Conv merid	Norte	Este	Altitude
MR05						-0°26'27,9651"	7.261.749,330	606.502,270	974,813
	37°20'54"	198,996	-0,57	178°12'13"	0,99974				
J40						-0°26'28,1889"	7.261.550,432	606.508,508	974,243
	120°47'11"	190,868	-0,296	118°59'25"	0,99974				
J41						-0°26'30,7387"	7.261.457,926	606.675,461	973,947
	181°25'51"	225,494	12,163	120°25'17"	0,999741				
J42						-0°26'33,7130"	7.261.343,746	606.869,910	986,110
	157°24'21"	77,498	2,871	97°49'40"	0,999741				
J43						-0°26'34,8647"	7.261.333,191	606.946,685	988,981
	184°56'12"	130,721	-2,025	102°45'54"	0,999741				
J44						-0°26'36,7845"	7.261.304,308	607.074,175	986,956
	166°07'17"	305,243	-3,808	88°53'12"	0,999742				
J45						-0°26'41,3308"	7.261.310,239	607.379,361	983,148
	184°38'19"	372,402	-2,64	93°31'31"	0,999743				
J46						-0°26'46,8878"	7.261.287,340	607.751,057	980,508
	178°54'40"	337,052	0,022	92°26'12"	0,999744				
J47						-0°26'51,9181"	7.261.273,010	608.087,805	980,530
	179°56'47"	341,069	-1,585	92°22'58"	0,999745				
RN03						-0°26'57,0084"	7.261.258,830	608.428,579	978,945
	181°20'36"	356,868	-1,722	93°43'33"	0,999746				
J48						-0°27'02,3335"	7.261.235,641	608.784,693	977,223
	178°03'15"	328,11	-0,289	91°46'46"	0,999747				
J49						-0°27'07,2300"	7.261.225,453	609.112,645	976,934
	189°29'35"	403,921	0,139	101°16'18"	0,999748				
J50						-0°27'13,1896"	7.261.146,502	609.508,775	977,072
	179°52'24"	340,087	0,649	101°08'40"	0,999749				
J51						-0°27'18,2094"	7.261.080,769	609.842,449	977,721
	175°49'23"	574,231	1,567	96°57'59"	0,99975				
J52						-0°27'26,7558"	7.261.011,122	610.412,441	979,288
	205°06'24"	397,366	0,763	122°04'19"	0,999751				
J53						-0°27'31,9209"	7.260.800,127	610.749,162	980,051
	108°13'41"	254,76	0,668	50°17'57"	0,999752				
MR07B						-0°27'34,7323"	7.260.962,862	610.945,171	980,719
	256°37'07"			126°54'59"					

Partida e Chegada da Poligonal

Estação de partida MR05	Referência de partida MR06
Norte: 7.261.749,330 Este: 606.502,270 Cota: 974,813	Norte: 7.261.078,568 Este: 607.048,258 Cota: 997,129 Azimute: 140°51'18"
Estação de chegada MR07B	Referência de chegada MR08B
Norte: 7.260.962,862 Este: 610.945,171 Cota: 980,719	Norte: 7.260.813,979 Este: 611.143,347 Cota: 988,497 Azimute: 126°54'59"

	Observados	Compensados
Perímetro	4.836,4611m	4.834,6850m
Área		
	Erros	Tolerâncias
Angular	0°00'16,3"	0°00'41,2" (= 0°00'10,0" × N½)
Relativo	1:14253	1:10000
Linear	0,3393m	
Eixo Norte	0,3009m	
Eixo Este	-0,1568m	
Altimétrico	0,007m	0,044m (= 20mm × K½)

Quadro 3.3.4 – Poligonal 4 (UTM)

POLIGONAL 4 COORDENADAS SAD69 MR07B-MR08B AO MR09-MR10									
MERIDIANO CENTRAL: -51°00'00"			DATUM: SAD69			HEMISFÉRIO: SUL			
Estação	AH Plano	DH Plana	Desnível	Azim Plano	K	Conv merid	Norte	Este	Altitude
MR07B						-0°27'34,7323"	7.260.962,862	610.945,171	980,719
	11°07'15"	230,951	4,135	138°02'15"	0,999752				
J55						-0°27'37,1528"	7.260.791,131	611.099,595	984,854
	177°41'57"	246,496	5,038	135°44'12"	0,999753				
J56						-0°27'39,8396"	7.260.614,605	611.271,638	989,892
	202°21'30"	157,72	1,357	158°05'42"	0,999753				
J57						-0°27'40,8177"	7.260.468,272	611.330,479	991,249
	183°03'03"	316,666	5,259	161°08'44"	0,999753				
J58						-0°27'42,5502"	7.260.168,598	611.432,815	996,508
	174°44'20"	280,37	3,324	155°53'04"	0,999754				
RN04						-0°27'44,4351"	7.259.912,697	611.547,368	999,832
	179°37'58"	270,292	9,552	155°31'03"	0,999754				
J59						-0°27'46,2757"	7.259.666,708	611.659,382	1.009,384
	178°58'31"	279,898	0,767	154°29'34"	0,999754				
J60						-0°27'48,2483"	7.259.414,091	611.779,912	1.010,151
	160°25'03"	470,992	1,534	134°54'37"	0,999755				
J61						-0°27'53,4555"	7.259.081,571	612.113,474	1.011,685
	128°40'00"	286,209	10,951	83°34'35"	0,999756				
J62						-0°27'57,6775"	7.259.113,591	612.397,886	1.022,636
	167°16'41"	202,81	7,728	70°51'09"	0,999756				
J63						-0°28'00,4903"	7.259.180,113	612.589,476	1.030,364
	167°06'29"	149,592	2,158	57°57'27"	0,999757				
MR09						-0°28'02,3272"	7.259.259,479	612.716,279	1.032,522
	227°43'26"			105°40'40"					

Partida e Chegada da Poligonal

Partida e Chegada da Poligonal	
Estação de partida MR07B	Referência de partida MR08B
Norte: 7.260.962,862	Norte: 7.260.813,979
Este: 610.945,171	Este: 611.143,347
Cota: 980,719	Cota: 988,497
	Azimute: 126°54'59"
Estação de chegada	Referência de chegada
MR09	MR10
Norte: 7.259.259,479	Norte: 7.259.107,258
Este: 612.716,279	Este: 613.258,632
Cota: 1.032,522	Cota: 1.029,807
	Azimute: 105°40'40"

Perímetro Área	Observados	Compensados	Fora
	2.893,1355m	2.891,9965m	
	Erros	Tolerâncias	
Angular	0°00'32,2"	0°00'34,6" (= 0°00'10,0" × N½)	
Relativo	1:15406	1:10000	
Linear	0,1878m		
Eixo Norte	0,1597m		
Eixo Este	0,0989m		
Altimétrico	0,012m	0,034m (= 20mm × K½)	

3.3.1.2 Coordenadas de Projeção LTM

Quadro 3.3.5 – Poligonal 1 (LTM)

POLIGONAL 1 COORDENADAS LTM MR01-MR02 AO MR03-MR03B									
Estação	AH Plano	DH Plana	Desnível	Azim Plano	K	Conv merid	Norte	Este	Altitude
MR01							201.923,148	50.496,041	1.032,387
J1	359°55'20"	156,756	3,917	156°43'32"			201.779,148	50.557,981	1.036,304
J2	154°26'48"	132,926	1,005	131°10'15"			201.691,642	50.658,041	1.037,308
J3	217°13'04"	45,8	4,545	168°23'27"			201.646,779	50.667,258	1.041,854
J4	133°12'40"	122,835	1,404	121°35'57"			201.582,417	50.771,881	1.043,258
J5	184°20'02"	131,041	3,145	125°55'56"			201.505,518	50.877,986	1.046,403
J6	175°52'35"	218,6	-6,495	121°48'30"			201.390,298	51.063,756	1.039,908
J7	175°19'43"	75,227	3,999	117°08'13"			201.355,986	51.130,701	1.043,907
J8	185°07'48"	172,49	0,667	122°15'58"			201.263,902	51.276,555	1.044,574
J9	179°12'36"	204,99	13,750	121°28'33"			201.156,868	51.451,383	1.058,323
J10	200°31'54"	209,189	-8,721	142°00'24"			200.992,010	51.580,154	1.049,603
J11	164°48'11"	239,09	0,453	126°48'33"			200.848,759	51.771,578	1.050,056
J12	202°44'04"	210,154	8,485	149°32'37"			200.667,603	51.878,101	1.058,540
J13	222°39'43"	291,437	-0,933	192°12'28"			200.382,756	51.816,475	1.057,608
J14	177°58'57"	217,891	7,377	190°11'24"			200.168,301	51.777,927	1.064,985
J15	178°04'40"	198,873	-3,212	188°16'03"			199.971,495	51.749,330	1.061,773
J16	183°25'56"	196,953	5,045	191°41'56"			199.778,633	51.709,394	1.066,817
J17	181°07'35"	275,593	-17,792	192°49'29"			199.509,915	51.648,221	1.049,026
J18	148°22'27"	265,4	-16,677	161°11'49"			199.258,679	51.733,764	1.032,349
J19	182°18'35"	238,865	-2,408	163°30'23"			199.029,643	51.801,579	1.029,941
J20	185°17'22"	227,412	-2,450	168°47'46"			198.806,565	51.845,766	1.027,491
J21	181°42'40"	170,804	7,139	170°30'26"			198.638,100	51.873,936	1.034,629
J22	175°42'06"	226,842	-4,020	166°12'28"			198.417,799	51.928,015	1.030,609
MR03									
	162°40'37"			148°53'10"					

Partida e Chegada da Poligonal

Estação de partida MR01	Referência de partida MR02
Norte: 201.923,148 Este: 50.496,041 Cota: 1.032,387	Norte: 201.710,921 Este: 50.586,970 Cota: 1.042,330 Azimute: 156°48'26"
Estação de chegada MR03	Referência de chegada MR03B
Norte: 198.417,799 Este: 51.928,015 Cota: 1.030,609	Norte: 197.966,576 Este: 52.200,358 Cota: 1.005,745 Azimute: 148°53'10"

	Observados	Compensados	
Perímetro	4.229,1046m	4.229,1690m	
Área			
	Erros	Tolerâncias	Fora
Angular	0°00'38,0"	0°00'48,0" (= 0°00'10,0" × N½)	
Relativo	1:16296	1:10000	
Linear	0,2595m		
Eixo Norte	-0,0863m		
Eixo Este	-0,2447m		
Altimétrico	0,006m	0,041m (= 20mm × K½)	

Quadro 3.3.6– Poligonal 2 (LTM)

POLIGONAL 2 COORDENADAS LTM MR03-MR04 AO MR05-MR06									
Estação	AH Plano	DH Plana	Desnível	Azim Plano	K	Conv merid	Norte	Este	Altitude
MR03							198.417,799	51.928,015	1.030,609
	353°22'29"	278,007	-15,86	148°02'03"					
J22							198.181,948	52.075,196	1.014,749
	181°29'43"	274,267	-9,799	149°31'47"					
J23							197.945,559	52.214,274	1.004,950
	194°16'53"	337,822	-25,883	163°48'45"					
J24							197.621,130	52.308,453	979,067
	180°33'17"	419,194	-2,484	164°22'03"					
J25							197.217,442	52.421,411	976,583
	132°49'44"	223,465	-0,762	117°11'46"					
J26							197.115,310	52.620,171	975,821
	178°48'26"	244,044	0,337	116°00'14"					
J27							197.008,313	52.839,509	976,158
	186°16'31"	144,3	-0,158	122°16'45"					
J28							196.931,250	52.961,508	976,000
	176°46'23"	96,064	-0,237	119°03'10"					
J29							196.884,600	53.045,485	975,763
	155°26'37"	62,843	-1,318	94°29'55"					
J30							196.879,671	53.108,134	974,444
	196°02'40"	72,462	-0,077	110°32'32"					
J31							196.854,244	53.175,989	974,368
	211°47'55"	105,332	0,305	142°20'26"					
J32							196.770,857	53.240,343	974,673
	100°11'28"	164,912	0,599	62°32'03"					
J33							196.846,918	53.386,667	975,272
	293°35'40"	126,128	-2,096	176°07'45"					
J34							196.721,077	53.395,182	973,175
	158°02'58"	50,124	0,287	154°10'39"					
J35							196.675,958	53.417,015	973,463
	164°29'59"	56,243	0,216	138°40'38"					
J36							196.633,720	53.454,152	973,679
	153°07'13"	31,959	-0,481	111°47'55"					
J37							196.621,852	53.483,826	973,198
	175°52'14"	156,885	3,365	107°40'11"					
J38							196.574,233	53.633,309	976,563
	199°05'48"	220,257	-2,914	126°45'58"					
J39							196.442,398	53.809,754	973,649
	89°06'20"	172,206	1,164	35°52'25"					
MR05							196.581,939	53.910,667	974,813
	284°58'48"			140°51'18"					

Partida e Chegada da Poligonal

Estação de partida MR03		Referência de partida MR04	
Norte:	198.417,799	Norte:	197.483,336
Este:	51.928,015	Este:	52.370,507
Cota:	1.030,609	Cota:	977,991
		Azimute:	154°39'41"
Estação de chegada MR05		Referência de chegada MR06	
Norte:	196.581,939	Norte:	195.910,933
Este:	53.910,667	Este:	54.456,857
Cota:	974,813	Cota:	997,129
		Azimute:	140°51'18"

	Observados	Compensados	
Perímetro	3.236,5591m	3.236,5148m	
Área			
	Erros	Tolerâncias	Fora
Angular	0°00'31,0"	0°00'44,7" (= 0°00'10,0" × N½)	
Relativo	1:22188		1:10000
Linear	0,1459m		
Eixo Norte	-0,1335m		
Eixo Este	-0,0588m		
Altimétrico	0,035m	0,036m (= 20mm × K½)	

Quadro 3.3.7– Poligonal 3 (LTM)

POLIGONAL 3 COORDENADAS LTM MR05-MR06 AO MR07B-MR08B									
Estação	AH Plano	DH Plana	Desnível	Azim Plano	K	Conv merid	Norte	Este	Altitude
MR05							196.581,939	53.910,667	974,813
	37°20'54"	199,121	-0,57	178°12'12"					
J40							196.382,916	53.916,910	974,243
	120°47'11"	190,95	-0,296	118°59'42"					
J41							196.290,356	54.083,927	973,947
	181°25'51"	225,591	12,163	120°25'32"					
J42							196.176,112	54.278,451	986,110
	157°24'21"	77,528	2,871	97°49'37"					
J43							196.165,554	54.355,257	988,981
	184°56'12"	130,772	-2,025	102°45'52"					
J44							196.136,661	54.482,798	986,956
	166°07'17"	305,353	-3,808	88°52'58"					
J45							196.142,614	54.788,093	983,148
	184°38'19"	372,533	-2,64	93°31'18"					
J46							196.119,731	55.159,922	980,508
	178°54'40"	337,172	0,022	92°25'57"					
J47							196.105,420	55.496,790	980,530
	179°56'47"	341,19	-1,585	92°22'43"					
RN03							196.091,261	55.837,686	978,945
	181°20'36"	356,993	-1,722	93°43'19"					
J48							196.068,087	56.193,926	977,223
	178°03'15"	328,226	-0,289	91°46'31"					
J49							196.057,920	56.521,995	976,934
	189°29'35"	404,062	0,139	101°16'13"					
J50							195.978,951	56.918,265	977,072
	179°52'24"	340,209	0,649	101°08'36"					
J51							195.913,200	57.252,059	977,721
	175°49'23"	574,416	1,567	96°57'54"					
J52							195.843,544	57.822,236	979,288
	205°06'24"	397,527	0,763	122°04'34"					
J53							195.632,438	58.159,078	980,051
	108°13'41"	254,832	0,668	50°18'14"					
MR07B							195.795,204	58.355,157	980,719
	256°37'07"			126°54'58"					

Partida e Chegada da Poligonal

Estação de partida MR05	Referência de partida MR06
Norte: 196.581,939 Este: 53.910,667 Cota: 974,813	Norte: 195.910,933 Este: 54.456,857 Cota: 997,129 Azimute: 140°51'18"
Estação de chegada MR07B	Referência de chegada MR08B
Norte: 195.795,204 Este: 58.355,157 Cota: 980,719	Norte: 195.646,270 Este: 58.553,402 Cota: 988,497 Azimute: 126°54'58"

Perímetro	Observados		Compensados	
	4.836,4611m		4.836,4763m	
Área				
	Erros	Tolerâncias	Fora	
Angular	0°00'15,9"	0°00'41,2" (= 0°00'10,0" × N½)		
Relativo	1:18179		1:10000	
Linear	0,2660m			
Eixo Norte	0,2568m			
Eixo Este	0,0694m			
Altimétrico	0,007m	0,044m (= 20mm × K½)		

Quadro 3.3.8– Poligonal 4 (LTM)

POLIGONAL 4 COORDENADAS LTM MR07B-MR08B AO MR09-MR10									
Estação	AH Plano	DH Plana	Desnível	Azim Plano	K	Conv merid	Norte	Este	Altitude
MR07B							195.795,204	58.355,157	980,719
	11°07'15"	231,033	4,135	138°02'25"					
J55							195.623,404	58.509,628	984,854
	177°41'57"	246,582	5,038	135°44'19"					
J56							195.446,811	58.681,726	989,892
	202°21'30"	157,783	1,357	158°05'42"					
J57							195.300,419	58.740,590	991,249
	183°03'03"	316,794	5,259	161°08'40"					
J58							195.000,626	58.842,972	996,508
	174°44'20"	280,481	3,324	155°53'00"					
RN04							194.744,627	58.957,575	999,832
	179°37'58"	270,399	9,552	155°30'56"					
J59							194.498,544	59.069,642	1.009,384
	178°58'31"	280,008	0,767	154°29'24"					
J60							194.245,833	59.190,232	1.010,151
	160°25'02"	471,152	1,534	134°54'27"					
J61							193.913,216	59.523,924	1.011,685
	128°40'00"	286,291	10,951	83°34'08"					
J62							193.945,283	59.808,412	1.022,636
	167°16'41"	202,871	7,728	70°50'42"					
J63							194.011,850	60.000,051	1.030,364
	167°06'29"	149,64	2,158	57°57'06"					
MR09							194.091,254	60.126,886	1.032,522
	227°43'26"			105°40'37"					

Partida e Chegada da Poligonal

Estação de partida MR07B	Referência de partida MR08B
Norte: 195.795,204 Este: 58.355,157 Cota: 980,719	Norte: 195.646,270 Este: 58.553,402 Cota: 988,497 Azimute: 126°54'58"
Estação de chegada MR09	Referência de chegada MR10
Norte: 194.091,254 Este: 60.126,886 Cota: 1.032,522	Norte: 193.938,989 Este: 60.669,422 Cota: 1.029,807 Azimute: 105°40'37"

	Observados		Compensados		
	Perímetro	2.893,1355m	2.893,0339m		
Área					
	Erros		Tolerâncias		Fora
Angular	0°00'33,3"	0°00'34,6" (= 0°00'10,0" × N½)			
Relativo	1:13629		1:10000		
Linear	0,2123m				
Eixo Norte	0,0551m				
Eixo Este	0,2050m				
Altimétrico	0,012m	0,034m (= 20mm × K½)			

3.3.2 Cadernetas de Nivelamento

3.3.2.1 Coordenadas de Projeção UTM

Quadro 3.3.9 – Coordenadas de Projeção UTM

MERIDIANO CENTRAL: -51°00'00"		DATUM: SAD69 HEMISFÉRIO: SUL		
NOME	DESCRIÇÃO	NORTE	ESTE	COTA
96005A	RN_IBGE	7.258.186,566	601.126,981	987,940
MR01	MR	7.267.088,485	603.088,864	1.032,387
MR02	MR	7.266.876,342	603.179,763	1.042,330
MR03	MR	7.263.584,479	604.520,351	1.030,609
MR04	MR	7.262.650,390	604.962,682	977,991
MR05	MR	7.261.749,330	606.502,270	974,813
MR06	MR	7.261.078,568	607.048,258	997,129
MR07	MR	7.261.262,738	611.775,963	985,477
MR08	RN	7.260.813,537	611.656,985	988,140
MR09	MR	7.259.259,479	612.716,279	1.032,522
MR10	MR	7.259.107,258	613.258,632	1.029,807
MR11	MR	7.256.933,610	614.903,271	1.034,870
MR12	MR	7.256.296,497	615.236,484	1.026,274
MR03B	MR	7.263.133,447	604.792,595	1.005,745
MR07B	MR	7.260.962,862	610.945,171	980,719
MR08B	MR	7.260.813,979	611.143,347	988,497
RN01	RN	7.266.173,959	604.147,233	1.050,439
RN02	RN	7.264.760,065	604.266,115	1.051,136
RN03	RN	7.261.258,859	608.428,612	978,944
RN04	RN	7.259.912,639	611.547,340	999,838
RN05	RN	7.259.187,175	612.069,432	1.005,566
RN06	RN	7.258.531,805	613.659,293	1.024,642
RN07	RN	7.257.782,233	614.067,751	1.029,832
RN2018P	RN_IBGE	7.265.173,522	602.565,009	1.037,555
SAT96005	SAT	7.258.186,523	601.127,054	987,940

3.3.2.2 Coordenadas de Projeção LTM

Quadro 3.3.10 – Coordenadas de Projeção LTM

NOME	DESCRIÇÃO	NORTE	ESTE	COTA
MR01	MARCO	201.923,148	50.496,041	1.032,387
MR02	MARCO	201.710,921	50.586,970	1.042,330
MR03	MARCO	198.417,799	51.928,015	1.030,609
MR04	MARCO	197.483,336	52.370,507	977,991
MR05	MARCO	196.581,939	53.910,667	974,813
MR06	MARCO	195.910,933	54.456,857	997,129
MR07	MARCO	196.095,185	59.186,233	985,477
MR08	MARCO	195.645,830	59.067,217	988,140
MR09	MARCO	194.091,254	60.126,886	1.032,522
MR10	MARCO	193.938,989	60.669,422	1.029,807
MR11	MARCO	191.764,655	62.314,647	1.034,870
MR12	MARCO	191.127,344	62.647,985	1.026,274
MR03B	MARCO	197.966,576	52.200,358	1.005,745
MR07B	MARCO	195.795,204	58.355,157	980,719
MR08B	MARCO	195.646,270	58.553,402	988,497
RN01	RN	201.008,247	51.554,793	1.050,439
RN02	RN	199.593,815	51.673,696	1.051,136
RN03	RN	196.091,294	55.837,711	978,944
RN04	RN	194.744,623	58.957,541	999,838
RN05	RN	194.018,917	59.479,820	1.005,566
RN06	RN	193.363,350	61.070,225	1.024,642
RN07	RN	192.613,538	61.478,833	1.029,832
RN2018P	RN	200.007,456	49.971,943	1.037,555

3.3.2.3 Nivelamento

Quadro 3.3.11 - Nivelamento

PTID	BS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	Elevation	BS_DIST	FS_DIST
RN2018P	1,4265	0	0	1037,5545	45,766	0
1	0,9321	2,0425	-0,6160	1036,9385	60,768	50,092
2	0,6656	1,9037	-0,9715	1035,9670	79,996	60,835
3	1,3215	1,9557	-1,2901	1034,6769	60,841	82,312
4	1,1496	1,8206	-0,4991	1034,1777	81,061	60,629
5	0,9676	2,3501	-1,2005	1032,9772	68,055	104,011
6	0,0660	2,2580	-1,2904	1031,6868	83,961	66,864
7	0,1004	3,5322	-3,4661	1028,2207	51,978	81,332
8	0,6235	3,2175	-3,1171	1025,1036	61,441	48,947
9	2,2007	1,6859	-1,0624	1024,0412	37,660	65,759
10	2,8015	0,8486	1,3521	1025,3933	33,764	38,280
11	3,3468	0,6278	2,1736	1027,5669	36,968	29,977
12	3,0137	0,1998	3,1470	1030,7139	33,762	34,182
13	2,8791	0,6468	2,3669	1033,0807	39,465	33,909
14	2,3866	0,9931	1,8860	1034,9667	62,487	39,136
15	1,8358	1,4081	0,9785	1035,9452	28,841	81,039
16	2,1603	0,3802	1,4556	1037,4008	23,710	27,063
17	3,4843	0,5576	1,6027	1039,0035	39,777	23,707
18	1,8765	0,2954	3,1889	1042,1924	37,457	36,866
MRO2	1,7334	1,7329	0,1437	1042,3360	56,349	56,329
MRO2	1,0438	0	0	1042,3360	57,043	0
19	0,5115	3,8524	-2,8086	1039,5274	28,389	48,388
20	0,2176	4,2020	-3,6905	1035,8369	38,578	26,209
MRO1	4,2143	3,6621	-3,4445	1032,3924	75,700	52,658
J1	2,1929	0,2995	3,9148	1036,3072	41,864	84,731
21	2,4404	2,2319	-0,0390	1036,2683	20,484	52,762
J2	3,3850	1,3976	1,0428	1037,3111	17,988	19,898
22	2,5930	0,5274	2,8576	1040,1687	9,219	8,928
J3	1,7041	0,9057	1,6873	1041,8560	29,036	10,393
23	2,3879	0,2997	1,4044	1043,2604	28,954	30,922
J4	1,0101	2,3860	0,0019	1043,2623	40,945	34,954
24	3,1547	0,4727	0,5374	1043,7996	13,437	50,404
J5	0,3538	0,5459	2,6089	1046,4085	25,197	26,468
25	0,0181	3,2796	-2,9258	1043,4827	48,571	24,641
26	0,8563	3,6929	-3,6748	1039,8079	38,366	58,656
J6	4,1265	0,7496	0,1068	1039,9146	32,338	24,141
J7	0,2197	0,1278	3,9988	1043,9134	63,375	43,091
28	2,3225	0,7323	-0,5126	1043,4008	21,118	66,221
J8	3,2315	1,1415	1,1810	1044,5818	45,855	22,303
29	2,9315	0,2350	2,9965	1047,5783	20,060	28,181
30	3,2884	0,1968	2,7347	1050,3130	18,098	16,066
31	3,3524	0,1558	3,1327	1053,4456	19,564	14,957
32	2,8023	0,4225	2,9299	1056,3756	17,571	13,173
J9	1,2648	0,8434	1,9589	1058,3345	28,913	12,851
33	0,1413	2,6733	-1,4085	1056,9260	26,313	23,240
34	0,5994	2,7742	-2,6329	1054,2930	11,617	16,729
35	0,1136	2,6901	-2,0907	1052,2023	35,541	14,376
RN01	0,9904	1,8708	-1,7572	1050,4452	19,535	26,896

PtID	BS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	Elevation	BS_DIST	FS_DIST
J10	1,2308	1,8234	-0,8330	1049,6122	94,717	10,502
36	1,8295	1,3099	-0,0791	1049,5330	23,977	94,869
J11	2,4844	1,2997	0,5298	1050,0628	47,583	26,187
37	2,9902	0,2109	2,2735	1052,3363	40,332	52,352
38	3,8577	0,0827	2,9075	1055,2438	30,214	20,221
39	1,4168	0,3109	3,5467	1058,7905	25,848	33,404
J12	0,4265	1,6590	-0,2422	1058,5483	66,111	20,496
40	1,9481	2,3928	-1,9663	1056,5820	86,288	65,226
J13	2,9780	0,9141	1,0340	1057,6160	79,655	73,905
41	2,4541	0,2192	2,7588	1060,3747	17,243	81,610
42	3,3516	0,1230	2,3311	1062,7059	18,372	14,260
J14	0,8714	1,0706	2,2811	1064,9869	52,981	8,207
43	0,9138	3,0103	-2,1390	1062,8479	60,597	45,457
J15	3,3726	1,9818	-1,0681	1061,7799	41,283	39,850
44	2,4632	1,3145	2,0581	1063,8380	46,307	39,266
45	2,2333	0,3804	2,0828	1065,9208	12,114	47,236
J16	0,8278	1,3298	0,9035	1066,8243	13,599	13,948
46	0,4776	4,0120	-3,1842	1063,6401	10,507	25,778
47	0,2068	3,1195	-2,6419	1060,9982	12,317	14,865
48	0,0447	3,6073	-3,4005	1057,5977	15,177	16,829
49	0,1239	3,5545	-3,5098	1054,0879	26,073	24,260
RN02	0,7438	3,0708	-2,9469	1051,1410	10,106	31,145
50	0,4874	2,7397	-1,9958	1049,1451	28,209	33,349
J17	0,5948	0,5948	-0,1074	1049,0377	17,534	17,534
51	0,1556	2,2470	-1,6522	1047,3856	15,102	19,964
52	0,0600	3,6887	-3,5332	1043,8524	14,374	20,919
53	0,1765	3,4543	-3,3943	1040,4581	28,034	21,076
54	0,3402	3,4720	-3,2954	1037,1626	38,266	29,560
55	0,6392	3,0755	-2,7354	1034,4273	29,872	37,076
J18	0,4268	2,7112	-2,0720	1032,3553	63,103	27,896
56	0,2270	2,7521	-2,3253	1030,0300	25,275	59,838
57	2,8734	2,4153	-2,1883	1027,8417	26,652	37,869
J19	0,2805	0,7668	2,1066	1029,9483	14,260	31,941
58	0,0175	1,8483	-1,5678	1028,3805	48,653	18,129
59	2,4279	2,6851	-2,6675	1025,7130	59,395	46,942
J20	2,7129	0,6410	1,7868	1027,4998	18,013	44,340
60	2,4568	0,6317	2,0812	1029,5810	26,385	19,203
61	2,7234	0,3661	2,0907	1031,6717	21,730	38,644
62	2,0942	0,6188	2,1046	1033,7763	13,967	17,722
J21	0,7817	1,2326	0,8617	1034,6380	14,256	17,046
J21	0,8249	0	0	1034,6380	24,005	0
63	0,1035	3,6885	-2,8636	1031,7744	48,771	26,329
64	1,4173	2,4482	-2,3447	1029,4297	31,745	45,284
65	2,1245	1,0303	0,3870	1029,8167	15,288	31,855
MR03	0,6761	1,3281	0,7963	1030,6131	6,778	11,683
66	0,3080	2,3683	-1,6921	1028,9209	12,885	10,516
67	0,1026	3,3013	-2,9933	1025,9277	15,614	16,545
68	0,1997	3,0244	-2,9217	1023,0059	19,872	14,959

