

ÍNDICE

VOLUME 3 – MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

1.	APRESENTAÇÃO	05
2.	MAPA DE SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO.....	08
3.	ESTUDOS.....	10
3.1.	ESTUDOS HIDROLÓGICOS	11
3.2.	ESTUDOS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICOS	65
3.3.	ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	82
4.	PROJETOS	157
4.1.	PROJETO GEOMÉTRICO	158
4.2.	PROJETO DE TERRAPLENAGEM	186
4.3.	PROJETO DE DRENAGEM.....	194
4.4.	PROJETO DE SUPERESTRUTURA	224
4.5.	PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS.....	239
4.6.	PROJETO DE SINALIZAÇÃO.....	241
4.7.	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	259
4.8.	PROJETO DE PÁTIOS FERROVIÁRIOS	263
4.9.	PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES.....	267
4.10.	PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO.....	269
4.11.	COMPONENTE AMBIENTAL	272

1. APRESENTAÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

A **Ecoplan Engenharia Ltda.**, apresenta à consideração da Companhia Estadual de Habitação e Obras – CEHAB, o **VOLUME 3 – MEMÓRIA JUSTIFICATIVA**, referente a fase de Projetos da Elaboração do Projeto Executivo de Engenharia da Ferrovia Transnordestina, no trecho Parnamirim - Araripina, com extensão contratual de 112,60 km.

Os serviços foram executados em cumprimento ao contrato e determinações administrativas cujos dados de referência são:

Data da Concorrência: 22 de junho de 2005

Data da Assinatura: 21 de novembro de 2005

Nº do Edital: 0001/2005

Contrato Nº: 16/2005

Obra: Ferrovia Transnordestina

Trecho: Parnamirim – Araripina

Lote: Único

Extensão: 112,6 km

Fazem parte do Relatório dos Projetos Executivo de Engenharia os seguintes volumes:

VOLUME 1 - RELATÓRIO DO PROJETO E DOCUMENTOS PARA CONCORRÊNCIA

O volume apresenta os resultados dos estudos e projetos das atividades que envolvem a construção da ferrovia. Consta também a documentação para licitação, as planilhas de quantidades e as especificações.

VOLUME 2 - PROJETO DE EXECUÇÃO

O volume apresenta quadros, desenhos e plantas resultantes dos estudos e projetos desenvolvidos.

VOLUME 2A - PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

O volume apresenta as plantas, desenhos e quadros das obras-de-arte especiais do trecho em questão.

VOLUME 3 - MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

O volume apresenta as memórias de cálculos, de justificativas e textos com os métodos adotados para as soluções propostas.

VOLUME 3A – RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Apresenta o relatório de avaliação ambiental.

VOLUME 3B - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

O volume apresenta os boletins de sondagens e os resultados dos ensaios do subleito da via, das jazidas, dos areais, da pedra e das obras-de-arte especiais.

VOLUME 3C - MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ESTRUTURAS

O volume apresenta as metodologias e os resultados dos estudos e projetos das obras-de-arte especiais do trecho em questão.

VOLUME 3D - NOTAS DE SERVIÇOS E CÁLCULO DE VOLUMES

O volume refere-se às notas de serviço e as planilhas de cálculo de volumes para execução da terraplenagem da ferrovia.

VOLUME 3E - PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO

O volume apresenta os critérios adotados, o resumo geral da desapropriação e as plantas cadastrais das propriedades.

VOLUME 4 - ORÇAMENTO E PLANO DE EXECUÇÃO DA OBRA

O volume apresenta o orçamento detalhado do projeto e o plano de execução da obra.

2. MAPA DE SITUAÇÃO

INSERIR MAPA DE SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

1 FOLHA

PG. 9

3. ESTUDOS

3.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os trabalhos dos Estudos Hidrológicos basearam-se no Termo de Referência, Manual de Hidrologia Básica, Manual de Drenagem de Rodovia, nas instruções de serviço do DNIT: IS-203 – Estudos Hidrológicos, IS – 210 – Projeto de Drenagem e no Projeto Básico da ATP.

3.1.1 ANÁLISE DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS DO PROJETO BÁSICO DA ATP

Foi analisada a metodologia empregada para a determinação das precipitações e descargas de projeto no Projeto Básico da ATP e foi constatado que, a metodologia está de acordo com as normas técnicas vigentes. Porém, existe um posto pluviométrico mais próximo da região em estudo do que o usado no Projeto Básico e os tempos de recorrência indicados no relatório do Projeto Básico são inferiores aos indicados no Termo de Referência.

O posto utilizado no Projeto Básico localiza-se no município de Salgueiro, aproximadamente 40 km do município de Parnamirim onde é o início do trecho do projeto. O posto pesquisado nesta fase localiza-se no município de Ouricuri, que está muito próximo do centro geométrico da ferrovia projetada. O posto de Ouricuri possui 29 anos de observação, enquanto o posto de Salgueiro possui 27 anos. A média aritmética do posto de Salgueiro é 76,45mm contra 74,70mm do posto de Ouricuri. O desvio padrão da amostra de Salgueiro é de 28,02mm contra 23,15mm do posto de Ouricuri. A média aritmética do posto de Salgueiro é 2,3% superior que a do posto de Ouricuri. Já o desvio padrão é 21% superior a amostra do posto de Ouricuri.

Estas informações hidrológicas indicam que não existem diferenças significativas às precipitações de projeto calculadas de um posto para o outro. Todavia, devido a maior proximidade da região em estudo e ao maior número de observações, foram recalculadas as precipitações de projeto para o posto de Ouricuri, cujos resultados obtidos estão apresentados na forma de um novo estudo hidrológico.

Na seqüência está apresentado novo estudo hidrológico realizado.

3.1.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS ELABORADO

3.1.2.1 Introdução

Os Estudos Hidrológicos têm como finalidade principal a avaliação das precipitações e intensidades máximas de chuva, de forma a fornecer subsídios para a definição de parâmetros que possibilitem a determinação da seção de vazão de obras hidráulicas necessárias à transposição dos cursos d'água, e dos dispositivos condutores de águas superficiais, especificamente da área onde se localiza o trecho em estudo.

3.1.2.2 Caracterização pluviométrica

O estudo hidrológico foi desenvolvido para determinação da climatologia e pluviometria da região, sendo utilizados os dados coletados no Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, que constam de Informações Pluviométricas diárias, mensais e anuais do Posto Açude Engenheiro Camacho, no Município de Ouricuri.

A estação foi escolhida pela maior proximidade e influência sobre a região do projeto em questão. As características do posto estão apresentadas no quadro a seguir.

Estação meteorológica	Local	Nome	Altitude	Latitude	Longitude	Nº observações úteis	Período
40015	Ouricuri	Açude Engenheiro Camacho	440 m	7° 52' 00" S	40° 09' 00" W	29	1959-1992

A seguir estão apresentadas as planilhas e gráficos das médias anuais das precipitações, médias e máximas mensais das precipitações, médias mensais das precipitações máximas diárias e médias mensais do nº de dias de chuva do posto Açude Engenheiro Camacho, no município de Ouricuri.

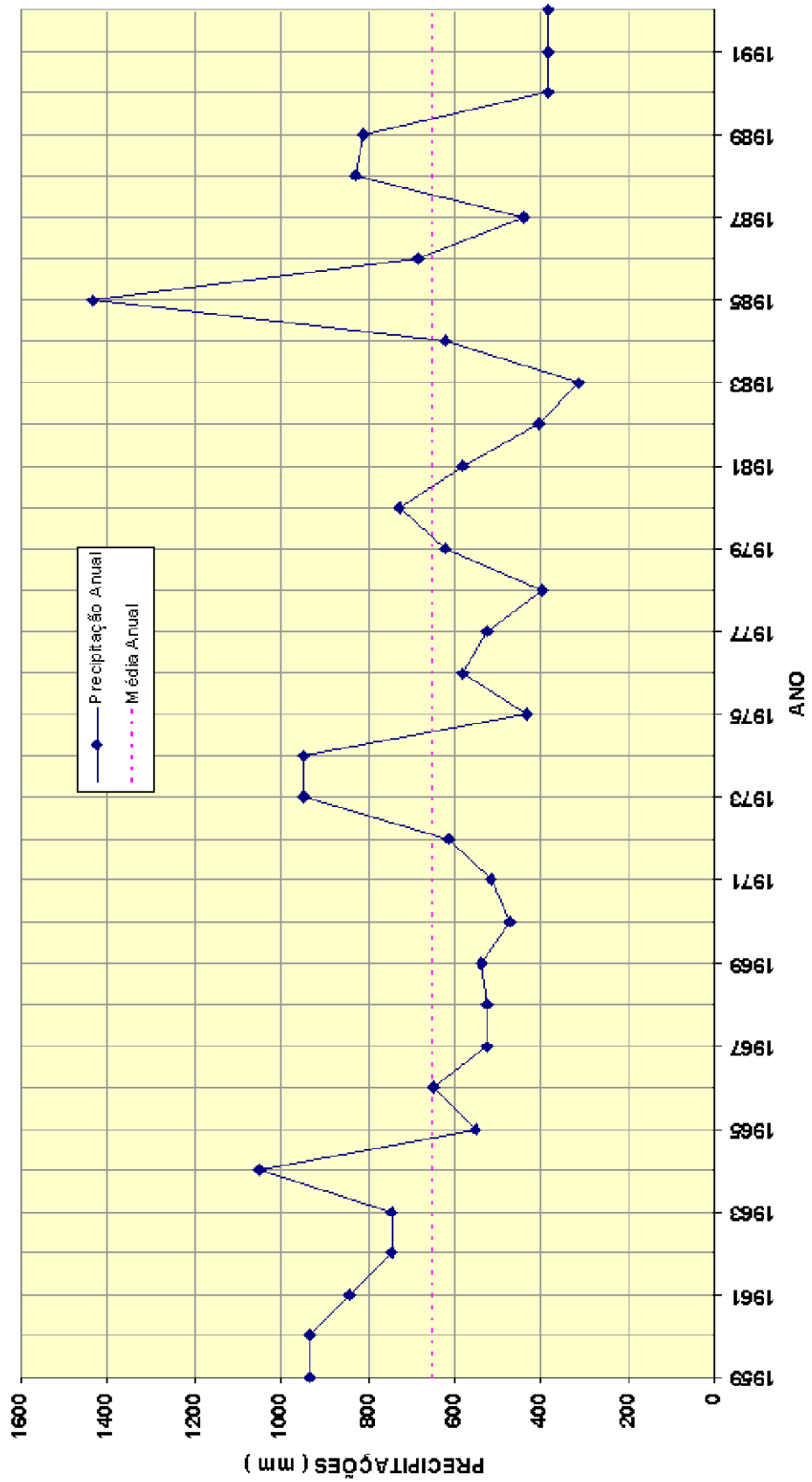
PRECIPITAÇÕES MENSAS E ANUAIS – 1959 A 1992

Mês/Ano	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Janário	-	171,8	71,3	79,2	136,0	239,2	109,1	143,3	-	13,2	106,3	84,8	30,0	444,8	90,6	71,6	100,1	19,6
Fevereiro	62,6	16,4	76,1	104,7	108,9	134,6	40,8	204,6	144,0	95,0	126,1	60,6	111,2	36,8	48,6	219,4	63,0	95,3
Março	139,8	628,8	628,8	139,7	28,8	159,7	170,1	10,9	199,4	107,0	198,7	179,5	68,6	199,4	108,0	124,4	129,9	99,7
Abril	86,2	21,3	0,0	63,7	97,7	272,6	92,1	164,6	118,2	58,0	6,9	28,0	176,1	118,8	103,2	244,6	48,2	64,9
Maió	0,0	61,6	5,0	21,6	46,4	67,0	4,9	33,5	40,8	41,0	11,8	0,0	28,2	6,9	22,8	28,6	23,4	0,0
Junho	10,0	11,0	14,0	30,8	19,2	19,0	3,4	14,6	7,3	0,0	10,4	0,0	9,0	13,0	10,4	7,8	47,5	0,0
Julho	4,3	9,8	28,6	-	0,4	19,0	4,6	4,0	16,6	0,0	26,2	0,0	0,0	0,0	24,8	9,1	27,3	0,0
Agosto	0,0	13,1	0,0	-	0,0	22,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,9	9,4	5,2	0,0	0,0	0,0
Setembro	20,6	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	31,3
Outubro	9,4	3,2	3,2	-	30,2	0,0	29,9	6,0	5,0	11,3	0,0	42,2	11,4	2,1	-	0,0	0,0	102,6
Novembro	-	0,0	0,0	21,8	28,7	94,4	61,8	5,1	17,0	28,8	15,2	69,8	50,7	49,0	110,2	0,0	0,0	163,1
Dezembro	0,0	0,0	14,8	29,0	201,1	20,3	16,0	63,1	167,9	110,6	38,3	4,8	16,5	63,4	89,2	141,6	3,3	27,4
Total Anual	-	636,8	840,7	-	746,5	1047,0	661,4	649,0	-	624,9	637,8	499,7	617,6	613,6	-	948,1	432,7	562,9
Méxima c/éria	-	104,2	104,2	-	60,4	129,7	76,0	60,4	76,1	64,2	64,2	72,1	40,6	77,0	-	56,3	61,1	68,3
N'de dias de chuva	-	63	42	-	61	73	60	67	-	32	40	26	40	37	-	64	42	28

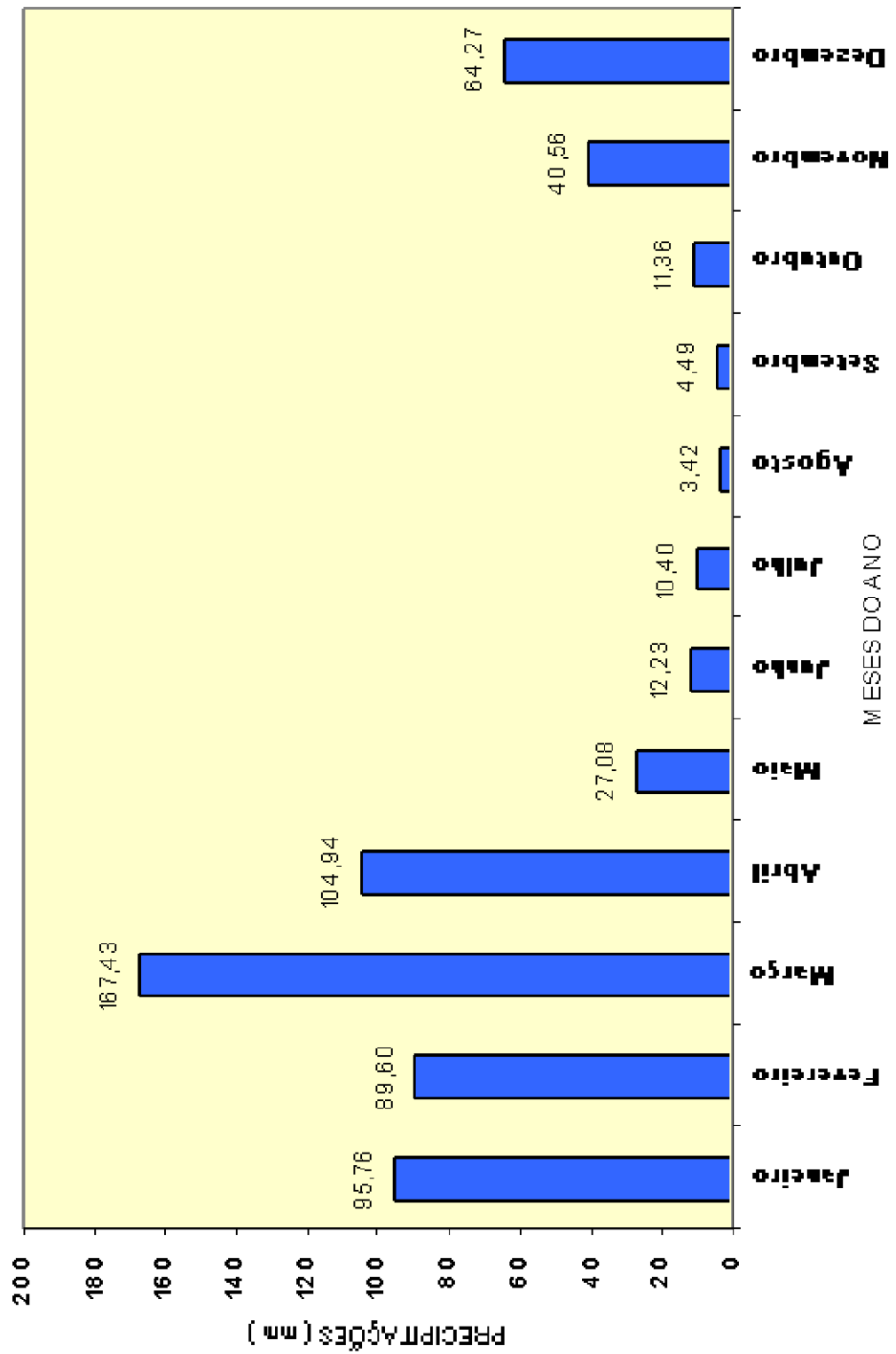
Mês/Ano	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	MÉDIA	MAJOMA
Janário	60,7	20,6	96,7	242,6	57,0	122,4	103,6	5,2	262,5	42,1	60,7	161,3	9,2	27,5	66,3	56,0	95,6	262,5
Fevereiro	14,2	119,7	81,9	264,4	0,0	60,7	66,1	19,6	162,4	136,4	108,9	43,2	7,3	34,4	31,0	-	89,6	264,4
Março	42,5	96,8	113,2	70,5	271,9	100,4	109,5	123,1	271,3	262,9	84,3	211,7	194,5	105,6	30,7	-	107,4	628,8
Abril	119,3	30,6	132,2	0,0	163,5	27,4	0,0	316,4	421,3	73,4	25,3	145,1	123,6	168,4	3,2	-	104,9	421,3
Maió	94,2	69,4	34,2	0,0	0,0	11,4	10,4	2,9	33,7	38,1	28,8	13,9	104,3	20,0	5,2	-	27,1	104,3
Junho	24,6	0,0	7,1	6,6	0,0	9,2	0,0	6,3	32,0	22,2	15,3	35,9	6,6	5,8	6,0	-	12,2	47,5
Julho	0,0	16,2	16,7	6,2	0,0	0,0	4,2	6,2	46,6	24,6	14,1	8,8	19,6	0,3	0,0	-	10,4	46,6
Agosto	24,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	1,4	10,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	3,4	24,2
Setembro	12,1	0,0	6,1	6,1	0,0	0,0	6,2	1,8	1,6	1,4	27,9	9,2	0,3	3,8	-	-	4,6	31,3
Outubro	0,0	0,0	19,9	0,0	0,0	6,8	0,0	4,1	2,1	24,3	0,0	17,4	7,4	3,3	-	-	11,4	102,6
Novembro	69,2	29,0	40,7	69,0	0,0	0,0	3,2	78,5	12,9	30,3	5,1	46,7	49,9	13,4	-	-	40,6	163,1
Dezembro	63,1	34,8	71,1	84,2	97,9	36,4	6,3	68,3	165,1	6,8	61,8	134,6	266,7	11,6	9,0	-	64,3	266,7
Total Anual	624,1	398,3	619,8	728,6	660,3	403,7	311,9	622,1	1480,7	663,8	442,2	826,8	812,3	363,9	-	-	646,8	-
Méxima c/éria	66,1	49,1	46,3	66,2	97,8	101,4	101,3	78,6	80,1	66,1	66,8	73,6	102,6	42,6	-	-	74,7	-
N'de dias de chuva	34	23	41	29	22	23	15	47	109	66	36	59	66	36	-	-	48,50	-