PtID	BS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	Elevation	BS_DIST	FS_DIST
69	0,3158	3,5040	-3,3043	1019,7016	17,035	20,205
70	0,4380	2,3904	-2,0746	1017,6270	63,015	16,751
J22	0,7965	3,3185	-2,8805	1014,7465	50,764	72,557
71	0,3902	3,6828	-2,8863	1011,8602	25,924	43,528
72	0,0370	3,1041	-2,7140	1009,1462	43,361	39,067
MR03B	1,0814	3,4356	-3,3985	1005,7477	13,283	50,821
J23	0,5633	1,8848	-0,8033	1004,9443	18,050	12,625
J23	0,3118	0	0	1004,9443	22,476	0
73	0,5311	4,5672	-4,2554	1000,6889	19,866	31,233
74	0,3779	3,7923	-3,2612	997,4277	31,617	19,765
75	0,3786	4,5960	-4,2181	993,2096	23,102	23,437
76	0,4103	4,2350	-3,8564	989,3533	23,723	20,122
77	0,1821	4,2032	-3,7929	985,5604	30,321	23,340
78	0,5115	3,3712	-3,1892	982,3712	12,560	30,891
79	0,7350	3,1935	-2,6820	979,6892	36,701	23,284
J24	0,8783	1,3604	-0,6254	979,0638	65,792	40,749
MR04	1,4243	1,9473	-1,0691	977,9947	73,874	85,742
80	1,2607	1,5607	-0,1365	977,8583	63,464	81,908
J25	1,3686	2,5380	-1,2774	976,5809	46,834	53,197
81	1,3182	1,8450	-0,4763	976,1045	58,026	60,505
J26	1,6932	1,6023	-0,2841	975,8204	65,404	58,089
82	1,5593	1,2596	0,4337	976,2541	49,382	81,331
J27	1,5122	1,6533	-0,0940	976,1601	79,225	47,818
J28	1,4631	1,6674	-0,1552	976,0049	49,733	65,128
J29	1,5323	1,7011	-0,2381	975,7668	10,464	46,228
83	1,4439	2,9984	-1,4661	974,3007	15,825	19,387
J30	1,5816	1,2956	0,1483	974,4489	36,837	21,307
J31	1,4475	1,6217	-0,0401	974,4088	46,506	35,626
J32	2,2375	1,1823	0,2651	974,6739	46,549	58,838
84	1,3574	2,2022	0,0353	974,7092	52,994	42,771
J33	0,6595	0,7912	0,5661	975,2754	28,060	28,549
85	1,1174	2,4539	-1,7943	973,4810	12,582	75,147
J34	2,0560	1,4185	-0,3011	973,1800	15,832	17,229
J35	0,0000	1,7680	0,2880	973,4679	0,000	34,246
J35	1,2847	0	0	973,4679	17,732	0
86	1,4865	1,0591	0,2256	973,6935	2,761	33,170
J36	1,4446	1,4938	-0,0073	973,6862	18,351	3,435
J37	1,4820	1,9264	-0,4818	973,2044	21,351	13,621
87	1,8833	1,7288	-0,2468	972,9576	11,493	56,333
88	3,0952	1,7786	0,1047	973,0623	23,424	17,841
89	2,9602	1,1047	1,9905	975,0528	11,382	14,069
J38	1,2113	1,4415	1,5188	976,5716	36,821	20,939
90	1,0398	3,5288	-2,3175	974,2541	56,947	35,240
91	1,7864	1,6809	-0,6411	973,6130	59,718	53,139
92	1,8398	1,9516	-0,1652	973,4478	40,522	66,239
MR05	0,4622	0,4623	1,3775	974,8253	33,431	33,441
93	1,9802	2,0866	-1,6244	973,2009	54,522	42,651

PTID	BS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	Elevation	BS_DIST	FS_DIST
J39	1,8134	1,5306	0,4496	973,6505	64,420	53,883
J40	1,3742	1,2088	0,6045	974,2551	60,393	58,537
94	1,8701	1,8113	-0,4371	973,8179	30,308	62,218
J41	1,4754	1,7332	0,1369	973,9548	67,434	38,074
95	0,8377	0,1503	1,3251	975,2800	15,717	71,541
96	2,7946	0,3858	0,4519	975,7318	7,270	10,933
97	3,2734	0,2324	2,5622	978,2940	10,304	5,489
98	2,8935	0,6166	2,6568	980,9508	7,504	6,741
99	3,3773	0,7027	2,1908	983,1415	10,453	3,961
J42	3,5995	0,4018	2,9755	986,1170	38,211	12,079
J43	3,3873	0,7289	2,8706	988,9876	61,052	41,924
100	2,7351	0,3906	2,9967	991,9843	50,935	53,551
101	2,4466	0,2804	2,4546	994,4390	25,961	41,010
102	2,0643	0,7660	1,6807	996,1196	12,887	25,048
MRO6	0,9269	1,0438	1,0206	997,1402	11,115	10,021
103	0,5606	2,3530	-1,4261	995,7141	25,563	20,584
104	0,2960	2,7667	-2,2061	993,5081	27,160	35,206
105	0,5375	3,1645	-2,8685	990,6395	29,527	37,418
106	1,0499	2,9823	-2,4448	988,1947	14,254	32,627
J44	0,8879	2,2894	-1,2395	986,9552	37,154	17,655
107	2,2370	2,6283	-1,7404	985,2148	61,286	41,415
108	2,1443	1,9566	0,2804	985,4952	67,481	58,300
109	0,7200	2,7912	-0,6469	984,8484	44,274	72,701
J45	0,4031	2,4295	-1,7095	983,1389	76,399	45,097
110	1,0836	2,0355	-1,6324	981,5065	55,992	71,706
111	1,3448	1,8002	-0,7166	980,7898	53,491	55,295
J46	1,4498	1,6360	-0,2912	980,4987	78,275	59,909
112	1,7375	1,5933	-0,1435	980,3552	72,281	75,539
113	1,4205	1,2004	0,5371	980,8924	18,810	71,984
J47	0,9409	1,7842	-0,3636	980,5287	68,083	20,309
114	1,1163	1,8140	-0,8731	979,6556	102,503	68,796
RN03	0,9102	1,8140	-0,6977	978,9579	82,676	101,908
115	1,6079	1,9283	-1,018	977,9399	82,865	82,266
J48	1,3194	2,3184	-0,7105	977,2294	78,414	109,129
116	1,0702	1,1228	0,1966	977,4259	52,637	86,474
117	1,6670	1,6107	-0,5405	976,8855	29,022	54,941
J49	1,4847	1,6192	0,0478	976,9332	61,317	32,858
118	1,3629	1,5532	-0,0685	976,8647	68,447	71,682
119	1,5161	1,4430	-0,0801	976,7846	83,480	70,716
120	1,5787	1,6743	-0,1582	976,6264	24,882	68,140
J50	1,9347	1,1268	0,452	977,0784	98,415	33,993
121	1,3656	1,4638	0,4709	977,5493	66,326	91,139
J51	1,8968	1,1931	0,1725	977,7218	74,883	85,952
122	1,4104	1,7103	0,1866	977,9084	78,816	74,821
123	1,2633	1,2808	0,1296	978,0379	70,966	76,840
124	2,3814	2,0108	-0,7475	977,2905	63,550	78,118
125	1,8589	0,9186	1,4628	978,7533	38,042	64,572
J52	1,1488	1,3124	0,5464	979,2997	15,747	62,156
126	0,6418	2,1378	-0,9889	978,3108	53,444	19,865

PtID	BS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	Elevation	BS_DIST	FS_DIST
127	1,7233	1,4623	-0,8205	977,4903	29,230	26,324
128	2,4898	0,7958	0,9276	978,4178	43,590	20,181
129	2,0129	1,3602	1,1296	979,5475	68,114	45,678
130	1,6147	1,4385	0,5744	980,1219	14,694	68,356
J53	0,3916	1,6746	-0,0599	980,0620	11,665	20,910
132	1,2627	2,2103	-1,8186	978,2434	60,759	14,311
133	1,2452	1,5406	-0,2779	977,9655	57,396	50,153
134	2,8958	0,9827	0,2625	978,2279	22,630	42,982
MR07B	3,2970	0,3969	2,4989	980,7269	52,173	14,669
135	3,3737	1,0161	2,2809	983,0078	44,320	56,422
136	4,0694	0,9863	2,3874	985,3952	53,071	42,523
MR08B	0,4306	0,9605	3,1088	988,5040	14,105	35,598
137	1,1224	2,8364	-2,4058	986,0982	10,756	19,202
J55	3,5107	2,3629	-1,2405	984,8577	52,328	16,245
138	3,9086	1,2039	2,3068	987,1645	45,512	53,179
139	1,9663	1,0408	2,8678	990,0323	26,937	45,372
J56	2,9374	2,0947	-0,1284	989,9039	64,301	35,424
140	2,3094	1,8596	1,0778	990,9817	19,195	63,742
J57	1,5706	2,0320	0,2774	991,2591	29,533	20,980
141	2,0962	3,9364	-2,3658	988,8933	23,255	30,626
142	1,0801	2,8844	-0,7882	988,1051	56,503	23,045
143	4,1817	0,8837	0,1964	988,3015	52,767	54,313
144	3,3661	0,6843	3,4975	991,7990	45,091	37,848
145	2,6780	0,6198	2,7463	994,5452	28,251	45,182
J58	1,5097	0,7035	1,9745	996,5197	58,969	36,583
146	3,2420	2,3181	-0,8084	995,7113	67,970	59,460
147	2,7267	0,7712	2,4708	998,1821	30,036	72,443
RN04	3,0944	1,0647	1,662	999,8441	36,168	25,480
148	3,9271	0,3495	2,745	1002,5891	51,680	51,983
149	3,6622	0,1408	3,7863	1006,3754	48,513	43,623
J59	2,4054	0,6444	3,0177	1009,3931	73,348	40,486
150	1,3884	1,3504	1,055	1010,4481	70,574	77,717
J60	1,9012	1,6786	-0,2902	1010,1579	74,183	58,741
151	2,4447	1,4338	0,4674	1010,6253	89,732	76,860
152	2,3845	0,3900	2,0547	1012,6800	78,141	80,505
153	1,3057	3,1493	-0,7648	1011,9152	37,000	78,020
J61	0,8577	1,5314	-0,2257	1011,6895	13,137	43,717
154	0,5342	3,5019	-2,6442	1009,0452	14,598	18,626
155	0,8751	2,7171	-2,1829	1006,8623	26,925	18,372
RN05	2,6501	2,1652	-1,2902	1005,5722	47,712	27,369
156	3,2146	0,3066	2,3435	1007,9157	23,641	24,595
157	3,5072	0,6118	2,6028	1010,5184	54,228	7,319
158	3,2699	0,6278	2,8794	1013,3978	35,528	58,551
159	4,3488	0,2891	2,9808	1016,3786	32,451	40,288
160	3,2019	0,4018	3,9471	1020,3256	20,375	42,023
J62	3,7576	0,8850	2,3169	1022,6425	55,543	22,102
161	3,9246	0,3414	3,4163	1026,0588	36,160	55,608
162	2,6703	1,0956	2,829	1028,8878	13,340	32,391
J63	2,5730	1,1885	1,4818	1030,3695	41,053	17,489

PtID	BS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	Elevation	BS_DIST	FS_DIST
163	2,6068	1,4992	1,0738	1031,4433	35,232	41,683
MR09	1,0730	1,5205	1,0863	1032,5297	47,100	33,362
164	1,7606	3,3760	-2,303	1030,2267	70,725	49,154
165	1,5315	1,7251	0,0354	1030,2621	23,521	68,383
J64	0,4193	1,4026	0,129	1030,3911	33,960	25,233
166	1,1365	3,5864	-3,1672	1027,2240	67,318	40,977
167	3,1603	0,7668	0,3697	1027,5937	35,319	71,351
MR10	0,7723	0,9361	2,2241	1029,8178	60,711	34,086
168	1,5858	2,4620	-1,6898	1028,1280	44,905	63,552
J65	0,9378	1,8389	-0,2531	1027,8749	44,331	52,225
169	0,8337	2,9665	-2,0286	1025,8463	23,256	46,758
170	0,8384	3,2250	-2,3913	1023,4550	35,119	34,316
171	0,9784	1,9691	-1,1307	1022,3243	56,252	35,929
172	2,7859	0,1081	0,8703	1023,1946	4,499	57,369
J66	2,1794	1,5095	1,2765	1024,4711	76,237	5,386
173	1,2041	1,4150	0,7644	1025,2355	56,085	74,316
RN06	1,9719	1,7871	-0,583	1024,6525	31,128	56,408
174	2,2156	0,7650	1,2069	1025,8594	78,405	29,522
175	1,8241	1,3311	0,8845	1026,7438	38,212	77,611
J67	0,2218	2,4882	-0,6641	1026,0797	62,936	45,463
176	1,5665	3,2553	-3,0334	1023,0463	69,237	66,230
177	2,1892	1,1394	0,4272	1023,4735	30,999	60,406
J68	3,6358	1,0011	1,1881	1024,6616	53,554	32,748
178	3,2249	0,1586	3,4772	1028,1388	68,696	61,544
179	1,7454	0,9035	2,3214	1030,4601	34,119	69,360
RN07	2,1347	2,3692	-0,6238	1029,8363	66,334	30,193
170	0,5506	3,0110	-0,8763	1028,9600	38,025	65,866
171	0,6822	2,6379	-2,0873	1026,8727	54,157	44,878
172	2,3950	1,1669	-0,4847	1026,3881	31,964	77,946
J69	3,5524	1,0425	1,3525	1027,7405	44,784	31,417
183	2,7876	0,0769	3,4756	1031,2161	54,253	37,235
184	2,0244	0,5915	2,1961	1033,4123	21,511	58,021
J70	3,0152	1,1379	0,8866	1034,2988	61,128	22,556
185	2,8019	0,0739	2,9413	1037,2401	46,197	45,036
186	2,0609	0,5547	2,2472	1039,4873	20,471	40,255
J71	2,9322	1,4058	0,6551	1040,1424	58,698	22,350
187	1,7065	1,8142	1,118	1041,2604	15,356	75,322
J72	0,7878	0,9491	0,7575	1042,0179	32,479	18,112
187	0,4292	3,8558	-3,068	1038,9498	54,609	35,108
MR11	0,1059	4,5092	-4,08	1034,8699	38,424	49,279
188	0,1527	2,6759	-2,57	1032,2999	87,189	52,167
189	0,4917	3,0420	-2,8893	1029,4106	78,674	92,683
190	1,2997	2,3848	-1,893	1027,5175	73,289	78,431
191	1,2272	1,9008	-0,6011	1026,9164	79,220	74,531
MR12	0	1,8702	-0,6429	1026,2735	0	68,389

3.3.2.4 Contra-Nivelamento

Quadro 3.3.12 – Contra Nivelamento

PtID	BS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	Elevation	BS_DIST	FS_DIST
MR12	1,9313	0	0	1026,2735	80,229	0
199	1,8432	1,2213	0,7100	1026,9835	75,003	79,424
200	2,4545	1,2551	0,5881	1027,5717	74,461	71,764
201	2,6041	0,5007	1,9537	1029,5254	73,594	77,672
202	3,0874	0,2462	2,3579	1031,8833	78,710	72,036
MR11	3,1585	0,1011	2,9863	1034,8696	31,600	40,063
203	3,5515	0,3102	2,8483	1037,7179	36,334	36,859
204	2,1609	0,1661	3,3854	1041,1033	9,327	46,767
J72	1,8152	1,2434	0,9175	1042,0208	70,008	11,065
205	1,1545	2,6318	-0,8166	1041,2042	18,225	62,665
J71	0,1934	2,2160	-1,0615	1040,1427	65,101	17,861
206	0,0085	3,5722	-3,3788	1036,7639	46,844	79,539
J70	-0,0496	2,4761	-2,4676	1034,2963	75,045	43,323
207	0,1176	3,1065	-3,1560	1031,1403	39,795	80,026
J69	0,2532	3,5202	-3,4026	1027,7377	61,966	41,721
208	2,4992	2,2056	-1,9523	1025,7853	44,203	87,017
209	2,3732	0,5834	1,9158	1027,7011	31,885	40,344
210	2,5267	0,8508	1,5225	1029,2236	39,846	30,815
211	1,5089	1,1033	1,4234	1030,6470	23,236	41,072
RN07	2,2675	2,3289	-0,8200	1029,8270	52,275	28,452
212	0,5142	1,7311	0,5365	1030,3635	53,075	42,084
213	0,4330	2,9711	-2,4569	1027,9066	46,826	54,956
J68	0,5456	3,6922	-3,2592	1024,6474	47,764	57,930
214	1,2285	2,5235	-1,9778	1022,6695	55,680	48,252
215	3,0959	0,8828	0,3457	1023,0152	49,005	55,882
J67	2,7480	0,0496	3,0463	1026,0615	40,604	57,798
214	1,4773	1,8471	0,9009	1026,9625	47,160	55,900
215	0,0868	1,8472	-0,3699	1026,5926	51,703	45,499
RN06	1,6741	2,0475	-1,9607	1024,6319	56,528	57,546
216	1,5017	1,0601	0,6139	1025,2458	46,744	56,555
217	1,4377	2,0653	-0,5636	1024,6822	29,211	41,555
J66	1,4786	1,6683	-0,2306	1024,4516	8,969	32,210
218	0,0641	2,8875	-1,4089	1023,0427	56,116	6,018
219	1,9072	0,7603	-0,6963	1022,3464	52,915	48,112
220	2,1924	1,0203	0,8869	1023,2333	30,824	40,289
221	2,4591	0,1800	2,0124	1025,2457	43,477	34,070
222	1,6138	0,3972	2,0618	1027,3075	15,151	45,863
J65	1,8048	1,0679	0,5459	1027,8534	67,009	18,826
223	2,0185	1,1835	0,6214	1028,4748	39,217	57,829
MR10	0,3190	0,6975	1,3210	1029,7958	64,011	57,654
224	2,1631	3,3905	-3,0714	1026,7243	67,512	58,068
225	2,5218	0,1771	1,9860	1028,7103	18,354	61,670
J64	1,4045	0,8632	1,6585	1030,3689	68,930	24,152
J64	1,5705	0	0	1030,3689	78,854	0
225	2,8557	1,7226	-0,1521	1030,2168	62,808	67,369
MR09	1,0978	0,5580	2,2976	1032,5145	64,816	74,708
MR09	0,9445	0	0	1032,5145	76,287	0

PtID	BS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	Elevation	BS_DIST	FS_DIST
J63	0,3170	3,1061	-2,1616	1030,3529	45,800	73,525
226	0,5792	4,3373	-4,0203	1026,3326	51,149	39,748
J62	0,3067	4,2821	-3,7029	1022,6297	38,945	68,745
227	0,2305	4,1573	-3,8505	1018,7792	39,146	35,074
228	0,4360	4,2533	-4,0228	1014,7564	39,788	32,222
229	1,1442	2,4743	-2,0383	1012,7180	31,247	42,894
J61	0,7079	2,1869	-1,0428	1011,6753	11,910	31,537
231	0,3231	2,9646	-2,2567	1009,4186	19,339	11,997
232	0,9022	2,7222	-2,3991	1007,0195	23,878	18,378
RN05	3,8232	2,3629	-1,4607	1005,5588	70,530	32,358
233	4,3029	0,6516	3,1716	1008,7304	47,074	54,330
234	1,5828	0,6201	3,6828	1012,4132	71,675	55,379
235	0,8325	2,6470	-1,0642	1011,3490	76,587	75,812
236	1,4465	1,7114	-0,8789	1010,4701	29,545	84,231
J60	1,6757	1,7682	-0,3217	1010,1484	74,016	38,763
237	1,4058	1,4708	0,2049	1010,3533	58,583	77,043
J59	0,6036	2,3774	-0,9715	1009,3818	41,280	70,650
238	0,5686	3,5726	-2,9690	1006,4128	36,762	40,730
239	0,6233	3,5629	-2,9942	1003,4186	44,988	39,805
RN04	0,4485	4,2107	-3,5874	999,8312	44,228	68,330
241	0,8650	2,4630	-2,0146	997,8166	70,199	43,519
242	1,7324	2,1211	-1,2561	996,5606	30,525	79,098
J58	0,9332	1,7903	-0,0578	996,5027	26,999	29,905
243	0,7200	3,0965	-2,1633	994,3394	28,469	34,914
244	0,4632	3,0215	-2,3016	992,0379	28,749	30,753
245	2,0924	3,9893	-3,5261	988,5118	78,152	35,249
246	3,9672	1,3472	0,7452	989,2570	28,807	79,925
J57	2,1737	1,9788	1,9884	991,2454	60,754	44,940
247	1,9522	3,0845	-0,9108	990,3346	18,430	65,411
J56	2,8339	2,3968	-0,4446	989,8900	69,477	23,012
248	0,9720	2,6988	0,1351	990,0251	43,140	66,504
MR08B	0,1971	2,5071	-1,5351	988,4900	18,856	64,273
J55	1,4840	3,8446	-3,6475	984,8425	74,888	32,308
249	0,6569	2,3808	-0,8968	983,9457	39,667	80,326
MR07B	0,1309	3,8919	-3,2350	980,7107	23,453	50,574
250	1,8520	3,2610	-3,1300	977,5807	68,680	38,406
251	3,5270	1,3627	0,4892	978,0699	50,597	104,203
J53	1,6036	1,5445	1,9825	980,0524	95,493	31,351
252	0,9496	2,5209	-0,9173	979,1351	50,610	85,456
253	2,8362	2,6083	-1,6587	977,4764	61,532	99,053
J52	0,9729	1,0231	1,8131	979,2896	101,870	26,138
254	1,4147	2,8447	-1,8718	977,4178	79,315	78,153
255	1,6966	1,4467	-0,0320	977,3858	90,247	99,972
256	1,5238	0,9882	0,7084	978,0942	31,251	108,479
J51	0,9924	1,9102	-0,3864	977,7077	93,366	34,569
257	1,8575	1,5376	-0,5452	977,1625	81,005	89,901
J50	1,5407	1,9550	-0,0975	977,0650	92,071	76,073
258	1,9458	1,8529	-0,3123	976,7527	82,276	90,833
259	1,5671	1,4413	0,5045	977,2572	26,627	78,698

PtID	BS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	Elevation	BS_DIST	FS_DIST
J49	1,7199	1,9173	-0,3501	976,9071	81,860	34,323
260	0,8739	1,1118	0,6081	977,5152	84,476	82,629
J48	2,0526	1,1888	-0,3148	977,2004	84,503	84,424
261	1,8207	1,4309	0,6217	977,8221	77,834	88,822
RN03	1,8383	0,7135	1,1072	978,9293	92,491	105,897
262	1,6753	1,1915	0,6469	979,5762	64,844	95,274
J47	1,7013	0,7580	0,9173	980,4935	96,944	88,564
263	1,8791	2,1066	-0,4053	980,0883	66,654	97,200
J46	0,0000	1,4997	0,3795	980,4677	0	76,601
J46	1,7476	1,5779	-0,0370	980,4677	93,891	2,256
264	2,4633	1,0339	0,7137	981,1814	75,752	101,616
J45	3,3584	0,5268	1,9365	983,1179	92,589	101,497
265	3,7219	0,8166	2,5418	985,6597	39,389	84,710
266	3,7217	0,1563	3,5656	989,2253	35,010	47,934
267	3,4259	0,1536	3,5681	992,7934	39,699	45,073
268	1,9123	0,2595	3,1665	995,9599	12,513	57,656
MR06	0,2425	0,7542	1,1581	997,1180	21,385	10,663
269	0,4405	2,9081	-2,6656	994,4523	37,642	33,785
270	0,4857	3,6157	-3,1751	991,2772	28,698	50,824
271	0,7540	3,1840	-2,6983	988,5789	18,899	36,481
J44	3,3076	2,4005	-1,6465	986,9324	68,789	21,480
J43	0,4564	1,2826	2,0250	988,9574	37,463	67,418
J42	0,1198	3,3278	-2,8714	986,0860	15,914	40,544
272	0,4071	4,2818	-4,1620	981,9240	5,870	9,495
273	0,5547	4,4999	-4,0928	977,8312	4,138	18,844
274	1,0024	2,6972	-2,1424	975,6887	26,541	6,745
275	1,1955	2,5526	-1,5501	974,1386	51,139	39,966
J41	1,4815	1,4041	-0,2086	973,9300	93,911	48,187
J40	1,2644	1,1845	0,2970	974,2270	56,927	97,049
J39	1,5486	1,8689	-0,6044	973,6225	72,711	65,630
276	2,8213	1,9329	-0,3844	973,2381	26,263	78,974
MR05	1,2559	1,2586	1,5627	974,8008	69,023	22,036
277	3,3301	1,7332	-0,4773	974,3236	74,624	67,195
J38	1,5689	1,1060	2,2241	976,5476	37,921	74,623
278	0,4105	3,9511	-2,3822	974,1654	42,751	8,910
279	1,1908	1,2857	-0,8753	973,2901	6,927	69,093
J37	1,6302	1,2959	-0,1052	973,1850	21,096	10,375
J36	1,1173	1,1485	0,4817	973,6667	8,565	10,852
280	1,8135	1,6091	-0,4919	973,1748	11,043	27,948
J35	1,7397	1,5422	0,2712	973,4461	34,594	9,027
J34	1,3772	2,0214	-0,2817	973,1644	11,516	15,556
281	2,5668	1,0773	0,2999	973,4642	77,502	18,563
J33	0,7702	0,7704	1,7964	975,2606	28,348	28,353
282	1,0361	0,6830	0,0872	975,3479	18,333	95,376
J32	1,1263	1,7202	-0,6840	974,6638	58,423	28,723
J31	1,5618	1,3893	-0,2631	974,4008	30,925	46,998
J30	1,3557	1,5230	0,0388	974,4396	19,269	41,528
283	2,9612	1,4919	-0,1362	974,3034	17,057	20,364

PtID	BS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	Elevation	BS_DIST	FS_DIST
J29	1,6501	1,5078	1,4534	975,7568	47,877	9,451
J28	1,4210	1,4116	0,2385	975,9953	62,568	48,234
J27	1,4272	1,2660	0,1550	976,1503	70,101	81,840
284	1,4419	1,6652	-0,2380	975,9122	54,500	65,639
J26	1,4484	1,5411	-0,0992	975,8130	63,000	53,742
285	1,6224	1,0915	0,3569	976,1699	46,533	59,479
J25	2,4553	1,2190	0,4034	976,5734	59,704	54,380
286	1,4167	1,1969	1,2584	977,8317	58,051	74,371
MR04	1,6179	1,2604	0,1563	977,9880	63,340	81,279
J24	1,2580	0,5502	1,0677	979,0557	44,199	89,177
J24	1,4493	0	0	979,0557	46,291	0
287	3,5353	0,3797	1,0696	980,1253	18,378	41,269
288	4,2896	0,1937	3,3416	983,4669	25,927	21,897
289	4,4182	0,2857	4,0039	987,4708	22,103	33,237
290	3,9538	0,4605	3,9577	991,4285	16,180	25,134
291	4,0006	0,2721	3,6817	995,1101	28,353	28,944
292	4,2285	0,5925	3,4081	998,5182	32,402	26,351
293	2,7023	0,1456	4,0829	1002,6011	21,046	32,784
J23	1,8922	0,3655	2,3368	1004,9378	13,691	20,538
MR03B	2,8087	1,0888	0,8034	1005,7413	34,760	12,436
294	3,1238	0,4792	2,3294	1008,0707	45,970	35,251
295	3,9730	0,1374	2,9865	1011,0572	45,630	27,976
J22	3,1493	0,2920	3,6809	1014,7381	62,881	63,157
296	2,8780	0,4626	2,6868	1017,4249	29,589	65,232
297	3,5165	0,1793	2,6987	1020,1236	18,397	18,138
298	3,8908	0,7094	2,8071	1022,9307	19,620	18,239
299	2,9959	0,4069	3,4839	1026,4146	13,495	17,591
300	2,3881	0,3605	2,6354	1029,0501	10,597	17,701
MR03	1,3097	0,8328	1,5553	1030,6053	20,722	10,365
301	1,3906	2,4191	-1,1095	1029,4959	44,543	22,086
302	2,5827	0,9091	0,4815	1029,9774	29,556	43,842
303	3,7884	0,8097	1,7730	1031,7504	23,622	28,017
J21	0,9084	0,9055	2,8829	1034,6333	24,371	25,679
304	0,2947	2,7285	-1,8201	1032,8132	26,366	23,600
305	0,3680	2,5927	-2,2981	1030,5152	31,113	31,904
J20	0,3628	3,3895	-3,0215	1027,4937	54,780	35,316
306	2,8617	2,0396	-1,6768	1025,8168	51,588	52,704
307	1,8587	0,3828	2,4789	1028,2957	12,182	44,410
J19	0,7541	0,2142	1,6445	1029,9402	29,345	14,756
308	3,7961	2,8018	-2,0477	1027,8926	58,796	34,581
309	2,0711	0,5185	3,2776	1031,1702	31,453	56,733
J18	3,5060	0,8945	1,1766	1032,3468	53,039	33,034
310	2,4932	0,3187	3,1872	1035,5340	28,607	35,362
311	3,4752	0,3706	2,1226	1037,6566	26,472	26,917
312	3,3822	0,3868	3,0884	1040,7449	18,235	25,703
313	2,8963	0,1267	3,2555	1044,0005	12,622	15,313
314	2,7818	0,4241	2,4722	1046,4727	12,263	10,960
J17	0,5830	0,2273	2,5546	1049,0272	4,755	4,727

PtID	BS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	Elevation	BS_DIST	FS_DIST
315	2,5468	1,5099	-0,9270	1048,1003	23,422	16,877
316	2,2062	0,9031	1,6437	1049,7440	8,850	28,028
RN02	2,8975	0,8193	1,3869	1051,1309	28,617	8,329
317	3,1768	0,2631	2,6344	1053,7652	17,319	26,093
318	3,0191	0,4703	2,7065	1056,4717	11,843	16,369
319	3,1863	0,3132	2,7059	1059,1776	12,365	12,367
320	3,2750	0,5434	2,6429	1061,8205	13,955	13,580
321	2,8444	0,2677	3,0074	1064,8279	15,213	12,475
J16	1,4313	0,8543	1,9900	1066,8179	11,382	13,364
322	0,3820	2,3710	-0,9397	1065,8782	51,024	15,116
323	0,6159	2,4016	-2,0196	1063,8587	36,580	51,467
J15	2,0978	2,7031	-2,0872	1061,7715	68,152	34,251
324	3,1352	0,2399	1,8578	1063,6293	28,780	67,694
J14	0,2356	1,7841	1,3511	1064,9804	16,743	34,777
325	0,1778	3,7294	-3,4938	1061,4866	24,763	21,922
326	0,6995	2,0468	-1,8690	1059,6176	56,130	31,898
J13	0,9034	2,7130	-2,0135	1057,6041	84,861	67,686
327	2,8272	2,1019	-1,1985	1056,4056	60,236	84,945
J12	1,6705	0,6953	2,1319	1058,5375	45,343	61,614
328	0,2272	4,3342	-2,6638	1055,8737	23,038	44,429
329	0,1389	3,6494	-3,4222	1052,4515	22,880	24,423
330	1,2781	2,5172	-2,3783	1050,0732	25,492	24,848
J11	1,0098	1,3017	-0,0235	1050,0497	77,588	17,879
331	1,5721	1,8860	-0,8762	1049,1735	45,018	78,003
J10	1,9397	1,1461	0,4260	1049,5995	19,227	38,799
RN01	1,6641	1,1066	0,8331	1050,4326	20,432	14,346
332	2,7000	0,7732	0,8908	1051,3235	21,622	23,850
333	3,5543	0,4562	2,2438	1053,5673	25,798	15,195
334	2,7039	0,1224	3,4320	1056,9992	28,521	24,241
J9	0,3918	1,3790	1,3249	1058,3241	19,580	24,234
335	0,1043	2,8322	-2,4404	1055,8837	16,139	17,890
336	0,0215	4,3093	-4,2050	1051,6787	17,544	27,440
337	0,0589	3,1132	-3,0917	1048,5871	39,411	18,992
J8	0,5336	4,0721	-4,0132	1044,5739	40,393	49,787
338	2,1196	2,6701	-2,1365	1042,4374	51,396	41,703
J7	0,7874	0,6501	1,4695	1043,9069	30,350	39,728
339	0,6103	3,2584	-2,4710	1041,4359	11,320	25,795
J6	0,6865	2,1393	-1,5290	1039,9069	27,760	8,831
340	3,1311	1,0596	-0,3731	1039,5338	23,734	29,385
341	2,1406	0,9430	2,1882	1041,7220	36,444	28,758
342	3,3266	0,0941	2,0465	1043,7685	27,461	28,278
J5	0,6551	0,6943	2,6323	1046,4008	14,093	19,054
343	0,7857	3,2095	-2,5544	1043,8464	46,300	25,485
J4	1,4882	1,3787	-0,5930	1043,2534	34,377	46,067
344	1,6420	3,1954	-1,7072	1041,5461	23,104	45,117
J3	0,0888	1,3408	0,3012	1041,8473	17,502	20,388
J2	0,8331	4,6332	-4,5444	1037,3029	44,568	28,341
J1	3,9393	1,8377	-1,0046	1036,2983	25,429	88,481
345	3,6441	0,6934	3,2459	1039,5442	29,916	18,798

PtID	BS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	Elevation	BS_DIST	FS_DIST
MR02	0,8638	0,8640	2,7801	1042,3244	44,548	44,542
346	0,0506	3,6442	-2,7805	1039,5439	26,618	29,939
347	0,3807	4,1796	-4,1290	1035,4149	48,926	33,271
MR01	2,8618	3,4131	-3,0324	1032,3825	26,946	61,540
348	2,6426	1,7544	1,1074	1033,4899	87,864	28,389
349	2,2387	0,6170	2,0256	1035,5155	82,742	89,917
350	0,7855	2,0196	0,2192	1035,7346	44,592	85,741
351	0,3232	2,5419	-1,7563	1033,9783	48,689	51,338
352	0,0666	3,8929	-3,5698	1030,4086	37,801	56,317
353	0,1363	4,1546	-4,0880	1026,3205	61,415	56,841
354	1,9823	2,5986	-2,4623	1023,8582	53,357	69,834
355	3,3766	0,6013	1,3810	1025,2393	56,103	55,693
356	3,0324	0,0943	3,2823	1028,5216	63,659	48,205
357	2,6324	0,2223	2,8101	1031,3317	96,191	73,389
358	2,2362	0,6315	2,0010	1033,3327	92,985	97,579
359	1,9082	1,1943	1,0419	1034,3746	96,672	94,216
360	2,1735	0,6444	1,2637	1035,6383	85,208	105,810
361	1,9371	0,8362	1,3373	1036,9756	48,011	81,670
RN2018P	0	1,3689	0,5682	1037,5438	0	42,881

Nivelados os marcos de apoio, foram levantadas características do terreno (planimetria e altimetria) por meio de irradiações. Estas irradiações, que não são materializadas no campo, são as várias locações de pontos, sempre a partir de uma referência conhecida (marcos de apoio), com vistas a total configuração do terreno existente. É importante salientar que neste processo, as cotas dos pontos cadastrados são obtidas diretamente pelo taqueômetro eletrônico, utilizando o processo de trigonometria para obtenção das coordenadas e cotas.