- esses valores foram desconsiderados por falta de leitura

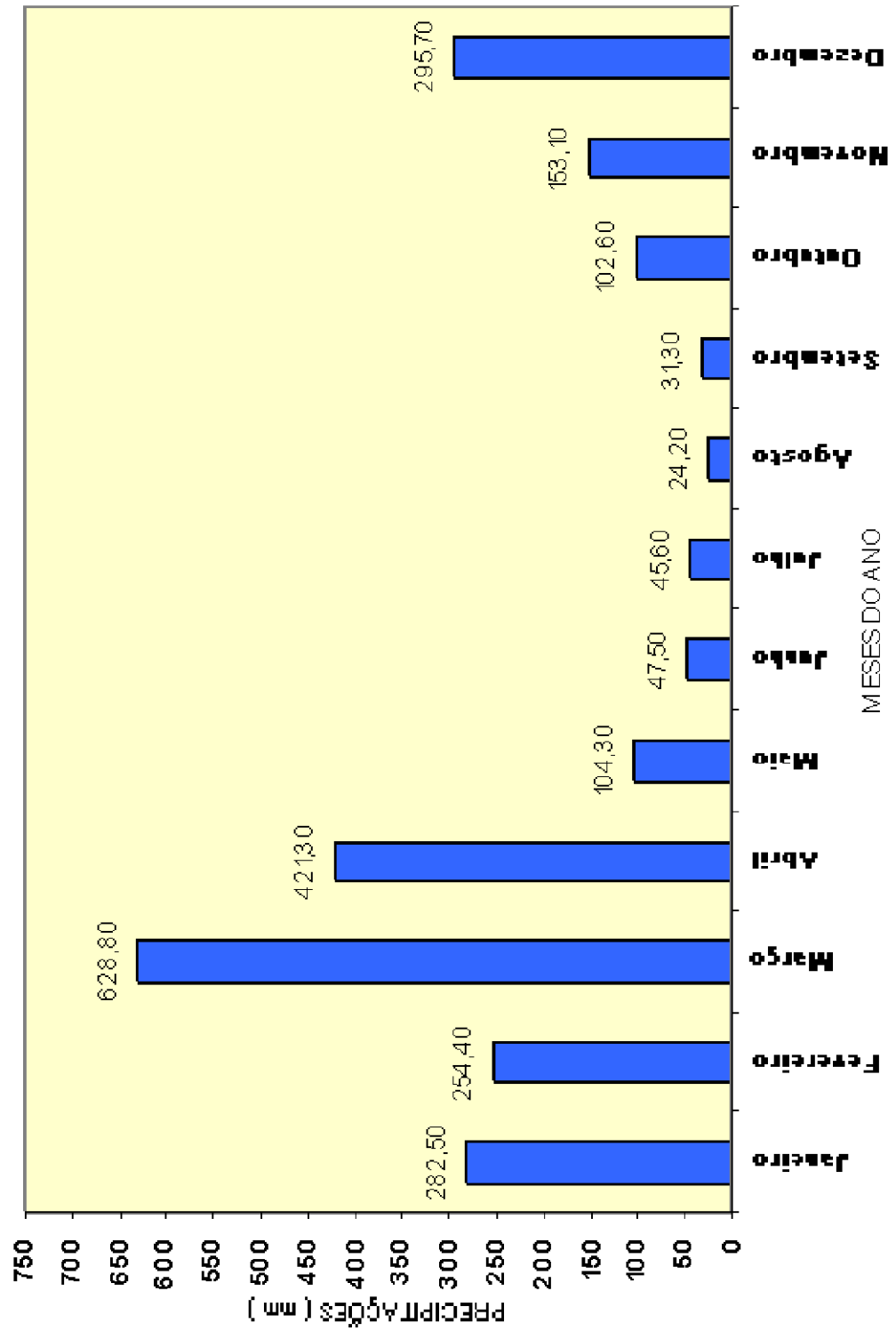
MÉDIAS ANUAIS DAS PRECIPITAÇÕES - PERÍODO 1959 a 1992
POSTO: OURICURI



MÉDIAS MENSIS DAS PRECIPITAÇÕES - PERÍODO 1959 a 1992
POSTO: OURICURI



MÁXIMAS MENSAIS DAS PRECIPITAÇÕES - PERÍODO 1959 a 1992
POSTO: OURICURI



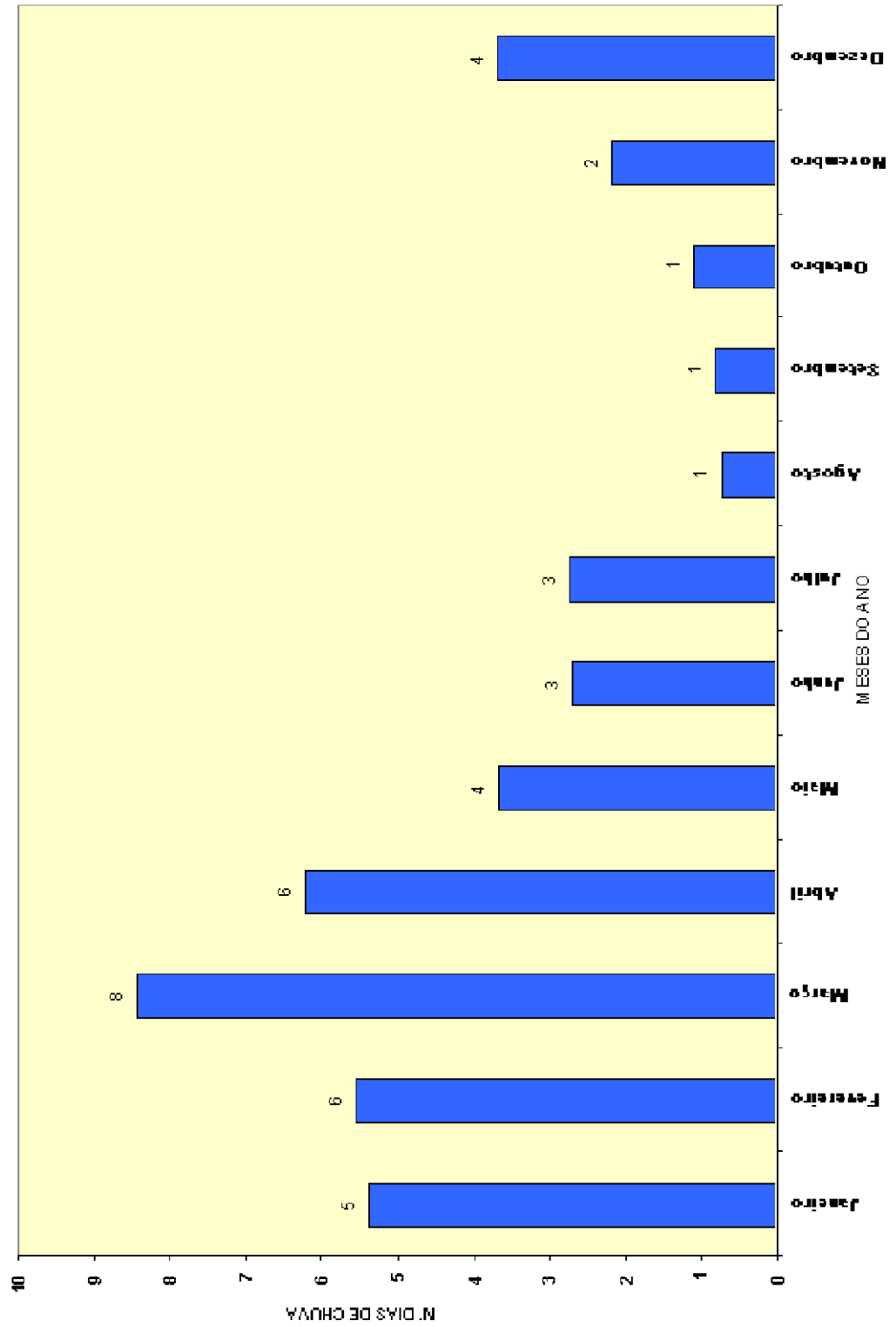
MÉDIAS MENSIS DO N° DE DIAS DE CHUVA - 1959 A 1992

Mês/Ano	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1978
Janário	-	11,0	8,0	7,0	10,0	8,0	6,0	8,0	-	4,0	6,0	2,0	6,0	8,0	8,0	4,0	1,0	
Fevereiro	4,0	3,0	6,0	6,0	11,0	12,0	7,0	11,0	10,0	7,0	3,0	8,0	4,0	3,0	11,0	3,0	7,0	
Março	6,0	16,0	16,0	8,0	8,0	12,0	14,0	2,0	11,0	9,0	6,0	3,0	9,0	11,0	9,0	8,0	4,0	
Abril	5,0	6,0	0,0	3,0	6,0	10,0	12,0	12,0	6,0	5,0	2,0	10,0	5,0	8,0	12,0	8,0	5,0	
Maio	0,0	7,0	2,0	4,0	7,0	9,0	1,0	6,0	5,0	4,0	0,0	4,0	2,0	3,0	5,0	6,0	0,0	
Junho	4,0	2,0	2,0	6,0	6,0	6,0	1,0	4,0	3,0	0,0	0,0	2,0	2,0	1,0	1,0	7,0	0,0	
Julho	2,0	2,0	3,0	-	1,0	5,0	2,0	4,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	1,0	5,0	0,0	
Agosto	0,0	2,0	0,0	-	0,0	4,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	
Setembro	1,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	2,0	
Outubro	2,0	1,0	1,0	-	1,0	0,0	2,0	2,0	1,0	0,0	3,0	3,0	1,0	-	0,0	0,0	2,0	
Novembro	-	0,0	0,0	6,0	2,0	4,0	3,0	1,0	2,0	1,0	6,0	3,0	2,0	2,0	3,0	0,0	4,0	
Dezembro	0,0	0,0	2,0	7,0	9,0	3,0	2,0	5,0	5,0	4,0	1,0	3,0	5,0	6,0	4,0	1,0	3,0	
N° de dias de chuva	-	63,0	42,0	-	61,0	73,0	60,0	57,0	-	32,0	40,0	40,0	37,0	-	54,0	42,0	28,0	

Mês/Ano	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	MÉDIA
Janário	6,0	1,0	6,0	7,0	4,0	6,0	3,0	1,0	14,0	2,0	3,0	7,0	2,0	2,0	6,0	5,0	5,4
Fevereiro	4,0	4,0	6,0	11,0	0,0	3,0	3,0	2,0	10,0	4,0	6,0	6,0	2,0	3,0	2,0	-	6,5
Março	4,0	5,0	6,0	2,0	11,0	5,0	2,0	10,0	12,0	16,0	10,0	10,0	8,0	5,0	3,0	-	6,5
Abril	5,0	2,0	6,0	0,0	3,0	2,0	0,0	12,0	16,0	9,0	4,0	10,0	9,0	10,0	1,0	-	6,2
Maio	5,0	4,0	3,0	0,0	0,0	3,0	2,0	2,0	8,0	4,0	1,0	3,0	10,0	6,0	1,0	-	3,7
Junho	3,0	0,0	1,0	1,0	0,0	2,0	0,0	2,0	8,0	4,0	4,0	6,0	3,0	3,0	1,0	-	2,7
Julho	0,0	2,0	3,0	1,0	0,0	0,0	1,0	7,0	13,0	5,0	2,0	5,0	6,0	1,0	0,0	-	2,7
Agosto	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	7,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,8
Setembro	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0	-	-	0,8
Outubro	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	1,0	1,0	0,0	2,0	2,0	1,0	-	-	1,1
Novembro	2,0	2,0	6,0	2,0	0,0	0,0	1,0	1,0	2,0	4,0	1,0	4,0	3,0	1,0	-	-	2,2
Dezembro	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	2,0	1,0	4,0	13,0	2,0	3,0	6,0	9,0	1,0	1,0	-	3,7
N° de dias de chuva	34,0	28,0	41,0	20,0	22,0	23,0	16,0	47,0	100,0	66,0	36,0	60,0	66,0	36,0	-	-	48,6

- estes valores foram desconsiderados por falta de leitura

MÉDIAS MENSIAIS DO Nº DE DIAS DE CHUVA - PERÍODO 1959 a 1992
POSTO: OURICURI



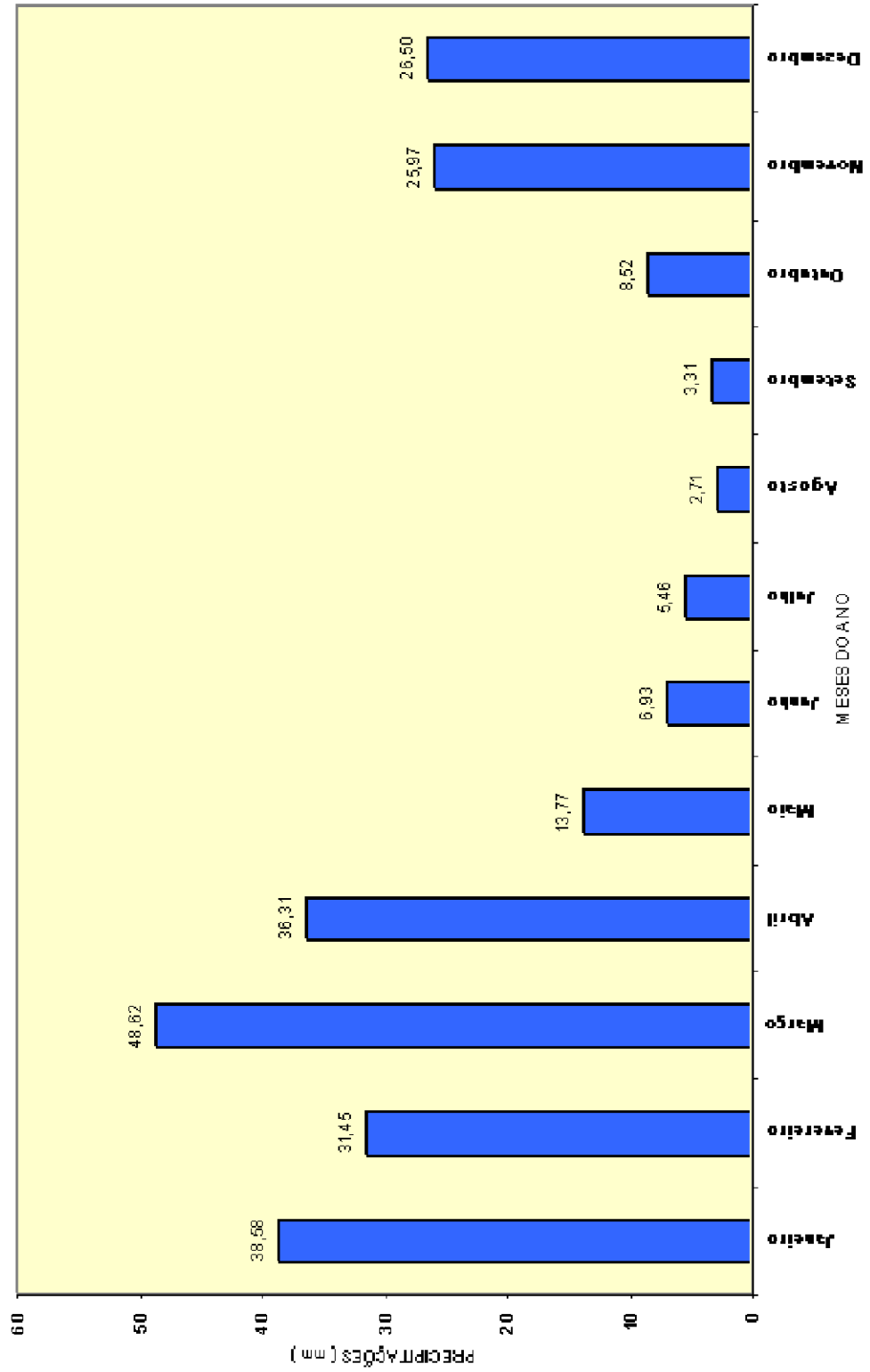
MÉDIAS MENSIS DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS - 1959 A 1992

Mês/Ano	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Janeiro	-	46,0	17,4	25,4	60,4	40,4	40,0	40,0
Fevereiro	41,6	6,4	24,7	38,9	58,6	37,0	38,2	38,2
Março	74,4	104,2	104,2	60,0	10,1	38,2	128,7	25,0
Abril	51,4	5,2	0,0	39,4	33,2	33,2	27,8	4,9
Maió	0,0	35,6	2,6	10,0	24,2	6,6	11,2	3,4
Junho	4,3	6,6	7,6	13,0	0,0	0,4	7,0	2,5
Julho	4,0	7,6	19,0	-	0,0	0,0	15,1	0,0
Agosto	0,0	11,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Setembro	20,6	0,0	0,0	-	0,0	0,0	2,3	0,0
Outubro	7,2	3,2	3,2	-	30,2	0,0	26,7	3,2
Novembro	-	0,0	0,0	12,0	18,7	45,9	71,0	5,1
Dezembro	0,0	0,0	10,0	13,9	39,5	10,9	11,2	30,2

Mês/Ano	1977	1978	1978	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	MÉDIA
Janeiro	14,2	20,6	26,3	66,2	41,2	101,4	42,8	6,2	75,1	55,8	73,6	8,1	22,1	41,0	13,2	38,6	
Fevereiro	4,9	48,1	27,2	65,3	0,0	78,3	30,8	12,4	39,2	48,7	36,2	12,3	6,2	15,6	21,0	31,4	
Março	16,6	25,1	45,3	46,2	64,4	42,2	101,3	25,2	70,3	88,1	21,8	63,3	36,6	34,9	16,3	48,6	
Abril	66,8	26,3	35,6	0,0	97,8	21,2	0,0	61,8	80,1	37,2	21,8	36,2	29,2	42,6	3,2	36,3	
Maió	60,8	20,6	18,2	0,0	0,0	5,1	8,3	1,3	13,2	28,6	28,8	12,6	25,2	8,2	6,2	13,8	
Junho	14,2	0,0	7,1	6,6	0,0	6,1	0,0	6,1	12,3	13,6	10,1	10,1	6,1	4,2	6,0	6,9	
Julho	0,0	10,1	11,3	6,2	0,0	0,0	4,2	3,1	14,2	13,8	6,1	6,1	8,3	0,3	0,0	6,5	
Agosto	24,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	1,1	6,8	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	
Setembro	12,1	0,0	6,1	6,1	0,0	0,0	6,2	1,2	1,2	1,1	16,6	8,2	0,3	3,6	-	3,3	
Outubro	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	6,8	0,0	2,9	2,1	24,3	0,0	11,2	6,3	3,3	-	8,5	
Novembro	66,1	16,4	14,6	44,6	0,0	0,0	3,2	79,6	10,8	13,2	6,1	14,6	21,2	13,4	-	26,0	
Dezembro	25,1	18,1	26,4	36,2	61,2	26,2	6,3	22,6	33,6	3,4	25,1	48,8	102,9	11,6	8,0	26,6	

- esses valores foram desconsiderados por falta de leitura

MÉDIAS MENSUAIS DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS - PERÍODO 1969 a 1992
POSTO: OURICURI



3.1.2.3. Clima

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Bsh, semi-árido quente, com estreita faixa ao norte, do tipo Aw. A temperatura média anual é de 25° C.

3.1.3. ESTUDOS ESTATÍSTICOS DAS CHUVAS

3.1.3.1. Determinação da precipitação máxima provável

Das precipitações máximas diárias foi calculada a precipitação média e o desvio padrão da amostra. Utilizando a metodologia das probabilidades extremas de Gumbel, obteve-se o fator de frequência em função do número de observações da amostra e para os tempos de recorrência desejados.

Para determinar a precipitação máxima de 1 dia, adotou-se a fórmula geral proposta por Ven Te Chow:

$$P_n = \bar{P} + K\sigma, \text{ sendo}$$

P_n =precipitação máxima provável de 1 dia para o tempo de recorrência desejado;

\bar{P} =precipitação média das máximas diárias;

σ =desvio padrão das máximas diárias;

K =fator de frequência de Gumbel, conforme tabela anexa.

O fator de frequência (K) é função do tempo de recorrência, do número de observações da amostra e do tipo de distribuição probabilística utilizada. Este valor encontra-se tabelado para cada distribuição probabilística. Entretanto não pode-se utilizar a equação isoladamente, pois não se sabe se a série estudada se ajusta a distribuição probabilística da qual retirou-se o fator de frequência. Geralmente o evento chuva e vazão possuem correlação próximo da unidade na distribuição de Gumbel, o que levou a decisão da adoção desta distribuição para o cálculo das precipitações máximas prováveis.

Com posse dos dados de precipitação foram determinados os parâmetros básicos estatísticos para a amostra da estação, que estão apresentados no quadro a seguir:

Parâmetros da amostra	Dados
Nº de dados úteis(nº de observações)	29 anos
Média da Precipitação Máxima Diária Anual (P _m)	74,7 mm
Desvio Padrão (s)	23,15 mm

3.1.3.2. Relação de altura – duração – recorrência

Na determinação das relações de Altura - Duração - Recorrência, referente ao regime de precipitações intensas das chuvas de pequena duração, utilizou-se a metodologia exposta pelo Engº José Jaime Torga Torrico em "Práticas Hidrológicas", que construiu o mapa de Isozonas no Brasil, relacionando as alturas de precipitação anual de uma hora com a máxima anual de 24 horas, para cada posto estudado no livro "Chuvas Intensas no Brasil" do Engº Otto Pfafstetter.

Conversão de chuvas de 1(um) dia: a conversão de chuvas de 1(um) dia das precipitações nas estações pluviométricas, decorreu da relação para o tempo recorrência base de um ano obtida por Torga, cuja:

$$P_{24\text{ h}}/P_{1\text{ dia}} = 1,10$$

No mapa de isozonas apresentado no final do capítulo, identificam-se as isozonas de igual relação.

O projeto em estudo situa-se na isozona F, segundo o mapa das isozonas. Neste mesmo mapa foram extraídos os coeficientes K1 e K2, que são utilizados para determinar as precipitações máximas prováveis para reduzidos tempos de duração, já que estamos trabalhando com dados pluviométricos, ou seja, precipitações diárias. A expressões para cálculo destas precipitações estão apresentadas a seguir.

$$P_{6\text{ min}} = \frac{k_1}{100} P_{24\text{ h}} \quad P_{1\text{ h}} = \frac{k_2}{100} P_{24\text{ h}}$$

Na seqüência apresentamos os valores de K1 e K2 para a isozona F.

TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS - ISOZONA F						
K2 = 1 hora/24 horas				K1 = 6 min/24 horas		
5	10	25	50	100	5 – 50	100
0,460	0,455	0,449	0,445	0,441	0,139	0,124

Recorrendo ao coeficiente segundo a lei de Gumbel (tabela do fator de frequência de Gumbel apresentada no final do capítulo), os dados das máximas precipitações de um dia, e os valores de K1 e K2 segundo ao mapeamento na isozona F, obteve-se a conversão das máximas chuvas diárias.

CÁLCULO DA PRECIPITAÇÃO						
TR (anos)	K1	K2	P dia (mm)	P 24 h (mm)	P 1 h (mm)	P 0,1 h (mm)
5 anos	0,139	0,46	94,841	104,325	47,989	14,501
10 anos	0,139	0,455	110,511	121,562	55,311	16,897
25 anos	0,139	0,449	130,301	143,331	64,356	19,923
50 anos	0,139	0,445	144,999	159,499	70,977	22,17
100 anos	0,124	0,441	159,581	175,54	77,413	21,767

Para determinar a equação de precipitação é realizado um ajuste matemático através de uma função logarítmica. Utilizando o método das isozonas, obtemos somente 3 (três) pontos para elaborar este ajuste matemático, e por isso é conveniente segmentar em duas equações de precipitação para faixas de tempo de duração de chuva entre 6min a 1h e 1h a 24h, conforme apresenta-se em seguida.

a) Para tempos de duração de chuva superiores a 6min e inferiores a 1h:

$$P = [(P_{1h} - P_{6\min}) \cdot \log t_d] + P_{6\min}$$

b) Para tempos de duração de chuva superiores a 1h e inferiores a 24h:

$$P = \frac{[(P_{24h} - P_{1h}) \cdot \log t_d]}{\log 24} + P_{1h}$$

Onde,

P = precipitação ou altura de chuva de projeto;

td = tempo de duração da chuva, sendo igual ao tempo de concentração quando empregado o método racional.

A seguir estão apresentadas as equações de precipitação para os tempos de recorrência de 5 a 100 anos.

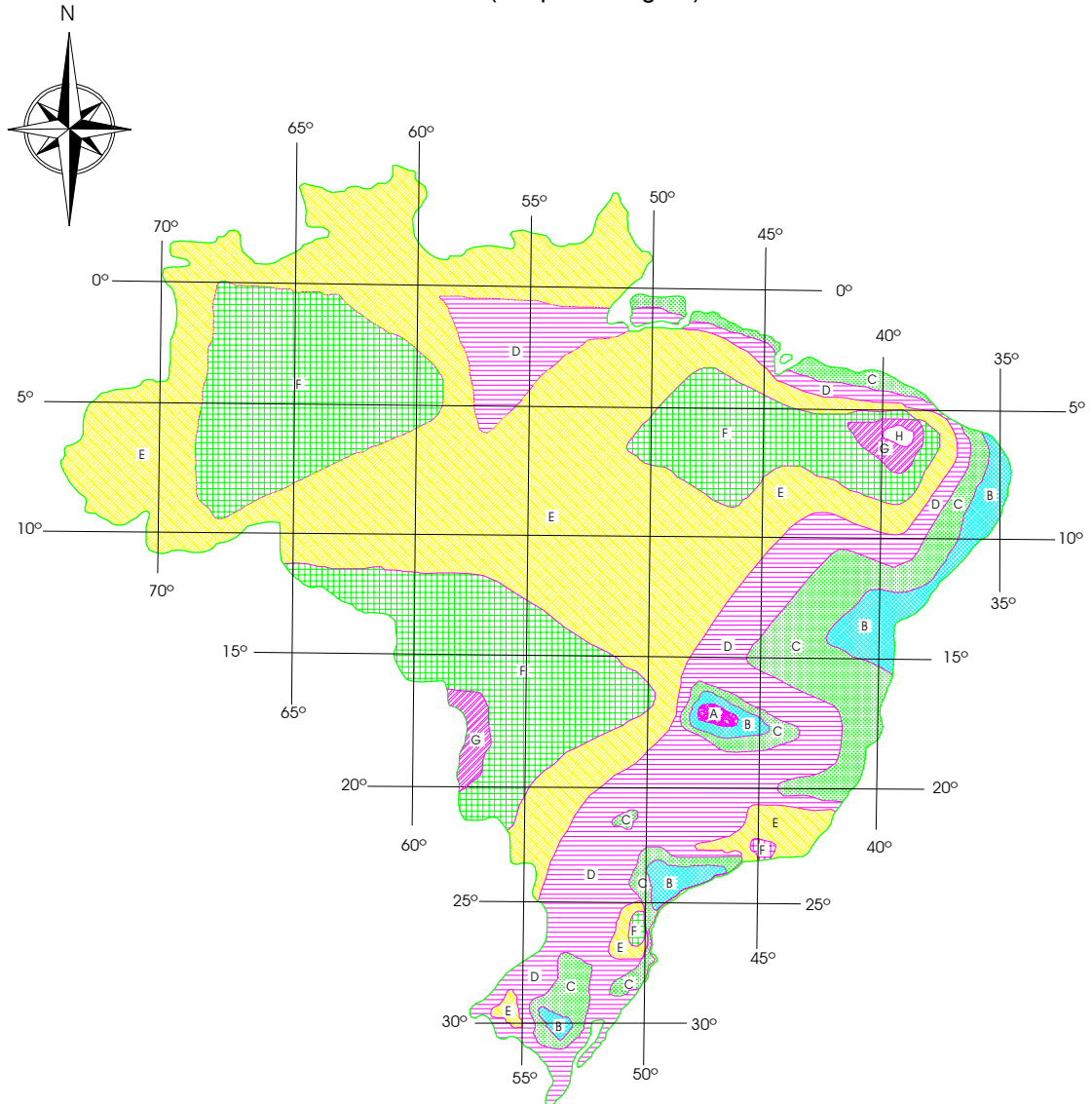
TR (anos)	tc (h)	FÓRMULAS
5	0,1h < tc < 1h	33,488 . LOG tc + 47,989
	1 h < tc < 24 h	40,817 . LOG tc + 47,989
10	0,1h < tc < 1h	38,414 . LOG tc + 55,311
	1 h < tc < 24 h	48,001 . LOG tc + 55,311
25	0,1h < tc < 1h	44,433 . LOG tc + 64,356
	1 h < tc < 24 h	57,22 . LOG tc + 64,356
50	0,1h < tc < 1h	48,807 . LOG tc + 70,977
	1 h < tc < 24 h	64,137 . LOG tc + 70,977
100	0,1h < tc < 1h	55,646 . LOG tc + 77,413
	1 h < tc < 24 h	71,095 . LOG tc + 77,413

Para o método racional, considera-se que a duração de chuva que gerará a vazão máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia, assim, a equação da chuva é em função do tempo de concentração calculado para cada bacia.

A intensidade de precipitação foi obtida pela relação entre a precipitação definida através da equação e o tempo de concentração.

A seguir apresenta-se o Mapa das Isozonas de Igual Relação, os Fatores de Frequência de Gumbel e os Gráficos relativos a Precipitação/Intensidade-duração-recorrência

ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO (em porcentagem)



ZONAS	TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS											
	1 HORA/24 HORAS DE CHUVA (k_2)										6 min/24 HORAS DE CHUVA (k_1)	
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5-50	100
A	36,2	33,8	33,6	35,5	33,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,6	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	46,6	48,5	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

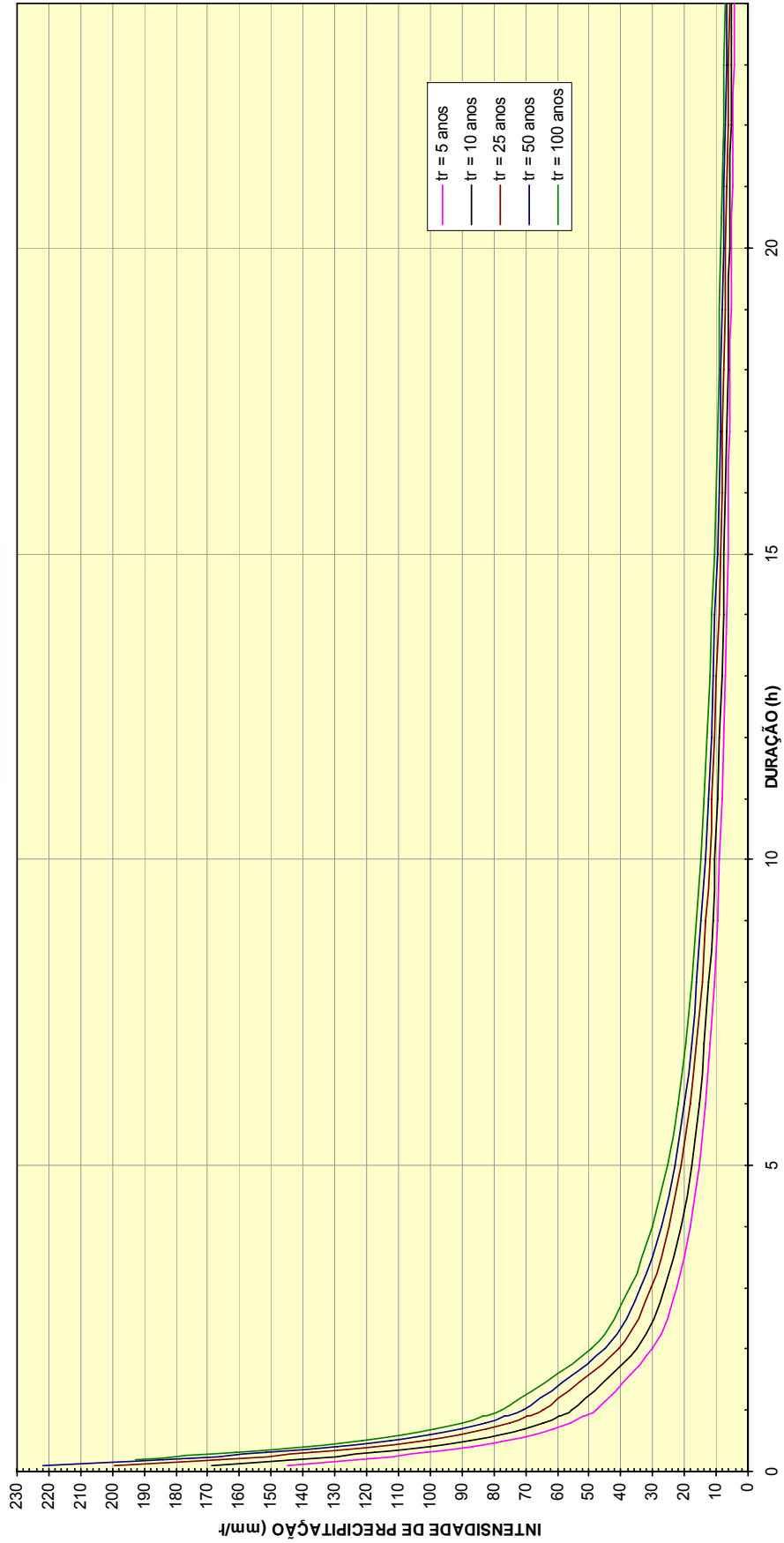
Isozonas de igual relação: coeficientes k_1 e k_2

Fonte: Taborga, J. J. T. – Práticas Hidrológicas (1974)

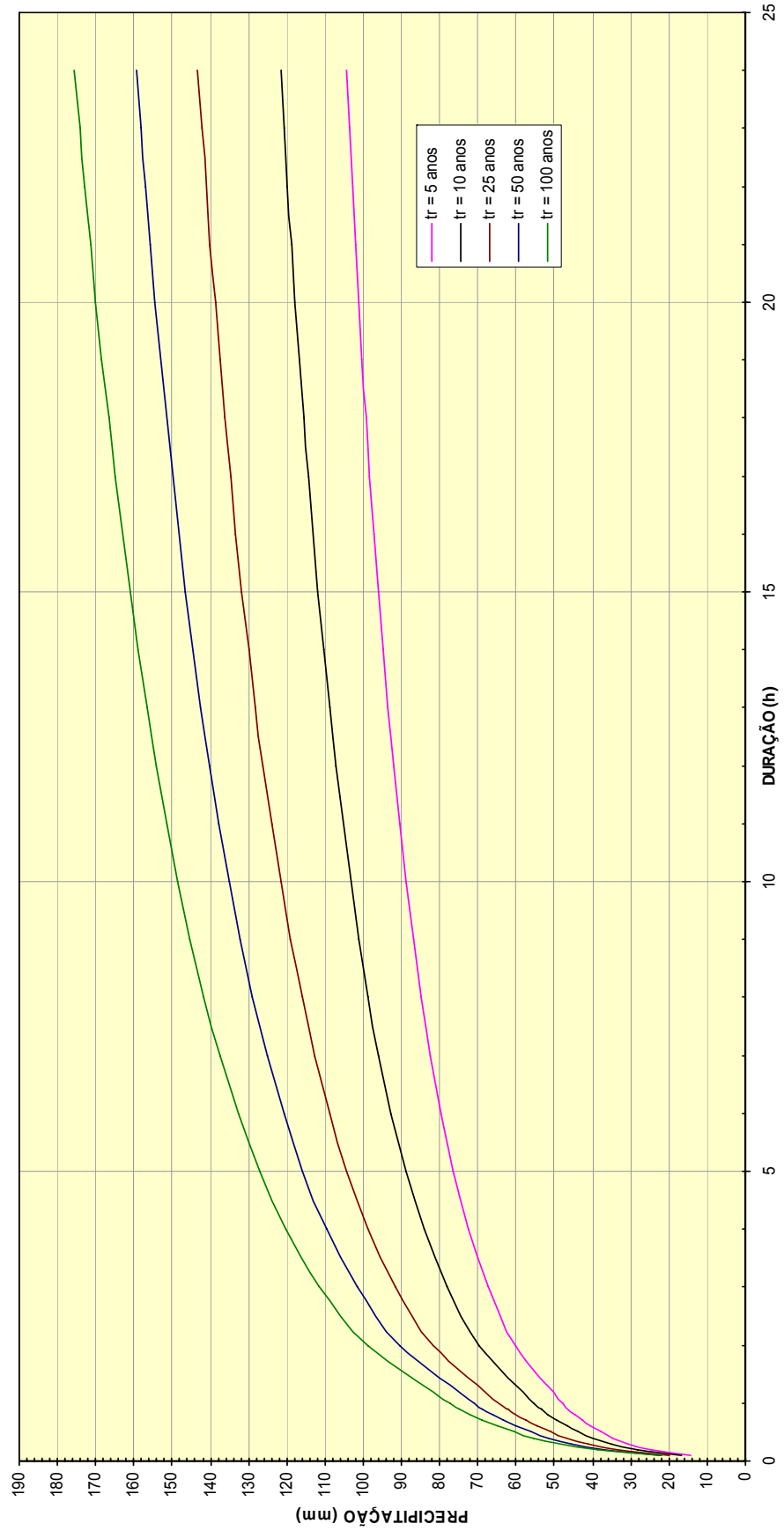
Nº DE OBSERVAÇÕES	TR - TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS						
	5	10	15	20	25	50	100
10	1,058	1,848	2,289	2,606	2,847	3,588	4,323
11	1,034	1,809	2,242	2,553	2,789	3,516	4,238
12	1,013	1,777	2,202	2,509	2,741	3,456	4,166
13	0,966	1,748	2,168	2,47	2,699	3,405	4,105
14	0,981	1,724	2,138	2,437	2,663	3,36	4,052
15	0,967	1,703	2,112	2,41	2,632	3,321	4,005
16	0,955	1,682	2,087	2,379	2,601	3,283	3,959
17	0,943	1,664	2,066	2,355	2,575	3,25	3,921
18	0,934	1,649	2,047	2,335	2,552	3,223	3,888
19	0,926	1,636	2,032	2,317	2,533	3,199	3,86
20	0,919	1,625	2,018	2,302	2,517	3,179	3,836
21	0,911	1,613	2,004	2,286	2,5	3,157	3,81
22	0,905	1,603	1,992	2,272	2,484	3,138	3,787
23	0,899	1,593	1,98	2,259	2,47	3,121	3,766
24	0,893	1,584	1,969	2,247	2,457	3,104	3,747
25	0,888	1,575	1,958	2,235	2,444	3,088	3,729
26	0,883	1,568	1,949	2,224	2,432	3,074	3,711
27	0,879	1,56	1,941	2,215	2,422	3,061	3,696
28	0,874	1,553	1,932	2,205	2,412	3,048	3,681
29	0,87	1,547	1,924	2,196	2,402	3,037	3,667
30	0,866	1,541	1,917	2,188	2,393	3,026	3,653
31	0,863	1,535	1,91	2,18	2,385	3,015	3,641
32	0,86	1,53	1,904	2,173	2,377	3,005	3,629
33	0,856	1,525	1,897	2,166	2,369	2,996	3,618
34	0,853	1,52	1,892	2,16	2,362	2,987	3,608
35	0,851	1,516	1,886	2,152	2,354	2,979	3,598
36	0,848	1,511	1,881	2,147	2,349	2,971	3,588
37	0,845	1,507	1,876	2,142	2,344	2,963	3,579
38	0,843	1,503	1,871	2,137	2,338	2,957	3,571
39	0,84	1,499	1,867	2,131	2,331	2,95	3,563
40	0,838	1,495	1,862	2,126	2,326	2,943	3,554
41	0,836	1,492	1,858	2,121	2,321	2,936	3,547
42	0,834	1,489	1,854	2,117	2,316	2,93	3,539
43	0,832	1,485	1,85	2,112	2,311	2,924	3,532
44	0,83	1,482	1,846	2,108	2,307	2,919	3,526
45	0,828	1,478	1,842	2,104	2,303	2,913	3,519
46	0,826	1,476	1,839	2,1	2,298	2,908	3,513
47	0,824	1,474	1,836	2,096	2,291	2,903	3,507
48	0,823	1,471	1,832	2,093	2,29	2,893	3,501
49	0,821	1,469	1,83	2,09	2,287	2,894	3,496
50	0,82	1,466	1,827	2,086	2,283	2,889	3,49
51	0,818	1,464	1,824	2,083	2,28	2,885	3,486
52	0,817	1,462	1,821	2,08	2,276	2,881	3,481
53	0,815	1,459	1,818	2,077	2,273	2,875	3,474
54	0,814	1,457	1,816	2,074	2,27	2,873	3,471
55	0,813	1,455	1,813	2,071	2,267	2,869	3,467
56	0,812	1,453	1,811	2,069	2,264	2,865	3,462
57	0,81	1,451	1,809	2,066	2,261	2,862	3,458
58	0,809	1,449	1,806	2,064	2,258	2,858	3,454
59	0,808	1,448	1,804	2,061	2,256	2,855	3,45
60	0,807	1,446	1,802	2,059	2,253	2,852	3,446

Fatores de Frequência de Gumbel

CURVAS DE INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO-DURAÇÃO-RECORRÊNCIA
POSTO: AÇUDE ENG.º CAMACHO



CURVAS DE PRECIPITAÇÃO-DURAÇÃO-RECORRÊNCIA



3.1.4. ESTUDOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS EM CARTA TOPOGRÁFICA

3.1.4.1. Parâmetros Físicos

As bacias hidrográficas interceptadas pela ferrovia tiveram seus parâmetros topométricos aferidos em Cartas Geográficas do Serviço Geográfico do Ministério do Exército (escala 1:100.000), em Carta Imagem Radar Preliminar (escala 1:250.000), e informações de relevo com curvas de nível eqüidistantes de 10m obtido do projeto SRTM - Shuttle Radar Topography Mission gerenciado e idealizado pela NASA - National Aeronautics and Space Administration. De todas as bacias, foram determinados, os seguintes parâmetros físicos reais:

- Área superficial, em km²;
- Extensão longitudinal da linha de talvegue, em km; e
- Declividade média equivalente, em m/m.

3.1.4.2. Coeficientes relativos a bacia hidrográfica

Foram identificados o coeficiente de escoamento superficial (run-off) e o coeficiente de permeabilidade (K) em função do tipo de terreno. Foi adotado o coeficiente de escoamento (c) variável em função do tipo do solo, cobertura vegetal e inclinação média da bacia, conforme tabela a seguir.

VALORES DOS COEFICIENTES DE DEFLÚVIO OU DE RUN-OFF						
COBERTURA VEGETAL	CARACTERÍSTICAS DE PERMEABILIDADE DO SOLO	DECLIVIDADE MÉDIA DA BACIA (%)				
		ESCARPADA	MONTANHOS A	FORTEMENTE ONDULADA	ONDULADA	LEVEMENTE ONDULADA
		D > 50	20 < D < 50	5 < D < 20	1 < D < 5	D < 1
ZONA URBANA SEM VEGETAÇÃO	IMPERMEÁVEL	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	SEMI-PERMEÁVEL	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	PERMEÁVEL	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
LAVOURAS E REFLORESTAMENTO DE MONOCULTURA	IMPERMEÁVEL	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	SEMI-PERMEÁVEL	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	PERMEÁVEL	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
PASTAGEM E VEGETAÇÃO RASTEIRA	IMPERMEÁVEL	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	SEMI-PERMEÁVEL	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	PERMEÁVEL	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
CAMPOS NATIVOS	IMPERMEÁVEL	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	SEMI-PERMEÁVEL	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	PERMEÁVEL	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
MATAS OU CAPOEIRAS	IMPERMEÁVEL	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	SEMI-PERMEÁVEL	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	PERMEÁVEL	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Conforme a classificação do recobrimento das bacias hidrográficas citadas no item 3.1.4.4. *Cálculo das vazões de projeto* foi definido em torno de 0,30 o coeficiente de escoamento superficial, para baixas declividades de bacias hidrográficas. Porém, como a declividade média das bacias é variável para as diversas obras projetadas, o coeficiente de escoamento superficial foi majorado para valores próximos de 0,40, quando a bacia hidrográfica possuir alta declividade.

O fator K foi definido em 3,5 com base na tabela seguinte.

CARACTERÍSTICAS DO TERRENO NATURAL	K
Terreno areno-argiloso coberto de vegetação intensa e absorção elevada	2
Terreno comum, coberto com vegetação e absorção apreciável	3
Terreno coberto de vegetação, absorção média	4
Terreno com vegetação média, pouca absorção	4,5
Terreno com rocha, escassa vegetação, baixa absorção	5
Terreno rochoso, vegetação rala, reduzida absorção	5,5

3.1.4.3. Cálculo do Tempo de Concentração das Bacias Hidrográficas

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

onde:

A = área da bacia contribuinte (km²)

L = comprimento do talvegue principal (km)

i = declividade equivalente do talvegue principal (m/m)

K = coeficiente de permeabilidade do solo (adimensional)

t_c = tempo de concentração (h)

Para o trecho, por ocasião das inspeções de campo, foi definido em 3,5 o valor do coeficiente K, conforme a tabela anteriormente citada, segundo o Manual de Serviços de Consultoria para Estudos e Projetos Rodoviários do extinto DNOS.

Quando o tempo de concentração calculado pela fórmula do extinto DNOS foi inferior a 12 min, o tempo de concentração adotado foi o mínimo, igual a 12 min conforme o Manual de drenagem de Rodovias do DNIT.

3.1.4.4. Cálculo das vazões de projeto

Para execução desses cálculos foram adotados dois métodos, a saber:

• **Bacias com áreas inferiores a 10 km²**

Para estas será empregada a fórmula do “Método Racional”, que exprime a vazão através da expressão:

$$Q = \frac{CIA}{3,6}$$

onde:

Q = Vazão (m³/s);

C = Coeficiente de deflúvio ou de run-off conforme anteriormente citada;

I = Intensidade de precipitação (mm/h) conforme equações já apresentadas;

A = Área da bacia (km²).

Este método relaciona a descarga com a chuva que a provoca e baseia-se fundamentalmente no seguinte:

- o coeficiente de escoamento superficial deve ser inferior à unidade, pois considera o fato de que somente parte da água precipitada se escoar sobre a superfície do solo;
- a intensidade da chuva é uniforme sobre toda a bacia;
- o escoamento resultante de uma precipitação é máximo quando esta tem duração no mínimo igual ao tempo de concentração, pois toda a bacia hidrográfica passa a contribuir para o ponto de interesse;
- o escoamento máximo assim definido é uma fração simples da intensidade de chuva geradora, isto é, aceita-se um relação linear entre Q e I, e Q é nulo quando I é nulo;
- a freqüência da descarga de pico é igual a da precipitação;
- o coeficiente de escoamento é independente da freqüência;

- o coeficiente de escoamento permanece constante ao longo da chuva

•Bacias com áreas superiores a 10 km² e inferiores a 2500 km²

Foi adotado o Método do Hidrograma Unitário Triangular Sintético (HUT) associado a equação de Convolução para produzir o hidrograma final de projeto. Este modelo matemático é recomendado pelo “SCS - Soil Conservation Service” (1957), para determinar vazão hidrológicas através de dados de chuva.

Para áreas maiores que 2.500 km² será dividido a bacia em sub-bacias com áreas até 2.500 km².

O escoamento superficial direto (hidrograma de projeto) é definido com a utilização do método extraído em sua maior parte da publicação “Hydrology Guide for Use Watershed Planning”, publicado pelo “SCS - Soil Conservation Service”, com o emprego de coeficientes baseados em dados e observações relativas às bacias hidrográficas norte-americanas.

a) Chuva Efetiva

• Considerações Iniciais

O método SCS - Soil Conservation Service, adotado no presente estudo, leva em consideração os seguintes fatores da Bacia Hidrográfica:

- tipo do solo;
- uso do solo;
- tipo de cobertura vegetal; e
- condições antecedentes de umidade do solo.

Todos estes fatores estão sintetizados num único valor, tabelado, denominado “Número da Curva”, cujo valor foi obtido pela ponderação de características físicas observadas nas bacias em estudo, descrito na tabela abaixo.