Nestes levantamentos foram cadastradas as seguintes informações: cercas, edificações, córregos, valetas, taludes, caixas, bordo de pistas, postes, canaletas, sinalizações, tubulações e pontos notáveis para garantir a correta representação do relevo. Concluída a etapa de campo, os dados foram processados e desenhados em escritório, dando origem aos desenhos apresentados Volume 2: Projeto de Execução.

3.4 Estudos Hidrológicos

Os Estudos Hidrológicos têm por objetivo o fornecimento de subsídios para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem no que diz respeito à sua localização, tipo e dimensionamento hidráulico.

Para a efetivação dos estudos e, posteriormente, para a elaboração do projeto de drenagem, foram procedidas as seguintes atividades:

- Caracterização da região em que o empreendimento será construído;
- Coleta dos dados pluviométricos e cartas topográficas existentes;
- Estudos complementares de campo e escritório (observações “in loco”);
- Estabelecimento do regime de chuvas, e;
- Determinação das características das bacias de contribuição.

3.4.1 Características Gerais da Região

O trecho da rodovia em estudo situa-se no município de Castro, no estado do Paraná, onde o clima predominante segundo Wladimir Köppen, Cfa e Cfb. O clima do tipo Cfa caracteriza-se como subtropical úmido com verões quentes e chuvas de verão e outono. A média das temperaturas dos meses mais quentes é próxima a 22°C e a dos meses mais frios é inferior a 18°C. O clima do tipo Cfb caracteriza-se como subtropical com verões frescos e chuvas distribuídas durante o ano, com temperaturas superiores a 22°C

nos meses mais quentes e inferiores a 18°C nos meses mais frio, não há estação seca definida.

Para a caracterização da climatologia da região buscou-se na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, estações com dados climáticos sendo a estação Castro/PR a mais próxima do local de estudo, seu código é 83813, latitude -24,78°, longitude -50°.

Os gráficos a seguir foram elaborados a partir dos dados desta estação que, embora a estação tenha iniciado sua operação em novembro de 1922, utilizou-se, para esta caracterização o período compreendido entre de janeiro de 1982 a julho de 2018. A estação apresenta diversos anos com falhas, portanto foram desconsiderados.

Assim, a temperatura média anual resultou em 17,2°C, e o mês com temperaturas máximas é o de novembro e o de menores temperaturas é o mês de julho. O gráfico a seguir apresenta as variações das temperaturas mínimas, médias e máximas ao longo do ano e a tabela apresenta os valores médios obtidos.

Quadro 3.4.1 – Temperatura Média Mensal

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínima	19,51	19,43	18,71	16,02	12,89	11,33	9,91	11,78	13,12	15,66	17,90	19,15
Média	20,92	20,76	19,96	18,00	14,57	12,87	12,62	14,00	15,55	17,67	19,04	20,40
Máxima	22,05	21,96	21,75	20,05	16,58	15,19	14,72	15,79	18,81	19,91	22,18	22,17

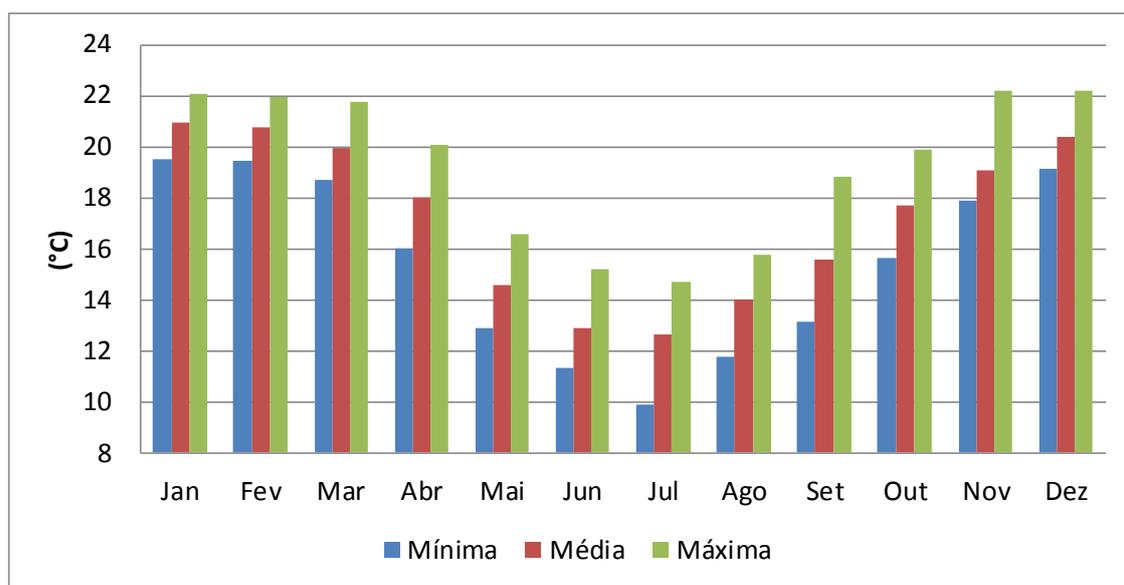


Figura 3.4.1 - Temperatura Média Mensal

A insolação média mensal da região resultou em 135 horas/mês sendo o mês de agosto o que apresentou maior média mensal de insolação e o mês de outubro o que apresentou a menor, conforme figura e tabela a seguir apresentadas.

Quadro 3.4.2 - Insolação Média Mensal

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínima	45,80	79,50	70,50	81,80	53,10	46,70	61,40	87,80	70,40	53,00	31,90	42,80
Média	140,57	123,91	142,88	138,65	130,61	127,35	142,93	154,50	123,33	122,73	136,93	135,35
Máxima	203,80	214,30	204,20	190,30	215,90	198,70	199,00	224,30	184,70	202,20	225,20	214,00

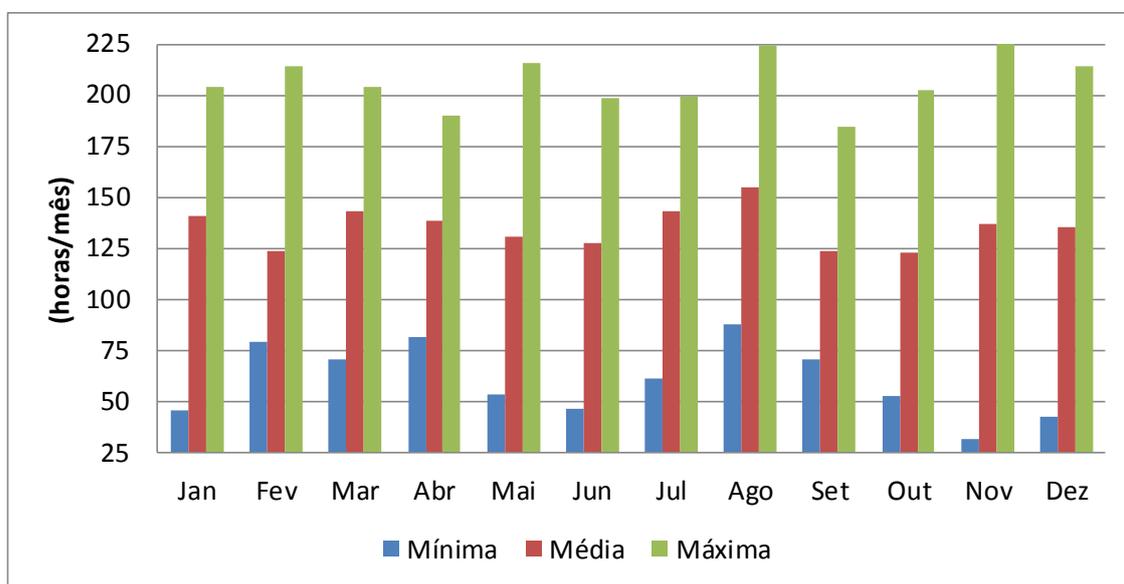


Figura 3.4.2 – Insolação Média Mensal

A umidade relativa média resultou 83,41%, variando da mínima de 72,24%, no mês de agosto até a máxima de 92,71% no mês de maio. Como se pode observar no gráfico apresentado a seguir não há grandes variações nos valores da umidade relativa média, o que se deve ao fato da região não apresentar uma estação seca definida, como poderá ser confirmado nos gráficos de chuva a serem apresentados na sequência.

Quadro 3.4.3 – Umidade Relativa

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínima	78,47	76,65	77,44	78,98	79,04	75,72	76,25	72,22	73,18	75,61	74,63	73,96
Média	83,76	84,62	84,68	85,06	86,10	85,96	84,12	81,54	81,86	81,88	79,97	80,90
Máxima	89,12	89,80	90,53	90,34	92,71	91,32	89,31	88,08	90,88	87,69	88,19	87,27

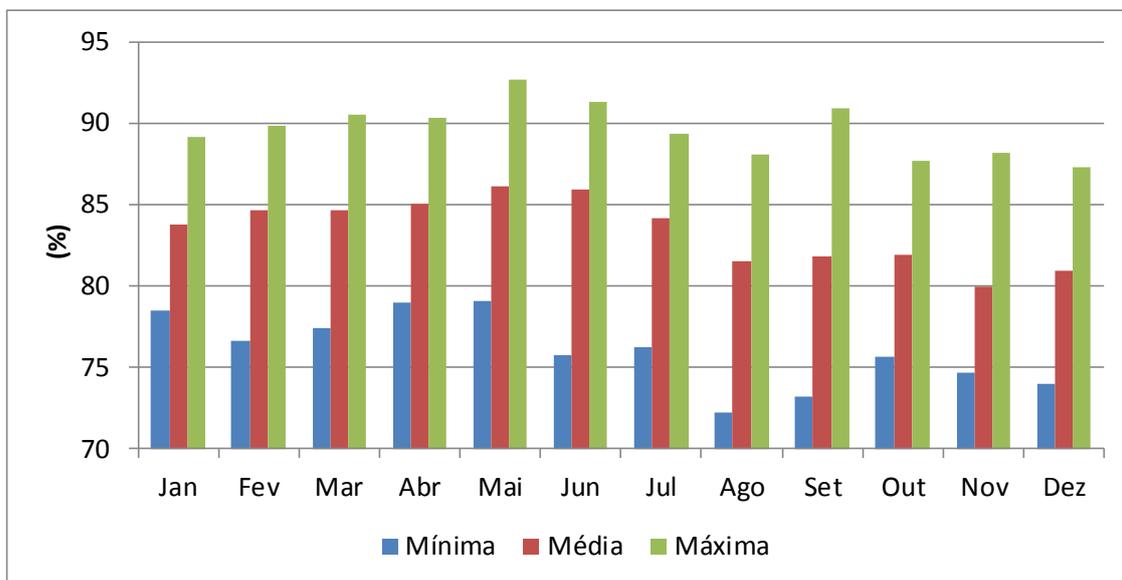


Figura 3.4.3 – Umidade Relativa

Para a determinação do regime pluviométrico da região, foram avaliados os dados do posto pluviométrico Chácara Cachoeira, localizado no município de Castro/PR, código 02450013, operado pelo Instituto das Águas do Paraná (1975 – 2015).

Os dados os obtidos apresentam precipitação média anual de 1.632 mm, distribuídos em cerca de 98 dias de chuva durante o ano. Os gráficos apresentados a seguir ilustram o regime pluviométrico da região.

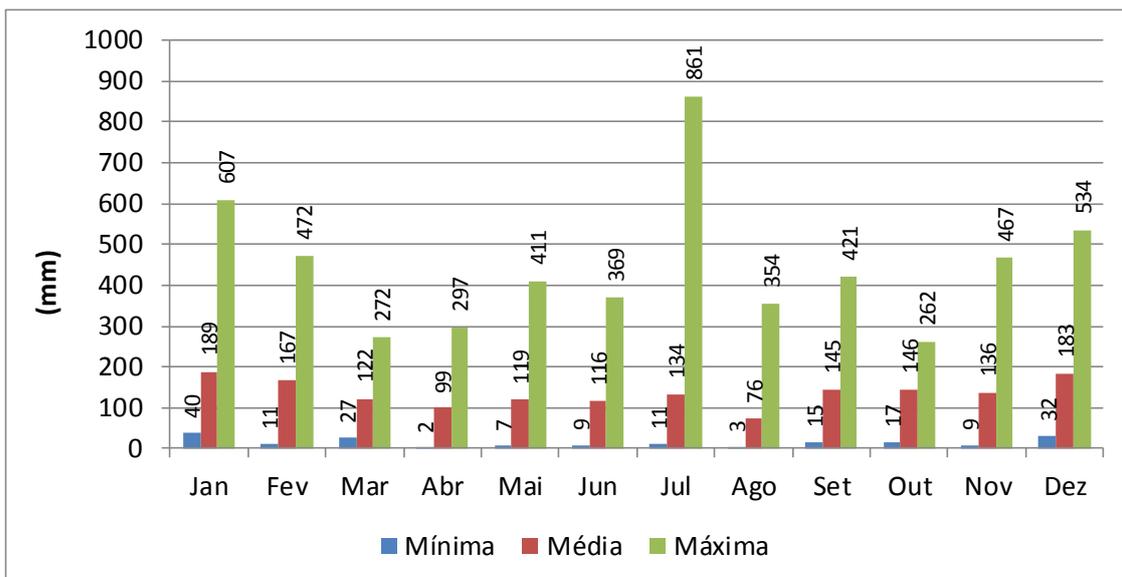


Figura 3.4.4 – Posto Pluviométrico Chácara Cachoeira/Castro

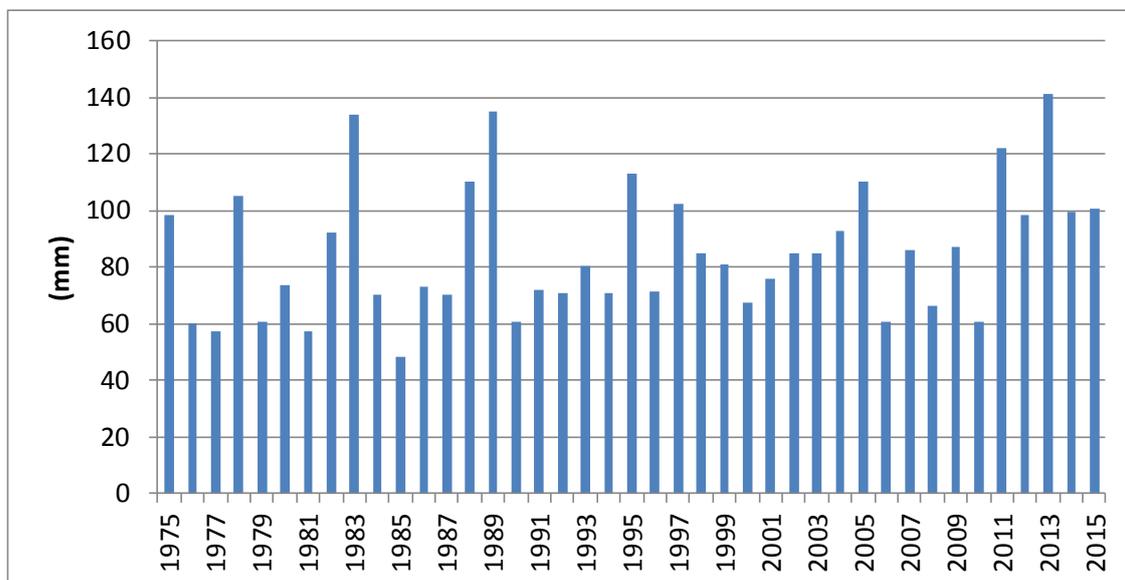


Figura 3.4.5 – Precipitação Máxima Diária – Estação Chácara Cachoeira

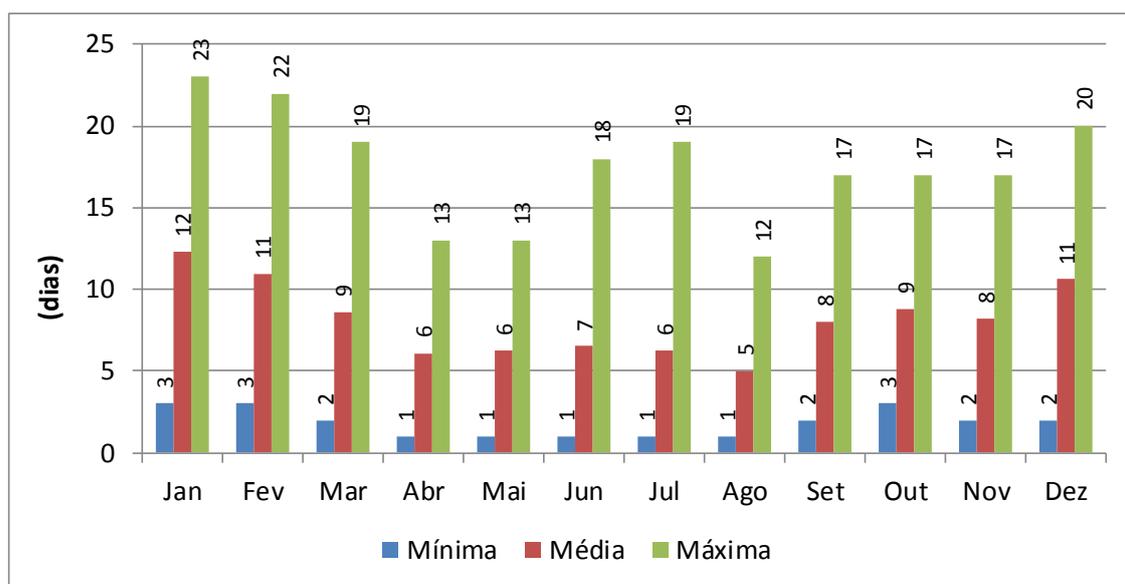


Figura 3.4.6 – Número de Dias de Chuva – Estação Chácara Cachoeira

3.4.2 Equação de Chuvas Intensas

A equação de chuvas intensas, associada a equação do método racional, possibilitará o cálculo das vazões de contribuição necessárias ao dimensionamento dos dispositivos de drenagem.

Como o município de Castro/PR não possui uma equação de chuva intensa, publicada em bibliografias, como ocorre em outros municípios do estado, aplicou-se a metodologia exposta pelo Eng.º Jaime Torgora Torrico, em “Práticas Hidrológicas”, para a

determinação das relações Intensidade-Duração-Recorrência, representativas do regime das precipitações intensas de chuvas de pequena duração na área de estudo.

Nesta aplicação foram utilizados os dados pluviométricos do posto Chácara Cachoeira em Castro/PR, anteriormente citado, operado pelo Instituto das Águas do Paraná, no período de 1975 a 2015.

Nesta metodologia, levando em consideração os postos pluviométricos utilizados pelo Eng.^o Otto Pfafstteter, construiu um Mapa de isozonas relacionando as alturas de precipitação anual de 24 horas para cada um dos postos. Para um tempo de recorrência de um ano, o Eng.^o Torga Torrico determinou a relação 24 horas/dia, visando a correlação das precipitações nas estações pluviométricas com as isozonas deduzidas nas estações pluviográficas.

Estão apresentados, a seguir, os elementos do posto escolhido:

- Tabela de Características e Equações do Posto Pluviométrico;
- Curvas de Intensidade-Duração-Recorrência;
- Curvas de Precipitação-Duração-Recorrência.

Quadro 3.4.4 – Características e Equações da Estação Pluviométrica Chácara Cachoeira

POSTO: Chácara Cachoeira Castro/PR	CÓD. 02450013
FONTE: Agência Nacional de Águas - ANA	PERÍODO: 1975 - 2015

PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS							
ANO	P (mm)	ANO	P (mm)	ANO	P (mm)	ANO	P (mm)
1975	98,6	1986	73,0	1997	102,1	2008	66,2
1976	59,8	1987	70,1	1998	84,7	2009	87,1
1977	57,2	1988	110,0	1999	81,0	2010	60,4
1978	105,0	1989	135,0	2000	67,4	2011	121,9
1979	60,8	1990	60,7	2001	75,7	2012	98,7
1980	73,8	1991	72,0	2002	85,1	2013	141,5
1981	57,3	1992	70,7	2003	84,8	2014	99,6
1982	92,0	1993	80,5	2004	92,9	2015	97,4
1983	134,0	1994	70,8	2005	110,1		
1984	70,0	1995	113,3	2006	60,7		
1985	48,0	1996	71,3	2007	86,0		

n = 41 $\bar{P} = 85,05 \text{ mm}$ $\sigma_{n-1} = 23,04 \text{ mm}$

$$P_{1\text{dia}} = \bar{P} + K \cdot \sigma_{n-1}$$

PERÍODO DE RETORNO	PRECIPITAÇÃO (mm)			
	1 DIA	24 HORAS	1 HORA	6 MINUTOS
10 ANOS	119,0	130,9	54,5	14,7
15 ANOS	127,4	140,2	58,0	15,7
25 ANOS	137,9	151,7	62,3	17,0
50 ANOS	151,9	167,1	68,0	18,7
100 ANOS	165,8	182,4	73,5	18,2

PERÍODO DE RETORNO	EQUAÇÕES DE CHUVA			
	INTERVALO DE TEMPO			
	0,1 h < t < 1,0 h		1,0 h < t < 24,0 h	
TR = 10 ANOS	P(mm)=	39,80 log t + 54,46	P(mm)=	55,39 log t + 54,46
TR = 15 ANOS	P(mm)=	42,34 log t + 58,04	P(mm)=	59,52 log t + 58,04
TR = 25 ANOS	P(mm)=	45,35 log t + 62,34	P(mm)=	64,73 log t + 62,34
TR = 50 ANOS	P(mm)=	49,29 log t + 68,00	P(mm)=	71,78 log t + 68,00
TR = 100 ANOS	P(mm)=	55,25 log t + 73,49	P(mm)=	78,88 log t + 73,49

PERÍODO DE RETORNO	0,1 h		1 h		24 h	
	P (mm)	I (mm / h)	P (mm)	I (mm / h)	P (mm)	I (mm / h)
TR = 10 ANOS	14,66	146,62	54,46	54,46	130,91	5,45
TR = 15 ANOS	15,70	157,00	58,04	58,04	140,18	5,84
TR = 25 ANOS	16,99	169,87	62,34	62,34	151,67	6,32
TR = 50 ANOS	18,71	187,12	68,00	68,00	167,07	6,96
TR = 100 ANOS	18,24	182,36	73,49	73,49	182,36	7,60

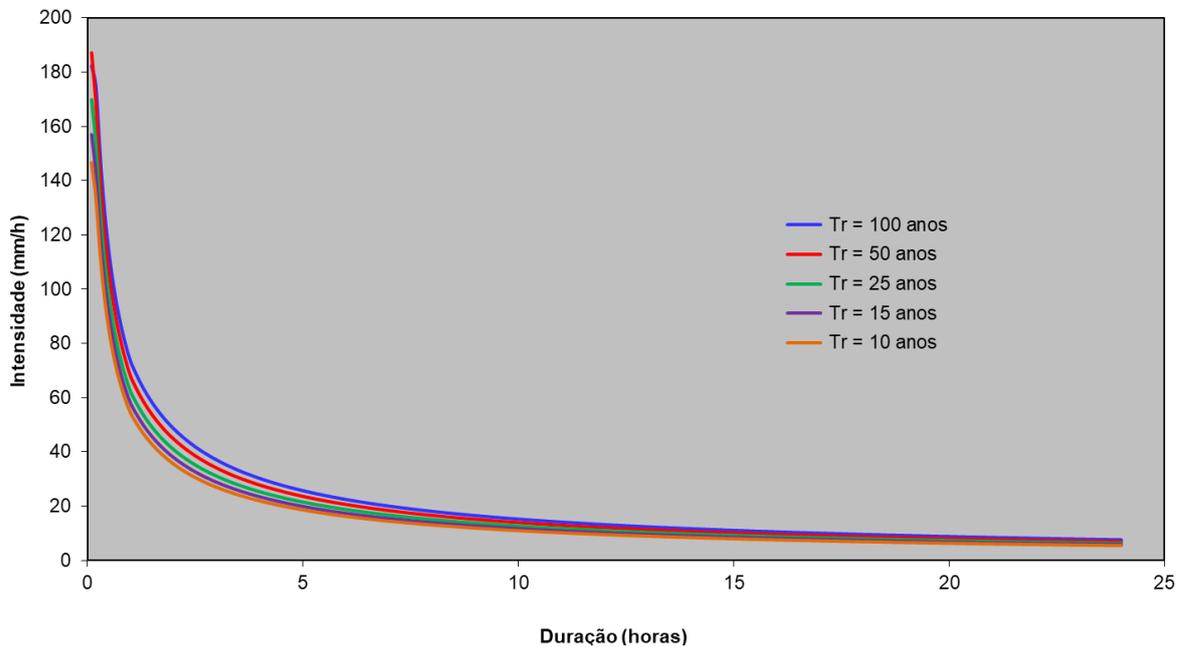


Figura 3.4.7 – Curvas de Intensidade-Duração-Recorrência - Estação Chácara Cachoeira

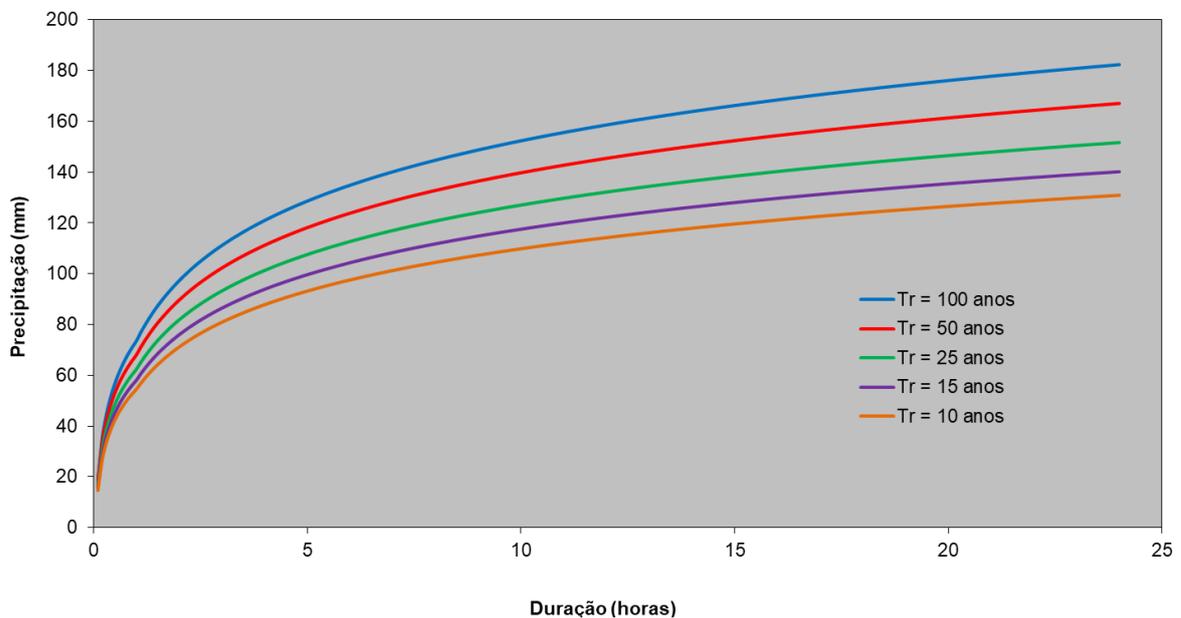


Figura 3.4.8 – Curvas de Precipitação-Duração-Recorrência - Estação Chácara Cachoeira

3.4.3 *Tempo de Recorrência*

Os tempos de recorrência da enchente do projeto a serem utilizados neste estudo são os indicados na Instrução de Serviço para Estudos Hidrológicos, IS-203, e apresentados a seguir:

Quadro 3.4.5 – Tempos de Recorrência

Espécie	Tempo de Recorrência
Drenagem Superficial	10 anos
Bueiro Tubular (como canal / como orifício)	15 / 25 anos
Bueiro Celular (como canal / como orifício)	25 / 50 anos
Ponte	100 anos

Fonte: Manual de Hidrologia Básica, DNIT

3.4.4 *Tempo de Concentração*

Para a determinação do tempo de concentração foi utilizada a fórmula deduzida pelo DNOS, para as condições brasileiras sendo:

$$T_c = \frac{10}{K} \times \frac{A^{0,3} \times L^{0,2}}{i^{0,4}}$$

Onde: T_c : Tempo de concentração, em min

K : Coeficiente adimensional, função das características da bacia (adotado $K=3$ - (terreno comum, coberto de vegetação, absorção apreciável (Manual de Hidrologia Básica - DNIT, 2005 - pág. 85).

A : Área da bacia de contribuição, em hectares;

L : Comprimento do talvegue principal, em m;

i : Declividade média do talvegue principal, em %.

Para obras de drenagem superficial será adotado o tempo de concentração igual a 5 minutos.