Escoamento das Redes de Escoamento de Águas Pluviais

UTILIZAÇÃO DA TERRA	CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE	TIPOS DE SOLOS DA ÁREA			
		A	B	C	D
Terrenos cultivados	Com sulcos retílineos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90

UTILIZAÇÃO DA TERRA	CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE	TIPOS DE SOLOS DA ÁREA			
		A	B	C	D
Plantações regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceado em nível	64	73	79	82
	Em fileiras retas	64	76	84	88
Plantações de cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceado em nível	60	71	79	82
	Em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de legumes ou campos cultivados	Em curvas de nível	60	72	81	84
	Terraceado em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
Campos permanentes	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
Chácaras Estradas de Terra	Normais	59	74	82	86
	Más	72	82	87	89
	De superfície dura	74	84	90	92
Florestas	Muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76
Superfícies impermeáveis	Áreas urbanizadas	100	100	100	100

OBS.: O solo tipo A é o de mais baixo potencial de deflúvio. Terrenos muito permeáveis, com pouco silte e argila.
 O solo tipo B tem uma capacidade de infiltração acima da média após o completo umedecimento. Inclui solos arenosos.
 O solo tipo C tem uma capacidade de infiltração abaixo da média, após a pré-saturação. Contém porcentagem considerável de argila e colóide.
 O solo tipo D é o de mais alto potencial de deflúvio. Terrenos quase impermeáveis junto à superfície. Argiloso.

• Classificação do Recobrimento das Bacias Hidrográficas

A classificação das bacias hidrográficas foi baseada nos seguintes fatores:

- Solo: constatou-se devido a análise in loco e pelos estudos geotécnicos que o solo predominante nas bacias contribuintes é areno-argiloso. Sendo assim, foi considerado na determinação das descargas de projeto os valores “Número da Curva” para o tipo de solo B.

- Cobertura Vegetal e Uso do Solo: devido a análise in loco foram observados diversos tipos de cobertura vegetal nas bacias hidrográficas. Podemos citar a presença de culturas terraceada em nível (CN=72), complementada com pastagens normais (CN=59), campos permanentes esparsos (CN=66) e florestas esparsas (CN=68).

- Valor do “Número da Curva” adotado: analisando as informações citadas determinamos para o “Número da Curva” ou “curva número” o valor igual a 67.

• **Formulação**

Altura da Chuva Efetiva (h)

$$h = \frac{(P - I_a)^2}{P + 4 \cdot I_a}$$

onde:

h - altura da chuva efetiva (mm)

I_a - perdas iniciais (mm)

P - precipitação total (mm)

Caso a área da bacia de contribuição seja superior a 25km², a precipitação total deverá ser reduzida pela seguinte equação, devido à distribuição não uniforme da chuva na área da bacia contribuinte, ou seja a precipitação média sobre uma área elevada é menor do que a precipitação em um ponto isolado.

$$P' = P * \left[1 - \log \frac{A}{25} \right]$$

Contudo a precipitação total reduzida (P') deve ser rearranjada para representar melhor o escoamento superficial. Para isto, em define-se 6 intervalos de Tempos Unitários de Chuva (Δt), determina-se os valores para a precipitação total reduzida e rearrajam-se os incrementos de chuva da seguinte forma: 6,4,3,1,2,5. A numeração indica a ordem da magnitude, pois colocando o maior valor no quarto intervalo, procura-se maximizar o pico do hidrograma, já que as chuvas iniciais atendem as perdas por infiltração e depressões da bacia contribuinte e o incremento maior tende a gerar escoamento superficial.

Perdas Iniciais (I_a)

Enquanto o valor das perdas iniciais for superior a precipitação efetiva calculada para os incrementos de chuva, não ocorrerá escoamento superficial, portanto a precipitação efetiva será nula.

$$I_a = 0,2.S$$

onde:

la - perdas iniciais (mm)

Capacidade de Armazenamento de Água no Solo (S)

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254$$

onde:

S - capacidade máxima de armazenamento de água no solo (mm)

CN - curva número

• **Resultados Obtidos**

De posse dos resultados das precipitações obtidas e com o emprego da equação deduzida anteriormente, foram calculadas as chuvas efetivas para o período de retorno de 100 anos.

b) Hidrograma Unitário

• **Hipóteses Básicas**

A obtenção e aplicação do hidrograma unitário (HU) foi baseada nas seguintes hipóteses:

a) a intensidade da chuva efetiva é constante durante a tormenta que produz o HU;

b) a chuva efetiva é uniformemente distribuída em toda a área de drenagem da bacia;

c) tempo base ou tempo de duração do hidrograma do deflúvio superficial direto devido a uma chuva efetiva de duração unitária é constante;

d) as ordenadas de hidrogramas de deflúvio superficial direto, com tempo base comum, são diretamente proporcionais aos volumes desses hidrogramas;

e) os efeitos de todas as características de uma dada bacia de drenagem, incluindo forma, declividade, retenção, infiltração, rede de drenagem, capacidade de armazenamento do canal, etc., são refletidos na forma do hidrograma unitário da bacia.

• Equações

Três equações básicas são utilizadas para definir o hidrograma unitário triangular:

Tempo de Pico

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + 0,6 \cdot t_c$$

onde:

t_p - tempo de pico do hidrograma unitário triangular (h)

t_c - tempo de concentração da bacia hidrográfica (h)

Tempo Unitário de Chuva (Δt)

$$\Delta t = \frac{t_c}{5}$$

onde:

Δt - tempo unitário de chuva (h)

Tempo de Retardo (t_r)

$$t_r = 1,67 \cdot t_p$$

onde:

t_r - tempo de recessão do hidrograma unitário triangular (h)

t_p - tempo de pico já definido (h)

Pico do Hidrograma Unitário Triangular (q_p)

$$q_p = \frac{0,208 \cdot A \cdot p}{t_p}$$

onde:

q_p - pico do hidrograma unitário triangular (m^3/s)

A - Área da bacia hidrográfica (km^2)

p - precipitação unitária de 10 mm (mm)

t_p - tempo de pico, já definido

c) **Hidrogramas Finais**

Após a determinação do hidrograma unitário e da chuva de projeto, foram calculados os hidrogramas de projeto com a aplicação da equação da convolução, apresentada abaixo, cujas vazões de pico resultantes estão nos quadros apresentados a seguir.

$$q_n = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \delta_{n-i+1}$$

onde:

q - vazão de ordem n

p - precipitação efetiva de ordem i

δ - ordenada do hidrograma unitário

3.1.4.5. Amortecimento da Vazão de projeto do Riacho Capim Grosso

Este tópico tem como principal objetivo a redução da extensão da ponte do riacho Capim Grosso devido ao amortecimento da vazão de projeto gerada pela ocorrência do reservatório constituído pela barragem Tamboril.

A metodologia aqui apresentada é de simples aplicação e de larga utilização no cálculo de vazões e bacias de amortecimentos.

Para a simulação da propagação da vazão de saída do reservatório e o volume útil do mesmo foi utilizado o método de Pulz que consiste na utilização de equação discretizada da continuidade e a relação entre o armazenamento e a vazão de saída do reservatório.

$$Q_e - Q_s = \frac{dV}{dt}$$

Onde:

Q_e - vazão de entrada

Q_s - vazão de saída

dV - variação do volume no tempo dt .

Discretizando a equação acima fica:

$$\frac{Qe_t - Qe_{t+1}}{2} - \frac{Qs_t + Qs_{t+1}}{2} = \frac{V_{t+1} - V_t}{dt}$$

Sendo V o volume do reservatório e dt a variação do tempo utilizado na discretização.

A bacia hidrográfica do riacho Capim Grosso foi dividida em duas sub-bacias, uma a montante da barragem e outra sub-bacia a jusante da barragem. A vazão de projeto da sub-bacia a montante da barragem (57B-conforme mosaico das bacias hidrográficas) sofre o efeito do amortecimento da vazão de projeto. A vazão de projeto desta bacia desprezando o reservatório seria de 552,58m³/s, porém considerando o reservatório foi obtido 408,78m³/s. A vazão total de projeto é igual à vazão de projeto com amortecimento mais a vazão de projeto da bacia 57A que está a jusante da barragem Tamboril (408,78+151,38=560,16m³/s).

No final deste capítulo está apresentada a planilha de simulação de operação do reservatório em questão, a planilha do resultado da simulação e gráfico que representa o resultado da simulação de operação.

3.1.4.6. Tempos de Recorrência

Os tempos de recorrência adotados neste estudo seguem o Termo Referência e estão apresentados a seguir.

Espécie	Tempo de Recorrência (Anos)
Drenagem superficial	25
Bueiro tubular e celular	50 (como canal)
	100 (como orifício)
Pontilhão e ponte	100

3.1.4.7. Resultados Obtidos

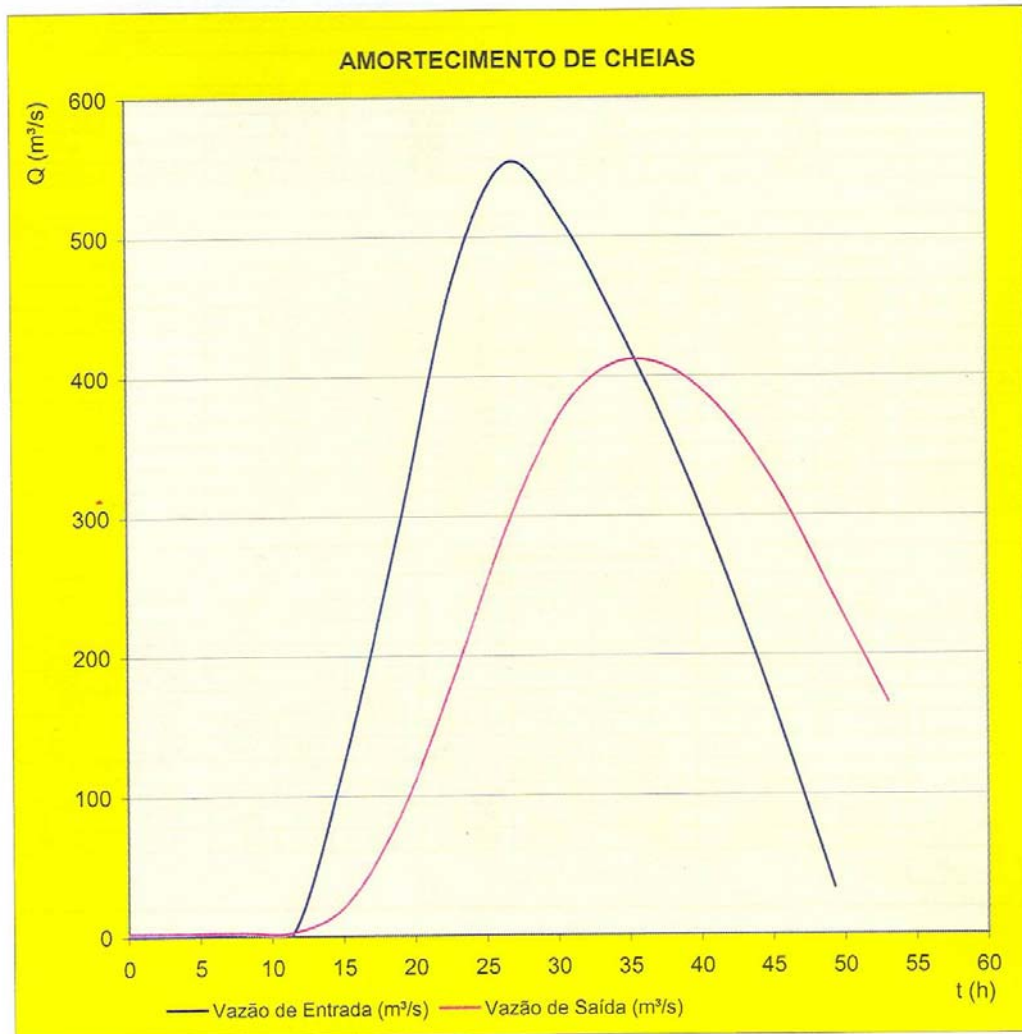
Todas as bacias hidrográficas que geraram obras de arte especiais e correntes, ou seja, pontes ferroviárias e bueiros, foram estudadas. O mosaico das bacias hidrográficas, as planilhas do cálculo da vazão de projeto pelo método do SCS - Soil Conservation Service e o quadro de dimensionamento dos bueiros apresentam-se a seguir.

INSERIR MOSAICO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS (PLANTA GERAL)**7 FOLHA****PG. 41, 42, 43, 44, 45, 46 e 47****INSERIR QUADRO DE DIMENSIONAMENTO DOS BUEIROS****5 FOLHAS****PG. 48, 49, 50, 51 e 52**

SIMULAÇÃO DE OPERAÇÃO DE RESERVATÓRIOS

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO		DADOS DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO		DADOS INICIAIS	
Nome do Projeto	TRANSNORDESTINA	Área da bacia (km ²)	636,87	Cota inicial para a simulação	458,43
Trecho	Parnamirim - Araripina	Comprimento do Talvegue (km)	48,69		
Segmento	Entr PE-555 - Trindade	Declividade do Talvegue (%)	0,2766		
Extensão	112,6 km	Curva Número [CN - SCS]	67		
		Coefficiente de Escamento Superficial [C]	0,3		
		Coefficiente uso do solo DNOS [K]	3,5		
IDENTIFICAÇÃO DO RESERVATÓRIO		DADOS DO DESCARREGADOR DE FUNDO		DADOS DO RESERVATÓRIO	
Nome	Barragem Tamboril	Cota da geratriz inferior interna (m)	441,76	Nº	VOLUME (m ³)
Localidade	Ouricuri/PE	Diâmetro (m)	0,5	1	0,00
Coordenada E	90	Declividade da canalização (%)	0,2	2	1.085.435,64
Coordenada N	40	Coefficiente de Rugosidade (-)	0,015	3	11.513.675,64
		Coefficiente hidráulico do orifício (-)	0,61	4	40.419.195,64
				5	76.366.168,45
				6	98.356.764,38
				7	114.178.813,38
				8	
				9	
				10	
				11	
				12	
				13	
				14	
				15	
DADOS DO VERTEDOR		Cota da soleira (m)	458,43		
		Comprimento (m)	188,6		
		Coefficiente hidráulico (-)	1,831		

RESULTADO DA SIMULAÇÃO						
n	t	Qe	Qs	Volume Res.	CotaNA	Δh
1	0,00	0,00	2,18	76.366.066	458,43	0,00
2	7,58	0,00	2,18	76.336.286	458,43	0,00
3	11,37	0,00	2,18	76.306.509	458,42	-0,01
4	15,16	126,92	21,70	77.009.524	458,48	0,05
5	18,95	291,34	84,77	79.136.888	458,63	0,20
6	22,74	468,30	184,06	82.485.756	458,87	0,44
7	26,53	552,58	293,88	86.190.320	459,13	0,70
8	30,33	513,11	374,29	88.902.649	459,33	0,90
9	34,12	440,47	408,78	90.066.019	459,41	0,98
10	37,91	356,93	405,40	89.951.515	459,40	0,97
11	41,70	260,23	372,82	88.852.622	459,32	0,89
12	45,49	151,93	316,71	86.960.114	459,19	0,76
13	49,28	33,25	241,29	84.416.296	459,00	0,57
14	53,07		165,69	81.866.291	458,82	0,39
Máximos		552,58	408,78	90.066.019	459,41	0,98



INSERIR PLANILHA DO SCS

9 FOLHAS

PG. 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63 e 64

3.2. ESTUDOS GEOLÓGICOS - GEOTÉCNICOS

3.2. ESTUDOS GEOLÓGICOS - GEOTÉCNICOS

3.2.1 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

3.2.1.1 CLIMA

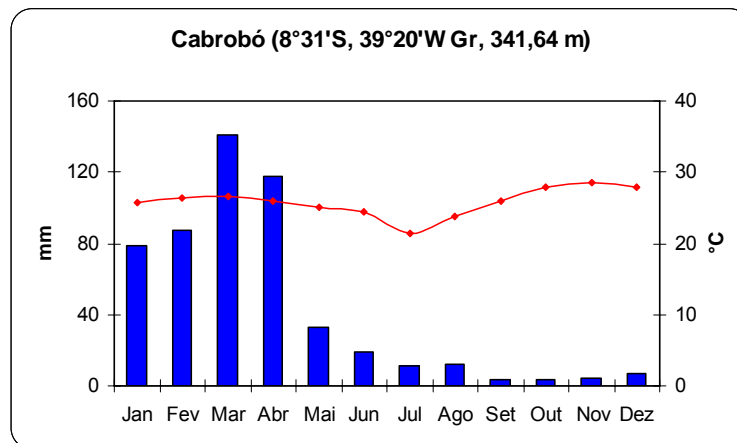
Dentre as características fisiográficas de uma dada região, o clima constitui-se numa das mais relevantes. O clima que predomina na área do empreendimento é o semi-árido. Este tipo climático se caracteriza pelo longo período de estiagem e pelas elevadas temperaturas. Raramente a umidade proveniente do Oceano Atlântico consegue penetrar a região com intensidade suficiente para provocar chuvas. Geralmente o que se observa é o domínio das altas pressões atmosféricas, ocasionadas pela dinâmica da circulação atmosférica em macro-escala.

A área do empreendimento permanece todo o ano sob a ação do anticiclone do Atlântico Sul, responsável pelo tempo estável. É o ar dos alísios de SE que predomina em toda a área ao longo do ano, associado a massa de ar tropical marítima. Outro sistema de circulação atmosférica que atinge a área é a Convergência Intertropical (CIT), trazendo a influência da massa de ar continental equatorial. Este sistema (CIT) predomina ao sul da linha do equador durante os meses de verão, podendo provocar alguma instabilidade neste período do ano. As chuvas de verão geralmente são torrenciais, ocasionando muitas vezes o desencadeamento de processos erosivos.

A temperatura média anual na região é de 25,8 °C. As temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses de outubro a dezembro, chegando a atingir 28,5°C de temperatura média no mês de novembro. O mês mais frio é julho, quando a temperatura média atinge 21,4°C. As temperaturas mais elevadas não são observadas no verão devido a cobertura de nuvens ser mais intensa nesta época do ano, quando a atuação da massa de ar marítima tropical é mais intensa no continente. As temperaturas médias das máximas na área são da ordem de 27 a 33,7°C, e as médias das mínimas de 19,2 a 22,7 °C. Outra característica importante nesta região é a insolação. Na região onde está inserida a área do empreendimento, a radiação solar incide a 90° duas vezes durante o ano, resultando num aporte de energia bastante intenso. As horas de insolação total atingem 2788,4 horas/ano.

As precipitações na área do empreendimento são muito escassas. O volume médio anual de precipitação é de 517,4 mm, caracterizando de forma significativa a aridez da região. A evaporação total é de 3547,2 mm/ano e a umidade relativa do ar (média anual) é baixa, apenas 59,4 %. O contraste entre a precipitação (517,4 mm) e a evaporação (3547,2 mm) indica o grande déficit hídrico que ocorre na região.

O período do ano de maior precipitação ocorre nos meses de março e abril, quando o domínio das massas de ar provenientes do Atlântico é mais intenso. O período de estiagem vai de maio a dezembro, quando os volumes mensais médios de precipitação são inferiores a 60 mm. O comportamento descrito pode ser visualizado no diagrama termopluviométrico (apresentado a seguir) feito a partir dos dados da estação meteorológica de Cabrobó, de responsabilidade do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).



3.2.1.2 VEGETAÇÃO

Dentre os aspectos da paisagem na área do empreendimento destaca-se a cobertura vegetal. Na área do empreendimento a cobertura vegetal é de Estepe (Caatinga), com três situações distintas identificadas, ocorrendo também uma área de Contato Savana-Floresta Estacional:

- Estepe Arbórea Densa;
- Estepe Arbórea Aberta;
- Estepe – Agricultura;
- Contato Savana-Floresta Estacional.

A Estepe compreende as formações xerófitas lenhosas decíduas, em geral espinhosas, entremeadas de plantas suculentas, com tapete herbáceo estacional. Tem como características dominantes as folhas pequenas, muitas vezes providas de espinhos e umas poucas plantas com órgãos de reserva subterrâneos. É demarcada por longo período seco, às vezes com chuvas torrenciais eventuais. Sua composição florística é heterogênea, mas apresenta um certo número de dominantes arbóreos típicos que se repetem freqüentemente (aroeira e braúna).

A cobertura vegetal de Estepe onde predominam as atividades agrícolas se distribui em quase toda a área, principalmente no setor noroeste do trecho. A Estepe Arbórea Aberta se caracteriza pela presença de árvores e arvoretas (scrub) de alturas variáveis, esparsamente distribuídas, entremeadas de plantas suculentas em forma de candelabro, sobre um estrato herbáceo estacional.

A cobertura de Estepe Arbórea Densa fica situada no entorno de Bodocó. Esta é menos expressiva que a supracitada, cobrindo também uma porção no sudeste da área próximo a Parnamirim. É uma formação arbórea baixa das áreas residuais do pediplano nordestino. Apresenta uma fisionomia constituída por árvores com altura em torno de 8 a 10 m, densamente distribuídas. Um estrato de scrub, espinhoso, perene e outro herbáceo de plantas anuais.

A área de Contato Savana-Floresta Estacional se caracteriza pela presença de uma vegetação xeromórfica, compreendendo um estrato herbáceo ecologicamente dominante e fisionomias diversas, de arbórea densa a gramíneo-lenhosa. Esta área de contato identificada na área do empreendimento apresenta-se sob forma de enclave, e ocorrem na toda a região. Essas áreas são áreas de tensão ecológica. A cobertura vegetal predominante na área do empreendimento pode ser visualizada no mapa de vegetação apresentado a seguir.

INSERIR MAPA DE VEGETAÇÃO

1 FOLHA

PG. 69

3.2.1.3 GEOMORFOLOGIA

Geomorfologicamente a área do empreendimento está situada na unidade chamada de Depressão Sertaneja. A Depressão Sertaneja bordejada a Chapada do Araripe, situada ao norte da área, onde as altitudes atingem de 800 a 900 m. Regionalmente as declividades são baixas, sendo que ocorrem declividades altas na borda da Chapada do Araripe (transição para a Depressão Sertaneja), bem como nas vertentes dos morros e cerros cristalinos. O trecho referente ao empreendimento traspasa a unidade geomorfológica da Depressão Sertaneja de modo que se encontra no contexto de três situações distintas.

Uma delas, a mais expressiva em termos de extensão, é a predominância da presença de formas tabulares, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados geralmente por vales de fundo plano. Esta área pode ser visualizada no mapa altimétrico na área onde as altitudes variam de 301 a 500 m, abrangendo as sedes municipais de Parnamirim, Bodocó e Ouricuri.

Ocorre também a presença de formas erosivas como superfícies pediplanadas elaboradas por processos de pediplanação. Estes relevos ocorrem também nas áreas onde as altitudes variam de 301 a 500 m.

Em menor proporção também ocorre a presença de formas aguçadas. São relevos de topo contínuo, com diferentes ordens de grandezas e de aprofundamento de drenagem, separados geralmente por vales em “V”. Estes relevos de topos aguçados ocorrem no entorno de Trindade, onde as altitudes atingem os 600 m.

O gradiente altimétrico ao longo do trecho ferroviário varia de aproximadamente 700, em Araripira, decrescendo até chegar aos 300 m, em Parnamirim.