3.4.5 Áreas de Concentração

As áreas de contribuição do trecho em estudo foram delimitadas a partir de trabalhos de campo, conforme vistoria realizada, e a partir das seguintes cartas topográficas fornecidas pelo IBGE:

Quadro 3.4.6 – Cartas Topográficas utilizadas

Nome / Localidade	Escala	Cód. MI	Cód.	Ano
Monte Negro	1:50.000	2807-4	SG.22-X-A-II-4	1996
Jaguariaíva	1:100.000	2808	SG.22-E-I	1967
Serra das Furnas	1:50.000	2808-3	SG.22-X-A-III-3	2001
Barra Brava	1:50.000	2808-4	SG.22 X-A-III-4	2001
Castro	1.100.000	2824	SG.22-D-IV	1964
Piraí Mirim	1:50.000	2824-2	SG.22-X-A-V-2	2001
Castro	1:50.000	2824-4	SG.22-X-A-V-4	2001
Piraí do Sul	1:50.000	2825-1	SG.22-E-III-1	1961
Serra do Apan	1:50.000	2825-2	SG.22-X-A-VI-2	2001
Abapã	1:50.000	2825-3	SG.22-X-A-VI-3	2001
Socavão	1:50.000	2825-4	SG.22-X-A-VI-4	2001

3.4.6 Coeficiente de Escoamento Superficial

O coeficiente de escoamento superficial (*“Run off”*) corresponde a quantidade de água que esco superficialmente durante uma determinada chuva sendo função da taxa de impermeabilização do terreno, tipo de solo, tipo de ocupação, inclinação, intensidade da precipitação e etc. É utilizado no método racional para a determinação das vazões de contribuição.

Os coeficientes de escoamento utilizados neste estudo estão apresentados no quadro a seguir:

Quadro 3.4.7 – Coeficientes de Escoamento Superficial

Descrição das Áreas das Bacias Tributárias	Coeficientes de Escoamento	
	Recomendado	Adotado
Áreas pavimentadas	0,90	0,90
Áreas gramadas em solo compactos, planos	0,12 - 0,17	0,30
Áreas gramadas em solo compactos, (canteiros)	0,30	0,30

Fonte: Manual de Hidrologia Básica, DNIT

Em visitas “in loco” e em estudos da região foi constatado que se trata de uma região agrícola, sendo sua maior porção de relevo ondulado e plano.

Há presença de grande quantidade de valas de drenagem para rebaixamento do lençol freático com o objetivo de possibilitar a utilização do solo para plantio. Isto indica que o solo possui baixa capacidade de absorção de água e favorece o escoamento superficial. Sendo assim, neste estudo, foi utilizado o valor de 0,30 para coeficiente de escoamento superficial de áreas rurais com plantações e áreas consideradas gramadas. Porém, para bacias com áreas superiores a 500 ha foi adotada uma proporcionalidade do uso da área, sendo 30% como região agrícola de relevo plano (0,30) e 70% como solo sem revestimento com baixa permeabilidade (0,60). Por fim, na bacia da estaca 348+14,00 foi adotado o coeficiente de 0,50 considerando uma área com baixa permeabilidade (várzea do Rio Iapó).

3.4.7 Vazão de Contribuição

A metodologia de cálculo utilizada na determinação das vazões contribuição é definida a partir da área de contribuição. Neste projeto foram utilizadas as seguintes metodologias:

- Método Racional: utilizado em bacias de contribuição com área inferior a 10,0 km²;
- Método do Hidrograma Unitário Triangular: utilizado em bacias de contribuição cuja área é superior a 10,0 km²

3.4.7.1 Método Racional

As vazões de contribuição determinadas pela utilização deste método foram obtidas através da seguinte expressão:

$$Q_c = \frac{C \times I \times A}{6} \times D$$

Onde: Q_c : Vazão de contribuição, em m³/s;

C : Coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

I : Intensidade de precipitação, em mm/min;

A : Área de contribuição, em ha;

D : Coeficiente de Dispersão

O coeficiente de dispersão, corrige as distorções decorrentes da aplicação do Método Racional em bacias hidrográficas com área entre 4,0 km² e 10,0 km². Foi calculado pela expressão:

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

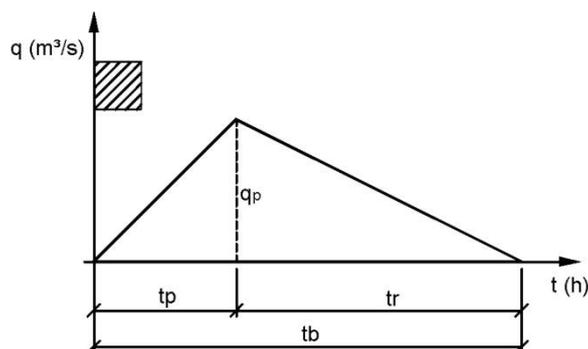
Onde: A : Área de contribuição, em km².

As áreas de contribuição e as vazões calculadas para os bueiros do projeto serão apresentadas juntamente com o dimensionamento dos mesmos.

3.4.7.2 Método do Hidrograma Unitário Triangular

Este método, desenvolvido pelo *U.S. Soil Conservation Service*, será utilizado para estudo de bacias hidrográficas com área superior a 10,00 km² interceptadas pela rodovia. A seguir é apresentada a metodologia a ser utilizada:

a) Parâmetros do Hidrograma Unitário



$$q_p = \frac{2,08 \times A}{t_p}$$

Onde: q_p : Vazão de pico do HU, em m³/s;

A : Área de contribuição, em km²;

t_p : Tempo de pico, em horas;

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + 0,6 \times t_c \quad \text{e} \quad \Delta t = \frac{t_c}{5}$$

Onde: t_c : Tempo de concentração, em horas;

Δt : Tempo unitário, em horas;

$$t_r = 1,67 \times t_p \quad \text{e} \quad t_b = 2,67 \times t_p$$

Onde: t_r : Tempo de descida, em horas;

t_b : Tempo de base, em horas;

O tempo de concentração foi calculado de acordo com a fórmula exposta para o Método Racional.

b) Precipitação Efetiva

A avaliação da precipitação efetiva (P_e) a partir da precipitação total (P) foi feita segundo o método proposto pelo *U.S. Soil Conservation Service*.

De acordo com este método deve-se, em função das características de solo, vegetação e utilização das áreas das bacias hidrográficas, escolher um número de curva (CN) que as caracterize.

As seguintes relações são utilizadas:

$$CN = \frac{1000}{10 + S}$$

Onde: CN : Número da curva representativa do complexo solo-vegetação-utilização da área;

S : Variável dependente da retenção e infiltração da bacia.

$$P_e = \frac{(P' - 0,20 \times S)}{P' + 0,80 \times S}$$

Onde: P_e : Precipitação efetiva, em polegadas;
 P' : precipitação total, em polegadas (retirada das curvas de precipitação-duração-recorrência para períodos de tempo unitário Δt);

Quando a área da bacia for maior do que 25 km², corrige-se esta precipitação pela seguinte expressão:

$$P' = P \times \left(1 - 0,10 \times \log \left(\frac{A}{25} \right) \right)$$

Onde: P' : Precipitação total corrigida, em cm;
 P : Precipitação total real, em cm;
 A : Área da bacia hidrográfica, em km²;

c) Hidrograma de Projeto

Conhecidas as precipitações efetivas, para cada intervalo (Δt), procede-se o cálculo das vazões de projeto através da “álgebra dos hidrogramas”, ou seja, multiplicando-se as precipitações efetivas pelas ordenadas do hidrograma unitário, retiradas a intervalos de tempo iguais ao intervalo unitário considerado.

Os valores das descargas do hidrograma de projeto, portanto, serão dados por:

$$Q_i = P_{e_i} \times q_1 + P_{e_{i-1}} \times q_2 + P_{e_{i-2}} \times q_3 + \dots P_{e_i} \times q_i$$

Na rodovia em estudo foi utilizada a metodologia do Hidrograma Unitário para o cálculo da vazão de máxima enchente da transposição do Rio Iapó (entre as estacas 322 e 338) e da galeria celular da estaca 566.

O terreno no entorno do rio Iapó é plano e possui vários diques existentes, favorecendo a formação de deflúvio superficial sendo deste modo enquadrado no Grupo Hidrológico do Solo “D”. A cobertura vegetal da região é composta por terrenos cultivados

com pequenas regiões de mata isoladas, resultando no coeficiente CN de 80. A área de contribuição do Ribeirão Lagoa da Onça (galeria da estaca 566) apresenta relevo ligeiramente mais inclinado. Deste modo adotou-se o valor de 75 para o coeficiente CN⁰. Estes valores podem ser validados pelo quadro a seguir apresentado.

Com base nesse coeficiente e na metodologia apresentada anteriormente calculou-se os hidrogramas unitários apresentados a seguir.

Quadro 3.4.8 – Hidrograma Unitário Triangular – Ponte do Rio Iapó

TRANSPOSIÇÃO: Rio Iapó (após confluência com Arroio)

ESTACAS: 322 a 338

Dados da Bacia de Contribuição

Área de contribuição - A =	911,74 km ²
Extensão do Talvegue - L =	83,13 km
Desnível - DH =	294 m
Declividade média - i =	0,35 %
Coefficiente CN =	80
Coefficiente K =	3
Tempo de Recorrenda - TR =	100 anos

Cálculo dos Parâmetros do HUT

Tempo de Concentração - tc =	24,96 h
Tempo de pico - tp =	17,47 h
Tempo de descida - tr =	29,17 h
Tempo de base - tb =	46,64 h
Δt =	4,99 h
Vazão de pico - qp =	108,55 m ³ /s

Precipitação Efetiva

Δt (h)	P (cm)	P' (cm)	Pe (cm)	ΔPe (cm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,99	12,86	10,85	5,76	5,76
9,98	15,23	12,85	7,48	1,72
14,97	16,62	14,02	8,51	1,03
19,96	17,60	14,85	9,26	0,74
24,95	18,37	15,50	9,84	0,58
29,94	18,99	16,03	10,32	0,48
34,93	19,52	16,47	10,72	0,41
39,92	19,98	16,86	11,08	0,35
44,91	20,38	17,20	11,39	0,31

Hidrograma de Projeto

Δt (h)	qi (m ³ /s)	Precipitação Efetiva (cm)									Q (m ³ /s)
		5,76	1,72	1,03	0,74	0,58	0,48	0,41	0,35	0,31	
0,00	0,00	0,00	-								0,00
4,99	31,01	178,57	0,00	-							178,57
9,98	62,01	357,13	53,35	0,00	-						410,48
14,97	93,02	535,70	106,70	32,06	0,00	-					674,46
19,96	99,28	571,80	160,05	64,12	23,05	0,00	-				819,02
24,95	80,71	464,85	170,84	96,18	46,11	18,03	0,00	-			796,01
29,94	62,15	357,91	138,89	102,67	69,16	36,07	14,82	0,00	-		719,51
34,93	43,58	250,96	106,93	83,46	73,82	54,10	29,65	12,59	0,00	-	611,52
39,92	25,01	37,08	74,98	64,26	60,01	57,74	44,47	25,18	10,95	0,00	374,68
44,91	6,44	37,08	43,03	45,06	46,21	46,94	47,47	37,77	21,89	9,69	335,14
Q_{máx} =	819,02	m³/s									

Quadro 3.4.9 – Hidrograma Unitário Triangular – Galeria da Estaca 566 (TR 25)

TRANSPOSIÇÃO: Ribeirão Lagoa da Onça - OAC 37

ESTACA: 566+0,00

Dados da Bacia de Contribuição

Área de contribuição - A =	11,89 km ²
Extensão do Talvegue - L =	7,757 km
Desnível - ΔH =	41 m
Declividade média - i =	0,53 %
Coefficiente CN =	75
Coefficiente K =	3
Tempo de Recorrendia - TR =	25 anos

Cálculo dos Parâmetros do HUT

Tempo de Concentração - tc =	3,60 h
Tempo de pico - tp =	2,52 h
Tempo de descida - tr =	4,21 h
Tempo de base - tb =	6,73 h
Δt =	0,72 h
Vazão de pico - qp =	9,81 m ³ /s

Precipitação Efetiva

Δt (h)	P (cm)	P' (cm)	Pe (cm)	ΔPe (cm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,72	5,59	5,59	1,23	1,23
1,44	7,26	7,26	2,21	0,98
2,16	8,40	8,40	2,96	0,76
2,88	9,21	9,21	3,53	0,57
3,60	9,83	9,83	3,99	0,46
4,32	10,35	10,35	4,37	0,38
5,04	10,78	10,78	4,70	0,33
5,76	11,16	11,16	4,99	0,29
6,48	11,49	11,49	5,25	0,26

Hidrograma de Projeto

Δt (h)	qi (m ³ /s)	Precipitação Efetiva (cm)										Q (m ³ /s)
		1,23	0,98	0,76	0,57	0,46	0,38	0,33	0,29	0,26		
0,00	0,00	0,00	-									0,00
0,72	2,80	3,44	0,00	-								3,44
1,44	5,61	6,87	2,75	0,00	-							9,62
2,16	8,41	10,31	5,50	2,12	0,00	-						17,93
2,88	8,97	11,00	8,25	4,24	1,60	0,00	-					25,08
3,60	7,29	8,94	8,80	6,36	3,19	1,28	0,00	-				28,58
4,32	5,62	6,89	7,15	6,78	4,79	2,57	1,07	0,00	-			29,25
5,04	3,94	4,83	5,51	5,51	5,11	3,85	2,15	0,92	0,00	-		27,88
5,76	2,26	0,71	3,86	4,25	4,15	4,11	3,22	1,85	0,81	0,00		22,97
6,48	0,58	0,71	2,22	2,98	3,20	3,34	3,44	2,77	1,62	0,72		21,01
Q_{máx} =	29,25	m³/s										

Quadro 3.4.10 – Hidrograma Unitário Triangular – Galeria da Estaca 566 (TR 50)

TRANSPOSIÇÃO: Ribeirão Lagoa da Onça - OAC 37

ESTACA: : 566+0,00

Dados da Bacia de Contribuição

Área de contribuição - A =	11,89 km ²
Extensão do Talvegue - L =	7,757 km
Desnível - ΔH =	41 m
Declividade média - i =	0,53 %
Coefficiente CN =	75
Coefficiente K =	3
Tempo de Recorrendia - TR =	50 anos

Cálculo dos Parâmetros do HUT

Tempo de Concentração - tc =	3,60 h
Tempo de pico - tp =	2,52 h
Tempo de descida - tr =	4,21 h
Tempo de base - tb =	6,73 h
Δt =	0,72 h
Vazão de pico - qp =	9,81 m ³ /s

Precipitação Efetiva

Δt (h)	P (cm)	P' (cm)	Pe (cm)	ΔPe (cm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,72	6,10	6,10	1,51	1,51
1,44	7,94	7,94	2,65	1,14
2,16	9,20	9,20	3,53	0,88
2,88	10,10	10,10	4,19	0,66
3,60	10,79	10,79	4,71	0,53
4,32	11,36	11,36	5,15	0,44
5,04	11,84	11,84	5,53	0,38
5,76	12,26	12,26	5,86	0,33
6,48	12,63	12,63	6,16	0,30

Hidrograma de Projeto

Δt (h)	qi (m ³ /s)	Precipitação Efetiva (cm)									Q (m ³ /s)
		1,51	1,14	0,88	0,66	0,53	0,44	0,38	0,33	0,30	
0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
0,72	2,80	4,22	0,00	-	-	-	-	-	-	-	4,22
1,44	5,61	8,45	3,20	0,00	-	-	-	-	-	-	11,65
2,16	8,41	12,67	6,41	2,46	0,00	-	-	-	-	-	21,54
2,88	8,97	13,52	9,61	4,92	1,85	0,00	-	-	-	-	29,90
3,60	7,29	10,99	10,26	7,39	3,69	1,48	0,00	-	-	-	33,80
4,32	5,62	8,46	8,34	7,88	5,54	2,96	1,23	0,00	-	-	34,40
5,04	3,94	5,93	6,42	6,41	5,91	4,43	2,47	1,06	0,00	-	32,63
5,76	2,26	0,88	4,50	4,93	4,80	4,73	3,70	2,12	0,93	0,00	26,60
6,48	0,58	0,88	2,58	3,46	3,70	3,85	3,95	3,18	1,86	0,83	24,29
Q_{máx} =	34,40	m³/s									

3.5 Estudos Geológicos

A litoestratigrafia da região da área de estudo é diversificada, incluindo unidade geológica com idade no Neoproterozoico, bem como coberturas inconsolidadas, representadas pelo manto de intemperismo, além de depósitos sedimentares aluviais cenozoicos, cujas características litoestruturais refletem-se na subdivisão geomorfológica regional.

O Neoproterozoico é representado por granitoides do Complexo Granítico Cunhaporanga (CGC). Todas estas litologias são seccionadas por diques de rochas básicas, principalmente de diabásio, pertencentes ao magmatismo Serra Geral.

3.5.1 Complexo Granítico Cunhaporanga

Situado na borda oeste do embasamento cristalino do Paraná, o Complexo Granítico Cunhaporanga (CGC) compreende um batólito de aproximadamente 3.000 km², de forma alongada, com eixo maior na direção NE-SW. É extremamente pobre em exposição, tendo em vista seu espesso manto de alteração intempérica. Deste modo, não é possível delimitar com precisão suas variedades litológicas.

O CGC, segundo Ulbrich et al. (2009), é constituído por variados tipos de granitoides, predominando os de natureza cálcio-alcálica. Leucosienogranitoides e álcali-feldspato leucogranitoides (“alaskitos”) aparecem constituindo apenas dois corpos tardios, o Granito Joaquim Murtinho e, a SW, o Granito Serra do Carambeí. Aparecem ainda megaenclaves mapeáveis, como o que ocorre no traçado, denominado de “Quartzito Serra das Pedras”, considerado correlato a rochas do Grupo Itaiacoca.

O CGC é caracterizado por uma grande diversidade de tipos granitoides, descrita e mapeada por Guimarães (2000¹ apud GODOY, 2010) como unidades litoestratigráficas formais e informais. Segundo CPRM (2004), a PR-090, limite em um dos lados do Contorno Norte de Castro/PR, corta duas unidades graníticas do CGC:

1. Unidade Granítica Piraí do Sul (UPS);
2. Unidade Granítica Santa Rita (USR).

¹GUIMARÃES, G. B. **As rochas granitoides do Complexo Granítico Cunhaporanga, Paraná:** aspectos geológicos, geofísicos, geoquímicos e mineralógicos. 230f. Tese (Doutorado em Geociência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, 2000.

3.5.2 *Unidade Granítica Piraí do Sul (UPS)*

De acordo com Prazeres Filho *et al.*, (2003), a Unidade Granítica Piraí do Sul (UPS), ocorre na extremidade NW do CGC e é intrusiva nos domínios da Unidade Ribeirão Butiá. Constitui-se por biotita monzogranitos cinzentos, leucocráticos, equi a inequigranulares, de granulação média a fina, isótipos e apresentam textura xenomórfica. Os principais minerais acessórios são titanita, apatita, allanita e zircão.

Os autores analisaram três frações magnéticas de zircão de uma biotita monzogranito, que mostraram que idades U-Pb obtidas em todas as frações analisadas são discordantes, com indicação de herança sugerida pelas idades $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ de 715 ± 16 Ma e 647 ± 8 Ma, respectivamente das frações M(-3) e M(-5). A fração mais concordante, M(-4), apresenta idade $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ de 601 ± 7 Ma, interpretada como indicativa da idade máxima da formação dos monzogranitos desta unidade granítica

3.5.3 *Unidade Granítica Santa Rita (USR)*

Segundo Caltabeloti (2011) nesse domínio, o litotipo principal ocorrente é um biotitamonzogranito, cor cinza claro a róseo, leucocrático (índice de cor varia entre 7 a 15%), foliado e com textura fanerítica média a porfirítica. Em geral os cristais de biotita estão quase sempre orientados, sendo que em alguns afloramentos é possível identificar esta trama também nos fenocristais de feldspato potássico e quartzo. Outra característica é a abundância de vênulas e veios aplíticos quartzo-feldspáticos distribuídos em toda sua extensão, assim como enclaves microgranulares orientados com a trama principal.

Prazeres Filho (2000² e 2005³ *apud* CALTABELOTI, 2011), analisando biotita monzogranitos, próximo à região de Abapã, obteve as seguintes idades: 480 ± 11 Ma (K-Ar, biotita), 588 ± 70 Ma (U-Pb, ID-TIMS, zircão) e 626 ± 8 Ma (U-Pb, SHRIMP, zircão), sendo esta última utilizada pelo referido autor para caracterizar o período de cristalização desta unidade.

²PRAZERES FILHO, H. J. **Litogeoquímica, geocronologia (U-Pb) e geologia isotópica dos complexos graníticos Cunhaporanga e Três Córregos, Estado do Paraná.** 2000, 180f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

³PRAZERES FILHO, H. J. **Caracterização geológica e petrogenética do Batólito Granítico Três Córregos (PR-SP):** Geoquímica isotópica (Nd-Sr-Pb), idades (ID-TIMS/SHRIMP) e $\delta^{18}\text{O}$ em zircão. 2005, 207 p. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

3.5.4 Sedimentos Recentes

Coberturas cenozoicas inconsolidadas originam-se da degradação intempérica de rochas expostas à superfície, de forma que o estudo das mesmas representa uma importante ferramenta para o entendimento dos processos responsáveis pela geração do capeamento intemperizado de uma região.

Os depósitos aluvionares, correspondem aos sedimentos depositados ao longo dos canais fluviais, compreendendo depósitos nas margens, fundos de canal e planície de inundação que ocorrem como areias, cascalheiras e argilas resultantes do processo de erosão, transporte e deposição oriundos de diversas áreas-fonte.

Na área de estudo, esses depósitos são encontrados, principalmente, ao longo dos rios Iapó e Taquara.

3.6 Estudos Geotécnicos

3.6.1 Introdução

Os estudos geotécnicos têm por finalidade, por meio de sondagens e ensaios, quantificar a capacidade de suporte do subleito (que funciona como fundação do pavimento), verificar as condições de compactação (umidade ótima, densidade máxima), o grau de dificuldade de sua compactação, as condições de expansibilidade do solo e a seleção de solos na terraplenagem, visando aumentar a capacidade de suporte do subleito e, com isto, reduzindo as espessuras das camadas de base e/ou sub-base.

Para a elaboração das sondagens e ensaios, foi subcontratada a empresa DATAGEO – Geologia da Engenharia e Ambiental, especializada nesta área.

Foi encontrado trecho ínfimo de material de 2ª categoria, sendo estes materiais utilizados na confecção dos aterros.

3.6.2 Metodologia

As amostras coletadas nas sondagens a trado foram encaminhadas para laboratório para execução dos seguintes ensaios:

- Granulometria por peneiramento;
- Granulometria por sedimentação;
- Limite de liquidez;

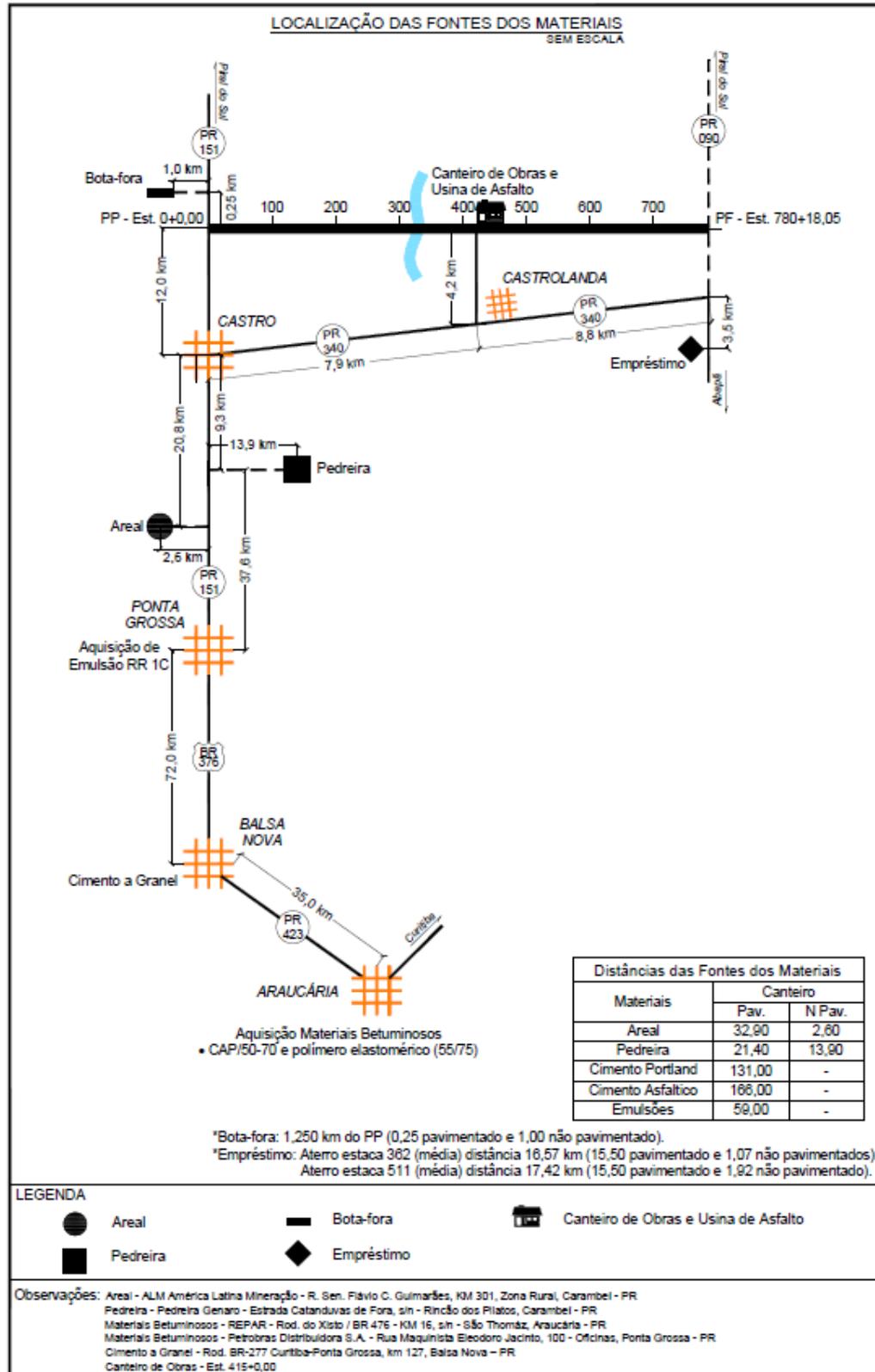
- Limite de plasticidade;
- Compactação e ISC na energia normal, e
- Resiliência em solos.

Os boletins de sondagens e os ensaios realizados estão apresentados no Volume Anexo 3A: Estudos Geotécnicos.

3.6.3 Fontes dos Materiais

Para extração do material pétreo foi indicada a pedreira comercial Genaro, localizada no município de Carambeí, distante cerca de 46,3 km da obra. A areia deverá ser adquirida do areal ALM - América Latina Mineração, localizado também em Carambeí, distante aproximadamente 30,8 km.

A seguir, está quadro indicativo contendo a localização das fontes dos materiais.



3.6.4 Estudo de Fundação dos Aterros

Como o traçado do projeto intercepta durante uma longa extensão a Várzea do Rio Iapó e, considerando os resultados dos ensaios geotécnicos obtidos, onde foram detectados solos de baixa capacidade de suporte, com vistas a garantir a exequibilidade da obra, foram elaborados estudos relacionados a fundação dos aterros da rodovia. Para tanto, inicialmente, foram identificadas no projeto as regiões de aterros, que estão apresentadas no Quadro 3.6.1.

Quadro 3.6.1 – Regiões Sobre Aterro

Segmentos	Estacas	Tipo do Aterro
1	0 a 1	Aterro pleno
2	10 a 31	Seções mistas
3	37 a 59	Aterros plenos e seções mistas
4	87 a 94	Aterros plenos e seções mistas
5	104 a 123	Aterros plenos e seções mistas
6	129 a 136	Aterros plenos e seções mistas
7	160 a 176	Aterros plenos e seções mistas
8	180 a 195	Aterros plenos e seções mistas
9	250 a 322+12,40	Aterros plenos - várzea do Rio Iapó
10	338+13,00 a 384	Aterros plenos - várzea do Rio Iapó
11	401 a 423	Aterros plenos - rotatória
12	424 a 558	Aterros plenos
13	559 a 563	Seções mistas
14	564 a 597	Aterros plenos
15	636 a 724+12,79	Seção mista seguida de aterros plenos

A partir daí, foi considerado que, desses segmentos, os de nº 9 (Estaca 250 / Estaca 322+12,40); nº 10 (Estaca 338+13,00 / Estaca 384); nº 11 (Estaca 401 / Estaca 423); nº 12 (Estaca 424 / Estaca 558); nº 13 (Estaca 559 / Estaca 563); nº 14 (Estaca 564 / Estaca 597) e nº 15 (Estaca 636 / Estaca 724+12,79) deveriam ter suas fundações investigadas com maior rigor, utilizando-se sondagens e ensaios *in situ* e de laboratório.

Por outro lado, é importante consignar que outros segmentos, os que serão construídos em seções mistas e de aterro, sobre topografias com inclinações superiores a 10°, ainda que não devam apresentar, em princípio, problemas de fundações moles, deverão ser convenientemente preparados por escalonamentos afim de evitar-se rupturas e ou minimizar recalques diferenciais; entre eles, os de nº 2 (Estaca 10 / Estaca 31); nº 3

(Estaca 37 / Estaca 59); nº 5 (Estaca 104 / Estaca 123); nº 6 (Estaca 129 / Estaca 136) e nº 8 (Estaca 180 / Estaca 195).

3.6.4.1 Segmentos Investigados

- No segmento nº 9 (Estaca 250 / Estaca 322+12,40) foi executada 1 sondagem a percussão (SPT); 14 ensaios de penetração estática; 3 ensaios de cisometria (VST) e 1 coleta de amostra indeformada para execução de ensaio de adensamento.
- No segmento nº 10 (Estaca 338+13,00 / Estaca 384) foi executada 1 sondagem a percussão (SPT); 2 sondagens mistas (SPT + rotativa); 6 ensaios de penetração estática e 1 ensaio de cisometria (VST).

Foram executadas, ainda, 3 sondagens mistas (SPT + rotativa) para estudo das fundações da OAE localizada entre os segmentos nº 9 e nº 10 e que foram utilizadas como referência de continuidade, para o estudo das fundações dos aterros contíguos.

- No segmento nº 11 (Estaca 401 / Estaca 423) foram executados 4 ensaios de penetração estática e 1 ensaio de cisometria (VST).
- No segmento nº 12 (Estaca 424 / Estaca 558) foi executada 1 sondagem a percussão (SPT); 27 ensaios de penetração estática e 6 ensaios de cisometria (VST).
- No segmento nº 13 (Estaca 559 / Estaca 563) foi executado 1 ensaio de penetração estática.
- No segmento nº 14 (Estaca 564 / Estaca 597) foi executada 1 sondagem a percussão (SPT); 7 ensaios de penetração estática; 2 ensaios de cisometria (VST) e 1 coleta de amostra indeformada para execução de ensaio de adensamento.
- No segmento nº 15 (Estaca 636 / Estaca 724+12,79) foram executados 20 ensaios de penetração estática e 6 ensaios de cisometria (VST).

A caracterização destes estudos, por meio da representação dos perfis geológicos e geotécnicos é apresentada nas pranchas do Projeto Geotécnico do Volume 2: Projeto de Execução. Além disso, os boletins de sondagens e os ensaios com seus resultados estão apresentados no Volume 3A – Estudos Geotécnicos.

Neles é possível observar que as camadas sedimentares sobrepostas ao solo residual originado de rochas gnáissicas, são de espessuras relativamente delgadas, raramente ultrapassando os 5,0 m e, dentre elas, as que podem ser consideradas como

camadas moles, são ainda mais delgadas, raramente ultrapassando os 3,0 m e, usualmente, no entorno de 2,0 m ou menos.

Inicialmente foram delimitadas as camadas onde o penetrômetro estático indicou valores de 0 (zero) e ou 1 kPa. Dos ensaios de VST executados nas camadas argilosas moles, foram considerados e utilizados nos cálculos, os situados entre 100 e 900 g/cm², tendo-se desprezado alguns valores abaixo desse mínimo e acima desse máximo, em razão de que a experiência tem mostrado que eles são devidos a defeitos de aparelhos ou de operação (amolçamento) e ou a imprecisões e erros de leitura ou, ainda, ao comportamento arenoso (isto é, puramente atritivo) de algumas camadas.

A partir dos dois ensaios de adensamento executados, foram calculados os recalques máximos esperados dos aterros projetados nesses locais, considerando-se suas alturas.

3.6.4.2 Resultados obtidos

Com base nos cálculos executados conforme exposto no item anterior, foram separados alguns trechos situados dentro dos segmentos nº 9 a nº 15 que mostraram incompatibilidades entre resistências das fundações e altura dos aterros inicialmente projetados. Esses trechos foram:

- No segmento nº 9, os trechos entre as Estacas 253 e 258 e entre as Estacas 312 e 322+12,40;
- No segmento nº 10, o trecho entre as Estacas 338+13,00 e 360;
- No segmento nº 12, o trecho entre as Estacas 519 e 534;
- No segmento nº 14, o trecho entre as Estacas 563 e 598;
- No segmento nº 15, o trecho entre as Estacas 637 e 690.

Por outro lado, os cálculos de recalques esperados, executados com base nos ensaios disponíveis, mostraram valores relativamente baixos, entre 10,0 cm (Estaca 277) e 15,0 cm (Estaca 484) e assim sendo, optou-se por conviver-se com eles, garantindo-se, entretanto, a estabilidade dos aterros. Para tal, foram dimensionadas bermas de equilíbrio, que, em alguns locais deverão ser duplas e, mesmo, triplas. O Quadro 3.6.2 resume esse dimensionamento.

Quadro 3.6.2 – Dimensionamento de Bermas de Equilíbrio

Estacas	Espessura mole considerada (m)	Altura máxima do aterro (m)	Cu adotada (g/cm ²)	Altura crítica (m)	Largura das bermas (m)
253 a 259	2,50	5,00	197	3,70	7,50
280 a 287	5,10	3,60	130	2,50	6,50
312 a 322+12,40	3,50	7,00	100	2,00	3,50
338+13,00 a 363	6,00	7,00	100	2,00	3,50
519 a 537	1,80	4,60	100	2,00	3,50
640 a 655	1,50	3,20	110	2,20	2,50
656 a 695	2,80	4,00	110	2,20	6,50

Vale ainda destacar que a ocorrência de solos com elevado teor de umidade nas fundações de vários segmentos, exige a introdução de uma camada drenante de areia, de 0,30 m, na base dos aterros em todas as extensões onde os mesmos ocorrem, ou sejam:

- Entre as Estacas 250 e 322+12,40
- Entre as Estacas 338+13,00 e 384
- Entre as Estacas 401 e 597;
- Entre as Estacas 636 e 724+12,79.

Camadas drenantes deverão ser executadas, também, em todas as extensões e larguras das bermas de equilíbrio. No caso dos aterros terminados e ou iniciados em ambos os lados da OAE (Estacas 322+12,40 e 338+13,00) as bermas deverão ser laterais e frontais, isto é, deverão contornar completamente os aterros. Nos segmentos com solos moles, a camada orgânica não deve ser removida e a construção deve ser em camadas de, no máximo, 30 centímetros, iniciando-se pela camada drenante de areia e estendendo-se por toda a área a ser coberta por aterro e bermas. O espalhamento da camada drenante deve ser feito “em ponta”, utilizando-se caminhões em marcha a ré e trafegando, sempre, sobre a camada já construída. Nesses trechos não deve ser utilizado equipamento pesado até, pelo menos, um metro de aterro + bermas, estar construído. Antes da execução dos aterros e bermas podem ser construídas valetas laterais a, no mínimo, 1 metro do pé da berma e de, no máximo, 50 centímetros de profundidade, para facilitar os trabalhos.

As análises de estabilidade foram baseadas em Jakobson, 1948 (“The design of embankments on soft clays” in: Géotechnique Vol 1, nº 2) adaptado por Alencar Veloso, 1957 (“Obras de terra sobre solo compressível” Bol. Clube de Engenharia RJ) para o caso da travessia do Guaíba em Porto Alegre e transformados em ábacos por Lopes, 1975 (“Ábacos para cálculo de estabilidade de aterros sobre solos de baixa resistência” Publ. Etel).

A definição de altura crítica foi separada em duas vertentes. Para a condição de subsolo plano, gabaritagem, (que é o usual em regiões de solo mole) e aterro em tangente (sem superelevação), com seu ponto mais alto na porção central do aterro, a altura da berma é sempre igual à altura máxima do aterro – a altura crítica.

Já para casos de aterro em curva (com superelevação) e conseqüentemente tendo seu ponto mais alto em umas das laterais, que o subsolo se apresenta parcialmente sobre solo mole e parte em solo residual. Toma-se o ponto mais alto da rodovia e desconta-se a altura crítica. Desta forma, a altura da berma é superior à teórica e se observada a diferença de cota entre o ponto mais alto e o topo da berma pode-se verificar que a diferença é a altura crítica.

3.6.4.3 Etapas construtivas das Bermas de Equilíbrio

O processo executivo das bermas de equilíbrio foi elencado da seguinte forma:

1. Execução do colchão drenante de areia envolto por manta geotêxtil não tecido;
2. Aterro e bermas devem ser construídos em camadas contínuas de, no máximo 0,30 m (excepcionalmente 0,50 na primeira camada) ocupando toda a extensão e largura previstas;
3. Aterro e bermas devem ser executados “em ponta” utilizando-se trator leve (tipo D-4 ou similar) e caminhão;
4. A camada inferior deve ser sempre de material granular (areia ou brita);
5. O primeiro metro de aterro e bermas não deve ser compactado;
6. A camada vegetal não deve ser removida; se existirem árvores estas deverão ser cortadas rente ao chão, não se processando destocamento;
7. A compactação após a camada inferior, deverá ser procedida sem a utilização de rolo vibratório;
8. Equipamentos pesados tipo tratores D-8 e similares, grandes escavadeiras etc não deverão passar sobre o aterro durante a construção; nos primeiros tempos

após esta, caso seja necessário tal procedimento, fazer as passagens na porção central do aterro;

9. Os aterros e bermas de acesso à OAE deverão ser construídos idealmente, antes desta última, em sua totalidade, mas obrigatoriamente, antes dos apoios extremos da mesma;
10. Devem ser instalados piezômetros nas camadas moles antes do início da construção e acompanhamento diário, durante esta, dos níveis dos mesmos, para a tomada de decisões que eventualmente venham a mostrar-se necessárias bem como auxiliar, juntamente com os dados topográficos, a evolução dos recalques, particularmente nos aterros de acesso à OAE;
11. É de todo conveniente, a instalação de “bench marks” ou “placas de recalque” no terreno, antes do início da construção dos aterros e bermas e o acompanhamento de seu comportamento durante e nos primeiros tempos após a construção com a finalidade de estimar, com base no método de Asaoka, os recalques finais.

Ainda, para os segmentos que a berma de equilíbrio intercepta o talvegue foi previsto o enchimento do mesmo, utilizando areia com a extensão das bermas pouco além dos limites dos talvegues.

Há de se destacar também, que outras soluções poderiam ser aventadas, como a execução de drenos de areia, geogrelha, drenos fibroquímicos etc. Todavia, todas elas são certamente mais caras e complicadas que a construção de bermas laterais e frontais.

3.6.5 Área de Empréstimo de Solo

A área definida para a área de empréstimos se localiza ao sul, em torno de 2,6 km da interseção entre as rodovias PR-090 e PR-340. As coordenadas da área são:

PONTO	COORDENADAS	
	X	Y
EMPRÉSTIMO	615.395,70	7.254.400,10

As Figura 3.6.1 e Figura 3.6.2 mostram a área a ser explorada:



Figura 3.6.1 – Área a ser explorada



Figura 3.6.2 – Área a ser explorada

Cabe destacar que trata-se de uma área já utilizada como empréstimo lateral, de reconhecida qualidade, amplamente explorada na época da pavimentação da rodovia PR-090 e que, na ocasião da busca das fontes dos materiais, apresentava cubagem suficiente para a composição dos aterros do Contorno Norte de Castro/PR.

De qualquer forma, em relação a qualidade dos materiais, foram executadas 03 (três) sondagens na região, com vistas a ratificação dos valores de suporte do subleito exigidos pelos projetos de terraplenagem e de pavimentação. O resumo destes resultados está apresentado abaixo:

QUADRO RESUMO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS				
OBRA	EMPRÉSTIMO CNC			
LOCAL	CASTRO/PR		DATA	SET/2014
REGISTRO	617		618	619
FURO / ESTACA / KM	ST01		ST02	ST03
COORDENADAS	X	615.386,00	615.380,00	615.371,00
	Y	7.254.501,00	7.254.400,00	7.254.301,00
PROFUNDIDADE (m)	0,10 - 1,50		0,10 - 1,50	0,20 - 1,50
ISC%	7,6		8,3	7,7

Contudo, recomenda-se, que estas informações devem ser novamente avaliadas antes do início das obras, haja vista o lapso temporal entre a busca pelas fontes dos materiais realizadas pelo projeto (2014) e a efetiva execução das obras. No caso das informações se apresentarem inconsistentes, tanto pela disponibilidade do material, como, eventualmente, por questões de ordem ambiental, devem ser buscadas alternativas que viabilizem a execução das obras sem grandes impactos financeiros.

Neste sentido, como sugestão, indica-se a utilização dos materiais destinados à bota-fora na execução das obras de pavimentação do Acesso ao Contorno Norte de Castro/PR, localizado nos canteiros da interseção entre as rodovias PR-340 e PR-090, ou mesmo, a utilização dos materiais destinados à bota-fora no presente estudo, por questões relacionadas a travessia do Rio Iapó.

3.6.6 Área de Bota-fora

A localização da área destinada à bota-fora está apresentada no quadro indicativo das fontes dos materiais, distante, cerca de 1,3 km do início do projeto. Como esta área é de uso particular, além das licenças ambientais necessárias a este fim, deverá ser realizado acordo prévio com o proprietário antes do início da execução das obras. Como alternativa a este local, poderão ser utilizados os canteiros das interseções projetadas com as rodovias PR-151 e PR 090, e, eventualmente, conforme será discorrido no item dos dispositivos de segurança, ao longo dos aterros da faixa de domínio projetada.

3.7 Estudos Ambientais

O Estudo Ambiental está apresentado em relatório próprio. Para o presente caso, o IAP solicitou a elaboração do Relatório Ambiental Simplificado (RAS), conduzido nas áreas de influência da futura obra de implantação do Contorno Norte de Castro/PR, no segmento compreendido entre as PR-151 e PR-090.



CONTORNO NORTE DE CASTRO



4 PROJETOS

4 PROJETOS

4.1 Projeto Geométrico

O Projeto Geométrico, elaborado a partir dos levantamentos topográficos, visa a caracterização do traçado e da plataforma estradal necessária à implantação e pavimentação do Contorno Norte de Castro/PR, por meio do processo de correlação entre os elementos mínimos necessários às características de operação, frenagem, aceleração, condições de segurança, conforto e uso do solo.

Como trata-se de uma implantação, a planimetria foi idealizada de forma a gerar o menor impacto possível nas propriedades lindeiras, buscando ainda locais de menor corte e aterro e de supressão vegetal, dentro da classificação de projeto estabelecida pela Contratante. Da mesma forma, na altimetria, o objetivo foi determinar que o nível do greide projetado estivesse adequado as diretrizes do tipo da rodovia e buscasse fornecer um equilíbrio entre as regiões de corte e aterro, prezando pela otimização do volume necessário à sua execução. Porém, devido às características peculiares de projeto, como a existência do Rio Iapó, cujo trecho, atualmente, não existe transposição, foi fator determinante na distribuição linear dos volumes de corte e de aterro.

Assim, as características técnicas estabelecidas para o projeto são compatíveis com a Classe I do DNIT, para região ondulada, com velocidade diretriz de 80 km/h e rampa máxima de 4,5%. A seção transversal prevê uma faixa de rolamento de 3,60 m por sentido, com acostamentos de 2,50 m para cada lado, resultando numa plataforma acabada de 12,20 m. A largura da plataforma de terraplenagem ainda é acrescida por 1,0 m para cada lado, com vistas à implantação dos dispositivos de drenagem.

Já para as obras de artes especiais, a largura da ponte sobre o Rio Iapó foi de 14,00 m, distribuído em duas pistas de rolamento com 3,60 m, acostamentos/faixa de segurança com 3,00 m e 0,40 m de barreira de proteção para a ponte. Para a interseção com a rodovia PR-151, a largura projetada para o viaduto foi de 27,00 m, considerando os ramos de encaixe desta interseção.

A declividade transversal proposta em tangente é de 2,0%. Objetivando assegurar ao tráfego condições de segurança e conforto, para fazer face à força centrífuga do veículo em movimento, nos trechos em curvas, foram adotadas superelevações compatíveis com a velocidade projetada, tendo como taxa máxima admissível de superelevação ($e_{máx}$) 8,0%.

Os critérios de distribuição das taxas de superelevação seguiram as recomendações contidas no Manual do Projeto Geométrico de Estradas Rurais do DNER

(1999). Da mesma forma, para o cálculo da superlargura, utilizando como base de cálculo o veículo padrão SR, com largura de pista de 7,20 m.

A velocidade de projeto para as interseções é variável, a depender dos raios utilizados para a sua concepção; inclusive, com previsão de parada total em alguns pontos. As larguras das pistas de conversão atendem a “Tabela – 45: Largura das Pistas de Conversão”, apresentada no Manual de Projeto de Interseções do DNIT (2005), Caso 2, Condição C. Os detalhes de cada interseção são descritos no item a seguir

A máxima inclinação do greide projetado foi de 4,5%, tendo como rampa mínima admissível 0,35% por questões de drenagem do pavimento. Contudo, no segmento compreendido entre as Estacas 404 e 427, onde está localizada a I-02, apesar do eixo da linha geral ser apenas ilustrativo, já que o fluxo de tráfego nessa região percorre os ramos auxiliares, a rampa utilizada foi 0,15%. Este valor foi motivado pelos encaixes com a rodovia vicinal existente, de ligação à Cooperativa Castrolanda, onde o atendimento à rampa de 0,35% impactaria nas cotas da pista acabada. Entretanto, vale destacar que a declividade transversal nesta região é da ordem de 3,5%, propiciando adequada inclinação para a drenagem da pista.

Ainda em relação ao greide projetado, no segmento compreendido entre as Estacas 143 e 256, sentido rodovia PR-151, ocorre a existência de uma sucessão de rampas ascendentes, com extensão aproximada de 2.300,00 m. Com objetivo de manter a fluidez do tráfego e o nível de serviço da rodovia recém implantada, neste ponto, foi prevista a implantação de uma terceira pista, numa extensão aproximada de 2.500,00 m, sendo adotado a composição de uma faixa de aceleração de 110,0 m e um taper de 70,0 m ao seu final, de modo a permitir a retomada da velocidade por parte dos veículos pesados e atender a velocidade diretriz de 80 km/h.

A faixa de domínio prevista para o Contorno Norte de Castro/PR é de 50,00 m, simétrica em relação ao eixo de projeto, e compatível com a Classe da rodovia. A exceção para esta largura são os locais das interseções, com larguras variáveis em função dos dispositivos adotados.

Em relação a ocupação desta faixa, existem ao menos 02 (dois) acessos não regulamentados, irregulares, na região da interseção com a rodovia PR-151. No presente trabalho, por questões de segurança ao tráfego e atendimento as normas, foram indicados seus fechamentos. Estes proprietários, antes do início das obras, devem ser notificados pelo DER/PR para que apresentem o projeto de regularização de seus acessos, compatibilizando-os com o presente projeto. Por outro lado, deverão ser executados

caminhos de serviço pela construtora, sem ônus ao DER/PR, que forneçam condições de acesso a estes e a todos os demais proprietários durante todo o período de execução das obras. Da mesma forma, ao longo do traçado, considerando o padrão da nova rodovia, a pedido do DER/PR, foram indicados fechamentos de alguns acessos, haja vista tratar-se de caminhos internos às propriedades. Em relação ao critério de fechamento adotado em projeto, para taludes com até 1,5 m de altura foram indicadas defensas metálicas e, os demais, foram fechados com a composição do próprio talude. Entretanto, durante a execução das obras, caso seja verificada a necessidade de reabertura de alguns destes pontos, devem ser utilizados os padrões de acesso/passa gado apresentados nas pranchas do Volume 2: Projeto de Execução, item de Paisagismo, Obras Complementares.

Quanto ao cadastro de interferências, os elementos encontrados em campo estão apresentados nas plantas dos estudos topográficos. De qualquer forma, antes do início da execução das obras, deverá ser realizada consulta às concessionárias de linhas de serviço existentes (de telefone, água, esgoto, energia elétrica, gás, etc) que interfiram com a obra, para que seja realizada uma programação oportuna das eventuais remoções e remanejamentos, evitando, desta forma, possíveis paralisações. Também é importante registrar que estes custos não integraram o orçamento apresentado. Tratam-se de serviços especializados, que devem ser executados pelas próprias empresas concessionárias, ou por empresas prepostas, cadastradas.

As declividades utilizadas nos taludes de cortes em solo são 1V:1H e nos aterros 1V:1,5H. Nas extensões em aterro, onde o terreno apresentar declividade transversal maior que 25%, o terreno existente deverá ser escalonado.

Observar que o projeto geométrico, ao fornecer os elementos das curvas horizontais e as coordenadas dos pontos notáveis dos eixos projetados, permite que sua locação seja efetuada a partir dos marcos de referência. Previamente à locação do(s) eixo(s) de projeto, novos marcos devem ser implantados, de modo que se obtenha intervisibilidade entre marcos consecutivos. O quadro de curvas horizontais foi apresentado no Volume 2: Projeto de Execução, no item Projeto Geométrico.

O Quadro 4.1.1 apresenta as informações das cotas de encaixe de rampas nas interseções e os seus respectivos ramos. Demais informações pertinentes sobre o projeto geométrico, encontram-se nas pranchas do Projeto Geométrico, do Volume 2: Projeto de Execução.

Localização		Estaca	Estaca LG				Cota LG	Declividade	Distância	Cota Acabada	Cota Perfil	Diferença	Observações (*)	
I-01	Ramo 100	início	100	20+11,820	20	+	11,82	1035,996	-2,0%	7,20	1035,852	1035,852	0,000	
		Fim	126+5,38	13860+7,580	13860	+	7,58	1030,750	0,0%	7,20	1030,750	1030,735	0,015	Encaixe com pista existente.
	Ramo 200	início	200	13872+16,280	13872	+	16,28	1032,785	-2,0%	7,20	1032,641	1032,641	0,000	
		Fim	211+4,11	3+13,50	3	+	13,5	1025,584	-2,0%	7,30	1025,438	1025,438	0,000	
	Ramo 300	início	300	13859+00	13859	+	0	1029,845	-2,0%	7,14	1029,702	1029,697	0,005	Encaixe com pista existente.
		Fim	314+9,01	1+8,10	1	+	8,1	1025,223	-2,0%	7,20	1025,079	1025,079	0,000	
	Ramo 400	início	400	0+8,10	0	+	8,1	1025,064	-2,0%	7,20	1024,920	1024,920	0,000	
		Fim	407+19,85	13869+11,310	13869	+	11,31	1032,019	-2,0%	7,20	1031,875	1031,875	0,000	
	Ramo 500	início	500	13882+16,180	13882	+	16,18	1035,493	-0,5%	7,29	1035,457	1035,437	0,020	Encaixe com pista existente.
		Fim	511+6,15	13+18,10	13	+	18,1	1030,38	-2,0%	10,80	1030,164	1030,164	0,000	
	Ramo 600	início	600	8+2,990	8	+	2,99	1026,464	2,0%	0,00	1026,464	1026,464	0,000	
		Fim	612+17,70	119+18,310	119	+	18,31	1030,282	3,0%	4,00	1030,402	1030,402	0,000	
I-02	Ramo 100	início	100	406+11,80	406	+	11,80	984,048	3,0%	3,60	984,156	984,153	0,003	
		Fim	107,5,51	200+00	200	+	0,00	985,600	0,0%	7,00	985,600	985,600	0,000	
	Ramo 200	início	200	107+5,50	107	+	5,50	985,600	0,0%	7,00	985,600	985,600	0,000	
		Fim	209+7,99	417+2,590	417	+	2,59	983,662	0,0%	3,60	983,662	983,662	0,000	
	Ramo 300	início	300	417+2,590	417	+	2,59	983,400	0,0%	3,60	983,400	983,400	0,000	
		Fim	306+0,77	400+00	400	+	0,00	982,900	0,0%	7,00	982,900	982,900	0,000	
	Ramo 400	início	400	306+0,770	306	+	0,77	982,900	0,0%	7,00	982,900	982,900	0,000	
		Fim	410+9,86	405+3,760	405	+	3,76	983,816	0,5%	3,60	983,834	983,834	0,000	
Eixo Rotatória	início	0	408+8,950	408	+	8,95	984,096	-3,0%	7,20	983,880	983,880	0,000		
Eixo Rotatória	Fim	17+19,92	408+8,950	408	+	8,95	984,096	-3,0%	7,20	983,880	983,880	0,000		
I-03	Ramo 100	início	100	744+10,990	744	+	10,99	1006,779	-2,0%	7,20	1006,635	1006,635	0,000	
		Fim	111+10	200+00	200	+	0,00	997,357	-3,0%	7,20	997,141	997,141	0,000	
	Ramo 200	início	200	111+100	111	+	10,00	997,141	3,0%	7,20	997,357	997,357	0,000	
		Fim	206+14,38	733+12,130	733	+	12,13	998,092	2,3%	3,60	998,176	998,176	0,000	
	Eixo Rotatória	início	0	738+17,620	738	+	17,62	1001,687	-2,3%	5,12	1001,569	1001,569	0,000	
	Eixo Rotatória	Fim	5+15,31	736+2,410	736	+	2,41	999,425	4,0%	5,10	999,629	999,629	0,000	
I-04	Ramo 100	início	100	777+6,390	777	+	6,39	1019,829	3,3%	7,20	1020,067	1020,067	0,000	
		Fim	104+12,84	200+12,030	200	+	12,03	1022,075	-2,0%	3,83	1021,998	1021,998	0,000	
	Ramo 200	início	200	200+00	200	+	0,00	1022,520	2,0%	0,00	1022,520	1022,520	0,000	Ponto sem amarração
		Fim	203+7,04	300+0,590	300	+	0,59	1021,088	1,1%	8,40	1021,180	1021,180	0,000	
	Ramo 300	início	300	300+00	300	+	0,00	1021,076	2,0%	0,00	1021,076	1021,076	0,000	Ponto sem amarração
		Fim	304+10,59	771+0,480	771	+	0,48	1020,495	3,3%	7,20	1020,733	1020,733	0,000	
	Ramo 400	início	400	103+17,250	103	+	17,25	1021,465	-0,3%	6,92	1021,446	1021,446	0,000	
		Fim	401+18,64	772+13,440	772	+	13,44	1020,411	3,3%	1,06	1020,446	1020,446	0,000	

Quadro 4.1.1 – Memória de Cálculo de Cotas dos Ramos

4.2 Projeto de Interseções, Retornos e Acessos

Foram previstas quatro interseções no segmento projetado, possibilitando fluxos de forma ordenada com as principais vias existentes na região da implantação do Contorno Norte de Castro/PR.

Para as interseções foram utilizadas as normas e procedimentos do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (1999) e o Manual de Projetos de Interseções (2005).

Em linhas gerais, conforme descrito anteriormente, as larguras das pistas de conversão atendem a “Tabela – 45: Largura das Pistas de Conversão”, apresentada no Manual de Projetos de Interseções do DNIT – IPR-718, 2005, caso 2, Condição C. Isto significa dizer que para os ramos projetados e pistas de conversão das interseções, foi utilizado como diretriz, para composição da largura das pistas, o uso de uma faixa de trânsito livre somada a condição de um veículo parado, sendo este veículo tipo um semirreboque. Assim a largura de faixa variou entre 6,10 m e 9,20 m, conforme o raio do bordo interno da pista.

O modelo adotado para as faixas de mudança de velocidade foi do tipo paralelo, e seu objetivo é proporcionar espaço adequado para que os condutores dos veículos possam realizar manobras de aceleração ou desaceleração, sem provocar conflitos com o fluxo do tráfego direto da rodovia, tendo como velocidade diretriz e velocidade de segurança de curva de saída valores entre 80 e 30km/h.

Para a composição dos raios das interseções foi utilizado o veículo tipo do modelo BTL. Este veículo representa os veículos de carga articulados, amplamente utilizados por grandes indústrias. É composto de um cavalo mecânico com 3 eixos, com duas articulações, 2 semirreboques de 3 eixos. Abrange o veículo Bitrem de 9 eixos, e o veículo Rodotrem, ambos com 30,00 m de comprimento. Possui largura total de 2,60 m, raio mínimo de roda externa dianteira de 16,60 m, raio de giro do eixo externo de 15,40 m e raio mínimo de roda interna traseira de 3,90 m.

A Figura 4.2.1 apresenta o esquemático do veículo utilizado.

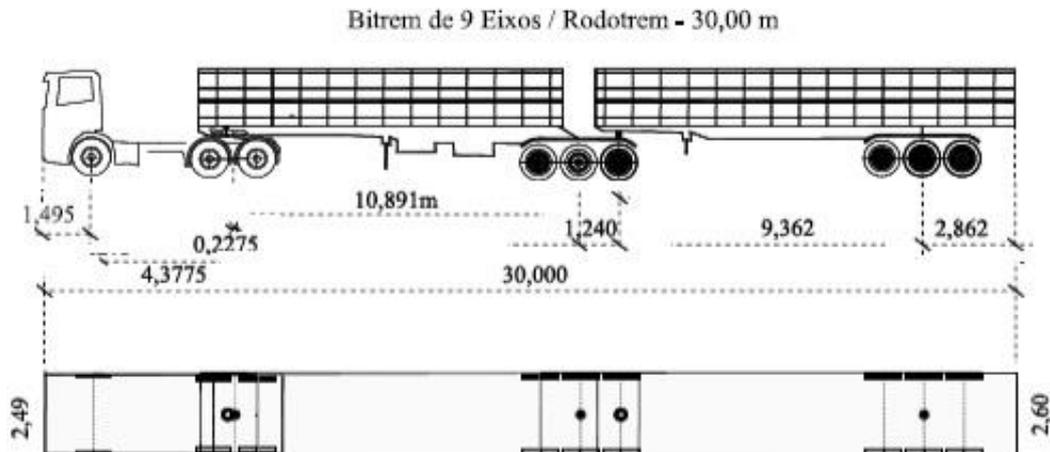


Figura 4.2.1 – Veículo Tipo (BTL)

4.2.1 Interseção com a Rodovia PR-151

Localizada no início do segmento em projeto, no entroncamento com a rodovia PR-151, foi projetada em níveis diferentes, passagem inferior (PI), tipo trombeta. Trata-se de uma interconexão, pois além do cruzamento em níveis separados, foram projetados ramos que conduzem os veículos a diferentes movimentos, tais como retornos, entradas e saídas das rodovias. Na região do viaduto, foram previstas duas faixas por sentido, com 3,60 m de largura, sendo uma de passagem e outra para conversão e acessos.

Foram previstas 9 curvas horizontais na I-01. A curva de menor raio está alocada no Ramo 600, com 22,50 m, e a curva de maior raio está alocada também no Ramo 600, com 300,00 m. O quadro de curvas horizontais foi apresentado no Volume 2: Projeto de Execução, no item do Projeto de Interseções.

Próximo ao início do ramo 500, existe um acesso a uma indústria, não regulamentado. Este acesso deverá ser notificado pelo DER, fechado e ou deslocado para ponto anterior. Da mesma forma, este fato ocorre no início do ramo 300.

4.2.2 Interseção de Acesso à Cooperativa Castrolanda

A segunda interseção foi projetada em nível, tratando-se de uma rotatória alongada, localizada no entroncamento com o acesso à região da Castrolanda, sendo a interligação possível com a rodovia PR-340. Para isso, possui quatro ramos que permitem acessos e saídas ao norte e ao sul da rotatória.

Sua localização foi projetada entre as Estacas 397+19,15 e 424+2,80, ao longo do eixo principal de projeto.

Têm por sua idealização funcionar como um sistema de circulação em mão única, girando em torno de uma ilha central, com acesso controlado por sinalização vertical ou sinalização horizontal, indicando a preferência do tráfego que se aproxima.

Possui uma faixa contínua de prioridade de fluxo para o contorno norte em ambos os sentidos, localizada na região central da rótula, com largura de 7,20 m. Nas regiões de entrada e saída da rótula, possui faixas de aceleração e desaceleração, com largura final de 3,60 m, possibilitando o acesso e saída de veículos do contorno sem prejudicar o tráfego prioritário. Conta com ilha central com largura aproximada de 42,00 m e comprimento aproximado de 156,00 m.

Foram apresentadas 30 curvas horizontais na I-02, compostas entre os 4 Ramos adjacentes e a rotatória existente centralizada a interseção. A curva de menor raio está inserida na rotatória, com 16,00 m, e a curva de maior raio está alocada também nas pistas direita e esquerda da rotatória, com 700,00 m. O quadro de curvas horizontais foi apresentado no Volume 2: Projeto de Execução, no item de Interseções.

4.2.3 Interseção com a Rodovia PR-090

A terceira interseção foi projetada em nível, localizada no entroncamento com a rodovia PR-090, posicionada entre as Estacas 725+0,00 e 750+0,00.

Trata-se de uma interseção mista, tipo rótula vazada, com prioridade do fluxo de tráfego de passagem. Para as manobras de conversão, foi prevista uma faixa de aceleração e desaceleração, respectivamente, com dois pontos de entrecruzamentos, nos movimentos de entrada e saída da rótula. Estas conversões dependem de uma parada total tanto para acesso quanto para saída. Os demais movimentos estão associados a sinais de “dê a preferência”, voltados para as correntes de tráfego que chegam à rodovia do Contorno Norte de Castro.

As faixas de conversões possuem 7,00 m de largura, as faixas de aceleração e desaceleração possuem 3,60 m de largura, a ilha central da solução para as conversões, possui 40,00 m de largura. A interseção possui rotatória central para conversões dos fluxos possíveis.

Foram apresentadas 7 curvas horizontais na I-03. A curva de menor raio está alocada na rotatória, com 20,00 m, e a curva de maior raio está alocada no Ramo 200, com 278,60 m. O quadro de curvas horizontais foi apresentado no Volume 2: Projeto de Execução, no item de Interseções.