As áreas mais elevadas são aquelas que apresentam os relevos de topo aguçado, ficando as áreas menos elevadas nas áreas onde predominam os relevos de características pediplanadas. Esta unidade geomorfológica também se caracteriza pela deficiência hídrica, sendo totalmente inserida no domínio do clima semi-árido, conforme visto no item climatologia. Destaca-se que nesta região predominam os processos de intemperismo físico, e os processos erosivos são desencadeados pelas águas de escoamento superficial, principalmente na ocorrência das ocasionais chuvas torrenciais.

Apresenta-se na seqüência mapa altimétrico da área do empreendimento.

INSERIR MAPA ALTIMÉTRICO

1 FOLHA

PG. 71

3.2.2 CARACTERIZAÇÃO DA GEOLOGIA LOCAL

Na área do empreendimento ocorrem formações litológicas diversificadas. Ocorrem na região rochas metamórficas e ígneas da Província Borborema, e sedimentos inconsolidados do Cenozóico, ocorrendo a presença de cascalhos, arenitos, anfíbolitos, siltitos, gnaisses, granitos, migmatitos e laterita. As características litológicas da área, associadas ao domínio climático do semi-árido, configuram uma pedologia bastante susceptível a erosão.

As superfícies pediplanadas com fraco aprofundamento da drenagem e um índice de dissecação elevado dão à área do empreendimento uma característica de solos susceptíveis à erosão.

3.2.3 ASPETOS GEOLÓGICOS DO TRECHO

As características litológicas do trecho são diversificadas, consequência da complexa formação Geológica da região. O trecho, a partir de Araripina, percorre uma área de rochas graníticas do Neoproterozóico, com granitóides de quimismo indiscriminado. Próximo a Trindade, o trecho percorre uma área de sedimentos inconsolidados do Cenozóico, com a presença de areia, argila, cascalho e laterita. Esta área de sedimentos inconsolidados é intercalada por duas Suítes Intrusivas (granitos) do Neoproterozóico. Após os afloramentos de granitos, onde os relevos são mais aguçados, o trecho percorre uma área de metamorfismos do Neoproterozóico e do Paleoproterozóico com a presença de gnaisses e metaconglomerados. As litologias presentes na área do empreendimento podem ser visualizadas no mapa de geologia apresentado a seguir.

INSERIR MAPA DE GEOLÓGICO

1 FOLHA

PG. 73

3.2.4 ERODIBILIDADE DOS SOLOS

Na área do empreendimento predominam os Latossolos, mas também ocorrem Regossolos (no setor norte do trecho), e solos Brunos (no setor sul). Regionalmente existe também a presença de solos Podzólicos e Litólicos.

Os Latossolos compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico, caracterizado pelo avançado estágio de intemperismo, resultando na predominância de minerais de argila e eseqüióxidos na composição da fração mineral coloidal, enquanto a composição mineralógica revela maior conteúdo de quartzo e outros minerais mais resistentes ao intemperismo.

Sendo relativamente alto ao grau de estabilidade dos agregados argilosos, o conteúdo de argila natural na composição granulométrica dos solos desta classe apresenta baixos valores, propiciando a estes solos um elevado grau de floculação e, conseqüentemente, maior permeabilidade.

A baixa quantidade de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo faz com que estes solos sejam pobres em sua composição mineralógica, sob o ponto de vista de reserva potencial de nutrientes para plantas.

Trata-se de modo geral, de solos profundos, fortemente drenados, bastante porosos e com características físicas que são favoráveis ao desenvolvimento das raízes das plantas.

A classe dos solos Podzólicos é caracterizada por solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, com significativa diferença de textura entre os horizontes A e Bt. Esta classe normalmente apresenta quantidade significativa de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constituem fontes de nutrientes.

A classe dos solos Bruno Não Cálcicos é caracterizada por solos não minerais, não hidromórficos, tem horizonte B textural, apresentam em sua constituição mineralógica elevados teores de minerais primários facilmente decomponíveis, que se tornam fontes de nutrientes. Têm argila de atividade alta, altos valores de saturação e soma de bases, caracterizando-os como sendo de alta fertilidade natural. Quanto a acidez, têm reação moderadamente ácida a praticamente neutra, ocorrendo também solos com reação moderadamente alcalina.

Estes solos são, de modo geral, medianamente profundos a rasos. Têm descontinuidade litológica entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, estando estes na seqüência A, Bt e C, tendo mudança textural abrupta do horizonte A para o horizonte Bt.

Nas áreas onde ocorre este tipo de solo, observa-se com frequência, presença de pedregosidade superficial, constituída por calhaus e às vezes matacões. Estes solos são bastante susceptíveis a erosão.

Os Regossolos são solos normalmente arenosos, pouco desenvolvidos, não hidromórficos, com horizontes na seqüência A e C, podendo ou não apresentar fragipan logo acima da rocha. São profundos a moderadamente profundos, porosos, moderada a excessivamente drenados, estando esta característica em função da profundidade em que se encontram o fragipan e a rocha.

As características destas classes de solos, associadas ao clima semi-árido predominante na área, indicam que os mesmos apresentam uma certa fragilidade, sendo susceptíveis à erosão.

As classes de solos presentes na área do empreendimento podem ser observadas no mapa de solos, apresentado a seguir.

INSERIR MAPA DOS SOLOS

1 FOLHA

PG. 76

3.2.5 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os Estudos Geotécnicos foram realizados em observância a IS-206 do DNIT e particularidades expressas no Termo de Referência do Edital de Concorrência.

3.2.5.1. ESTUDOS DO SUBLEITO

Definido o greide de terraplenagem, foi elaborado um plano de sondagem do subleito. Nas áreas de corte e aterros com altura inferior a um metro, programou-se a execução de sondagem manual (pá, picareta ou trado), com espaçamento em torno de 100,00 m, com profundidade prevista até 1,50 m abaixo do greide de terraplenagem. Para cada horizonte de solo, em todas as sondagens, foram coletadas amostras para a realização de ensaios de caracterização (granulometria, LL e LP) e, em sondagens alternadas amostras maiores para a realização de ensaios de compactação e CBR. Nestes locais realizaram-se também ensaios de densidade “in situ”. Para horizontes homogêneos profundos, coletou-se uma amostra a cada 2,00 m de profundidade.

A ocorrência de rocha está representada no perfil altimétrico do projeto geométrico.

As amostras coletadas e etiquetadas foram transportadas para o laboratório da empresa, onde foram processados os ensaios previstos.

Por importante, salienta-se a inexistência de ocorrência de solos compressíveis e instáveis ao longo de todo o traçado.

No Volume 3B – Estudos Geotécnicos apresenta-se a planilha resumo dos resultados dos ensaios.

3.2.5.2. ESTUDO DE JAZIDAS

No intuito de minimizar os custos da infra-estrutura ferroviária, pesquisou-se a ocorrência de materiais com características “in natura” adequados para a utilização como sub-lastro.

Constatou-se a ocorrência de apenas dois tipos de materiais com a aptidão pretendida:

Programou-se o estudo de dezenove jazidas para sub-lastro.

As sondagens foram posicionadas nos vértices de uma malha com 30,00 a 60,00 m de lado.

De cada sondagem, foram coletadas amostras para a realização dos seguintes ensaios :

- Granulometria por peneiramento;
- Limite de liquidez;
- Equivalente de areia em furos alternados;

Em furos alternados foram realizados ensaios de densidade “in situ”, ensaios de compactação e Índice de Suporte Califórnia.

As jazidas foram utilizadas, além do sub-lastro, para substituição de solos inadequados, revestimento primário das estradas laterais, base e sub-base das rodovias PE-555 e BR-122 e empréstimo para a terraplenagem da ferrovia. Apresenta-se na seqüência quadro com as áreas, volumes disponíveis e utilizados das 19 jazidas.

**FERROVIA TRANSNORDESTINA
ESTUDOS GEOTÉCNICOS - JAZIDAS**

Designação	Est. CM	Distância Monta (km)	Lado	Área (m²)	Volume Disponível (m³)	Volume utilizado (m³)					Espessura média utilizada (m)	
						Sublastro	Substituição de Solos Inadequados	Revest. Primário (estradas lat.)	Base e sub-base da BR-122 e PE-555	Terraplenagem da Ferrovia		Total
Jazida 01	69+10	0,0	Esq./Dir.	31.500	28.350	8.488	70	250	2.418	16.172	27.398	0,87
Jazida 02	622+10	0,0	Esq./Dir.	21.600	35.640	12.594		4.641			17.235	0,80
Jazida 03	1416+10	0,0	Esq./Dir.	21.600	61.560			1.851			1.851	0,09
Jazida 04	1936+10	0,0	Esq./Dir.	21.600	21.600			3.694			3.694	0,17
Jazida 05	2474+5	0,0	Esq./Dir.	29.725	107.902			5.892		100.000	105.892	3,56
Jazida 06 (Lixão)	2910+10	0,0	Esq./Dir.	25.626	102.504					99.313	99.313	3,88
Jazida 07	3380+15	0,0	Esq./Dir.	28.000	54.880					52.500	52.500	1,88
Jazida 08	3762+10	0,0	Esq./Dir.	26.325	105.300					100.000	100.000	3,80
Jazida 09	4071+0	0,0	Esq./Dir.	21.600	86.400		1.043	825			1.868	0,09
Jazida 10	4689+10	0,0	Esq./Dir.	21.600	86.400		5.339	4.821			10.160	0,47
Jazida 11 - Lagoa do Espírito Santo (Trindade)	4501+02,00	6,4	Dir.	60.000	74.400	17.188					17.188	0,29
Jazida 12 - Barra de São Pedro	4078+08,37	5,4	Esq.	40.000	32.000	12.700		1.403			14.103	0,35
	4309+09,83	5,7	Esq.									
Jazida 13 - Lagoa Comprida	3375+03,65	8,2	Esq.	50.000	59.500	12.102				31.864	43.966	0,88
	3757+05,85	2,5	Esq.									
Jazida 14 - Saco do Minador (Corredor)	3565+16,27	3,2	Esq.	40.000	40.000			471			471	0,01
	3757+05,85	3,0	Esq.									
Jazida 15 - Sítio do Papagaio	3375+03,65	0,1	Esq.	32.000	40.000			1.784		28.015	29.799	0,93
Jazida 16 - São Bento	3075+01,47	1,9	Dir.	30.000	18.600	12.395		1.612			14.007	0,47
Jazida 17 - Patos (Estrada da Extrema)	2786+14,60	2,0	Esq.	60.025	51.021	18.920		3.220	2.368	25.000	49.508	0,82
Jazida 18 - (BR-316 km 99+500)	1931+11,92	1,9	Dir.	40.000	37.200	14.667					14.667	0,37
Jazida 19 - Prop. Ivan Lino Leão	1602+19,84	0,5	Dir.	40.000	33.600	10.230		479			10.709	0,27
TOTAL				641.201	1.076.857	119.284	6.452	30.942	4.786	452.864	614.328	

3.2.5.3. ESTUDO DE PEDREIRA

No início do trecho ferroviário, junto ao km 2,0 ocorre um extenso afloramento de rocha granítica pouco fraturada, com características adequadas para o fornecimento de agregado britado para o lastro e, concreto de cimento Portland para obras-de-arte correntes e especiais e ainda para dormentes ferroviários.

A energia elétrica e fonte de água (adutora do Sertão) distam cerca de 2,0 km da ocorrência.

Tendo em conta as características geotécnicas e posicionamento estratégico da ocorrência, a mesma está sendo indicada para a utilização nas obras da ferrovia.

Executaram-se seis furos de sondagem rotativa, com coleta de amostras para a realização de ensaios de abrasão Los Angeles e Durabilidade.

O mapa de localização e as planilhas de ensaio estão sendo apresentados no Volume 3B – Estudos Geotécnicos.

3.2.5.4. ESTUDO DE AREAIS

A areia utilizada em construção civil em Parnamirim e Ouricuri, são coletadas nos leitos dos rios e riachos próximos, sem qualquer processamento de beneficiamento. As principais fontes situam-se em Bodocó e na localidade de Jacaré.

Localizou-se uma ocorrência de areia branca e limpa a margem da BR-316, próximo ao km 130,00 em confrontação ao km 10,00 do eixo ferroviário.

O mapa de localização destas jazidas e as planilhas resumo dos ensaios estão apresentadas no Volume 3B – Estudos Geotécnicos.

Para esta ocorrência programou-se uma campanha de sondagem e ensaios (granulometria, teor de matéria orgânica e equivalente de areia).

3.2.5.5. ESTUDO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

Foram realizadas sondagens mistas (percussão e rotativa), nos locais dos pilares, até atingir camada resistente, no caso de ocorrência

de rocha as sondagens rotativas abrangerão, no mínimo, seis metros na rocha.

Foram feitas as sondagens dos viadutos rodoviários sobre a BR-122 e da PE-555, bem como as sondagens das pontes sobre o riacho da Favela, riacho da Garça, riacho da Volta e riacho do Capim Grosso, cujos boletins de sondagem estão apresentados no Volume 3B – Estudos Geotécnicos.

3.3. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

3.3. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os trabalhos dos Estudos Topográficos foram baseados no Termo de Referência e na instrução de serviço do DNIT IS-205 – Estudos Topográficos para Projeto Executivos de Engenharia.

3.3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os levantamentos topográficos tiveram início após a definição de uma diretriz básica do segmento entre Parnamirim e Araripina, integrante da ferrovia Transnordestina.

Os levantamentos topográficos realizados constituem-se das seguintes etapas:

- Apoio básico feito através de GPS geodésicos;
- Poligonais Eletrônicas feitas com estação total de precisão angular de 3 segundos;
- Locação do eixo do projeto de 20 m em 20 m com estação total;
- Nivelamento e Contranivelamento do eixo locado;
- Seções transversais com um mínimo de 30 m para cada lado do eixo locado;
- Cadastro dos rios, riachos, córregos, das propriedades, lagoas e demais acidentes geográficos; e
- Amarrações dos pontos notáveis.

3.3.2 IMPLANTAÇÃO DE PONTOS DE REFERÊNCIA

3.3.2.1. Marcos Geodésicos

Antes mesmo da implantação dos marcos geodésicos, foi feito um reconhecimento do terreno, baseado na diretriz básica definida, com a utilização de um aparelho GPS de navegação, cadastrando todos os caminhos existentes que cruzam a linha ou que são paralelos as mesmas.

Numa segunda etapa foram implantados pares de marcos de concreto com 15 cm de diâmetro e 45 cm de altura, revestidos com PVC, com um pino central de aço e uma chapa de alumínio com a descrição do

mesmo. Estes marcos localizam-se em pontos estratégicos, tendo distância entre si nunca inferior a 500 m e na sua maioria próximo a 1000 m. Os pares de marcos foram implantados entre 5 e 10 km servindo de apoio as poligonais eletrônicas.

Os marcos dos pares que serviram de estação e azimute foram colocados o mais longe possível um do outro para uma maior precisão dos azimutes de partidas e chegadas, conseqüentemente melhorando a precisão das poligonais eletrônicas.

3.3.2.2. Transporte de Coordenadas Geodésicas

Antes mesmo da implantação dos marcos da poligonal geodésica de apoio, procurou-se o IBGE na cidade de Ouricuri/PE, onde se localizou os seguintes marcos de 1ª ordem, implantados no município e descritos no livro **“Pontos Geodésicos de Apoio Fundamental Estado de Pernambuco”**.

Nesta publicação, encontra-se o tópico *Vértices de Triangulação do Estado de Pernambuco*, implantado em 1963, com as coordenadas no sistema UTM, Zona 24, entre 42° W e 36° W, com Datum Horizontal SAD 69, Meridiano Central 39°W, da onde se extraiu os dados a seguir :

Marco	Coordenadas (UTM)		Cota (m)
	Norte (N)	Leste (E)	
Ouricuri	9.131.602,471	382.181,736	596,17
Serra Comprida	9.142.553,341	407.537,893	743,91
Badaboã	9.125.344,781	415.985,840	534,03
Lopes	9.112.288,103	394.074,877	616,28
Alto Grande	9.121.234,719	363.391,327	649,60
Inveja	9.098.929,428	369.042,118	761,56
Piqui	9.152.221,356	396.374,159	840,64

Em consulta ao IBGE na cidade de Salvador, fomos informados que na cidade de Crato, no Ceará, havia um marco homologado pelo IBGE, que está sendo rastreado 24 horas. Estas informações encontram-se disponíveis na internet. Como a distancia mais próxima de nossos marcos da poligonal básica em relação ao marco anteriormente citado encontra-se a 109 km, optamos por transportar estas coordenadas com um GPS de dupla frequência (o aparelho utilizado foi um Topcon HIPER GGD). Executou-se um rastreamento de 8 horas contínuas. Estes dados foram transportados para o marco CRS 14 da poligonal básica (implantado às margens da BR 122, a 10 km da cidade de Ouricuri).

O marco CRAT-RBMC na cidade de Crato/CE possui as seguintes dados:

- Coordenada UTM (N = 9.199.959,79 E = 454.158,78); e
- Cota = 446,57 m.

Para o transporte de coordenadas do marco CRS 14 para os demais marcos implantados para o apoio básico, utilizou-se um par de GPS Trimble de simples frequência. O rastreamento foi feito com distâncias máximas de 10 km e com tempo de rastreamento superior à uma hora por marco. O rastreamento foi realizado entre às 06:00 e 20:00 horas.

Para servir de base de todos os levantamentos executados, foram executadas duas poligonais geodésicas.

A primeira rastreou 15 pontos no modo estático, denominados de CRS 01, CRS 02, CRS 03, CRS 04, CRS 05, CRS 06, CRS 07, CRS 08, CRS 09, CRS 10, CRS 11, CRS 12, CRS 13, CRS 21 e CRS 22. Estes marcos são intervisíveis da seguinte maneira: o CRS 01 com o CRS 02 e CRS 22, o CRS 03 com o CRS 04, o CRS 05 com o CRS 06, o CRS 07 com o CRS 08, o CRS 09 com o CRS 10, o CRS 11 com o CRS 12, o CRS 13 com o CRS 14 e CRS 21.

A segunda poligonal geodésica rastreou 14 pontos no modo estático, denominados de CRS 15, CRS 16, CRS 17, CRS 18, CRS 19, CRS 20, CRS 21, CRS 22, CRS 23, CRS 24, CRS 25, CRS 26, CRS 27, CRS 28. Estes marcos são intervisíveis da seguinte maneira: o CRS 15 com o CRS 16, o CRS 17 com o CRS 18, o CRS 19 com o CRS 20, o CRS 23 com o CRS 24, o CRS 25 com o CRS 26, o CRS 27 com o CRS 28.

RELAÇÃO DAS COORDENADAS DOS MARCOS GEODESICOS

MARCO	COORDENADAS UTM		COTA (m)
	NORTE	LESTE	
CRS 01	9.104.368,588	430.763,118	405,028
CRS 02	9.103.715,398	430.082,970	398,969
CRS 03	9.109.195,956	424.516,503	421,850
CRS 04	9.109.231,799	425.066,365	428,971
CRS 05	9.113.292,363	414.606,547	418,239
CRS 06	9.113.830,808	415.005,408	407,697
CRS 07	9.117.789,745	406.203,353	422,445
CRS 08	9.116.850,294	406.372,487	434,912
CRS 09	9.120.920,467	396738,860	440,162
CRS 10	9.121.255,113	397451,666	441,668
CRS 11	9.122.869,154	386.362,994	432,279
CRS 12	9.123.506,374	386.682,725	440,783
CRS 13	9.123.136,753	377.744,327	450,877
CRS 14	9.122.261,921	377.281,660	448,051
CRS 15	9.126.168,665	365.267,510	475,944
CRS 16	9.125.806,527	365.494,198	483,981
CRS 17	9.132.558,803	356.539,155	488,683
CRS 18	9.133.168,559	356.358,871	497,302
CRS 19	9.139.336,759	354.985,734	510,705
CRS 20	9.139.332,350	354.480,620	511,149
CRS 21	9.123.419,947	377.875,817	450,798
CRS 22	9.103.797,940	430.010,590	393,847
CRS 23	9.147.372,008	351.769,081	524,383
CRS 24	9.147.952,872	351.907,033	530,221
CRS 25	9.151.389,723	345.360,174	590,087
CRS 26	9.151.609,417	345.910,332	578,729
CRS 27	9.154.462,115	341.443,234	603,563
CRS 28	9.154.476,520	340.907,718	612,094

Obs. As cotas acima são cotas em função do elipsóide. As cotas geométricas foram obtidas por nivelamento geométrico.

Apresentam-se a seguir as monografias dos marcos geodésicos implantados.

INSERIR MONOGRAFIAS DOS MARCOS GEODÉSICOS**24 FOLHAS****PG. 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110.**

3.3.2.3. Descrição dos Pontos

Todos os marcos implantados para o apoio básico, com coordenadas UTM, foram executados em concreto, com 15 cm de diâmetro e revestidos com PVC. Possuem pino de aço no centro e a identificação em baixo relevo no próprio concreto. Estes marcos serviram de apoio para todos os demais serviços.

Para facilitar o acesso aos marcos, todos os pares de marcos foram implantados ao longo de uma estrada vicinal.

3.3.3. LOCAÇÃO DOS PONTOS

Com a utilização de GPS de navegação, foram cadastradas todas as estradas existentes ao longo da linha de projeto da ferrovia e, a partir desses dados foi que se definiram as melhores posições para a locação dos marcos, seguindo-se os critérios a seguir:

- Estar próximo a uma estrada;
- Estar próximo à linha prevista para o eixo da ferrovia;
- Estar em lugar seguro; e
- Ter uma distância de intervisibilidade grande entre os pares de marcos (para minimizar possíveis erros azimutais nas partidas e chegadas das poligonais eletrônicas apoiadas nestes marcos).

A partir dos marcos de apoio, foram executadas Poligonais Eletrônicas, no eixo de projeto da Ferrovia Transnordestina. Para a execução deste trabalho, que se desenvolve no meio da caatinga do sertão Pernambucano, foi necessária a abertura de uma picada com 2,50 m de largura em praticamente toda a extensão do projeto.

Inicialmente foram implantadas e medidas todas as tangentes previstas na diretriz do projeto. Após o cálculo geodésico dessas poligonais com a definição das coordenadas das interseções das tangentes é que foram calculadas as coordenadas de cada estaca, tanto nas tangentes como nas curvas. Todas as coordenadas assim calculadas estão referenciadas no sistema UTM, para que haja uma perfeita superposição dos trabalhos de topografia com os trabalhos de levantamentos aerofotogramétricos.

Para a definição do eixo da ferrovia foram implantados em campo, dez poligonais eletrônicas com precisão angular inferior a $20'' \times \sqrt{n}$,

onde n é o número de vértices. Neste levantamento, obteve-se precisão linear superior a 1:10.000.

Relação das poligonais executadas:

Poligonal	Marco de início		Marco final	
	Estação	Ré	Estação	Vante
Poligonal Básica 01	CRS 13	CRS 14	CRS 12	CRS 11
Poligonal Básica 02	CRS 01	CRS 02	CRS 03	CRS 04
Poligonal Básica 03	CRS 20	CRS 19	CRS 23	CRS 24
Poligonal Básica 04	CRS 07	CRS 08	CRS 09	CRS 10
Poligonal Básica 05	CRS 07	CRS 08	CRS 05	CRS 06
Poligonal Básica 06	CRS 09	CRS 10	CRS 12	CRS 11
Poligonal Básica 07	CRS 05	CRS 06	CRS 03	CRS 04
Poligonal Básica 08	CRS 20	CRS 19	CRS 18	CRS 17
Poligonal Básica 09	CRS 18	CRS 17	CRS 15	CRS 16
Poligonal Básica 10	EE 532	CRS 15	EE 682	EE 683

A seguir, apresentam-se as tabelas com o fechamento das poligonais anteriormente citadas, a sua graficação está apresentada no Volume 2 – Projeto Execução.

**INSERIR TABELAS DE FECHAMENTO DAS POLIGONAIS E
GRAFICAÇÃO DAS MESMAS**

31 FOLHAS

**PGs. 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125,
126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 137, 138, 140,
141, 142, 143.**

3.3.3.1 Nivelamento dos Pontos

Para o nivelamento dos marcos geodésicos e para todo o levantamento altimétrico, partiu-se do RN do IBGE implantado na PE-555 distante 2,2km da estaca 50 no sentido de Petrolina. Além do contranivelamento altimétrico ainda conferimos os pontos nivelados com RN's do IBGE, implantados ao longo da BR-316 e da PE 555.

Estes marcos de concreto implantados na década de 60 encontram-se na sua maioria destruída, porém, em muitos casos ainda é possível se encontrar os marcos de segurança que foram implantados sob os marcos principais.

As cotas destes marcos, fornecidas pelo IBGE, foram transferidas para os marcos de apoio e para os marcos trigonométricos. Para estes transportes destas cotas geométricas utilizaram-se níveis óticos modelo NA02 da Wild.

3.3.4 MARCOS TRIGONOMÉTRICOS

Após a definição das coordenadas dos vértices do eixo da ferrovia e dos raios das curvas horizontais previstas e com apoio nas coordenadas dos marcos do apoio básico, foi dado o início à abertura de picadas para a implantação da linha de eixo do projeto.

Para a demarcação desta linha, de uma maneira segura, foram implantados marcos de concreto em todos os vértices utilizados como estação na abertura das picadas, com intervisibilidade entre eles e com distância nunca superior a 500 m.

3.3.4.1. Descrição dos Pontos

Estes marcos trigonométricos foram executados em concreto, revestidos com PVC, com 10 cm de diâmetro e 45 cm de altura. Possuem chapa de alumínio de identificação e pino de aço no centro. Foram implantados ao longo do eixo da linha, 312 marcos de vértices (apenas para mudança do aparelho), todos tendo visibilidade com o anterior e posterior.

3.3.4.2. Locação dos Pontos

Estes marcos trigonométricos, numa densidade de mais de três por km, cuja localização e cota estão descritos na planilha a seguir, materializam o eixo de toda a ferrovia, por serem construídos em concreto e

de estarem dentro de mata fechada (caatinga) e em região pouco habitada, cria uma situação favorável a não destruição dos mesmos.

PLANIMETRIA DA FERROVIA TRANSNORDESTINA						
Estaca	Marco	Distância	Coordenada (UTM)		Cota (m)	Azimute
			Norte (N)	Leste (E)		
50+0,000	EE 001	1.000,000	9.103.797,94	430.010,59	393,799	223°15'55"
60+3,684	EE 002	1.203,684	9.103.937,54	429.862,27	409,411	223°15'47"
62+11,209	EE 003	1.251,209	9.103.970,11	429.827,66	410,631	223°15'43"
76+0,882	EE 004	1.520,882	9.104.154,93	429.631,28	399,367	223°15'45"
82+0,735	EE 005	1.640,735	9.104.237,07	429.544,00	398,310	223°15'57"
85+10,035	EE 006	1.710,035	9.104.284,57	429.493,54	406,506	223°16'01"
89+9,670	EE 007	1.789,670	9.104.339,15	429.435,55	407,521	223°15'55"
100+15,836	EE 008	2.015,836	9.104.494,16	429.270,86	395,286	223°15'56"
106+0,260	EE 009	2.120,260	9.104.565,73	429.194,82	399,740	223°15'54"
111+7,209	EE 010	2.227,209	9.104.639,03	429.116,94	402,121	223°16'01"
117+5,414	EE 011	2.345,414	9.104.720,05	429.030,87	411,363	223°15'24"
122+15,279	EE 012	2.455,279	9.104.795,32	428.950,84	416,370	223°13'50"
133+16,569	EE 012A	2.676,569	9.104.946,85	428.789,57	418,368	223°12'07"
143+14,630	EE 013	2.874,630	9.105.082,40	428.645,16	421,984	223°09'55"
150+15,192	EE 014	3.015,192	9.105.178,52	428.542,60	424,745	223°09'50"
163+18,127	EE 015	3.278,127	9.105.358,46	428.350,88	413,732	223°11'06"
173+6,390	EE 016	3.466,390	9.105.487,30	428.213,61	412,790	223°11'10"
179+11,539	EE 017	3.591,539	9.105.572,95	428.122,36	417,941	223°12'15"
185+16,376	EE 018	3.716,376	9.105.658,44	428.031,39	420,737	223°12'10"
196+5,961	EE 019	3.925,961	9.105.801,87	427.878,57	425,151	223°10'03"
198+4,519	EE 020	3.964,519	9.105.828,24	427.850,44	427,253	223°09'18"
205+4,336	EE 021	4.104,336	9.105.923,88	427.748,45	427,658	223°09'37"
210+14,051	EE 022	4.214,051	9.105.998,93	427.668,42	431,455	223°09'32"
221+18,787	EE 023	4.438,787	9.106.152,65	427.504,48	434,829	223°09'30"
231+4,173	EE 024	4.624,173	9.106.279,46	427.369,25	436,213	223°09'33"
242+17,660	EE 025	4.857,660	9.106.439,17	427.198,93	435,633	223°09'31"
258+18,307	EE 026	5.178,307	9.106.658,50	426.965,03	435,439	223°08'42"
278+10,953	EE 027	5.570,953	9.106.926,94	426.678,48	432,859	223°07'57"
290+17,390	EE 028	5.817,390	9.107.095,43	426.498,64	431,169	223°07'54"
299+10,929	EE 029	5.990,929	9.107.214,07	426.371,99	427,527	223°08'51"
311+7,005	EE 030	6.227,005	9.107.375,57	426.199,80	427,067	223°10'46"
331+18,682	EE 031	6.638,682	9.107.657,35	425.899,67	420,162	223°12'12"
340+17,561	EE 032	6.817,561	9.107.779,83	425.769,30	412,088	223°12'44"
346+5,652	EE 033	6.925,652	9.107.853,84	425.690,52	412,192	223°12'55"
348+17,975	EE 034	6.977,975	9.107.889,67	425.652,39	415,693	223°12'55"
358+3,561	EE 035	7.163,561	9.108.016,74	425.517,13	417,895	223°10'45"
364+15,180	EE 036	7.295,180	9.108.106,75	425.421,10	416,883	223°08'50"
374+16,676	EE 037	7.496,676	9.108.244,55	425.274,09	422,088	223°08'49"
386+15,117	EE 038	7.735,117	9.108.407,61	425.100,12	422,476	223°08'50"
394+13,988	EE 039	7.893,988	9.108.516,26	424.984,21	418,251	223°08'51"
418+2,515	EE 040	8.362,515	9.108.836,67	424.642,37	418,727	223°08'50"
425+10,186	EE 041	8.510,186	9.108.937,66	424.534,63	421,670	223°08'45"
432+2,265	EE 042	8.642,265	9.109.027,98	424.438,26	421,184	223°07'19"
439+12,156	PCE 01	8.792,156	9.109.130,40	424.328,82	420,938	223°05'59"

PLANIMETRIA DA FERROVIA TRANSNORDESTINA						
Estaca	Marco	Distância	Coordenada (UTM)		Cota (m)	Azimute
			Norte (N)	Leste (E)		
530+10,117	PT 01	10.610,117	9.110.106,70	422.807,12	436,364	202°16'03"
540+8,842	EE 196	10.808,842	9.110.182,00	422.623,21	447,046	202°17'28"
559+0,981	EE 197	11.180,981	9.110.323,30	422.278,94	448,270	202°19'43"
570+19,551	EE 198	11.419,551	9.110.413,99	422.058,28	427,295	202°21'20"
577+5,758	EE 199	11.545,758	9.110.462,02	421.941,57	429,730	202°22'59"
585+12,939	EE 200	11.712,939	9.110.525,72	421.787,00	422,707	202°24'33"
588+4,616	EE 201	11.764,616	9.110.545,43	421.739,23	416,215	202°25'17"
595+4,122	EE 202	11.904,122	9.110.598,64	421.610,27	412,715	202°25'25"
606+10,340	EE 203	12.130,340	9.110.684,94	421.401,16	423,753	202°25'39"
609+16,808	EE 204	12.196,808	9.110.710,30	421.339,72	423,381	202°25'49"
615+17,306	EE 205	12.317,306	9.110.756,28	421.228,34	419,334	202°25'50"
628+7,372	EE 206	12.567,372	9.110.851,69	420.997,19	436,032	202°25'49"
632+13,672	EE 207	12.653,672	9.110.884,62	420.917,42	435,047	202°26'02"
636+6,592	EE 208	12.726,592	9.110.912,45	420.850,02	428,338	202°26'18"
640+3,138	EE 209	12.803,138	9.110.941,67	420.779,27	432,298	202°27'10"
642+6,607	EE 210	12.846,607	9.110.958,28	420.739,10	433,037	202°28'27"
645+19,302	EE 211	12.919,302	9.110.986,08	420.671,93	425,111	202°30'03"
652+6,046	EE 212	13.046,046	9.111.034,62	420.554,85	427,191	202°31'01"
657+6,037	EE 213	13.146,037	9.111.072,91	420.462,48	425,089	202°30'54"
662+1,331	EE 214	13.241,331	9.111.109,40	420.374,45	428,543	202°31'51"
664+14,559	EE 215	13.294,559	9.111.129,81	420.325,29	429,807	202°33'27"
670+3,058	EE 216	13.403,058	9.111.171,45	420.225,10	423,233	202°34'13"
672+7,762	EE 217	13.447,762	9.111.188,61	420.183,82	416,946	202°33'56"
677+17,217	EE 218	13.557,217	9.111.230,60	420.082,74	418,371	202°33'32"
686+14,989	EE 219	13.734,989	9.111.298,80	419.918,57	408,116	202°33'23"
689+10,862	EE 220	13.790,862	9.111.320,23	419.866,97	402,306	202°33'31"
698+3,963	EE 220 ^a	13.963,963	9.111.386,65	419.707,12	398,847	202°32'52"
702+8,409	EE 221	14.048,409	9.111.419,01	419.629,12	398,522	202°32'27"
711+2,368	EE 222	14.222,368	9.111.485,72	419.468,46	409,871	202°20'49"
733+9,248	EE 224	14.669,248	9.111.657,00	419.055,71	419,433	202°37'03"
746+2,376	EE 225	14.922,376	9.111.754,35	418.822,05	422,802	202°36'57"
748+4,689	EE 226	14.964,689	9.111.770,62	418.782,99	421,231	202°37'02"
754+0,098	EE 227	15.080,098	9.111.815,01	418.676,46	430,531	202°37'22"
757+6,931	EE 228	15.146,931	9.111.840,72	418.614,77	431,062	202°30'02"
764+14,189	EE 229	15.294,189	9.111.896,78	418.478,60	433,423	202°45'01"
774+8,196	EE 229 ^a	15.488,196	9.111.972,97	418.300,18	434,775	202°47'34"
776+8,947	EE 230	15.528,947	9.111.988,54	418.262,52	434,862	202°27'50"
781+14,671	EE 231	15.634,671	9.112.028,94	418.164,82	431,353	202°27'34"
795+6,790	EE 232	15.906,790	9.112.132,87	417.913,33	417,260	202°21'45"
800+13,490	EE 233	16.013,490	9.112.173,31	417.814,59	419,132	202°28'17"
804+12,050	EE 234	16.092,050	9.112.203,59	417.742,10	414,838	202°41'04"
807+10,204	EE 235	16.150,204	9.112.226,03	417.688,45	411,864	202°42'41"
816+10,424	EE 236	16.330,424	9.112.295,65	417.522,22	409,717	202°44'13"
827+13,672	EE 237	16.553,672	9.112.381,98	417.316,34	409,464	202°45'02"
837+16,158	EE 238	16.756,158	9.112.460,29	417.129,61	410,254	202°45'11"
846+11,428	EE 239	16.931,428	9.112.528,08	416.967,98	407,158	202°45'20"
856+17,207	EE 239 ^a	17.137,207	9.112.607,68	416.778,22	397,734	202°44'12"

PLANIMETRIA DA FERROVIA TRANSNORDESTINA						
Estaca	Marco	Distância	Coordenada (UTM)		Cota (m)	Azimute
			Norte (N)	Leste (E)		
857+3,137	EE 240	17.143,137	9.112.609,97	416.772,75	397,794	202°42'28"
859+10,430	EE 241	17.190,430	9.112.628,22	416.729,12	397,604	202°41'34"
870+16,025	EE 242	17.416,025	9.112.715,23	416.520,98	398,839	202°40'20"
874+14,654	EE 243	17.494,654	9.112.745,52	416.448,42	406,090	202°39'40"
880+9,828	EE 244	17.609,828	9.112.789,90	416.342,14	408,149	202°39'43"
882+17,432	EE 245	17.657,432	9.112.808,24	416.298,21	405,059	202°39'46"
899+4,243	EE 246	17.984,243	9.112.934,18	415.996,64	402,428	202°40'45"
908+18,630	EE 047	18.178,630	9.113.009,17	415.817,30	397,309	202°42'21"
912+6,518	EE 048	18.246,518	9.113.035,39	415.754,68	394,839	202°43'49"
916+14,085	EE 049	18.334,085	9.113.069,24	415.673,92	393,432	202°45'22"
930+13,114	EE 050	18.613,114	9.113.177,24	415.416,64	393,964	202°47'04"
937+6,981	EE 051	18.746,981	9.113.229,11	415.293,23	397,070	202°48'37"
944+17,952	EE 052	18.897,952	9.113.287,67	415.154,08	407,162	202°50'06"
949+9,048	EE 053	18.989,048	9.113.323,04	415.070,13	411,963	202°51'44"
968+0,791	EE 054	19.360,791	9.113.467,56	414.727,63	410,971	202°53'29"
973+6,083	EE 055	19.466,083	9.113.508,54	414.630,64	416,372	202°54'14"
977+13,808	EE 056	19.553,808	9.113.542,68	414.549,83	412,917	202°54'07"
993+2,771	EE 057	19.862,771	9.113.662,91	414.265,22	410,336	202°54'02"
1014+18,134	EE 058	20.298,134	9.113.832,32	413.864,17	426,607	202°53'54"
1021+12,121	EE 059	20.432,121	9.113.884,45	413.740,74	429,522	202°53'49"
1027+19,704	EE 060	20.559,704	9.113.934,09	413.623,21	423,309	202°53'06"
1039+10,610	EE 061	20.790,610	9.114.023,84	413.410,46	432,547	202°53'02"
1050+10,536	EE 062	21.010,536	9.114.109,40	413.207,86	437,002	202°54'26"
1065+6,784	EE 063	21.306,784	9.114.224,77	412.935,00	441,315	202°55'51"
1074+14,416	EE 064	21.494,416	9.114.297,91	412.762,21	441,194	202°57'18"
1090+14,989	EE 065	21.814,989	9.114.423,00	412.467,05	438,669	202°58'45"
1105+5,962	EE 066	22.105,962	9.114.536,65	412.199,19	444,675	203°00'11"
1128+8,093	EE 068	22.568,093	9.114.717,44	411.773,89	440,462	203°02'20"
1134+15,669	EE 069	22.695,669	9.114.767,37	411.656,49	434,824	203°02'19"
1162+15,604	EE 070	23.255,604	9.114.986,49	411.141,21	442,052	203°02'15"
1173+6,548	EE 071	23.466,548	9.115.069,04	410.947,09	443,658	203°02'08"
1184+1,005	EE 072	23.681,005	9.115.152,95	410.749,73	441,511	203°02'50"
1200+10,278	EE 073	24.010,278	9.115.281,93	410.446,77	442,000	203°04'14"
1208+9,861	EE 074	24.169,861	9.115.344,49	410.299,96	439,088	203°05'43"
1220+11,133	EE 075	24.411,133	9.115.439,19	410.078,05	433,065	203°07'16"
1247+12,616	EE 076	24.952,616	9.115.651,91	409.580,10	451,003	203°07'56"
1259+10,666	EE 077	25.190,666	9.115.745,43	409.361,19	452,886	203°07'52"
1271+3,904	EE 078	25.423,904	9.115.837,05	409.146,70	450,053	203°07'46"
1275+12,549	EE 079	25.512,549	9.115.871,87	409.065,18	450,446	203°07'43"
1285+2,854	EE 080	25.702,854	9.115.946,62	408.890,17	443,263	203°07'46"
1293+18,222	EE 081	25.878,222	9.116.015,51	408.728,90	434,667	203°07'47"
1301+19,016	EE 082	26.039,016	9.116.078,67	408.581,03	422,093	203°07'47"
1308+1,818	EE 083	26.161,818	9.116.126,91	408.468,10	421,408	203°07'45"
1312+13,115	EE 084	26.253,115	9.116.162,77	408.384,14	422,393	203°08'19"
1319+13,477	EE 085	26.393,477	9.116.217,95	408.255,08	420,421	203°09'55"
1324+4,169	EE 086	26.484,169	9.116.253,65	408.171,71	417,585	203°11'25"
1329+14,544	EE 087	26.594,544	9.116.297,13	408.070,26	412,789	203°12'49"

PLANIMETRIA DA FERROVIA TRANSNORDESTINA						
Estaca	Marco	Distância	Coordenada (UTM)		Cota (m)	Azimute
			Norte (N)	Leste (E)		
1333+12,057	EE 088	26.672,057	9.116.327,70	407.999,03	408,563	203°14'40"
1341+12,215	EE 089	26.832,215	9.116.390,95	407.851,89	420,056	203°16'16"
1346+18,478	EE 090	26.938,478	9.116.432,95	407.754,28	418,548	203°17'01"
1355+14,615	EE 091	27.114,615	9.116.502,58	407.592,49	414,735	203°17'04"
1359+5,552	EE 092	27.185,552	9.116.530,62	407.527,33	410,386	203°16'57"
1362+12,699	EE 093	27.252,699	9.116.557,16	407.465,65	409,086	203°16'07"
1368+19,132	EE 094	27.379,132	9.116.607,08	407.349,49	415,996	203°14'41"
1373+8,793	EE 095	27.468,793	9.116.642,45	407.267,10	419,448	203°14'43"
1384+19,434	EE 096	27.699,434	9.116.733,52	407.055,20	423,990	203°16'10"
1398+14,242	EE 097	27.974,242	9.116.842,14	406.802,77	429,421	203°16'55"
1410+18,643	EE 098	28.218,643	9.116.938,74	406.578,27	433,120	203°16'54"
1421+14,303	EE 099	28.434,303	9.117.023,98	406.380,17	433,345	203°17'47"
1424+0,320	EE 100	28.480,320	9.117.042,19	406.337,91	428,462	203°19'32"
1428+7,754	EE 101	28.567,754	9.117.076,83	406.257,63	434,338	203°20'30"
1440+18,913	EE 102	28.818,913	9.117.176,35	406.027,03	434,789	203°20'29"
1447+5,424	EE 103	28.945,424	9.117.226,47	405.910,87	428,839	203°20'28"
1454+17,404	EE 104	29.097,404	9.117.286,69	405.771,33	437,380	203°20'26"
1463+16,856	EE 105	29.276,856	9.117.357,78	405.606,56	442,892	203°20'14"
1477+0,984	EE 106	29.540,984	9.117.462,41	405.364,04	446,649	203°20'07"
1486+18,716	EE 107	29.738,716	9.117.540,73	405.182,48	452,077	203°20'15"
1494+5,988	EE 108	29.885,988	9.117.599,08	405.047,26	458,554	203°20'21"
1500+14,981	EE 109	30.014,981	9.117.650,18	404.928,82	460,106	203°20'25"
1519+1,198	EE 110	30.381,198	9.117.795,29	404.592,58	435,838	203°20'36"
1522+17,035	EE 111	30.457,035	9.117.825,34	404.522,95	442,493	203°20'37"
1533+11,294	EE 112	30.671,294	9.117.910,24	404.326,23	453,713	203°20'42"
1537+7,906	EE 113	30.747,906	9.117.940,60	404.255,89	458,115	203°20'52"
1545+9,511	EE 114	30.909,511	9.118.004,65	404.107,52	459,932	203°21'13"
1557+0,447	EE 115	31.140,447	9.118.096,21	403.895,51	447,437	203°21'18"
1563+8,126	EE 116	31.268,126	9.118.146,82	403.778,29	456,314	203°20'54"
1570+8,289	EE 117	31.408,289	9.118.202,36	403.649,60	457,972	203°20'21"
1574+9,306	EE 118	31.489,306	9.118.234,45	403.575,21	452,342	203°19'49"
1584+1,745	EE 119	31.681,745	9.118.310,65	403.398,50	428,641	203°19'19"
1591+11,408	EE 120	31.831,408	9.118.369,89	403.261,06	433,386	203°18'39"
1614+11,603	EE 121	32.291,603	9.118.551,95	402.838,41	436,811	203°17'48"
1622+11,631	EE 122	32.451,631	9.118.615,22	402.691,42	445,208	203°16'57"
1628+14,012	EE 123	32.574,012	9.118.663,58	402.579,00	446,937	203°15'33"
1648+11,586	EE 124	32.971,586	9.118.820,47	402.213,69	466,220	203°13'40"
1651+11,790	EE 125	33.031,790	9.118.844,20	402.158,36	465,303	203°11'35"
1674+9,399	EE 126	33.489,399	9.119.024,27	401.737,67	442,006	203°09'34"
1681+2,807	EE 127	33.622,807	9.119.076,71	401.615,00	439,330	203°07'40"
1692+13,847	EE 128	33.853,847	9.119.167,39	401.402,50	426,320	203°05'23"
1701+12,026	EE 129	34.032,026	9.119.237,21	401.238,57	432,281	203°03'10"
1707+14,002	EE 130	34.154,002	9.119.284,94	401.126,32	432,756	203°02'51"
1738+2,305	EE 131	34.762,305	9.119.523,20	400.566,62	420,009	203°04'19"
1754+12,886	EE 132	35.092,886	9.119.652,82	400.262,51	407,067	203°05'24"
1772+19,411	EE 133	35.459,411	9.119.796,59	399.925,36	407,552	203°06'48"
1787+17,844	EE 134	35.757,844	9.119.913,83	399.650,92	411,268	203°09'10"