4.2.4 Interseção de Acesso a Evonik e a Cargill

O acesso às empresas estabelecidas no final do segmento em projeto, está localizado entre as Estacas 770+0,00 e 780+0,00. Este permite o acesso para quem vem do sentido do lote 2, final do estaqueamento e a saída para o sentido de fluxo em direção a Pirai do Sul e Castrolanda, portanto todos os movimentos são feitos pela pista da esquerda.

Foram apresentadas 9 curvas horizontais na I-04. A curva de menor raio está alocada no Ramo 300, com 9,00 m, e a curva de maior raio está alocada no Ramo 100, com 1.007,20 m. O quadro de curvas horizontais foi apresentado no Volume 2: Projeto de Execução, no item de Interseções.

Destaca-se que esta interseção tem características de acesso, pois faz o encaixe com pistas existentes das empresas Evonik e Cargill, desta forma a geometria fica limitada a condição existente.

Ainda, em região próxima a I-04, existe um acesso à via existente, que fora tratado somente como acesso, porém, fora dimensionado, inclusive com faixas de aceleração e de desaceleração conforme Manual de Projetos de Interseções do DNIT (2005).

O Quadro 4.2.1 apresenta a memória de cálculo das faixas de aceleração e desaceleração.

Quadro 4.2.1 – Memória de Cálculo das Faixas de Aceleração e Desaceleração

Localização		Rampa de Encaixe (%)	Fator de Ajustamento	Velocidade do Ramo (km/h)	Velocidade da Via de Encaixe (km/h)	Taper (m)	Comprimento Calculado da Faixa (m)	Comprimento Taper+Faixas (m)	Observações (*)	
I-01	Ramo 100	Desaceleração	-4,20	1,2	60	80	70	26*	96	A faixa de desaceleração coincide com a faixa de aceleração do acesso de uma via existente;
		Aceleração	-0,57	1	60	110	90	160	250	
	Ramo 200	Desaceleração	-1,11	1	30	80	70	45	115	
		Aceleração	-0,79	1	30	80	70	130*	200	Coincide com a faixa de desaceleração do Ramo 400;
	Ramo 300	Desaceleração	0,74	1	40	110	90	70*	160	Foi utilizada faixa de desaceleração de 50m devido à primeira curva ser compatível com velocidade de 60 km/h;
		Aceleração	-0,02	1	40	80	70	110*	180	Encaixa com uma faixa adicional então não possui faixa de aceleração específica;
	Ramo 400	Desaceleração	-0,80	1	30	80	70	45*	115	Encaixa com uma faixa adicional então não possui faixa de desaceleração específica;
		Aceleração	1,10	1	30	80	70	130*	200	A critério da Projetista utilizou-se comprimento maior.
	Ramo 500	Desaceleração	-1,13	1	40	110	90	70	160	
		Aceleração	4,13	1,4	40	80	70	182	252	A faixa de aceleração coincide com a faixa de desaceleração do acesso de uma via existente;
	Ramo 600	Desaceleração	0,24	-	-	-	-	*	-	Foi prevista a parada do veículo para acessar o ramo 600;
		Aceleração	2,08	-	-	-	-	*	-	O geometria do ramo proporciona que a aceleração seja feita no próprio ramo para o encaixe no ramo 100;
I-02	Ramo 100	Desaceleração	0,10	1	30	60	55	25*	110	A critério da Projetista foram adotados 70m de Taper e 45m de faixa de desaceleração, prevendo a redução de 80-30 km/h;
		Aceleração	2,56	-	-	-	-	*	-	O encaixe do ramo é feito diretamente na pista existente;
	Ramo 200	Desaceleração	2,56	-	-	-	-	*	-	O início do ramo situa-se na pista existente;
		Aceleração	0,77	1	30	80	70	130*	200	A critério da Projetista foram adotados 70m de Taper e 110m de faixa de desaceleração, prevendo a aceleração de 40-80 km/h; Pois a curva de saída é compatível com velocidade de até 50 km/h
	Ramo 300	Desaceleração	0,58	1	30	60	55	25*	80	Foram adotados 70m de Taper e 45m de faixa de desaceleração, prevendo a redução de 80-30 km/h;
		Aceleração	0,20	-	-	-	-	*	-	O encaixe do ramo é feito diretamente na pista existente;
	Ramo 400	Desaceleração	0,78	-	-	-	-	*	-	O início do ramo situa-se na pista existente;
		Aceleração	0,15	1	30	60	55	45*	100	A critério da Projetista foram adotados 70m de Taper e 110m de faixa de desaceleração, prevendo a aceleração de 40-80 km/h;
I-03	Ramo 100	Desaceleração	4,60	0,9	40	80	70	20*	90	Foi adotada faixa de desaceleração de 30m, sem a aplicação do fator de ajustamento 0,9;
		Aceleração	2,11	-	-	-	-	*	-	O encaixe do ramo 100 acontece diretamente na pista existente da PR-090;
	Ramo 200	Desaceleração	1,90	-	-	-	-	*	-	O início do ramo 200 acontece diretamente na pista existente da PR-090;
		Aceleração	1,37	1	40	80	70	110	170	
I-04	Ramo 100	Desaceleração	0,13	1	30	80	70	45*	115	Foi adotada faixa de desaceleração de 30m devido à proximidade da interseção com o PF do trecho;
		Aceleração	4,97	-	-	-	-	*	-	O encaixe do ramo 100 acontece diretamente na pista existente do acesso à Cargill;
	Ramo 200	Desaceleração	3,67	-	-	-	-	*	-	O início do ramo 200 acontece diretamente na pista existente do acesso à Cargill;
		Aceleração	2,11	-	-	-	-	*	-	O encaixe do ramo 200 acontece diretamente na portaria da Evonik;
	Ramo 300	Desaceleração	2,10	-	-	-	-	*	-	O início do ramo 300 acontece diretamente na portaria da Evonik;
		Aceleração	0,98	1	30	80	70	130	200	
	Ramo 400	Desaceleração	3,83	-	-	-	-	*	-	O início do ramo 400 acontece na continuidade do acesso da Cargill;
		Aceleração	1,25	-	-	-	-	*	-	O encaixe do ramo 400 acontece na alça do ramo 300, não necessitando de faixa de aceleração;
Acesso estaca 765	Ramo 100	Desaceleração		1	30	60	55	25	80	A critério da projetista foram adotados 70m de Taper e 45m de faixa de desaceleração, prevendo a redução de 80-30 km/h;
		Aceleração		1	30	60	55	45	100	A critério da projetista foram adotados comprimentos de aceleração prevendo a aceleração de 30-80 km/h;

4.3 Projeto de Terraplenagem

O projeto de terraplenagem foi desenvolvido a partir de informações fornecidas pelos estudos topográficos e projeto geométrico que fixaram os elementos geométricos básicos, e ainda pelos Estudos Geológicos e Geotécnicos, que forneceram informações a respeito dos materiais a serem movimentados.

Foi elaborado de acordo com as diretrizes das Instruções de Serviço do DNIT e em conformidade com as seguintes especificações de serviços de terraplenagem do DER/PR:

- DER/PR ES-T 01/05 – Serviços Preliminares;
- DER/PR ES-T 02/05 – Cortes;
- DER/PR ES-T 06/05 – Aterros.

Em termos de capacidade de suporte do subleito, o projeto de terraplenagem realizou a seleção de solos para a camada final e corpo dos aterros de acordo com os resultados dos estudos geotécnicos, apresentados em capítulo próprio. No entanto, se durante a execução das obras, a critério da Fiscalização, materiais inicialmente previstos para descarte, poderão ser aproveitados na execução de aterros, camada final, desde que apresentem índice de suporte superior a 7,2% sempre com expansão menor ou igual a 2%.

A questão da classificação dos materiais a escavar, quanto à dificuldade de escavação, deve ser comentada, dada as diferentes interpretações sobre a distinção entre rocha e solo. No presente projeto, foi fixado que o material penetrável a trado é classificado como de primeira categoria, enquanto que o material impenetrável a trado foi classificado como de segunda categoria, por ser possível escavá-lo sem o emprego contínuo de explosivo, como exigiria material de terceira categoria. Foram encontrados e classificados materiais de 1ª e 2ª categoria no projeto.

As áreas de escavação, aterro, rebaixo e reaterro foram calculados a partir das seções transversais do projeto, mediante a gabaritação, por meio do método da média das áreas. Pelo produto da soma das áreas de seções contíguas pela semi-distância entre as mesmas, obteve-se os volumes de escavação e de aterro.

Neste contexto, foi considerada a supressão da camada vegetal em áreas de corte e de aterro, na extensão mínima de 1,0 m além dos off-set's projetados, exceto pelas regiões de solos de baixa capacidade de suporte ou orgânicos, e em regiões de estradas

ensaibradas/cascalhadas. Entretanto, vale destacar que não foi previsto o transporte do volume de camada vegetal, baseando-se na Especificação de Serviço do DER/PR que prevê o espalhamento uniforme do material proveniente da limpeza dentro da faixa de domínio e fora da plataforma de terraplenagem.

Especificamente em relação às bermas de equilíbrio, o item “3.6.4 - Estudo de Fundação dos Aterros” descreve todos os detalhes construtivos necessários à sua execução. Portanto, neste capítulo, não se faz necessária à sua abordagem.

O material excedente proveniente das escavações, não utilizado na composição dos aterros (corpo e camada final), deverá ser depositado em local próprio, ambientalmente licenciado, denominado de bota-fora. Sua execução deverá contemplar o espalhamento e compactação do material e, em caso de necessidade, nos depósitos superiores a 5,0 m de altura, deverão ser previstos patamares com, no mínimo, 3,0 m de largura.

Com relação à homogeneização de volumes, o Manual de Implantação Básica de Rodovias do DNIT (2010), Publicação IPR-742, 3ª Edição, página 200, estabelece que ordinariamente, o fator de homogeneização dos solos e material granular situa-se entre 20% e 30%. No presente caso, a relação utilizada entre a densidade média dos aterros em solos compactados e a densidades dos solos em estado natural nos cortes, foi de 25%.

Os taludes projetados são detalhados nas pranchas dos projetos de terraplenagem do Volume 2: Projeto de Execução e apresentam declividades de 1V:1H em corte em solo e de 1,0V:1,5H em aterros. Em cortes e aterros foram projetadas banquetas a cada 8,0 m de altura, com 3,0 m de largura.

A execução de escalonamentos, projetados para evitar rupturas e ou minimizar recalques diferenciais, que serão construídos em seções mistas e de aterro, sobre topografias com inclinações superiores a 10º, foram configuradas e apresentadas no Volume 3E - Seções Transversais.

As notas de serviço de terraplenagem foram apresentadas no Anexo Volume 3: Cálculo de Volume e Notas de Serviço de Terraplenagem.

4.4 Projeto de Drenagem

O projeto de drenagem foi elaborado partir dos dados obtidos dos estudos hidrológicos e compreende a definição e posicionamento dos dispositivos a serem utilizados, bem como o seu dimensionamento e verificação hidráulica.

Os dispositivos de drenagem têm como objetivos captar e conduzir as águas provenientes das áreas adjacentes a via removendo-as da plataforma e conduzindo-as aos locais de desague adequados.

Neste projeto foram previstos meio-fio com sarjeta e sarjetas de corte para a drenagem superficial das vias; para a proteção dos taludes foi previsto a implantação de valetas em concreto; nas banquetas foi prevista a implantação de sarjetas e descidas de água e para a transposição dos talwegues, bueiros. Os terrenos adjacentes a via têm diversas valas para drenagem, rebaixamento do lençol freático e também para a irrigação, sendo necessário à sua relocação e adequação nos locais de interferência com a rodovia projetada.

As tubulações existentes foram avaliadas quanto a sua capacidade de escoamento e condições de conservação, conforme descrito na sequencia deste relatório.

O projeto foi desenvolvido classificando as obras conforme suas finalidades específicas em obras de arte especial, obras de arte correntes, drenagem superficial e drenagem subterrânea. O dimensionamento e as características de cada uma delas serão descritos nos itens a seguir.

4.4.1 Obras de Arte Especial

A transposição do Rio Iapó será realizada através da implantação de uma ponte com extensão de 320,60 m. O dimensionamento hidráulico da seção de vazão da ponte foi feito através da expressão de Manning aliada à Equação da Continuidade, de forma a estabelecer a descarga máxima admissível:

$$Q = \frac{1}{\eta} \times A \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Onde: Q : Vazão escoada, em m³/s

η : Coeficiente de rugosidade (adimensional), foi adotado o valor de 0,06

A : Área da seção de vazão da ponte projetada, em m^2

R : Raio hidráulico, em m

i : Declividade longitudinal do rio, em m/m

O valor obtido foi comparado com a vazão calculada para uma recorrência de 100 anos e free-board de 1,00m (folga entre a face inferior da viga principal e o nível de enchente máximo de projeto).

O dimensionamento hidráulico da ponte obedeceu à seguinte premissa:

$$Q \geq Q_{100}$$

Onde: Q : Capacidade de vazão na seção da ponte, em m^3/s

Q_{100} : Vazão de projeto, calculada para o tempo de recorrência de 100 anos, em m^3/s

O coeficiente de segurança (C.S.) obtido no dimensionamento da ponte é calculado pela equação apresentada a seguir.

$$C.S. = \left(\frac{Q}{Q_{100}} - 1 \right) \times 100$$

Os resultados do dimensionamento da ponte estão apresentados na tabela a seguir.

Quadro 4.4.1 – Resultados do dimensionamento da ponte do Rio Iapó

Nível de Água MEC (m)	Área A (m^2)	Raio Hidráulico Rh (m)	Declividade I (m/m)	Coeficiente de Manning η	Vazão de projeto Q_{100} (m^3/s)	Capacidade de Vazão Q (m^3/s)	Coef. de Segurança C.S.
976,55	1.129,19	3,07	0,000414	0,055	819,02	882,16	7,71%

4.4.2 Obras de Arte Correntes

As obras de arte correntes são compostas pelos bueiros tubulares e celulares. As obras implantadas deverão ser executadas segundo as indicações constantes no Álbum de Projetos Tipo de Drenagem do DER/PR e, ainda, seguir as orientações constantes dos itens abaixo:

- A obra mínima projetada é o BSTC 0,80 m;
- A altura mínima de recobrimento, acima da geratriz superior dos bueiros tubulares, é de 0,60 m a partir da base projetada;
- Os tubos deverão ser executados em concreto com armadura circular dupla, e serão assentes sobre berços de concreto, todos os tubos assentes abaixo do pavimento deverão ter classe PA-2 ou superior;
- Os berços deverão sempre (mesmo quando dentro de valas) estar assentados sobre terreno firme. Caso contrário deverá ser procedido escavação adicional e ser preenchida com pedra amarrada até a cota inferior do berço;
- Caixas coletoras com tampa em concreto foram previstas em bueiros de greide e nos bueiros de talvegue em que as condições não permitem a execução das bocas normalmente utilizadas para este fim.

Para o dimensionamento hidráulico dessas obras foram analisadas as condições de escoamento e verificados os níveis de inundação, de maneira a evitar prejuízos à terraplenagem do local.

As obras foram dimensionadas estabelecendo-se que devem operar como canal para um tempo de recorrência de 15 anos no caso de obras tubulares e de 25 anos no caso de galerias celulares e, como orifício, para um tempo de recorrência de 25 e 50 anos, respectivamente.

Na hipótese de bueiros operando como canal foram utilizadas as expressões de dimensionamento relativas ao regime crítico, apresentadas nas Instruções para Drenagem de Rodovias, do DNIT, e transcritas a seguir:

Bueiros Tubulares:

$$Q_c = 1,533 \times D^{5/2} \qquad V_c = 2,56 \times D^{1/2} \qquad I_c = 32,82 \times \frac{\eta^2}{D^{1/3}}$$

Bueiros Celulares com Seção Quadrada:

$$Q_c = 1,705 \times L^{5/2} \qquad V_c = 2,56 \times L^{1/2} \qquad I_c = 34,75 \times \frac{\eta^2}{L^{1/3}}$$

Bueiros Celulares com Seção Retangular:

$$Q_c = 1,705 \times B \times H^{1/2}$$

$$V_c = 2,56 \times H^{1/2}$$

$$I_c = 2,56 \times \frac{\eta^2}{H^{1/3}} \times \left(3 + \frac{4H}{B}\right)^{4/3}$$

Onde: Q_c : Vazão crítica, em m³/s

V_c : Velocidade crítica, em m/s

I_c : Declividade crítica, em m/m

η : Coeficiente de rugosidade (adimensional), para obras em concreto
n=0,015

D : Diâmetro dos tubos, em m

L : Lado da célula das galerias, em m

H : Altura da célula das galerias, em m

B : Base da célula das galerias, em m

Os bueiros dimensionados para operarem como canal, com a vazão calculada para um tempo de recorrência de 15/25 anos, foram, ainda, verificados face à vazão esperada para 25/50 anos de recorrência. Nesse caso, a vazão depende de sua carga a montante, independente da rugosidade das paredes do tubo, do comprimento e da declividade do bueiro. Portanto, admitindo-se que para este período de recorrência a obra possa trabalhar com carga hidráulica, utilizou-se a fórmula do orifício para determinar a altura dessa carga e a conseqüente altura mínima de aterro necessária para evitar o sobrepasse da pista.

A seguir é descrita a metodologia utilizada:

$$Q = C \times A \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

Onde: Q : Vazão escoada, 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 tubulação, em m

A decisão quanto à suficiência hidráulica das obras levará em consideração os seguintes limites para a carga hidráulica:

- Velocidade de saída: $\frac{C \times h}{D} \leq 1,2$

- Não deverá ocorrer o sobrepasse da via: $H < H_a$

Com relação às fundações de aterros, conforme estudo geotécnico efetuado, os cálculos de recalques esperados mostraram valores relativamente baixos, porém, como garantia de estabilidade foram dimensionadas bermas de equilíbrio associadas a camadas drenantes (areia com 30 cm de espessura) que deverão ser executadas em todas as extensões e larguras destas bermas de equilíbrio. Da mesma forma, para os locais onde foram projetados bueiros tubulares não foi prevista a necessidade de fundação especial. Para as galerias, porém, como medida de precaução optou-se pela implantação de uma camada de rachão de 50 cm. Nestes locais prevê-se que seja efetuada a escavação para implantação da galeria e, após, seja espalhada a camada de rachão (50 cm), travada com material de menor diâmetro para preenchimento de vazios e efetuada a compactação com rolo vibratório. Após, pode ser iniciada a execução do lastro e formas para assentamento da galeria.

Ainda, nas proximidades da Estaca 280, o traçado intercepta um pontilhão com área aproximada de 49,50 m² que deverá ser demolido. Como a estrutura apresenta facilidade em sua remoção, haja vista tratar-se de uma estrutura apenas em madeira, não foi prevista remuneração específica para esta atividade, pois a utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem será suficiente à sua retirada.

A planilha a seguir apresenta o dimensionamento hidráulico das obras de arte correntes projetadas.

Quadro 4.4.2 – Dimensionamento dos Bueiros

QUADRO DE DIMENSIONAMENTO DE BUEIROS DE TALVEGUE																			
BACIA	LOCALIZAÇÃO (Estaca)	ÁREA (ha)	L (m)	ΔH (m)	i (%)	Tc (min)	I (mm/min)				C	D	VAZÃO (m³/s)				OBRA PROJETADA	VER. HIDRÁUL. OBRA PROJETADA	
							15 anos	25 anos	50 anos	100 anos			T=15 anos	T=25 anos	T=50 anos	T=100 anos		C.H/D (m)	H (m)
1	16 +15	3,2	673	25	3,71	10,23	2,49	2,69	2,95	3,03	0,30		0,39	0,42	0,46	0,48	1 Ø 0,80	0,11	-0,31
3	31 +0	1,1	105	10	9,52	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,13	0,14	0,16	0,16	1 Ø 0,80	0,01	-0,39
4	43 +2	2,0	175	6	3,43	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,25	0,27	0,29	0,30	1 Ø 0,80	0,05	-0,36
5	53 +0	2,5	285	16	5,61	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,31	0,33	0,36	0,37	1 Ø 0,80	0,07	-0,34
7	92 +0	2,2	235	14	5,96	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,28	0,30	0,33	0,34	1 Ø 0,80	0,06	-0,35
8	105 +10	0,4	85	6	7,06	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,05	0,06	0,06	0,07	1 Ø 0,80	0,00	-0,40
9	113 +0	1,3	275	8	2,91	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,16	0,17	0,19	0,19	1 Ø 0,80	0,02	-0,39
10	181 +0	0,3	70	4	5,71	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,04	0,04	0,05	0,05	1 Ø 0,80	0,00	-0,40
12	256 +18	4,3	723	42	5,81	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,53	0,58	0,63	0,65	1 Ø 0,80	0,21	-0,23
15	281 +5	840,4	4.500	69	1,53	113,92	0,65	0,71	0,77	0,84	0,50	0,81	36,79	40,19	43,59	47,55	3 Ø 2,5X2,5	0,28	-0,56
16	339 +10	0,2	50	1	2,00	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,03	0,03	0,03	0,04	1 Ø 0,80	0,00	-0,40
17	344 +0	0,4	60	1	1,67	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,05	0,05	0,05	0,06	1 Ø 0,80	0,00	-0,40
18	348 +14	61,2	1.553	12	0,77	55,20	1,02	1,10	1,20	1,30	0,50		5,20	5,61	6,12	6,63	2 Ø 2,5X2,5	0,01	-1,22
20	367 +2	0,4	75	1	1,33	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,05	0,05	0,06	0,06	1 Ø 0,80	0,00	-0,40
21	372 +12	1,1	120	1	0,83	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,14	0,15	0,17	0,17	1 Ø 0,80	0,01	-0,39
22	378 +13	0,9	120	1	0,83	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,11	0,12	0,13	0,14	1 Ø 0,80	0,01	-0,39
23	382 +1	0,5	135	1	0,74	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,06	0,06	0,07	0,07	1 Ø 0,80	0,00	-0,40
24	382 +16	86,4	1.300	30	2,31	38,14	1,30	1,40	1,53	1,64	0,30		5,62	6,05	6,61	7,08	3 Ø 1,20	0,34	-0,19
25	399 +2	15,2	811	24	2,96	18,66	1,96	2,11	2,30	2,44	0,30		1,49	1,60	1,75	1,86	1 Ø 1,00	0,53	0,03
27	408 +10	0,6	105	4	3,81	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,08	0,08	0,09	0,09	1 Ø 0,80	0,00	-0,40
28	485 +19	35,4	1.980	15	0,76	49,55	1,10	1,18	1,29	1,39	0,30		1,95	2,09	2,28	2,46	1 Ø 1,20	0,37	-0,16
29	491 +11	707,9	4.700	35	0,74	145,71	0,56	0,60	0,66	0,71	0,50	0,82	27,16	29,10	32,01	34,44	2 Ø 2,5X2,5	1,03	1,06
30	510 +6	7,6	720	4	0,56	28,83	1,55	1,66	1,81	1,94	0,30		0,59	0,63	0,68	0,73	1 Ø 0,80	0,25	-0,20
31	513 +4	16,8	720	4	0,56	36,67	1,34	1,44	1,57	1,68	0,30		1,13	1,21	1,32	1,41	1 Ø 1,00	0,30	-0,20
32	519 +16	22,8	620	4	0,65	36,73	1,33	1,43	1,57	1,68	0,30		1,52	1,63	1,79	1,92	1 Ø 1,00	0,55	0,05
33	536 +16	4,3	350	1	0,29	27,52	1,59	1,71	1,86	1,99	0,30		0,34	0,37	0,40	0,43	1 Ø 0,80	0,09	-0,33
34	542 +15	2,6	250	2	0,80	14,68	2,19	2,36	2,58	2,70	0,30		0,29	0,31	0,34	0,35	1 Ø 0,80	0,06	-0,35
35	550 +2	0,9	130	2	1,54	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,11	0,12	0,13	0,13	1 Ø 0,80	0,01	-0,39
36	553 +16	0,3	65	1	1,54	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,04	0,04	0,05	0,05	1 Ø 0,80	0,00	-0,40
37	566 +0	1189,0	7.757	41	0,53	215,84	Hidrograma Unitário Triangular						29,25	34,40	0,00		2 Ø 2,5X2,5	0,39	-0,28
38	571 +5	2,7	525	14	2,67	10,57	2,47	2,66	2,92	3,01	0,30		0,33	0,35	0,39	0,40	1 Ø 0,80	0,08	-0,34
39	574 +5	20,9	1.125	26	2,31	24,18	1,71	1,84	2,01	2,14	0,30		1,78	1,92	2,10	2,23	1 Ø 1,20	0,31	-0,23
40	579 +3	18,4	1.095	26	2,37	22,90	1,76	1,89	2,07	2,20	0,30		1,62	1,74	1,90	2,02	1 Ø 1,20	0,25	-0,30
41	593 +6	122,2	1.752	32	1,83	49,32	1,10	1,19	1,29	1,39	0,30		6,72	7,27	7,88	8,49	2 Ø 1,50	0,36	-0,21
42	638 +5	14,1	780	10	1,28	25,28	1,67	1,79	1,96	2,09	0,30		1,18	1,26	1,38	1,47	1 Ø 1,00	0,33	-0,17
44	648 +001	0,6	100	2	2,00	10,00	2,51	2,70	2,96	3,05	0,30		0,08	0,09	0,10	0,10	1 Ø 0,80	0,01	-0,40
45	652 +018	2,0	220	2	0,91	12,58	2,33	2,51	2,75	2,86	0,30		0,24	0,25	0,28	0,29	1 Ø 0,80	0,04	-0,37
46	663 +004	84,1	1.466	30	2,05	40,66	1,25	1,34	1,47	1,58	0,30		5,26	5,63	6,18	6,64	2 Ø 1,50	0,22	-0,42
47	675 +009	29,0	1.250	46	3,68	22,63	1,77	1,91	2,08	2,21	0,30		2,57	2,77	3,02	3,21	1 Ø 1,50	0,21	-0,43
48	695 +015	45,8	1.345	43	3,20	27,85	1,58	1,70	1,85	1,98	0,30		3,61	3,89	4,23	4,53	1 Ø 1,5X1,5	0,30	-0,30
49	780 +001	8,56	375	5	1,33	18,51	1,97	2,12	2,31	2,45	0,30	1,00	0,84	0,91	0,99	1,05	1 Ø 0,80	0,53	0,02

RODOVIA: CONTORNO NORTE DE CASTRO
TRECHO:
SUBTRECHO:

4.4.3 Drenagem Superficial

Para a drenagem superficial foi analisada a necessidade de implantação de sarjetas, valetas de corte e aterro, meios-fios e outros dispositivos necessários.

O dimensionamento hidráulico da seção de vazão dos dispositivos de drenagem superficial foi feito através da expressão de Manning aliada à Equação da Continuidade, de forma a estabelecer a descarga máxima admissível:

$$Q = A \cdot K \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}, \text{ sendo:}$$

Q = vazão escoada, em m³/s;

A = área da seção transversal do dispositivo, em m²;

K = coeficiente de rugosidade, adimensional, adotado 0,015 – estruturas em concreto (Fonte: Manual de Drenagem - DNIT, 2005 - pág. 110)

R = raio hidráulico, em m;

i = declividade longitudinal, em m/m.

A determinação do comprimento crítico destes dispositivos foi feita em função da vazão a ser conduzida pelos mesmos, avaliada através da utilização do Método Racional.

4.4.3.1 Valetas de Proteção

Nos trechos de corte, quando a inclinação do terreno for em direção a pista, foram previstas valetas de proteção de cortes, locadas paralelamente às cristas e, nos trechos em aterros, quando necessário, foram previstas valetas de proteção de aterros, locados paralelamente aos pés, a uma distância mínima de 3,0 m, coletando as águas e as conduzindo para local de deságue seguro.

As valetas previstas são em concreto, não foram adotados revestimentos em solo ou grama, devido a necessidade de manutenção frequente e a dificuldade de realização dessa manutenção.

A verificação da capacidade de vazão dos dispositivos foi feita através da utilização da fórmula de Manning, aliada à Equação da Continuidade.

4.4.3.2 Sarjetas de Corte

Nos trechos em cortes foi projetada a implantação de sarjetas, executadas em concreto, com o objetivo de captação de águas que se precipitam sobre a plataforma e taludes e conduzi-las, longitudinalmente, até o ponto de transição entre o corte e o aterro, de forma a permitir a saída lateral, para um ponto de deságue seguro.

As sarjetas também foram previstas nas banquetas. Assim como para as valetas de proteção, o dimensionamento hidráulico das sarjetas foi feito por meio da utilização da fórmula de Manning aliada a Equação da Continuidade e o cálculo das vazões foram obtidos por meio do método racional.

4.4.3.3 Transposição dos Segmentos de Sarjetas e Valetas

Nos locais dos acessos as propriedades lindeiras em que ocorrem cruzamentos dos dispositivos de drenagem, sarjetas e valetas, foi previsto a implantação do dispositivo denominado de transposição de segmento de valetas e sarjeta.

4.4.3.4 Meio-fio com sarjeta

Nos aterros com alturas superiores a 3,00 m e nos canteiros das interseções foram previstos a implantação de meios-fios com sarjetas e nos locais em a capacidade hidráulica das sarjetas são excedidas foram previstos os dispositivos denominados de entradas d'água seguidos de descidas d'água tipo rápido e dissipadores de energia.

O meio-fio com sarjeta foi utilizado ao longo das vias do projeto com o objetivo de coletar as águas precipitadas sobre as áreas pavimentadas e conduzi-las ao local de deságua através sarjetas, e descidas d'água (caixas de captação).

A capacidade hidráulica do meio-fio é obtida através do cálculo da lâmina d'água na sarjeta, sendo que esta lâmina deve ser inferior a altura da sarjeta. No ponto em que a capacidade hidráulica da sarjeta é atingida foi previsto a construção de uma entrada d'água que faz a ligação da sarjeta com a descida d'água tipo rápido.

Através do método racional foram calculadas as vazões de contribuição e utilizando-se a fórmula de Manning modificada por Izzard calculou-se a lâmina d'água na sarjeta:

$$y = 1,445 \times \frac{1}{Z^{3/8}} \times \left(\frac{Q \times n}{i^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Onde: Q = Vazão da sarjeta, m³/s;
y = Altura d'água na sarjeta, m;
Z = Recíproca da declividade transversal, m/m;
i = Declividade longitudinal da sarjeta, m/m;
n = Coeficiente de rugosidade de Manning (adotado 0,015)

4.4.3.5 Descidas d'água e Dissipadores de Energia

A descida d'água será destinada a conduzir as águas coletadas pelas sarjetas de borda de pista à caixa coletora ou, no caso dos meios-fios, de conduzir a água das sarjetas ao local de deságue. Serão do tipo rápido para os meios-fios e para as sarjetas de corte e de banquetas serão em degraus, nos dois casos serão de concreto armado e terão seção retangular. No caso de deságue no terreno natural as descidas d'água serão seguidas de dissipadores de energia.

4.4.3.6 Drenos Longitudinais

O dreno longitudinal profundo tem como objetivo proteger a estrutura do pavimento por meio da interceptação e rebaixamento do lençol freático.

Embora não tenha sido detectada a presença d'água nas sondagens executadas, optou-se pela implantação de drenos na interseção com a PR-151, no corte em material de segunda categoria e em segmentos onde não foi aplicado colchão drenante (áreas próximas aos solos moles). Serão implantados drenos longitudinais profundos tipos DPS-06A, executados com material drenante (brita), envolto por uma camada de geotêxtil com dimensões de 1,50 m de altura e largura de 0,50 m, e possui, em sua porção inferior, um tubo corrugado perfurado tipo kanaflex.