PLANIMETRIA DA FERROVIA TRANSNORDESTINA						
Estaca	Marco	Distância	Coordenada (UTM)		Cota (m)	Azimute
			Norte (N)	Leste (E)		
1796+9,526	EE 135	35.929,526	9.119.981,39	399.493,09	415,845	203°11'45"
1813+19,880	EE 136	36.279,880	9.120.119,51	399.171,11	422,368	203°13'27"
1833+9,531	EE 137	36.669,531	9.120.273,20	398.813,05	425,516	203°13'53"
1847+2,637	EE 138	36.942,637	9.120.380,93	398.562,09	426,294	203°13'55"
1879+1,256	EE 139	37.581,256	9.120.632,83	397.975,25	431,246	203°13'55"
1909+1,161	EE 140	38.181,161	9.120.869,47	397.423,99	435,380	203°13'52"
1941+6,116	EE 141	38.826,116	9.121.123,85	396.831,32	444,595	203°13'49"
1970+6,437	EE 142	39.406,437	9.121.352,75	396.298,05	443,543	203°13'53"
1989+16,091	EE 143	39.796,091	9.121.506,45	395.939,99	445,290	203°14'01"
2000+11,166	EE 144	40.011,166	9.121.591,30	395.742,36	446,876	203°14'08"
2027+13,406	EE 145	40.553,406	9.121.805,22	395.244,10	447,301	203°14'11"
2052+14,397	EE 146	41.054,397	9.122.002,88	394.783,75	444,124	203°14'14"
2080+18,094	EE 147	41.618,094	9.122.225,28	394.265,78	440,372	203°14'16"
2097+7,857	EE 148	41.947,857	9.122.355,39	393.962,77	440,854	203°14'20"
2125+19,129	EE 149	42.519,129	9.122.580,80	393.437,85	442,560	203°14'19"
2156+12,519	EE 150	43.132,519	9.122.822,81	392.874,22	450,608	203°14'16"
2178+16,792	EE 151	43.576,792	9.122.998,10	392.465,99	455,047	203°14'17"
2208+11,835	PCE 02	44.171,835	9.123.232,87	391.919,22	454,985	203°14'16"
2314+9,361	PT 02	46.289,361	9.123.637,69	389.856,84	448,342	178°58'21"
2335+10,245	EE 475	46.710,245	9.123.630,14	389.436,02	443,175	178°58'17"
2368+19,983	EE 476	47.379,983	9.123.618,10	388.766,39	443,900	178°58'10"
2394+16,127	EE 477	47.896,127	9.123.608,81	388.250,33	442,409	178°58'11"
2420+16,561	EE 478	48.416,561	9.123.599,46	387.729,98	441,186	178°58'13"
2482+14,962	EE 481	49.654,962	9.123.577,13	386.491,78	441,642	178°57'46"
2506+17,709	EE 482	50.137,709	9.123.568,41	386.009,11	440,930	178°57'52"
2520+14,398	EE 483	50.414,398	9.123.563,41	385.732,47	438,979	178°57'47"
2532+5,593	EE 484	50.645,593	9.123.559,22	385.501,31	435,495	178°57'45"
2548+14,920	EE 485	50.974,920	9.123.553,26	385.172,04	435,657	178°57'41"
2578+16,881	EE 486	51.576,881	9.123.542,34	384.570,18	441,616	178°57'35"
2606+3,985	EE 487	52.123,985	9.123.532,40	384.023,16	442,892	178°57'27"
2631+11,876	EE 488	52.631,876	9.123.523,14	383.515,36	443,218	178°57'22"
2660+13,314	EE 489	53.213,314	9.123.512,55	382.934,01	444,244	178°57'19"
2682+7,693	EE 490	53.647,693	9.123.504,62	382.499,71	442,680	178°57'19"
2707+14,596	EE 491	54.154,596	9.123.495,38	381.992,89	443,788	178°57'19"
2719+10,548	EE 492	54.390,548	9.123.491,08	381.756,98	441,452	178°57'18"
2728+19,215	EE 493	54.579,215	9.123.487,64	381.568,34	438,123	178°57'18"
2745+12,106	EE 494	54.912,106	9.123.481,57	381.235,51	427,214	178°57'13"
2773+5,864	EE 495	55.465,864	9.123.471,44	380.681,84	426,843	178°57'02"
2802+13,376	EE 496	56.053,376	9.123.460,66	380.094,43	439,429	178°56'56"
2826+16,392	EE 497	56.536,392	9.123.451,80	379.611,49	442,074	178°56'55"
2861+3,496	EE 498	57.223,496	9.123.439,19	378.924,50	450,045	178°56'54"
2887+0,358	EE 499	57.740,358	9.123.429,71	378.407,73	445,748	178°56'55"
2913+12,359	EE 500	58.272,359	9.123.419,95	377.875,82	452,988	178°57'04"
2948+15,198	EE 501	58.975,198	9.123.407,11	377.173,10	445,528	178°57'13"
2957+11,370	EE 502	59.151,370	9.123.403,89	376.996,95	448,752	178°56'01"
2977+10,954	EE 503	59.550,954	9.123.396,32	376.597,44	452,286	178°55'24"
2986+17,199	PCD 03	59.737,199	9.123.392,85	376.411,23	453,025	178°55'59"

PLANIMETRIA DA FERROVIA TRANSNORDESTINA						
Estaca	Marco	Distância	Coordenada (UTM)		Cota (m)	Azimute
			Norte (N)	Leste (E)		
3061+14,910	PT 03	61.234,910	9.123.587,98	374.931,92	452,568	196°05'44"
3074+16,411	EE 508	61.496,411	9.123.660,48	374.680,67	454,623	196°05'52"
3099+8,984	EE 509	61.988,984	9.123.797,08	374.207,42	457,363	196°05'14"
3114+6,261	EE 510	62.286,261	9.123.879,39	373.921,77	454,664	196°03'13"
3120+13,545	EE 511	62.413,545	9.123.914,54	373.799,43	453,726	196°01'03"
3130+1,151	EE 512	62.601,151	9.123.966,26	373.619,10	454,115	195°59'17"
3149+0,909	EE 513	62.980,909	9.124.070,77	373.254,00	461,385	195°58'23"
3176+14,280	EE 514	63.534,280	9.124.223,04	372.721,99	461,220	195°58'34"
3184+7,003	EE 515	63.687,003	9.124.265,09	372.575,17	459,603	195°57'46"
3202+19,404	EE 516	64.059,404	9.124.367,39	372.217,10	459,880	195°56'57"
3216+4,821	EE 517	64.324,821	9.124.440,34	371.961,90	459,992	195°57'58"
3241+8,374	EE 518	64.828,374	9.124.578,96	371.477,81	462,247	195°58'49"
3267+2,910	EE 519	65.342,910	9.124.720,63	370.983,16	468,490	195°58'10"
3294+10,241	EE 520	65.890,241	9.124.871,10	370.456,92	471,207	195°57'21"
3321+5,756	EE 521	66.425,756	9.125.018,30	369.942,03	473,124	195°56'57"
3361+8,275	EE 522	67.228,275	9.125.238,75	369.170,38	482,670	195°55'50"
3370+14,047	EE 523	67.414,047	9.125.289,70	368.991,73	492,499	195°55'01"
3381+12,066	EE 524	67.632,066	9.125.349,49	368.782,07	496,111	195°54'14"
3422+6,588	EE 525	68.446,588	9.125.572,51	367.998,68	488,441	195°51'37"
3434+4,358	EE 526	68.684,358	9.125.637,37	367.769,92	491,718	195°49'26"
3456+6,075	EE 527	69.126,075	9.125.757,77	367.344,93	495,002	195°48'36"
3482+18,580	EE 528	69.658,580	9.125.902,78	366.832,55	506,154	195°47'53"
3491+7,831	EE 529	69.827,831	9.125.948,85	366.669,69	504,612	195°46'51"
3518+8,976	EE 530	70.368,976	9.126.095,90	366.148,91	491,343	195°45'27"
3544+9,215	EE 531	70.889,215	9.126.237,09	365.648,20	483,907	195°42'51"
3565+18,908	EE 532	71.318,908	9.126.353,23	365.234,50	474,924	195°41'56"
3603+11,138	EE 533	72.071,138	9.126.556,99	364.510,39	473,194	195°43'36"
3623+8,485	EE 534	72.468,485	9.126.664,76	364.127,94	471,864	195°45'04"
3647+19,587	EE 535	72.959,587	9.126.798,19	363.655,31	490,750	195°46'19"
3668+13,849	EE 536	73.373,849	9.126.910,83	363.256,66	501,615	195°46'42"
3674+19,372	EE 537	73.499,372	9.126.944,96	363.135,86	501,150	195°46'45"
3692+1,877	EE 538	73.841,877	9.127.038,11	362.806,27	494,119	195°46'58"
3705+3,184	EE 539	74.103,184	9.127.109,19	362.554,81	488,570	195°47'11"
3720+6,483	EE 540	74.406,483	9.127.191,71	362.262,95	495,307	195°47'14"
3734+3,030	EE 541	74.683,030	9.127.266,95	361.996,84	496,932	195°45'44"
3759+2,658	EE 542	75.182,658	9.127.402,46	361.515,94	498,141	195°43'16"
3775+18,245	EE 543	75.518,245	9.127.493,30	361.192,88	496,157	195°42'16"
3804+10,321	EE 544	76.090,321	9.127.648,14	360.642,16	488,732	195°42'15"
3818+19,331	EE 545	76.379,331	9.127.726,37	360.363,94	491,171	195°42'15"
3828+11,027	EE 546	76.571,027	9.127.778,26	360.179,40	490,112	195°42'17"
3849+19,109	EE 547	76.999,109	9.127.894,13	359.767,30	489,986	195°42'22"
3865+19,353	EE 548	77.319,353	9.127.980,83	359.459,01	487,544	195°42'28"
3884+1,496	PCD 04	77.681,496	9.128.078,88	359.110,39	482,650	195°42'30"
3956+9,169	PT 04	79.129,169	9.129.034,64	358.098,18	484,477	251°00'19"
3969+12,403	EE 675	79.392,403	9.129.283,54	358.012,50	482,295	251°00'25"
3996+10,592	EE 676	79.930,592	9.129.792,43	357.837,36	490,097	251°00'30"
4013+18,130	EE 677	80.278,130	9.130.121,05	357.724,26	490,737	251°00'33"

PLANIMETRIA DA FERROVIA TRANSNORDESTINA						
Estaca	Marco	Distância	Coordenada (UTM)		Cota (m)	Azimute
			Norte (N)	Leste (E)		
4094+15,226	EE 680	81.895,226	9.131.650,15	357.198,09	492,598	251°00'48"
4123+5,228	EE 681	82.465,228	9.132.189,14	357.012,65	497,490	251°00'47"
4143+12,807	EE 682	82.872,807	9.132.574,54	356.880,03	499,768	251°00'19"
4165+10,715	EE 683	83.310,715	9.132.988,59	356.737,45	499,878	250°59'50"
4192+1,451	EE 684	83.841,451	9.133.490,40	356.564,63	501,346	250°59'45"
4219+11,113	EE 685	84.391,113	9.134.010,10	356.385,63	499,482	250°59'37"
4240+3,467	EE 686	84.803,467	9.134.399,97	356.251,33	492,521	250°59'30"
4263+2,754	EE 687	85.262,754	9.134.834,21	356.101,73	499,979	250°59'28"
4276+8,082	EE 688	85.528,082	9.135.085,07	356.015,31	504,230	250°59'29"
4295+1,240	EE 689	85.901,240	9.135.437,88	355.893,77	504,891	250°59'22"
4315+3,420	EE 690	86.303,420	9.135.818,12	355.762,75	500,575	250°59'12"
4326+16,232	EE 691	86.536,232	9.136.038,23	355.686,90	502,384	250°59'10"
4340+0,353	EE 692	86.800,353	9.136.287,94	355.600,85	507,124	250°58'59"
4361+14,357	EE 693	87.234,357	9.136.698,25	355.459,41	508,297	250°58'50"
4373+2,141	EE 694	87.462,141	9.136.913,60	355.385,18	504,039	250°58'55"
4401+6,843	EE 695	88.026,843	9.137.447,48	355.201,17	509,207	250°58'49"
4415+4,812	EE 696	88.304,812	9.137.710,27	355.110,57	508,298	250°58'44"
4443+3,271	EE 697	88.863,271	9.138.238,24	354.928,57	510,510	250°58'55"
4455+3,638	EE 698	89.103,638	9.138.465,49	354.850,25	512,372	250°59'03"
4482+4,884	EE 699	89.644,884	9.138.977,20	354.673,90	513,147	250°59'10"
4501+1,192	EE 700	90.021,192	9.139.332,98	354.551,31	513,201	250°59'17"
4514+15,685	EE 701	90.295,685	9.139.592,50	354.461,89	513,649	250°59'18"
4530+4,108	EE 702	90.604,108	9.139.884,10	354.361,42	512,581	250°59'26"
4555+14,898	EE 703	91.114,898	9.140.367,04	354.195,06	517,142	250°59'34"
4565+3,639	EE 704	91.303,639	9.140.545,49	354.133,59	516,839	250°59'39"
4583+18,555	EE 705	91.678,555	9.140.899,97	354.011,50	517,218	250°59'47"
4611+17,780	EE 706	92.237,780	9.141.428,72	353.829,41	517,826	250°59'54"
4638+10,761	EE 707	92.770,761	9.141.932,66	353.655,88	513,724	250°59'59"
4666+10,284	EE 708	93.330,284	9.142.461,70	353.473,72	513,414	251°00'06"
4680+10,823	EE 709	93.610,823	9.142.726,96	353.382,40	519,160	251°00'11"
4706+10,147	EE 710	94.130,147	9.143.218,00	353.213,35	516,352	251°00'15"
4725+8,172	EE 711	94.508,172	9.143.575,44	353.090,31	526,328	251°00'17"
4738+4,395	EE 712	94.764,395	9.143.817,71	353.006,91	528,527	251°00'20"
4753+19,034	EE 713	95.079,034	9.144.115,22	352.904,51	525,059	251°00'26"
4779+4,469	EE 714	95.584,469	9.144.593,14	352.740,02	527,254	251°00'30"
4803+19,376	EE 715	96.079,376	9.145.061,11	352.578,97	521,276	251°00'33"
4827+0,907	EE 716	96.540,907	9.145.497,52	352.428,78	521,953	251°00'39"
4847+11,159	EE 717	96.951,159	9.145.885,45	352.295,30	522,517	251°00'47"
4863+1,788	EE 718	97.261,788	9.146.179,18	352.194,24	520,167	251°00'50"

3.3.4.3. Nivelamento dos Pontos

Estes marcos trigonométricos foram todos nivelados e contranivelados no mesmo tempo em que foram nivelados os piquetes da locação, sempre partindo e fechando os nivelamentos em marcos de RN's do IBGE, transferindo-se as cotas através de nivelamento geométrico.

3.3.5 LINHA GERAL

3.3.5.1. Locação e Amarração do Eixo

Após a execução das poligonais eletrônicas, que tiveram como estação os marcos trigonométricos, foram calculadas e compensadas com a utilização do software TOPOGRAPH. Este forneceu como resultado, coordenadas UTM, com Datum SAD 69 e cotas trigonométricas transportadas via estação total.

Após o cálculo das poligonais e com as coordenadas UTM de cada vértice, foram definidas as coordenadas de cada estaca e de cada marco (vértice), através do software Topograph. Estes dados foram transferidos automaticamente às estações totais, para a locação em campo dos pontos (estaqueamento). Esta locação foi feita com equidistância de 20 m. Onde existem pontos relevantes, foram locados pontos intermediários.

As curvas também foram locadas com estação total, a partir de marcos trigonométricos de coordenadas UTM.

O eixo locado pela densidade de marcos de concreto implantados ficou muito bem amarrado, sendo possível a reconstituição da linha a qualquer tempo. Também foram implantados marcos de concreto nos pontos notáveis das curvas locadas, ou seja, no início (PC) e fim (PT). Cada ponto destes foi amarrado em V com quatro marcos de concreto.

3.3.5.2. Nivelamento e Contra – Nivelamento do Eixo

A partir de marcos do IBGE que se encontram ao longo da BR 316 e PE 555, com cotas geométricas, foram transportadas cotas para a linha estaqueada (eixo do projeto). A partir dessas cotas, foram nivelados e contra-nivelados todos os piquetes implantados no eixo do projeto da ferrovia Transnordestina.

Ao longo da rodovia estadual PE-555 e da rodovia federal BR-316, existem marcos de concreto do IBGE com referências de níveis.

O primeiro ponto do IBGE utilizado foi o marco **344 H**, localizado na rodovia Petrolina – Parnamirim, nivelado em 1957. Este possui uma chapa de ferro fundido cravada no lado direito da ponte sobre o Riacho dos Veados, com cota de 386,5102. Esta antiga ponte está localizada a 2.200 m do marco inicial de nossos trabalhos. A partir destas cotas, geometricamente foram transportadas cotas para os marcos de GPS geodésico, que se encontram próximos a estaca inicial.

O segundo ponto do IBGE utilizado foi o marco **511 P**, localizado ao longo da rodovia Parnamirim – Ouricuri localizado à 33 m da margem direita, 140 m aquém da ponte sobre o Rio Estaca e, 220 m além do entroncamento para Bodoco. Este marco possui cota de 409,3294. Deste marco transportaram-se cota para os GPS CRS 05 e CRS 06, passando por dentro da Vila de Quixába.

O terceiro ponto do IBGE utilizado foi o marco **512 A**. Possui chapa cravada no lado esquerdo da porta principal da Igreja Matriz de Ouricuri, com cota de 451,4053. Deste marco transportaram-se cota para os GPS CRS 21, CRS 13 e CRS 14, passando com o nivelamento por dentro da cidade de Ouricuri seguindo pela BR-222.

O quarto ponto do IBGE utilizado foi o marco **510 L**, localizado a 24 m da margem direita da Rodovia BR-316, na confrontação da casa do Sr. Nelson Lopes da Silva, 6,4 km aquém da Capela da localidade de Espírito Santo, com cota de 517,8514.

3.3.5.3. Levantamento de Seções Transversais

Foram levantadas Seções Transversais em cada estaca do eixo locado, com extensão de 30,00 m para cada lado do eixo. Nos locais planos sem nenhuma ondulação foram levantados dois pontos para cada lado do eixo e, onde o terreno apresenta ondulações ou talvegues foi levantado um maior número de pontos.

Para a execução destes trabalhos utilizaram-se três tipos de aparelhos. Um nível ótico com precisão de 0,70mm/km, um nível ótico com precisão de 2,00 mm/km e uma estação total com precisão angular de 5 segundos.

No caso do nivelamento com nível ótico, o mesmo foi executado instalando-se o aparelho na seção a ser nivelada. Fez-se uma visada à ré no eixo da seção anterior. Desta maneira foi possível a verificação de todas as diferenças de níveis entre as seções.

No caso da utilização de estação total, instalava-se um prisma sobre o piquete de uma estaca conhecida a ré e, este prisma ficava ali instalado, servindo de ré até onde havia visibilidade, enquanto que a estação total era instalada sobre o piquete do eixo da seção transversal a ser levantada.

Para processar estes dados, quando se utilizou nível ótico, todas as seções foram digitadas no *modulo seções* do software Topograph. No caso do levantamento com estação total, todos os dias eram descarregados as estações totais em um computador, diretamente no

software Topograph, no *modulo coletor de dados*, onde era criado um arquivo com o nome do segmento levantado no dia.

Para um melhor controle dos arquivos armazenados, foi criada uma planilha em Excel para controle do conteúdo de cada arquivo, com as estacas de inicio e fim, que serviu alem de organizar evitar a duplicidade de levantamentos.

3.3.5.4. Levantamento Cadastral da Faixa de Domínio

Estes trabalhos foram executados por duas equipes distintas, a primeira equipe foi a de locação de eixo, que teve a responsabilidade de levantar todas as cercas existentes ao longo do traçado.

Uma segunda equipe utilizando uma estação total percorreu toda a linha locada do inicio ao fim, cadastrando tudo que era pertinente, principalmente os talvegues de riachos, a calha dos rios, as casas existentes dentro e próximas à faixa de domínio, postes, estradas, caminhos, rochas aflorando, banhados, açudes, etc.

3.3.6. LEVANTAMENTOS DE ÁREAS ESPECIAIS

3.3.6.1. Triangulo de Reversão Inicio do Trecho

Para o levantamento do Triangulo de Reversão, dispositivo de manobras dos trens previsto no encontro do Lote 2 com o Lote 3, foi feito uma poligonal com estação total, partindo do marco EE 001 localizado na estaca 50 com ponto azimutal no marco EE 002. A partir do ponto de inicio foi feito uma poligonal aberta de 140,00 m em 140,00 m, seguindo o projeto das curvas, conforme planta a seguir.

Após a implantação desta poligonal, a mesma foi estaqueada com eqüidistância de 20,00 m.

Após a execução do estaqueamento, este eixo foi nivelado e contra-nivelado, ao mesmo tempo em que a equipe de levantamento de seções transversais fazia o nivelamento das transversais em cada piquete com uma extensão de 30,00 m para cada lado do eixo.

3.3.6.2. Pátios de Cruzamento

Para o projeto destes pátios e por se encontrarem ao longo do eixo de projeto o alargamento das seções transversais foi suficiente para

abranjerem esta área, dando subsídios suficientes para a execução dos projetos.

3.3.6.3. Pêra Ferroviária Trindade

A Pêra Ferroviária foi levantada topograficamente no final deste trecho da ferrovia. Por se tratar de um dispositivo que permitirá a manobra dos trens, bem como o retorno dos mesmos sem manobras, uma ampla área foi cadastrada. Esta se localiza da estaca 4.709 a estaca 4.922, havendo uma curva com raio de 180,00m no final do trecho para permitir o retorno dos comboios ferroviários. Além do estaqueamento de 20,00 m em 20,00 m, foram executadas seções transversais com extensão de 30,00 m para cada lado do eixo, além do cadastro das benfeitorias atingidas.

3.3.6.4. Interseções com Rodovias

Ao longo de todo eixo locado foram levantadas todas as interseções com as rodovias, caminhos e estradas vicinais, para permitir que sejam executados os projetos de interseções, com barreiras no caso de passagens em níveis ou viadutos no caso de rodovias.

Nas rodovias da PE-555 e BR-122 foram levantados no mínimo 350,00 m para cada lado do eixo da ferrovia e numa faixa mínima de 30,00 m para cada lado da rodovia. Com estes elementos foi possível estudar a concordância da rodovia sobre a ferrovia obedecendo às normas quanto à velocidade diretriz da rodovia.