O cálculo do comprimento crítico dos drenos está apresentado a seguir:

A vazão de escoamento dos drenos pode ser avaliada através da aplicação da fórmula de Scobey:

$$Q = 0,2113 \times c \times D^{0,625} \times l^{0,5}$$

Q= vazão em m³/s.

c= coeficiente adimensional (valor adotado c= 132).

D= diâmetro do tubo, em m (valor adotado D=0,20m).

l=declividade, m/m.

A precipitação por m² é dada pela formula:

$$q = \frac{i}{3600} \times 0,5 \times ms$$

i= intensidade de precipitação

ms= meia seção (m)

O comprimento crítico será determinado pela expressão:

$$L = \frac{Q}{q}$$

4.4.4 Valas de Drenagem

Nas visitas a campo e estudos da região foi constatado a presença de grande quantidade de valas de drenagem para rebaixamento do lençol freático com o objetivo de possibilitar a utilização do solo para plantio. Em alguns locais a construção da rodovia irá interceptar essas valas, para evitar a interrupção dos fluxos foram previstos a implantação de bueiros e de novas ligações entre as valas existentes.

Nos locais em que as valas existentes são longitudinais a via existente e serão aterradas pelo corpo do aterro da rodovia, novas valetas deverão ser implantadas.

A região é plana e por meio do material existente não foi possível delimitar áreas de contribuição para todas as valas que serão adequadas e/ou relocadas, nesses casos a vala projetada manteve as dimensões e declividade de fundo das valas existentes.

4.4.5 Corta-rios

Foram previstos corta-rios em dois locais onde o talvegue atual foi interrompido pela implantação da rodovia:

- Est. 286+18,00

- Est. 560+12,00

O dimensionamento seguiu a mesma metodologia usada para o cálculo dos dispositivos de drenagem superficial, ou seja, feito através da expressão de Manning aliada à Equação da Continuidade, de forma a estabelecer a descarga máxima admissível:

$$Q = A \cdot K \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}, \text{ sendo:}$$

Q = vazão escoada, em m³/s;

A = área da seção transversal do dispositivo, em m²;

K = coeficiente de rugosidade, adimensional, adotado 0,025.

R = raio hidráulico, em m;

i = declividade longitudinal, em m/m.

A determinação do comprimento crítico destes dispositivos foi feita em função da vazão a ser conduzida pelos mesmos, avaliada através da utilização do Método Racional.

QUADRO DE DIMENSIONAMENTO DE CORTA-RIO																			
CORTA RIO	LOCALIZAÇÃO (Estaca)		ÁREA (ha)	L (m)			ΔH (m)	i (%)	Tc (min)	I (mm/min)				C	D	VAZÃO (m ³ /s)			
										15 anos	25 anos	50 anos	100 anos			T=15 anos	T=25 anos	T=50 anos	T=100 anos
1	287	+0	738,7	4.132	1.064	977	87	2,11	94,91	0,74	0,79	0,87	0,94	0,50	0,82	37,30	39,82	43,85	47,38
2	566	+0	1189,0	7.757	1.018	977	41	0,53	215,84	Hidrograma Unitário Triangular						29,25	34,40	0,00	

CORTA RIO 1		
LARGURA BASE MAIOR	m	8,00
LARGURA BASE MENOR	m	3,00
ALTURA LÂMINA	m	2,50
ÁREA	m ²	13,75
PERIMETRO	m	16,46
RAIO	m	0,84
INCLINAÇÃO	%	0,17
n		0,01
VELOCIDADE	m/s	3,66
VAZÃO	m ³ /s	50,28

CORTA RIO 2		
LARGURA BASE MAIOR	m	8,00
LARGURA BASE MENOR	m	3,00
ALTURA LÂMINA	m	2,50
ÁREA	m ²	13,75
PERIMETRO	m	16,46
RAIO	m	0,84
INCLINAÇÃO	%	0,10
n		0,01
VELOCIDADE	m/s	2,16
VAZÃO	m ³ /s	29,66

A Memória de cálculo, as quantidades de drenagem, assim como as notas de serviço foram apresentadas no Volume Anexo 3F - Notas de serviço e Memória de Cálculo e Quantidades de Drenagem.

4.5 Projeto de Pavimentação

O Projeto de Pavimentação foi desenvolvido com base em normas, instruções e especificações do DER/PR e do DNIT. O projeto teve como base os resultados dos Estudos Geotécnicos, Estudos de Tráfego e Projeto Geométrico. Foram também, levadas em consideração, as diretrizes contidas no Termo de Referência, e a experiência técnica.

4.5.1 Determinação Do Valor De ISC Do Subleito Do Pavimento Projetado

O 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. 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). Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), os materiais do subleito que compreendem a camada final da terraplenagem devem apresentar uma expansão, medida no ensaio de ISC, menor ou igual a 2% e um ISC maior ou igual a 2%.

Assim, foram realizados 22 ensaios de compactação e ISC em áreas de pavimentos novos, cuja localização dos furos de sondagem, encontra-se nas pranchas do Projeto Geométrico, do Volume 2: Projeto de Execução. O resultado do valor do ISC dos furos está apresentado no Quadro 4.5.1 a seguir.

Quadro 4.5.1 – Resumo dos ensaios ISC

CONTORNO NORTE DE CASTRO LOTE 01					
nº de Ensaio	REGISTRO	ISC (%)	nº de Ensaio	REGISTRO	ISC (%)
1	ST-02	7,2	12	ST-29	7,3
2	ST-05	10,2	13	ST-31	22,2
3	ST-07	1,9	14	ST-33	12,3
4	ST-10	2,1	15	ST-36	12,1
5	ST-13	5,0	16	ST-39	11,2
6	ST-16	38,0	17	ST-41	11,1
7	ST-18	34,2	18	ST-43	16,8
8	ST-20	18,8	19	ST-45	9,7
9	ST-22	43,1	20	ST-49	7,5
10	ST-24	18,8	21	ST-51	8,2

A metodologia empregada na determinação do ISC de projeto é a preconizada pelo DNIT (Método DNER), através da equação:

$$ISC_p = ISC_{médio} \pm \frac{1,29\sigma}{\sqrt{n}} \pm 0,68\sigma$$

Para a aplicação desta equação, as amostras devem ser, primeiramente, expurgadas. As amostras foram expurgadas considerando a Média $\pm \sigma$ (Desvio padrão).

Aplicando a formulação, os limites das amostras para não serem expurgadas são: 25,94 (máximo) e 4,05 (mínimo). Com os novos limites temos 5 amostras eliminadas, 2 delas são pelo valor mínimo, ST-07 e ST-10, que ainda possuem expansão acima do permitido para camada final do subleito. Os ensaios ST-16, ST-18 e ST-22 são eliminados pois possuem valores acima do limite superior para o expurgo das amostras.

Analisando o ISC das amostras que permaneceram dentro do intervalo de aceitação das amostras, temos a seguinte situação no Quadro 4.5.2 a seguir.

Quadro 4.5.2 – Resumo dos ensaios de ISC expurgados.

CONTORNO NORTE DE CASTRO LOTE 01					
nº de Ensaio	REGISTRO	ISC (%)	nº de Ensaio	REGISTRO	ISC (%)
1	ST-02	7,2	15	ST-36	12,1
2	ST-05	10,2	16	ST-39	11,2
5	ST-13	5,0	17	ST-41	11,1
8	ST-20	18,8	18	ST-43	16,8
10	ST-24	18,8	19	ST-45	9,7
11	ST-27	11,0	20	ST-49	7,5
12	ST-29	7,3	21	ST-51	8,2
13	ST-31	22,2	22	ST-53	14,1
14	ST-33	12,3			
ISC MÉDIO			12,0		
DESVIO PADRÃO			4,8		
ISC PROJETO			7,2		

Conclui-se assim que o ISC_P é de 7,2%.

4.5.2 Número N

O processo de dimensionamento do pavimento, tem como fatores básicos, o estudo e a avaliação da solicitação do tráfego. Neste sentido, torna-se necessário determinar o número N, utilizando o estudo de tráfego, no período de projeto de 10 anos para o Contorno Norte de Castro/PR. Conforme apresentado nos estudos de tráfego o número N encontrado foi de $3,76 \times 10^7$.

4.5.3 Dimensionamento Método do DNER

De acordo com o dimensionamento pelo método do DNER, os tipos e espessuras mínimas recomendadas para o revestimento betuminoso (R), em função do número equivalente N de operações do eixo simples padrão (8,2 tf), estão apresentadas no Quadro 4.5.3.

Quadro 4.5.3 - Número N E Espessura Da Camada De Revestimento

NÚMERO "N"	TIPO DE REVESTIMENTO	ESPESSURA (cm)
$N \leq 10^6$	Tratamentos Superficiais (TSS, TSD ou TST)	2,0 a 3,0
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Concreto Betuminoso (CBUQ) (aceitável TSD)	5,0 (2,0 a 3,0)
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto Betuminoso (CBUQ)	7,5
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto Betuminoso (CBUQ)	10,0
$5 \times 10^7 < N$	Concreto Betuminoso (CBUQ)	12,5

Determinada a espessura total do pavimento (H_m), em termos de material granular, e a espessura do revestimento (R), procedeu-se ao dimensionamento das espessuras das demais camadas: base e sub-base, levando-se em consideração os materiais disponíveis para cada uma delas e seus coeficientes de equivalência estrutural.

Desta forma, os parâmetros básicos utilizados no projeto de pavimentação, estão apresentados no Quadro 4.5.4.

Quadro 4.5.4 – Parâmetros Básicos Adotados

Tráfego	$N = 3,76 \times 10^7$ - 10 anos – PR-090;
Subleito	$IS_P = 7,2\%$;
Camada de Sub-base	Brita Graduada Tratada com Cimento, $K_S = 1,40$;
Camada de Base	Brita Graduada Simples, BGS, $K_B = 1,00$;
Revestimento	Concreto asfáltico, espessura 10,00 cm, $K_R = 2,00$ (R).

Face ao tipo de solo e ao tráfego considerado, se a base e a sub-base forem compostas por materiais granulares simples, o pavimento seria muito plástico, ou seja, o pavimento se deformaria facilmente. Com o intuito de minimizar este risco, adota-se para esta situação, um pavimento invertido com uma camada semirrígida com Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC), abaixo da Brita Graduada Simples (BGS).

A superestrutura do pavimento, ou seja, as camadas de revestimento asfáltico e base, foram determinadas através da equação a seguir para um $N = 3,76 \times 10^7$ e para a camada subjacente à camada de base um valor de suporte $ISC = 7,2\%$ obtendo-se:

$$H_m = 77,67 \times N^{0,0482} \times ISC^{-0,598}$$

$$H_{20} = 30,02 \text{ cm}$$

$$H_m = 54,98 \text{ cm}$$

Em função das características do tráfego, foi fixada em projeto a espessura (R) de 10,0 cm para a camada de revestimento em CBUQ ($K = 2,00$).

$$R = 10,00 \text{ cm}$$

Substituindo na inequação

$$R K_R + B K_B \geq h_{20} \text{ tem-se:}$$

$$10,00 \times 2,00 + B \times 1,00 \geq 30,02,$$

Logo, $B \geq 10,02$ cm

Desta forma, foi adotada espessura de 15,0 cm, pois trata-se da espessura mínima recomendada para execução de camadas granulares.

B = 15,00 cm

A espessura da camada de sub-base é obtida utilizando-se a inequação:

$$R K_R + B K_B + h_{20} K_S \geq H_m$$

$$10,00 \times 2,00 + 15,00 \times 1,00 + h_{20} \times 1,40 \geq 54,98;$$

Logo, $h_{20} \geq 14,27$ cm

Assim, foi adotada em projeto a espessura de 18,0 cm para a camada de sub-base em BGTC, pois esta é a espessura mínima para que a camada se comporte de maneira mais estável, apresentando o efeito placa.

$h_{20} = 18,00$ cm

O Quadro 4.5.5, apresenta o resumo do dimensionamento obtido para o pavimento projetado.

Quadro 4.5.5 – Resumo das Camadas do Pavimento

CAMADA	ESPESSURA (cm)
Revestimento (CBUQ):	10
Base de BGS:	15
Sub-Base de BGTC:	18

As taxas relativas ao revestimento de CBUQ deverão ser determinadas no local da obra antes do início de cada etapa, respeitando as normas. Para fins de projeto, foi utilizado uma taxa de CAP 50/70 com polímero elastomérico (55/75) para a camada de rolamento e CAP 50/70 na camada de binder de 5,9% e 4,5%, respectivamente. Para a pintura de cura e pintura de ligação para fins de projeto foram utilizadas as taxas de e 0,5 l/m² de RR-1C e para imprimação foi considerada uma taxa de 1,2 l/m² de EAI.

Para a execução do BGTC, o teor de cimento deverá ser determinado no local da obra. Da mesma forma, para fins deste projeto foi utilizado um teor de cimento de 4,0% em seu peso. Lembrando que a orientação da norma é referente à sua resistência mínima de 3,5 MPa e máxima de 8,0 MPa aos sete dias.

4.5.4 Verificação pelo Método Mecânico

Para verificação da estrutura dimensionada pelo Método do DNER, foi empregado o modelo mecânico para análise de tensões, deformações e deslocamentos das camadas asfálticas e do subleito, empregando-se critérios específicos de falha.

Assim, procurou-se determinar diversos indicadores estruturais representados pelas deformações verticais reversíveis (deflexões) na superfície (D) e pela deformação vertical no topo do subleito (ϵ_v).

Os parâmetros elásticos são obtidos pelo programa EVERSTRESS, dotados de espessuras uniformes, módulos de resiliência e coeficientes de Poisson constantes.

Dados de entrada:

- Quantidade de cargas, seus respectivos valores, posição no sistema de coordenadas (x, y), e a pressão dos pneus;
- Características das camadas como materiais, espessuras, coeficientes de Poisson, e módulos de resiliência;
- Pontos de análise posição (x, y), e profundidade (z).

O estudo constou da análise das deflexões, tensões e deformações nos pontos determinados, sendo críticos do pavimento em função do carregamento de projeto.

Foi considerado o eixo padrão rodoviário simples com rodas duplas de 8,2 tf e pressão de 80 psi, que apresenta as seguintes características. (Quadro 4.5.6).

Quadro 4.5.6 – Características do Carregamento Para a Análise Mecânica

CARGA EIXO PADRÃO (N)	CARGA INCIDENTE EM UMA RODA (N)	PRESSÃO DOS PNEUS (KPa)	RAIO DA ÁREA DE CONTATO (cm)	DIST. ENTRE FORÇAS (cm)
80.444	20.111	551,72	10,77	31,90

No Quadro 4.5.7 estão apresentadas as características das camadas verificadas para a constituição do pavimento.

Quadro 4.5.7 – Característica das Camadas

CAMADA	MATERIAL	MÓDULO DE RESILIÊNCIA (MPa)	COEF. DE POISSON	ESPESSURA DAS CAMADAS (cm)
Revestimento	CBUQ	3.500	0,30	10
Base	BGS	350	0,35	15
Sub-Base	BGTC	5.378	0,20	18
Subleito	-	75	0,45	-

A análise de desempenho das estruturas foi realizada por meio da verificação da compatibilidade entre esforços solicitantes (devidos à aplicação de cargas de tráfego) e os esforços resistentes, intrínsecos de cada material, traduzidos pelas equações de fadiga apresentadas no item a seguir.

Quando as estruturas inicialmente testadas em simulações computacionais não atendem aos parâmetros admissíveis (ou desejados) de cada material, devem ser realizadas adequações nas espessuras das camadas, de forma a se obter um pavimento equilibrado.

4.5.4.1 Critérios de Desempenho

a) Deflexão Admissível

Utilizando a Norma DNER-PRO 269/94 de Projeto de Restauração e de Pavimentos Flexíveis – TECNAPAV, método desenvolvido pelos engenheiros Salomão Pinto e Ernesto S. Preussler, teremos o critério para a deflexão admissível, que utiliza a Fórmula (1):

$$\log D_{adm} = 3,148 - 0,188 * \log N_{adm} \quad (1)$$

Onde:

D_{adm} = Deflexão máxima admissível em mm x10⁻².

- Verificação

$$N_{adm} = 3,16 \times 10^9 > \text{Número } N - \text{Verifica}$$

b) Deformação Horizontal de Tração na Superfície Inferior do Revestimento de Concreto Asfáltico

Conforme os engenheiros Salomão Pinto e Ernesto S. Preussler (2002), teremos o critério para a deformação máxima horizontal de tração na superfície inferior da camada do revestimento de Concreto Asfáltico, Fórmula (2):

$$N_{adm} = 1,21 * 10^{-3} * \left(\frac{1}{\varepsilon_t}\right)^{2,66} \quad (2)$$

- Verificação

$$N_{adm} = 2,77 * 10^8 > \text{Número } N - \text{Verifica}$$

c) Máxima Tensão Vertical no Subleito

A análise da máxima tensão vertical na camada superior de Subleito teve como base a seguinte Fórmula (3):

$$\sigma_{adm} = \frac{0,006 * MR_{sub}}{(1 + 0,7 * \log N_{adm})} \quad (3)$$

$$\sigma_{adm} = 0,5921 \frac{kg}{cm^2} > \sigma_{sub} = 0,1202 \frac{kg}{cm^2} - \text{Verifica}$$

4.5.4.2 Análise Mecânica das Estruturas Estudadas

A análise mecânica foi realizada sobre a estrutura determinada pelo método do DNER. O resumo dos parâmetros e os resultados das análises estão apresentados no Quadro 4.5.8 abaixo:

Quadro 4.5.8 – Resumo dos parâmetros da Análise

PAVIMENTO	NÚMERO N _{ADM} PELA DEFLEXÃO ADMISSÍVEL		NÚMERO N _{ADM} PELA DEFORMAÇÃO HORIZONTAL		TENSÃO MÁXIMA NO SUBLEITO	
	Calculada	Parâmetro	Calculada	Parâmetro	Calculada	Parâmetro
Estrutura	3,16 x 10 ⁹	3,76 x 10 ⁷	2,77 x 10 ⁸	3,76 x 10 ⁷	0,59	0,12

Como podemos observar, a estrutura dimensionada pelo Método do DNER satisfaz a todas as condições.

Os modelos ou critérios mecânicos empregados, os resultados das verificações e os arquivos com os resultados do EVERSTRESS estão apresentados a seguir.



ANEXO – PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO – ANÁLISE EVERSTRESS

CLayered Elastic Analysis by EverStress for Windows

Line

Title: Pavimento Contorno Norte de Castro

No of Layers: 4 No of Loads: 2 No of X-Y Evaluation Points: 6

Layer	Poisson's Ratio	Thickness (cm)	Moduli(1) (MPa)	Moduli(2) (MPa)	Multiplier (MPa)	Power *
1	.30	10.000	3500.00	*	*	*
2	.35	15.000	350.00	1314.79	685.00	.600
3	.20	18.000	5378.00	*	*	*
4	.45	*	75.50	*	*	*

Load No *	X-Position (cm)	Y-Position (cm)	Load (N)	Pressure (kPa)	Radius (cm)
1	.00	.00	20111.0	551.72	10.772
2	.00	31.90	20111.0	551.72	10.772

No of Iteration: 8 Maximum Error in Modulus: .1

Line



Location No: 1 X-Position (cm): .000 Y-Position (cm): .000

Line

cNormal Stresses

Z-Position (cm)	Layer *	Sxx (kPa)	Syy (kPa)	Szz (kPa)	Syz (kPa)	Sxz (kPa)	Sxy (kPa)
.000	1	-735.20	-681.68	-551.72	.00	.00	.00
9.999	1	115.71	77.47	-316.98	15.53	.00	.00
17.500	2	-42.36	-56.67	-193.94	25.23	.00	.00
34.000	3	108.68	89.27	-46.12	31.56	.00	.00
42.999	3	291.81	240.61	-12.02	1.19	.00	.00
43.001	4	-4.04	-4.64	-12.02	1.19	.00	.00

Line

cNormal Strains and Deflections

Z-Position (cm)	Layer *	Exx (10 ⁻⁶)	Eyy (10 ⁻⁶)	Ezz (10 ⁻⁶)	Ux (microns)	Uy (microns)	Uz (microns)
.000	1	-104.34	-84.46	-36.19	.000	6.364	230.147
9.999	1	53.59	39.39	-107.12	.000	1.131	221.619
17.500	2	34.49	19.80	-121.14	.000	.124	209.711
34.000	3	18.60	14.27	-15.94	.000	-2.384	201.520
42.999	3	45.76	34.33	-22.04	.000	-5.941	199.919
43.001	4	45.76	34.34	-107.52	.000	-5.942	199.918

Line

cPrincipal Stresses and Strains



CONTORNO NORTE DE CASTRO



Z-Position (cm)	Layer *	S1 (kPa)	S2 (kPa)	S3 (kPa)	E1 (10 ⁻⁶)	E2 (10 ⁻⁶)	E3 (10 ⁻⁶)
.000	1	-735.20	-681.68	-551.72	-104.34	-84.46	-36.19
9.999	1	-317.59	78.08	115.71	-107.35	39.61	53.59
17.500	2	-198.43	-52.18	-42.36	-125.75	24.41	34.49
34.000	3	-53.11	96.27	108.68	-17.50	15.83	18.60
42.999	3	-12.03	240.61	291.81	-22.04	34.34	45.76
43.001	4	-12.21	-4.45	-4.04	-111.09	37.91	45.76

Line
Line

Location No: 2 X-Position (cm): .000 Y-Position (cm): 15.950

Line

cNormal Stresses

Z-Position (cm)	Layer *	Sxx (kPa)	Syy (kPa)	Szz (kPa)	Syz (kPa)	Sxz (kPa)	Sxy (kPa)
.000	1	-327.53	-14.02	.00	.00	.00	.00
9.999	1	16.14	-248.54	-155.95	.00	.00	.00
17.500	2	-42.83	-93.22	-148.83	.00	.00	.00
34.000	3	115.28	95.09	-46.42	.00	.00	.00
42.999	3	312.55	267.46	-12.74	.00	.00	.00
43.001	4	-4.17	-4.70	-12.74	.00	.00	.00

Line



cNormal Strains and Deflections

Z-Position (cm)	Layer *	E _{xx} (10 ⁻⁶)	E _{yy} (10 ⁻⁶)	E _{zz} (10 ⁻⁶)	U _x (microns)	U _y (microns)	U _z (microns)
.000	1	-92.38	24.07	29.28	.000	.000	216.418
9.999	1	39.28	-59.03	-24.64	.000	.000	217.375
17.500	2	31.86	-19.88	-76.98	.000	.000	211.718
34.000	3	19.63	15.12	-16.45	.000	.000	205.443
42.999	3	48.64	38.58	-23.94	.000	.000	203.731
43.001	4	48.65	38.59	-115.85	.000	.000	203.729

Line

cPrincipal Stresses and Strains

Z-Position (cm)	Layer *	S1 (kPa)	S2 (kPa)	S3 (kPa)	E1 (10 ⁻⁶)	E2 (10 ⁻⁶)	E3 (10 ⁻⁶)
.000	1	-327.53	-14.02	.00	-92.38	24.07	29.28
9.999	1	-248.54	-155.95	16.14	-59.03	-24.64	39.28
17.500	2	-148.83	-93.22	-42.83	-76.98	-19.88	31.86
34.000	3	-46.42	95.09	115.28	-16.45	15.12	19.63
42.999	3	-12.74	267.46	312.55	-23.94	38.58	48.64
43.001	4	-12.74	-4.70	-4.17	-115.85	38.59	48.65

Line



Location No: 3 X-Position (cm): .000 Y-Position (cm): 31.900

Line

cNormal Stresses

Z-Position (cm)	Layer *	Sxx (kPa)	Syy (kPa)	Szz (kPa)	Syz (kPa)	Sxz (kPa)	Sxy (kPa)
.000	1	-735.20	-681.68	-551.72	.00	.00	.00
9.999	1	115.71	77.47	-316.98	-15.53	.00	.00
17.500	2	-42.36	-56.67	-193.94	-25.23	.00	.00
34.000	3	108.68	89.27	-46.12	-31.56	.00	.00
42.999	3	291.81	240.61	-12.02	-1.19	.00	.00
43.001	4	-4.04	-4.64	-12.02	-1.19	.00	.00

Line

cNormal Strains and Deflections

Z-Position (cm)	Layer *	Exx (10 ⁻⁶)	Eyy (10 ⁻⁶)	Ezz (10 ⁻⁶)	Ux (microns)	Uy (microns)	Uz (microns)
.000	1	-104.34	-84.46	-36.19	.000	-6.364	230.147
9.999	1	53.59	39.39	-107.12	.000	-1.131	221.619
17.500	2	34.49	19.80	-121.14	.000	-.124	209.711
34.000	3	18.60	14.27	-15.94	.000	2.384	201.520
42.999	3	45.76	34.33	-22.04	.000	5.941	199.919
43.001	4	45.76	34.34	-107.52	.000	5.942	199.918

Line



cPrincipal Stresses and Strains

Z-Position (cm)	Layer *	S1 (kPa)	S2 (kPa)	S3 (kPa)	E1 (10 ⁻⁶)	E2 (10 ⁻⁶)	E3 (10 ⁻⁶)
.000	1	-735.20	-681.68	-551.72	-104.34	-84.46	-36.19
9.999	1	-317.59	78.08	115.71	-107.35	39.61	53.59
17.500	2	-198.43	-52.18	-42.36	-125.75	24.41	34.49
34.000	3	-53.11	96.27	108.68	-17.50	15.83	18.60
42.999	3	-12.03	240.61	291.81	-22.04	34.34	45.76
43.001	4	-12.21	-4.45	-4.04	-111.09	37.91	45.76

Line

4.5.5 Especificações e Aspectos Executivos

Para a execução da obra, primeiramente deve ser realizada a regularização do subleito (norma DER/PR ES-P 01/05). Acima da regularização do subleito será realizada uma camada de BGTC (brita graduada tratada com cimento) com 18,0 cm de espessura (norma DER/PR ES-P 16/05). Acima da camada de BGTC deverá ser realizada pintura de cura (norma DER/PR ES-P 17/05) e, a seguir, uma camada de BGS (brita graduada simples) com 15,0 cm de espessura (norma DER/PR ES-P 05/05). Após a camada de BGS realizar uma imprimação (norma DER/PR ES-P 17/05) para fazer a proteção e impermeabilização desta camada granular. Acima da imprimação será realizada uma pintura de ligação para garantir a aderência entre a camada de revestimento e a base e, logo após, será executada uma camada de CBUQ – faixa “B”/binder, com uma espessura de 5,0 cm (norma DER/PR ES-P 21/05). Acima da camada de CBUQ – faixa “B”/binder haverá uma pintura de ligação, exceto nas áreas de acostamento. Por fim, o pavimento receberá uma camada de CBUQ por asfalto modificado por polímero – faixa “C” com uma espessura de 5,0 cm (norma DER/PR ES-P 21/05).

Na execução deve-se observar que a produção do serviço de Regularização do Subleito é superior à produção de BGTC. Com isso deve-se limitar o avanço de Regularização do Subleito para evitar perda de serviço.

A composição do acostamento será a mesma do pavimento da pista de rolamento sem a camada de rolamento.

Em referência ao controle tecnológico, a empreiteira e a supervisora deverão alocar pessoal e laboratório exclusivo para esta atividade, pois as dosagens e teores devem ser aferidos quase que diariamente. Haverá ajustes frequentes para correção granulométrica e a definição dos parâmetros de controle, além, certamente, de uma série de outras atividades como verificação de espessuras, de grau de compactação, de moldagem e ruptura de corpos de prova, etc.

O Quadro 4.5.9, apresenta o consumo dos materiais.



Quadro 4.5.9 – Consumo de Materiais

MATERIAIS		Consumo por m ³ ou m ²				Consumo por t					
		Unid	Quantidade		Unid	Quantidade		Unid	Quantidade		
Sub-base de brita graduada tratada com cimento 4% em peso	Brita	m ³	0,960	x 2,0000 / 1,50 = 1,2800	t	0,9600	x 2,0000 = 1,9200	m ³	0,9600 / 1,500 = 0,6400	t	0,9600
	Cimento	m ³	0,040	x 2,000 / 1,43 = 0,056	t	0,0400	x 2,0000 = 0,0800	m ³	0,0400 / 1,430 = 0,0280	t	0,0400
Base de brita graduada	BGS	m ³	1,000	x 1,5000 / 1,50 = 1,0000	t	1,0000	x 1,5000 = 1,5000	m ³	1,0000 / 1,500 = 0,6667	t	1,0000
Imprimação impermeabilizante	LIGANTE CM-30	m ²	1,000	x 0,0012 / 1,00 = 0,0012	t	1,0000	x 0,0012 = 0,0012	-	-	-	-
Pintura de ligação e cura	EMULSÃO (RR-1C)	m ²	1,000	x 0,0005 / 1,00 = 0,0005	t	1,0000	x 0,0005 = 0,0005	-	-	-	-
CBUQ Faixa "C" (Capa)	BRITA	m ³	0,828	x 2,500 / 1,50 = 1,380	t	0,8280	x 2,5000 = 2,0700	m ³	0,8280 / 1,50 = 0,5520	t	0,8280
	AREIA	m ³	0,100	x 2,500 / 1,50 = 0,167	t	0,1000	x 2,5000 = 0,2499	m ³	0,1000 / 1,50 = 0,0666	t	0,1000
	FILLER (CALCÁRIO)	m ³	0,015	x 2,500 / 1,46 = 0,026	t	0,0150	x 2,5000 = 0,0375	m ³	0,0150 / 1,4600 = 0,0103	t	0,0150
	LIGANTE(CAP-50/70)	m ³	0,057	x 2,500 / 1,00 = 0,143	t	0,0570	x 2,5000 = 0,1425	m ³	0,0570 / 1,0000 = 0,0570	t	0,0570
CBUQ Faixa "B" (Binder)	BRITA	m ³	0,940	x 2,500 / 1,500 = 1,567	t	0,9400	x 2,5000 = 2,3500	m ³	0,9400 / 1,50 = 0,6267	t	0,9400
	AREIA	m ³	0,000	x 2,500 / 1,500 = 0,000	t	0,0000	x 2,5000 = 0,0000	m ³	0,0000 / 1,50 = 0,0000	t	0,0000
	FILLER (CALCÁRIO)	m ³	0,015	x 2,500 / 1,460 = 0,026	t	0,0150	x 2,5000 = 0,0375	m ³	0,0150 / 1,4600 = 0,0103	t	0,0150
	LIGANTE(CAP-50/70)	m ³	0,045	x 2,500 / 1,000 = 0,113	t	0,0450	x 2,5000 = 0,1125	m ³	0,0450 / 1,0000 = 0,0450	t	0,0450

OBSERVAÇÕES								
CBUQ Faixa "C" (Capa)		CBUQ Faixa "B" (Binder)		TAXAS DE APLICAÇÃO		DENSIDADES (t/m ³)		
BRITA	82,80%	BRITA	94,00%	PINTURA DE LIGAÇÃO E CURA		BRITA	1,500	
AREIA	10,00%	AREIA	0,00%	MATERIAL		AREIA	1,500	
FILLER (CALCÁRIO)	1,50%	FILLER (CALCÁRIO)	1,50%	EMULSÃO (RR-1C)		0,5 l/m ²	CALCÁRIO	1,460
LIGANTE(CAP-50/70)	5,70%	LIGANTE(CAP-50/70)	4,50%	IMPRIMAÇÃO		MATERIAL	TAXA	
BRITA GRADUADA COM CIMENTO				LIGANTE CM-30		1,2 l/m ²		
BRITA GRADUADA		96,0%		CIMENTO		2,500		
CIMENTO		4,0%		BGTC		2,000		
Observações:								

4.6 Projeto de Obras de Arte Especiais - OAE

Foram concebidas dois projetos de OAE com o Contorno Norte de Castro/PR. A primeira trata-se de um viaduto projetado com a rodovia PR-151 e a segunda se refere a uma transposição sobre o Rio Iapó, ambas resultantes do projeto geométrico elaborado. Tratam-se de obras onde se prevê o tráfego rodoviário de veículo CLASSE 45 Tf, da NBR 7188, já para as especificações de cálculo, dimensionamentos e seus materiais, concretos e seus cobrimentos de armaduras, foi considerado o local de implantação como de CAA-II, conforme estabelecidos os parâmetros pela NBR 6118.

Quanto às verificações, dimensionamentos e demais detalhes geométricos para os diversos elementos estruturais, para a infra, meso e superestrutura, foram observadas as recomendações das normas brasileiras da ABNT, tais como NBR 6118, NBR 9062, NBR 7197, NBR 7187, NBR 6122 e demais especificações pertinentes do próprio DNER/DNIT e DER/PR.

4.6.1 Geometria das Obras de Arte Especiais e Soluções Particulares de Projeto

Inicialmente foram definidas as dimensões transversais para os tabuleiros, de acordo com a própria rodovia a ser implantada. As dimensões são totalmente compatíveis com o projeto geométrico a ser implantado.

Prezou-se pela compatibilidade com todos os conhecimentos obtidos, quaisquer que fossem as soluções a serem adotadas, estas deveriam ser, por princípio, as que resultassem em técnica de implantação e construção de forma mais padronizada ou semelhante possível. Visando equalizações de tipos de materiais, equipamentos e soluções estruturais a serem utilizados nas soluções técnicas propostas.

Tendo-se tais premissas como fundamentais, optou-se por soluções de infra, meso e superestrutura, para todas as OAE, de maneira generalizada, a serem construídas com elementos estruturais de geometrias iguais ou semelhantes, quando do mesmo tipo executivos, com utilização de técnicas construtivas idênticas e com a utilização dos mesmos equipamentos a serem mobilizados, mesmo que pela impossibilidade de solução única, foram projetadas em grupos de soluções e produtos quando não exatamente iguais, bastante semelhantes e que proporcionassem maior economicidade na implantação.

Os materiais especificados são:

- Infraestrutura:

- LASTROS / REGULARIZAÇÃO – C15 – A/C<0,60
- ESTACA ESCAVADA TIPO HÉLICE CONTÍNUA – HC – Ø600MM ESPAÇADA A CADA 100CM.
- BLOCOS/TRAVESSAS DE APOIO – C30 - A/C<0,55
 - Mesoestrutura:
- ALAS E CORTINAS - C30 – A/C<0,55
 - Superestrutura:
- VIGAS LONGARINAS PRÉ-MOLDADAS PROTENDIDAS – C50 – A/C<0,45
- VIGAS TRANSVERINAS PROTENDIDAS – C35 – A/C<0,50
- PRÉ-LAJES C35-A/C<0,50
- LAJES DO TABULEIRO MOLDADAS “IN LOCO” – C35 – A/C<0,50
- BARREIRAS TIPO NEW JERSEY – C30 – A/C<0,55
- LAJES DE TRANSIÇÃO - C30 – A/C<0,55
 - Aços
- AÇOS P/ ARMADURAS PASSIVAS: CA-50 (NBR-6118/NBR 7480 – DNER-EMS374-97)
- AÇOS P/ ARMADURAS ATIVAS: CP-190RB (NBR 7483)
 - Normas e Especificações
- ESTRUTURAS DE FUNDAÇÕES – NBR 6122
- ESTRUTURAS DE CONCRETO: - NBR 6118
- PONTES DE CONCRETO ARMADO/PROTENDIDO – NBR 7187
- CARGAS MÓVEIS EM PONTES RODOVIÁRIAS E PASSARELAS – NBR 7188
- VEÍCULO RODOVIÁRIO CLASSE TB45 – (450 kN)
- AÇÕES DO VENTO – NBR 6123
- AÇÕES E SEGURANÇA – NBR 8681
- CONCRETOS P/ FINS ESTRUTURAIS – NBR 8953
- ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO – NBR 9062
- MANUAL DE PROJETOS DE OAE – DNER/DNIT – 1996

- FIOS E BARRAS DE AÇO PARA CONCRETO ARMADO - DNER-EM374-97
- BARREIRAS DE CONCRETO – NBR 14885

As memórias de Cálculo Estrutural e de Quantidades estão apresentadas no Volume Anexo 3D.

4.6.2 Viaduto Rodovia PR-151

Considerando as condições geométricas a serem atendidas e geotécnicas, optou-se pela proposição de projeto, de um viaduto com tabuleiro duplo, para serem transpostas ambas as pistas com suas faixas de tráfego para atendimento à rodovia do Contorno Norte de Castro a ser implantada.

Como solução de fundações para a implantação da infraestrutura, adotou-se a utilização de Estacas escavadas tipo hélice contínua de seção \varnothing 600 mm p/ carga de serviço da ordem $>50tf$, conforme resultados apresentados nas memórias de cálculo estrutural, que servirão, também, de sustentação às estruturas de contenção. Ainda, levou-se em conta as avaliações geotécnicas, pela análise dos boletins de sondagens executados no local. As estruturas deverão ser produzidas e implantadas conforme especificações da NBR-6122/2010.

A solução de tabuleiro é em vigas “T” invertidas justapostas com $h = 100$ cm, com altura total de tabuleiro de 115 cm. Isto com a finalidade de transposição total das vias inferiores da rodovia do Contorno Norte de Castro, com 01 vão após moldagem de extensão de 27,00 m, garantindo-se o gabarito vertical sempre superior a 5,50 m de altura livre sob os tabuleiros.

A seção transversal de cada tabuleiro é constituída por 17 vigas justapostas para o vão. A largura total de cada tabuleiro é de 13,80 m, com previsão de pistas duplas de 03 faixas de tráfego de 3,60 m cada, com faixas de segurança externas de 1,0 m e internas com 1,20 m livres cada, não incluídas, nestas dimensões, ainda, as barreiras rígidas de concreto, externas e internas com 0,40m cada, tipo New Jersey, padrão DNER/DNIT.

Em relação ao gabarito vertical, altura livre mínima permitida em uma via (distância da superfície da pista a um obstáculo superior mais próximo), conforme apresentado no projeto geométrico no Volume 2: Projeto de Execução, o valor mínimo obtido foi de 5,96 m.

Assim, o valor é superior ao recomendado pelo Manual de Projetos de Interseções do DNIT (2005), que apresenta valor mínimo de 5,50 m, para vias de classe I.

Quanto à solução de infraestrutura, esta é tecnicamente adequada, compatível com as necessidades da obra a implantar em termos geométrico e geotécnico, bem como, economicamente.

Já em relação à solução propriamente quanto ao tipo dos elementos de fundações especificados, estes além de viabilizar os fundamentos de implantação desejados na concepção dos projetos, são comprovadamente adequados às condições geotécnicas encontradas e descritas nos boletins de sondagens geotécnicas realizadas no local. Foi definido os comprimentos efetivamente necessários de cravação, especificando uma Estaca escavada tipo Hélice Contínua – HC – Ø600 mm espaçada a cada 100 cm. As Estacas serviram ainda, como elemento de sustentação de estruturas de contenção para as escavações de implantação e que, portanto, deverão ser rápidas e seguras de serem implantadas.

A elaboração da análise estrutural do projeto do viaduto da Rodovia PR-151 foi realizada com o auxílio do software CSiBridge v20, através da modelagem completa da estrutura em elementos finitos. O modelo de cálculo linear tridimensional elaborado, em sua grande maioria, com elementos quadriláteros de 4 nós e elementos de barra, permite determinar os deslocamentos, as deformações e as tensões atuantes em cada elemento da estrutura no regime elástico.

Demais informações pertinentes sobre o projeto da OAE viaduto sobre a Rodovia PR-151, encontram-se presentes no Volume 3D: Memória de Cálculo das Estruturas.

4.6.3 Ponte sobre o Rio Iapó

A seção transversal da obra será composta por vigas tipo “I” isoladas, pré-moldadas, protendidas, com altura $h=1,70$ m e, altura total de tabuleiro de $H=1,95$ m. As vigas são espaçadas na seção a cada 2,50 m com 06 vigas na seção.

A largura total do tabuleiro da obra é de 14,00 m, sendo 02 pistas de 3,60 m cada e 02 acostamentos externos de 3,00 m cada e acrescentadas as barreiras New Jersey com 0,40 m cada. No sentido longitudinal foram necessários 6 vãos de 40,00 m e 2 vãos nas extremidades de 39,35 m, além de 0,95 m em ambos os lados perfazendo uma extensão total de 320,60 m.

A mesoestrutura é composta por aparelhos de apoios de neoprene fretado sobre travessas de apoio de concreto, formando pórticos transversais rígidos com o prolongamento dos fustes dos tubulões como pilares de seção circular maciça de concreto.

A solução de fundações para a implantação da infraestrutura, pelas avaliações geotécnicas e pela análise dos boletins de sondagens executados no local, foram adotadas em tubulões de concreto escavados a céu aberto e a ar comprimido, com diâmetros de fustes de Ø140 cm, em solo, com aberturas de suas bases, quando necessário e especificado, em material entre 1a até 2a categoria, porém, sempre assentes em material impenetrável à percussão ou rocha alterada, onde, por seus prolongamentos, se constituirão nos próprios pilares a compor a mesoestrutura como já acima descritos.

Já em relação à solução em tubulões quanto ao tipo dos elementos de fundações especificados, estes, além de viabilizar os fundamentos de implantação desejados na concepção dos projetos são, comprovadamente, adequados às condições geotécnicas encontradas e descritas nos boletins de sondagens geotécnicas realizadas no local.

Para a realização deste projeto, foram utilizados os seguintes documentos: Projeto Geométrico e Relatórios de sondagem – Furos de Sondagem SM 01, SM 02, SM 03 e SM 04.

A elaboração da análise estrutural do projeto da Ponte sobre o Rio Iapó foi realizada com o auxílio do software CSi Bridge v20, através da modelagem completa da estrutura em elementos finitos. O modelo de cálculo linear tridimensional elaborado, em sua grande maioria, com elementos quadriláteros de 4 nós e elementos de barra, permite determinar os deslocamentos, as deformações e as tensões atuantes em cada elemento da estrutura no regime elástico.

Demais informações pertinentes sobre o projeto da OAE ponte sobre o Rio Iapó encontram-se presentes no Volume 3D: Memória de Cálculo das Estruturas.

4.7 Projeto de Sinalização

O projeto de sinalização horizontal e vertical foi desenvolvido de acordo com as normas, especificações e orientações do CONTRAN, conforme as determinações do Novo Código de Trânsito Brasileiro.

A velocidade diretriz do trecho foi regulamentada em 80 km/h na rodovia em 40 km/h na intersecção com a PR-090 (rotatória) e 30 km/h nas demais interseções, com previsão de parada total em alguns pontos.

4.7.1 Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal é composta por linhas e faixas (longitudinais e transversais), marcas de canalização, setas, símbolos e legendas escritas no pavimento, e pode ser complementada com dispositivos auxiliares. Esta sinalização é um complemento da sinalização vertical, e tem a função de ordenar e controlar o fluxo de veículos, orientar o fluxo de pedestres e regulamentar casos específicos previstos no Código de Trânsito Brasileiro. Compreende, também, as proibições, restrições e informações que permitam ao usuário adotar comportamento adequado, de forma a aumentar a segurança e ordenar os fluxos de tráfego.

4.7.1.1 Cores

- Amarela: utilizada na sinalização de fluxos de tráfego de sentidos opostos e na demarcação de trechos de via em que se pretende proibir o estacionamento e demarcar obstáculos transversais a pista (lombadas), e;
- Branca: utilizada na sinalização de separação de fluxos de tráfego de mesmo sentido, na delimitação de áreas de circulação de veículos e pedestres, trechos da via onde o estacionamento é regulamentado e nos símbolos e legendas.

A utilização das cores deve ser feita obedecendo aos critérios abaixo indicados, de acordo com as normas da ABNT:

Quadro 4.7.1 – Cores (Padrão Munsell)

Cor	Tonalidade
Amarela	10 YR 7,5/14
Branca	N 9,5

4.7.1.2 Dimensões

A largura das linhas longitudinais e sua cadência, no caso de linhas segmentadas, são definidas segundo sua função, características da via e a velocidade regulamentada.

As larguras das linhas transversais, marcas de canalização, símbolos e legendas são definidas levando em conta a compensação óptica necessária para corrigir as deformações visuais que ocorrem com a velocidade.

As dimensões dos elementos da sinalização horizontal são fornecidas de maneira específica, para cada tipo de marca, e para este projeto definiu-se:

- Linha simples seccionada (LFO-2): linha amarela tracejada que divide fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e indicando os trechos onde a ultrapassagem é permitida. Deverá ter largura de 0,15 m e espaçamento 4,0 x 12,0 m;
- Linha de divisão de fluxos de sentidos opostos (LFO-3): constituída por uma linha dupla contínua na cor amarela, cuja função é dividir os fluxos opostos da via, delimitando o espaço disponível para cada sentido e regulamentando os trechos em que a ultrapassagem e os deslocamentos são proibidos. Deverá ter largura e espaçamento entre elas de 0,15 m. As tachas serão refletivas bidirecionais amarelas;
- Linha de bordo (LBO): constituída por uma linha simples contínua na cor branca, cuja função é delimitar a parte da pista destinada ao deslocamento dos veículos. Deverá ter largura de 0,15 m. As tachas são refletivas bidirecionais brancas;
- Linha de continuidade (LCO): constituída por uma linha simples seccionada branca com cadência 1:1. Este tipo de sinalização dá continuidade visual às marcações longitudinais onde há quebra no alinhamento devido a entrada ou saída de vias marginais ou ruas laterais. Deverá ter 2,0 x 2,0 m, com largura de 0,15 m. As tachas são refletivas bidirecionais brancas;
- Linha de canalização (LCA): tem por finalidade delimitar o pavimento reservado à circulação de veículos, orientando os fluxos de tráfego por motivos de segurança ou fluidez. A LCA é composta por uma linha longitudinal, podendo ser na cor branca (direciona fluxos de mesmo sentido) ou na cor amarela (direciona fluxo de sentidos oposto). Deverá ter 0,15 m de largura;
- Zebrado de preenchimento da área de pavimento não utilizável (ZPA): tem como finalidade destacar a área interna às linhas de canalização, reforçando a ideia de área proibida para circulação de veículos. Também tem como função direcionar os condutores para o correto posicionamento na via. A ZPA é composta por uma linha posicionada em 45° em relação à linha de canalização da via, podendo ser na cor branca (direciona fluxos de mesmo sentido) ou na cor amarela (direciona fluxo de sentidos oposto). Deverá ter 0,4 m de largura e espaçamento de 1,6 m, com tachas na cor da linha;

- Linha simples contínua (LMS-1): implantada na cor branca, ordena fluxos de mesmo sentido de circulação delimitando o espaço disponível para cada faixa de trânsito e regulamentando as situações em que são proibidas a ultrapassagem e a transposição de faixa de trânsito, por comprometer a segurança viária. Deve ter largura de 0,15 m;
- Linha de “Dê a preferência” (LDP): indica ao condutor o local limite onde deve parar o veículo, quando necessário. É constituída por uma linha branca tracejada com espaçamento igual a 0,5 m, de largura igual a 0,4 m;
- Símbolo indicativo de interseção com via que tem preferência (SIP): utilizada como reforço ao sinal de regulamentação R-2, indicando a existência de cruzamento com via preferencial;
- Setas indicativas de posicionamento na pista para execução de movimentos (PEM): indicam em que faixa de trânsito o veículo deve se posicionar, para efetuar o movimento desejado, de forma adequada e sem conflitos com o movimento dos demais veículos;
- Seta indicativa de mudança obrigatória de faixa (MOF): indica a necessidade de mudança de faixa em virtude de estreitamento ou obstrução da pista, e;
- Tachas: todas as tachas deverão ser implantadas de acordo com a Especificação de Serviço de Obras Complementares do DER/PR (ES-OC 06/05): a cada 16,0 m nos trechos em tangente, a cada 8,0 m nos trechos sinuosos e a cada 4,0 m em trechos que antecedem obstáculos ou OAE (150,0 m para cada lado).

4.7.1.3 Tintas

- Termoplástica aplicada por aspersão (Hot-sprays): deverá atender as especificações da norma NBR 13159. É utilizada na demarcação das linhas longitudinais, e;
- Termoplástica aplicada por extrusão: deverá atender as especificações da norma NBR 13132 e deve ser refletorizada com microesferas do tipo IIC, conforme NBR 6831. É utilizada na demarcação de faixas transversais e inscrições no pavimento.

Antes do início da pintura a superfície deve estar limpa e seca, sem sujeiras, areia, poeira, óleos, graxas ou qualquer material estranho que possa prejudicar a aderência da tinta ao pavimento. A tinta deverá ser específica para demarcação viária urbana à base de solvente, na cor branca e na cor amarela.

4.7.2 Sinalização Vertical

É constituída por dispositivos de controle de trânsito que transmitem informações e instruções aos usuários da via, mediante símbolos ou legendas pré-reconhecidas e regulamentadas pelo Código Brasileiro de Trânsito. São colocadas em placas afixadas na posição vertical, ao lado da via ou suspensa sobre ela, com seus devidos suportes e todos os acessórios mínimos necessários para uma boa visualização.

4.7.2.1 Funções

Os sinais verticais são reunidos nos seguintes grupos:

- Sinais de Regulamentação: contém mensagens imperativas, cujo desrespeito constitui infração;
- Sinais de Advertência: contém mensagens cuja finalidade é alertar aos usuários para condições adversas ou situações inesperadas na via;
- Sinais de Indicação/Orientação: contém mensagens cuja finalidade é identificar, orientar, posicionar, indicar e educar os usuários, facilitando o seu deslocamento;
- Sinais Educativos: têm a função de educar os usuários da via quanto ao seu comportamento adequado e seguro no trânsito, e;
- Sinais e dispositivos auxiliares: indicam a presença de obstáculos e orientam o fluxo de tráfego.

4.7.2.2 Padronização

Cada grupo de sinais possui características específicas quanto ao formato, cor e dimensão, que os distingue e permite o reconhecimento imediato e inconfundível por parte do usuário da via.

O formato e cores básicas, que caracterizam e diferenciam cada grupo, são:

- Sinais de regulamentação: forma circular nas cores branca, preta e vermelha;
- Sinais de advertência: forma quadrada com diagonal na vertical e as cores amarela e preto;
- Sinais de indicação: forma retangular e conjunto de cores verde e branco, azul e branco, marrom e branco ou branco e preto;
- Sinais educativos: forma retangular com posicionamento do lado maior na horizontal e fundo na cor branca, e;

- Sinais e dispositivos auxiliares: forma retangular e conjunto de cores amarelo e preto ou somente branco.

Os sinais compostos serão retangulares e acompanharão as cores definidas para cada grupo (regulamentação, advertência).

As dimensões e posicionamentos dos sinais estão estabelecidos visando a sua perfeita visibilidade e legibilidade, considerando as características das vias, a velocidade nela desenvolvidas e o tempo necessário para sua leitura e resposta às determinações dos sinais e legendas nelas constantes.

4.7.2.3 Refletorização

Os sinais deverão atender a NBR 14644, sendo confeccionados com películas retrorrefletivas tipo III, para as placas de chão das vias centrais. As chapas deverão ser de aço.

4.7.2.4 Fixação e Suportes

Os suportes das placas de sinalização devem ser fixados de modo a mantê-las permanentemente na posição apropriada, evitando que oscilem com o vento ou que possam ser giradas ou deslocadas.

As placas colocadas nas margens ou sobre a via devem possuir suportes de madeira em colunas simples ou colunas duplas.

A boca inferior dos sinais deve ficar, no mínimo, a 1,20 m de altura em relação à pista quando colocada lateralmente à via.

O afastamento mínimo lateral projeção vertical da borda dos sinais em relação à borda do acostamento, ou da borda do pavimento caso não exista acostamento, deve ser de 1,20 m nas vias rurais. Caso exista dispositivo de proteção lateral (defensas metálicas ou barreiras rígidas), a distância dos sinais de regulamentação e de advertência à face externa do dispositivo deverá ser de 0,80 m, sendo 1,20 m para os sinais indicativos.

4.7.2.5 Dimensões das placas

a) Sinais de Regulamentação

- Sinais de forma circular: $d=1,0$ m.

- Sinais de forma triangular (R-2): L=1,0 m.

b) Sinais de Advertência

- Sinais de forma quadrada: L=1,0 m.

c) Sinais de Indicação

As dimensões dos sinais de indicação dependem da diagramação.

4.7.3 Sinalização de Obras

A sinalização de obras é necessária para garantir a segurança dos veículos no trecho em manutenção e em seu entorno. Tem o objetivo de advertir os motoristas com antecedência, regulamentar as condições de circulação no local, e ordenar o fluxo dos veículos canalizando-os de modo a evitar movimentos conflitantes.

A sinalização horizontal é provisória, e as cores as mesmas utilizadas em condições normais. A sinalização vertical de advertência e indicação possuem fundo laranja, com tarjas, legendas, orlas e símbolos pretos. Os sinais de regulamentação não têm alteração de cor, com a exceção do sinal de parada obrigatória, que também será laranja.

Os dispositivos de canalização e segurança podem ser fixos ou portáteis, elementos posicionados na pista e também equipamentos manuseados por operadores. Barreiras, cones e cilindros são exemplos de canalizadores, e estes ainda, podem ser complementados por dispositivos luminosos.

Obras de curta duração devem ter a maior parte dos dispositivos portáteis. Esses dispositivos devem ser retrorrefletivos, para garantir sua visibilidade durante o período noturno. Se for utilizada iluminação, esta não poderá provocar ofuscamento.

4.7.3.1 Dispositivos de Segurança

O dispositivo de segurança a ser implantado no trecho é a defesa semimaleável, cuja função é redirecionar à pista, veículos eventualmente desgovernados, evitando o

choque contra estruturas fixas ou sua saída da plataforma da rodovia, em locais que apresentem riscos aos veículos e seus ocupantes.

As defensas são compostas por postes de sustentação e guias de deslizamento, podem ser classificadas quanto ao número de linhas de lâminas, simples ou dupla, com as lâminas sustentadas por uma linha de postes. São implantadas em paralelo à pista de rolamento e geralmente ancoradas por meio do enterramento de suas extremidades. Executa-se com uma variação de altura em uma extensão mínima de 16 m. No trecho final da defesa, o procedimento é realizado da mesma maneira. É comum que essa variação de altura nas extremidades seja acompanhada de um desvio horizontal em que as defensas se distanciam progressivamente da pista.

A realização dos serviços de instalação das defensas deve atender a descrição das seguintes especificações técnicas: Norma NBR 6.961/99 - Defensas metálicas - Projeto e implantação; Norma 15.486/2007 - Segurança no tráfego - Dispositivos de contenção viária - Diretrizes; Especificação de Serviço DNER nº 144/85 - Defensas metálicas; Especificação de Material DNER nº 370/97 - Defensas metálicas de perfis zincados; Especificação de Serviço DNIT nº 088/2006 - Dispositivos de segurança lateral: guarda-rodas, guarda-corpos e barreiras.

Os locais de implantação devem abranger as seções de aterros altos, sistemas de contenções, estruturas de drenagem, obras de arte especiais e qualquer outro obstáculo que ofereça risco à segurança do usuário da rodovia. Para velocidades de até 60 km/h os terminais podem ser do tipo abatido.

As localizações dos locais de implantação das defensas estão apresentadas nas pranchas do Volume 2: Projeto de Execução.

Com relação ao abatimento de taludes como substituição a utilização de defensas metálicas, a projetista avaliou os cenários disponíveis no projeto. A primeira consideração se tratou da existência de dois trechos bem distintos no projeto, antes e depois do Rio Iapó. A região posterior ao Rio Iapó trata-se de uma área com existência, em suma, de solos moles, portanto, quando analisado a distribuição de terraplenagem, esta área necessita de empréstimos para sua composição. Aliada a não existência de material para bota fora, existe ainda a questão da composição de bermas de equilíbrio adjacentes a área pavimentada em projeto, o que impossibilita a agregação de maiores volumes de material

sobre as mesmas, devido ao sobrepeso. Portanto para este trecho de projeto fora descartado qualquer tipo de substituição das defensas por taludes.

Já em relação ao primeiro trecho, anterior a região do Rio Iapó, a projetista avaliou e calculou as possibilidades de substituição. Para este segmento, fora calculado um bota fora de aproximadamente 112.000 m³, material excedente e passivo de reaproveitamento. Porém quando analisado as alturas médias de bordo de pista com terreno natural, e devido ao abatimento de talude ter formato 1V:4H (O que limita a altura a ser abatida devido a faixa de domínio ser estabelecida com 25 m para cada lado), a Projetista estabeleceu a altura média máxima em 2,5 m para o estudo. Desta forma avaliaram-se 8 regiões distintas com projeção de defensas metálicas. A diferença de valores encontradas se apresentaram ínfimas e não significativas. Entretanto, o principal fator para o descarte de tal substituição se deu por razão executiva. A troca da defesa por taludes se mostrou economicamente favorável em apenas 5 dos 8 locais estudados, porém em valores pequenos, desta forma, junto ao critério de maior dificuldade executiva em comparação a instalação de uma defesa metálica e ao sobrepeso inferido sobre as bermas de equilíbrio, quando em região de solos moles, no entendimento da projetista, não se mostrou economicamente e tecnicamente viável.

4.8 Projeto de Obras Complementares

Podem ser definidas como estruturas executadas ao longo das vias terrestres de forma a proteger a faixa de domínio e a circulação de veículos na pista de rolamento. Geralmente associados à instalação de cercas e os dispositivos de segurança viária, tais como, defensas, barreiras e amortecedores de impacto retráteis.

O projeto de cercas, remoção e implantação, tem a finalidade de limitar a nova faixa de domínio da rodovia, ainda impedir a passagem de animais das propriedades lindeiras para a estrada, a indicação de remanejamento dos itens que de alguma forma interferem ao projeto (árvores, postes, pontos de ônibus, etc), proteger e impedir o acesso às bacias de contenção, bem como impedir a passagem de animais das propriedades lindeiras à rodovia, proporcionando assim maior segurança ao tráfego.

As cercas de arame farpado existentes que interferem nas soluções de projeto ou que se encontram dentro da faixa de domínio da rodovia projetada deverão ser removidas.

Ao longo de todo trecho deverão ser construídas novas cercas, confeccionadas com arame farpado, no limite da faixa de domínio, apoiados em suportes rígidos e fixos no solo, os mourões. Estes por sua vez, são peças fixadas no solo que sustentam e mantêm fixas as fiadas de arame paralelas entre si e em alturas determinadas. Podem ser constituídas por mourões de madeira ou de concreto armado e por arame farpado ou liso, conforme indicado em projeto. Elas devem ser implantadas ao longo de toda a rodovia, exceto nas travessias de grandes cursos d'água e nos entroncamentos com outras rodovias.

Os serviços de instalação de cercas devem satisfazer obrigatoriamente às seguintes especificações técnicas:

- ABNT-NBR 6317 - Arame farpado de aço zincado de dois fios – Especificação
- ABNT NBR 6347 - Arame farpado de aço zincado - Determinação de características
- ABNT-NBR 7176 - Mourões de concreto armado para cercas de arame — Requisitos
- ABNT-NBR 9480 - Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais - Requisitos
- ABNT-NBR 12655 Errata 1/15 - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento
- DNER-EM 033 - Mourões de eucalipto preservado para cercas
- DNER-EM 174 - Mourões de concreto armado para cercas de arame farpado
- DNER-EM 366 - Arame farpado de aço zincado
- DNIT 099-ES - Obras complementares – cercas de arame farpado; Álbum de Projetos-Tipo do DER/PR; Manual de Execução de Serviços Rodoviários do DER/PR; Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR; Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias - DER/PR

4.9 Projeto de Melhorias Ambientais

Sob este título foram contemplados os serviços referentes à recuperação das áreas deixadas a descoberto pelas obras desenvolvidas: canteiro de obras após desmobilização, áreas de empréstimos, bota-fora e áreas de jazidas.

A proteção vegetal incide no plantio de espécies vegetais diversas, oferecendo condições de resistência à erosão e atenuando os efeitos de agressão ao meio-ambiente. A recuperação, que é responsabilidade da construtora das obras, deve ser realizada com

plântio de leivas ou hidrossemeadura, plântio de árvores e implantação de dispositivos de drenagem.

4.10 Projeto de Desapropriação

O Projeto de Desapropriação tem por objetivo subsidiar o DER/PR e a Prefeitura Municipal de Castro/PR, na desapropriação dos imóveis atingidos pelo projeto, por meio do fornecimento da delimitação das áreas e da estimativa de custos.

A delimitação das áreas foi desenvolvida a partir dos levantamentos topográficos e do projeto geométrico, mediante a identificação das divisas de cada propriedade. As áreas remanescentes das propriedades atingidas foram obtidas por meio da subtração da área total do imóvel, constante da matrícula do registro de imóveis.

O trabalho foi iniciado pelo levantamento em campo dos proprietários ou arrendatários das áreas atingidas, onde foram coletadas informações acerca das matrículas dos imóveis. A partir daí, foram realizadas buscas nos cartórios, com vistas à obtenção das suas matrículas, para posterior compatibilização entre estes documentos, com as informações levantadas em campo.

As demais informações referentes ao projeto estão apresentadas no Volume Anexo 3B: Projeto de Desapropriação.



CONTORNO NORTE DE CASTRO



5 EQUIPE TÉCNICA DISPONIBILIZADA

5 EQUIPE TÉCNICA DISPONIBILIZADA

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	CREA/CAU Nº	FUNÇÃO
Jacidio Albini Salgado	Engenheiro Civil	PR-3.517/D	Responsável Técnico/Gerente do Contrato
José Luiz Pinto Muniz	Engenheiro Civil	PR-1.828/D	Responsável Técnico/Estudos de Tráfego/Orçamento/Plano de Execução de Obras/Projeto de OAE.
Maria Emilia Schwarz Accioly	Engenheira Civil	PR-6.910/D	Projeto de Pavimentação/Projeto de Desapropriação/Estudos Hidrológicos/Projeto de Drenagem e OAC.
Helena Pavlick Muniz	Engenheira Civil	PR-33.670/D	Estudos Topográficos/Projeto de Interseções.
Mário Piconi Canha Neto	Engenheiro Civil	PR-103.860/D	Coordenação Geral/Estudo de Alternativas de Traçado/ Projeto Geométrico e de Terraplenagem.
Ana Paula Gabriel Wosniak	Geóloga	PR-30.050/D	Estudos Geológicos e Geotécnicos/Estudos Ambientais.
Ana Carolina Ferreira	Arquiteta	CAU-BR-A36.727-3	Projeto de Sinalização.



CONTORNO NORTE DE CASTRO



6 TERMO DE ENCERRAMENTO

6 TERMO DE ENCERRAMENTO

O presente documento contém o Relatório do Volume 3: Memória Justificativa, referente à Elaboração dos Projetos de Pavimentação da Rodovia PR-090 – Contorno Norte de Castro/PR, segmento entre as Estacas 0+0,00 e 780 + 18,05.

Pinhais, Paraná, fevereiro de 2020.

Eng^o Jacídio Albini Salgado
ENGEMIN - Engenharia e Geologia Ltda.