3.3.6.5. Pontes

Em todos os locais previstos para execução de pontes, foram feitos levantamentos topográficos com batimetria. Foram levantadas varias seções transversais da calha do rio, no mínimo 100,00 m a montante ou a jusante do eixo da ferrovia. Nestas seções foi pego o nível atual do nível d'água, o nível e o ano da enchente máxima, além das características de solo, vegetação, tipo de talvegue, etc.

3.3.6.6. Bueiros

Para o dimensionamento das obras-de-arte correntes, foram feitos levantamentos topográficos com estação total de todos os talvegues existentes ao longo do eixo de projeto da ferrovia. Partindo de marcos de coordenadas conhecidas ou de piquetes cotados, foram criados pontos

auxiliares de apoio, que permitiram o levantamento das seções transversais da calha do talvegue. Desta maneira coletaram-se dados suficientes para o dimensionamento dos bueiros.

3.3.7 LEVANTAMENTOS DAS OCORRÊNCIAS DE MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO

3.3.7.1 Jazidas para Terraplenagem Complementar

Ao longo e próximo do eixo da ferrovia foram executados furos de sondagens, numa malha de furos espaçados de 30,00 m em 30,00 m, em locais que o solo era de boas características. Estas jazidas foram levantadas topograficamente plani- altimetricamente, para se poder além de localizá-las, avaliar seu volume disponível. Nove jazidas foram estudadas ao longo da ferrovia. Também foram niveladas todas as bocas dos furos de sondagens.

3.3.7.2. Jazidas e Material Pétreo para a Superestrutura

Para a execução da Superestrutura foi definida a pedreira que se encontra no eixo do projeto da ferrovia entre as estacas 141 e 153. Pela sua posição estratégica, próxima ao início dos trabalhos, esta pedreira servirá tanto para o fornecimento de pedra britada para a execução dos dormentes, como para lastro da base da ferrovia. Foram locados nove furos de sondagens. Também se realizou um levantamento planialtimétrico numa área de 188m x 234m. Este levantamento foi executado com estação total, apoiado nos marcos trigonométricos que se encontram dentro da área levantada.

Segue abaixo, registro fotográfico da pedreira.



4. PROJETOS

4.1. PROJETO GEOMÉTRICO

4.1. PROJETO GEOMÉTRICO

4.1.1 INTRODUÇÃO

O Projeto Geométrico aqui apresentado foi elaborado em observância aos Termos de Referência (Anexo II) apenso ao Edital de Concorrência Pública nº 001/2005 de 08 de abril de 2005, nos dispostos no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (1999), na IS-207 Instrução de Serviço para Estudos Preliminares para Rodovias (Estudo de Traçado), na IS-208 Instrução de Serviço para Projeto Geométrico, nas normas pertinentes da ABNT e da AREMA.

Além das referências acima citadas, para o detalhamento das soluções propostas, foram consideradas proposições contidas no Projeto Básico e decisões tomadas em conjunto com a fiscalização do projeto quando das discussões técnicas havidas.

Para a elaboração do presente projeto, foram obtidas no USGS – United State Geological Survey imagens de satélite que possibilitaram, mediante utilização do software Arq View, a vetorização das curvas de nível. A base cartográfica foi gerada na escala 1:20.000 com isótacas de 10/10 m.

Com base no projeto desenvolvido, o traçado se desenvolve com um rumo aproximado SO.

Foram previstos ao longo da ferrovia um triangulo de reversão (início do traçado), uma përa ferroviária de reversão (final do traçado), dois pátios de cruzamento com superestrutura completa e dois pátios de cruzamento para expansão futura.

4.1.2 INFORMAÇÕES BÁSICAS

Para a elaboração do projeto geométrico foram utilizados os seguintes subsídios:

- Dados e estudos realizados durante a fase de elaboração do Projeto Básico;
- Estudos Topográficos;
- Sondagens e respectivos ensaios de caracterização do subleito.

4.1.3 ELEMENTOS DE PROJETO

4.1.3.1 VELOCIDADE DIRETRIZ

De acordo com o Termo de Referência, a velocidade diretriz (de projeto) é de 80 km/h. Entretanto, de acordo com o mesmo Termo de Referência, o raio mínimo de projeto é de 400 m, logo, aplicando a fórmula simplificada para a definição da velocidade máxima (de projeto) pelo critério da segurança, tem-se:

- Para bitola métrica (*)

$$V_{\max} = 4,2 \cdot \sqrt{R} \quad : \quad V_{\max} = 84 \text{ km/h}$$

- Para bitola larga

$$V_{\max} = 4,8 \cdot \sqrt{R} \quad : \quad V_{\max} = 96 \text{ km/h}$$

(*) Durante a fase de construção, por conveniência operacional da concessionária, o trecho poderá operar temporariamente com bitola métrica.

4.1.3.2 TREM CARACTERÍSTICO (VEÍCULO DE PROJETO)

O trem característico, considerado para o dimensionamento da geometria da vias, segundo os Termos de Referência terá uma composição com 2 locomotivas de 4.000 HP (cada uma) e 110 vagões.

Segundo informações obtidas com a concessionária, a locomotiva deverá ser a EMD (GM) SD70 ou GE Desh 9, com peso total de 186 t e carga máxima por eixo de 32,5 t e o vagão Crítico, TCT – tanque manga “T” com comprimento de 20 m de engate a engate.

4.1.3.3 ALINHAMENTO HORIZONTAL

4.1.3.3.1 CONCORDÂNCIA HORIZONTAL

Foram utilizadas curvas horizontais circulares e com espiral de transição.

As espirais utilizadas foram as clotóides.

Para cálculo das curvas horizontais (circular e de transição) foram adotadas as seguintes equações:

$$Tg = q + (R + p) \cdot tg \frac{Ac}{2}$$

$$Dc = Ac \cdot R - lc$$

$$Sc = \frac{lc}{2 \cdot R}$$

$$p = x_c - [R \cdot (1 - \cos S_c)]$$

$$q = y_c - R \cdot \text{sen } S_c$$

$$x_c = \frac{lc}{3} \cdot \left(1 - \frac{S_c^2}{14} + \frac{S_c^4}{440} \right)$$

$$y_c = lc \cdot \left(1 - \frac{S_c^2}{10} + \frac{S_c^4}{216} \right)$$

Para curva circular $lc = 0$

Onde:

Tg – tangente da curva (m);

Dc – desenvolvimento circular da curva (m);

Ac – ângulo central (rad);

lc – comprimento da curva de transição (m);

Sc – ângulo central do ramo de transição (rad);

R – raio da curva circular (m);

x_c, y_c – coordenadas cartesianas da espiral

p – afastamento entre as tangentes (curva circular x curva de transição)

q – recuo do PC / PT da curva circular em relação à de transição (TE / ET)

4.1.3.3.2 SUPERLARGURA

Superlargura é o excesso de distância em relação a bitola usada, tem a função de facilitar a rodagem em cone, impedindo ou atenuando o arrastamento da roda externa sobre o trilho, diminuindo os

desgaste e as resistências das curvas; e facilitar a inscrição dos veículos nas curvas. O valor da superlargura será adotado pela fórmula:

- Para $R < 500$ m: $S = \frac{6}{R} - 0,012$

Onde:

S – superlargura (m), sendo $S \leq 0,02$ m

R – raio de curvatura horizontal (m)

- Para $R > 500$ m: $S = \frac{6000}{R} - 5$

Onde:

S – superelevação (mm)

R – raio de curvatura horizontal (m)

Para o raio mínimo de projeto de 400 m e velocidade de projeto de 80 km/h, tem-se superelevação de 0,003 m. Em virtude desse valor ser muito baixo, optou-se por dispensar as superlarguras.

4.1.3.3.3 SUPERELEVAÇÃO

A superelevação teórica ou de equilíbrio é aquela que permite contrabalançar toda a aceleração decorrente do movimento do um trem a uma velocidade numa determinada curva. Segundo a dedução que se encontra em livros especializados, a superelevação teórica é dada pela seguinte fórmula:

$$ht = a \times V^2 / (g \times R), \text{ onde}$$

V → velocidade (m/s);

a → bitola da linha + largura do boleto do trilho;

g → aceleração da gravidade = 9,81 m/s²

R → raio da curva em metros.

A superelevação real ou prática está relacionada com a segurança do tráfego e é menor que a superelevação teórica.

Para trens de carga, foi utilizado o critério da segurança à circulação, conforme Garcia Lomas y Cossio, com a seguinte fórmula:

$h_p = a \times V^2 / (127 \times R) - (a/(n \times H)) \times (a/2 - d)$, onde

h_p → superelevação efetiva;

a = bitola + largura do boleto;

n → coeficiente de segurança = 5;

H → altura do centro de gravidade do material rodante; bitola métrica = 1,90m, bitola larga = 2,10m

d → deslocamento do centro de gravidade = 0,11m

A largura do boleto para o trilho UIC 60 é de 74,3mm

- Para a bitola métrica: $a = 1000 + 74,3 = 1074,3\text{mm}$
- Para a bitola larga: $a = 1600 + 74,3 = 1673,4\text{mm}$

Com os valores assim colocados a fórmula fica:

- Para a bitola métrica:

$$h_p = 1074,3 \times V^2 / 127 / R - (1074,3/5/1900) \times (1074,3/2 - 110)$$

$$h_p = 8,459 \times V^2 / R - 48,3\text{mm}$$

- Para a bitola larga:

$$h_p = 1674,3 \times V^2 / 127 / R - (1673,4/5/2100) \times (1674,3/2 - 110)$$

$$h_p = 13,183 \times V^2 / R - 116\text{mm}$$

A velocidade diretriz para a bitola métrica é de 60Km/h e para a bitola larga é de 80Km/h. O raio da curva para a bitola larga é de 400m e para a bitola métrica é de 399,7m, pois a linha é mista, e a diferença é entre os eixos das bitolas métrica e larga.

- Para a bitola métrica (60km/h):

$$hp = 8,459 \times 60^2 / 399,7 - 48,3 = 27,9\text{mm} \sim \mathbf{28 \text{ mm}}$$

- Para a bitola larga (80km/h):

$$hp = 13,183 \times 80^2 / 400 - 116 = 94,9\text{mm} \sim \mathbf{95 \text{ mm}}$$

A superelevação limite é igual a 1/10 da bitola, portanto, para a bitola larga, a superelevação máxima não pode ultrapassar a 160mm, e para a bitola métrica, não pode ultrapassar a 100mm.

Levando em consideração os limites acima impostos, a velocidade máxima é dada para a o hp máximo:

- Bitola métrica:

$$V_{\text{máx}} = ((hp + 48,3) / 8,459)^{0,5} \times R^{0,5} = ((100 + 48,3) / 8,459)^{0,5} \times 399,7^{0,5} = \mathbf{83,7\text{Km/h}}$$

- Bitola larga:

$$V_{\text{máx}} = ((hp + 116) / 13,183)^{0,5} \times R^{0,5} = ((160 + 116) / 13,183)^{0,5} \times 400^{0,5} = \mathbf{91,5\text{Km/h}}$$

A torção não pode ser maior que 1mm/m para a bitola larga e 1,5mm/m para a bitola métrica.

Em curva a superelevação é dada no trilho externo (rodo).

Em curvas reversas, com extensas curvas de transição, mas sem tangente intermediária, o trilho externo da primeira curva deverá ir reduzindo a superelevação, atendendo o limite máximo de torção até nivelar-se com o outro trilho; daí em diante se manterá nesse nível numa extensão de 20 metros. A seguir começa a elevar-se novamente, atendendo a condição de torção até atingir novamente sua superelevação normal. A razão de ter esses 20 metros intermediários sem superelevação permite que o vagão ou locomotiva passe de uma curva para outra sem experimentar esforço anormal de torção em sua estrutura. Não há necessidade de se modificar o projeto geométrico. Esses 20 metros estão nas pontas de duas curvas de transição de raio muito grande.

Em duas curvas do mesmo sentido, com tangente intermediária menor de 20 metros, pode-se reduzir a superelevação da

primeira da primeira até 28 mm, que é o máximo tolerável; daí em diante deve manter esses mesmos 28 mm na extensão de 20 metros e, a seguir, tornar a aumentar até atingir seu valor hp já estabelecido para esta segunda curva. O valor 28 mm pode ser arredondado para 30 mm.

Nas linhas de pátios não deve ser colocada qualquer superelevação exceto na adjacente à linha de movimento, se for na parte interna da curva, caso em que se dará a superelevação mínima necessária para atender a exigência de gabarito devido à superelevação na linha em movimento.

Segue abaixo tabela com os trechos com superelevação:

TRECHO	CURVA	RAIO (m)	SUPERELEVAÇÃO (mm)		
			B=1,0m	B=1,6m	ADOTADA
TRIÂNGULO DE REVERSÃO RAMO A	CURVA 2	743,630	0,0	0,0	0
TRIÂNGULO DE REVERSÃO RAMO B	CURVA 3	400,000	27,9	94,9	95
	CURVA 4	400,000	27,9	94,9	95
LINHA GERAL	CURVA 46	5.000,00	0,0	0,0	0
	CURVA 472	5.000,00	0,0	0,0	0
	CURVA 506	5.000,00	0,0	0,0	0
	CURVA 551	1.500,00	0,0	0,0	0
PÊRA	CURVA 5	180,140	0,0	0,0	0
	CURVA 6	180,140	0,0	0,0	0
	CURVA 7	314,500	0,0	0,0	0
	CURVA 8	300,000	0,0	0,0	0
	CURVA 9	300,000	0,0	0,0	0

4.1.3.3.4 GABARITO HORIZONTAL

O gabarito horizontal de livre passagem é de 2,80 m, largura a partir do eixo da linha.

4.1.3.4 ALINHAMENTO VERTICAL

4.1.3.4.1 RAMPA MÁXIMA E COMPENSAÇÃO DA RAMPA

A rampa máxima de projeto é de 1,0% para o sentido importação e de 0,6% para exportação. Para compensação da rampa, segundo a fórmula de Bricka, recomenda deduzir 10% da resistência da

curvas horizontais para definição das rampas máximas a serem projetadas. Segue abaixo a fórmula da compensação da rampa:

$$i = i_{\text{máx}} - 0,1.R_c$$

$$R_c = (500.B) / R$$

onde: i – rampa a adotar (%)

$i_{\text{máx}}$ – rampa máxima de projeto (%)

R_c – resistência da curva (kg/t)

B – bitola da via (m)

R – raio da curva horizontal (m)

4.1.3.4.2 CONCORDÂNCIA VERTICAL

A concordância vertical foi obtida com a utilização da parábola de segundo grau, cuja fórmula utilizada foi a abaixo apresentada.

$$C_P = C_{PC} + x \cdot i_1 - \frac{x^2 \cdot \Delta i}{2 \cdot L}$$

C_P – cota de um ponto distante x metros do PC da curva

x – distância do PC da curva ao ponto P qualquer (m)

i_1 – rampa anterior ao PC da curva (m/m)

Δi – diferença das rampas anterior e posterior (m/m)

L – extensão da curva vertical (m)

4.1.3.4.3 GABARITO VERTICAL

O gabarito vertical de livre passagem é 8,00, medidos de acima do boleto do trilho.

4.1.3.3.4 RELATÓRIO PLANIALTIMÉTRICO

Apresentamos na seqüência relatório planimétrico e altimétrico do traçado da ferrovia.

INSERIR RELATÓRIO PLANILTIMÉTRICO

14 FOLHAS

**PG. 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178,
179, 180, 181.**

INSERIR RELATÓRIO ALTIMÉTRICO

2 FOLHAS

PG. 182,183

4.1.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Segue abaixo o quadro das características técnicas propostas e quadro das características do traçado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PROPOSTAS		
		Observações
Ferrovia	Ramal do Gesso	
Trecho	Parnamirim - Araripina	
Extensão Contratual	112,6 Km	
Bitola da Via	1,60 m	
Rampa Máxima Sent. Importação	1,00%	
Rampa Máxima Sent. Exportação	0,60%	
Rampa Mínima	0,25%	em segmento de corte
Raio de Curvatura Horizontal Mínimo	400,00 m	
Valor mínimo de K para curvas verticais	200	para curvas concavas e cônvexas
Velocidade Diretriz	80 Km/h	
Faixa de Domínio Mínima	40,00 m	
Trem Característico	110 Vagões + 2 Locomotivas de 4.000HP	
Extensão dos Pátios de Cruzamento	2,5 Km	
Distância entre Pátios	40,00 Km	c/ superestrutura acabada
AMV na Linha Principal	01:14	
AMV nas Linhas Secundárias	01:10	
Trilhos	UIC 60	
Fixação	Elástica	
Dormente	Linha corrida - concreto monobloco	AMV: madeira tratada
Trem Tipo	TB 360	
Gabarito de Livre Passagem	8,00 m	altura acima do boleto do trilho
	2,80 m	largura a partir do eixo da linha
Largura da plataforma de terraplenagem	7,5 m	em aterro
Largura do lastro	3,30 m	
Largura do sub-lastro	6,12 m	
Inclinação talude de corte	1:1 (V:H)	material de 1ª e 2ª categoria
	4:1 (V:H)	material de 3ª categoria
Inclinação talude de aterro	2:3 (V:H)	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO TRAÇADO	
FERROVIA:	RAMAL DO GESSO
TRECHO:	PARNAMIRIM - ARARIPINA
LOTE:	3
EXTENSÃO PROJETADA:	100.286,87 m
VELOCIDADE DIRETRIZ:	80 km/h

PLANIMETRIA		
EXTENSÃO		
RAMO A (TRIÂNGULO DE REVERSÃO)	COMPRIMENTO (m)	1.426,87
RAMO B (TRIÂNGULO DE REVERSÃO)	COMPRIMENTO (m)	1.248,31
LINHA GERAL	COMPRIMENTO (m)	93.252,92
PÊRA	COMPRIMENTO (m)	4.358,77
EXTENSÃO TOTAL	COMPRIMENTO (m)	100.286,87
EXTENSÃO EM TANGENTE	COMPRIMENTO (m)	90.463,814
	PERCENTUAL	90,21%
EXTENSÃO EM CURVA	COMPRIMENTO (m)	9.823,060
	PERCENTUAL	9,79%
CURVA 2 (RAMO A)	RAIO (m)	743,630
	DESENVOLVIMENTO (m)	1.251,040
CURVA 3 (RAMO B)	RAIO (m)	400,000
	DESENVOLVIMENTO (m)	553,500
CURVA 4 (RAMO B)	RAIO (m)	400,000
	DESENVOLVIMENTO (m)	186,550
CURVA 46	RAIO (m)	5.000,00
	DESENVOLVIMENTO (m)	1.817,460
CURVA 472	RAIO (m)	5.000,00
	DESENVOLVIMENTO (m)	2.117,530
CURVA 506	RAIO (m)	5.000,00
	DESENVOLVIMENTO (m)	1.497,710
CURVA 551	RAIO (m)	1.500,00
	DESENVOLVIMENTO (m)	1.447,670
CURVA 5 (PÊRA)	RAIO (m)	180,140
	DESENVOLVIMENTO (m)	307,620
CURVA 6 (PÊRA)	RAIO (m)	180,140
	DESENVOLVIMENTO (m)	352,700
CURVA 7 (PÊRA)	RAIO (m)	314,500
	DESENVOLVIMENTO (m)	165,350
CURVA 8 (PÊRA)	RAIO (m)	300,000
	DESENVOLVIMENTO (m)	74,060
CURVA 9 (PÊRA)	RAIO (m)	300,000
	DESENVOLVIMENTO (m)	51,870
EXTENSÃO MAIOR TANGENTE (m)		35.679,243
RAIO MÁXIMO (m)		5.000,00
RAIO MÍNIMO (m)		180,14
CURVAS POR QUILOMETRO		0,00012

ALTIMETRIA		
RAMPAS SENTIDO IMPORTAÇÃO (ASCENDENTE)	COMPRIMENTO (m)	38.122,88
	PERCENTUAL	40,84%
	DECLIVIDADE MÁXIMA	1,000%
	DECLIVIDADE MÍNIMA	0,100%
RAMPAS SENTIDO EXPORTAÇÃO (DESCENDENTE)	EXTENSÃO MAIOR RAMPAS (m)	6.232,86
	COMPRIMENTO (m)	23.105,00
	PERCENTUAL	24,75%
	DECLIVIDADE MÁXIMA	0,600%
TRECHOS SEM DECLIVIDADE	DECLIVIDADE MÍNIMA	0,150%
	EXTENSÃO MAIOR (m)	3.539,49
	COMPRIMENTO (m)	14.658,98
	PERCENTUAL	15,70%
CURVAS CONVEXAS	DECLIVIDADE	0,000%
	EXTENSÃO MAIOR (m)	4.391,69
CURVAS CÔNCAVA	COMPRIMENTO (m)	10.900,00
	PERCENTUAL	11,68%
CURVAS CÔNCAVA	COMPRIMENTO (m)	13.500,00
	PERCENTUAL	14,46%

4.2. PROJETO TERRAPLENAGEM

4.2. PROJETO TERRAPLENAGEM

4.2.1 ELEMENTOS BÁSICOS

No desenvolvimento do Projeto de Terraplenagem foram considerados os seguintes elementos básicos:

- Normas e Especificações Técnicas do DNIT;
- Classe da Rodovia Decorrente dos Estudos de Tráfego;
- Resultados dos Estudos Geotécnicos;
- Estudos Topográficos e Projeto Geométrico;
- Estudos Hidrológicos e;
- Visitas de Inspeção ao local da Ferrovia.

4.2.1.1 COEFICIENTE DE CORREÇÃO DE VOLUMES

Determinou-se para o trecho em questão os seguintes coeficientes de volume no aterro compactado / volume no corte:

- C1 = 1,25 (1ª categoria);
- C2 = 1,15 (2ª categoria);
- C3 = 0,85 (3ª categoria).

4.2.1.2 INCLINAÇÃO DOS TALUDES

Com base nos elementos normativos, no Termo de Referência e na classificação da terraplenagem, chegou-se as seguintes inclinações para os taludes na linha geral:

- 1ª e 2ª categorias: 1,0 (H) : 1,0 (V) para cortes
1,5 (H) : 1,0 (V) para os aterros
- 3ª categoria: 1,0 (H) : 4,0 (V) para os cortes
1,5 (H) : 1,0 (V) para os aterros

4.2.1.3 TERRAPLENAGEM DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

Os movimentos de terra decorrente da implantação dos dispositivos de drenagem serão quantificados e apresentados no Projeto de Drenagem.

4.2.1.4 SERVIÇOS PRELIMINARES

Os serviços preliminares constituem-se basicamente na limpeza, compreendendo na remoção da camada superficial de até 0,20 m e desmatamento e destocamento da área de implantação da plataforma de terraplenagem.

4.2.2 SEÇÃO TRANSVERSAL

As seções transversais da ferrovia apresentam as seguintes características básicas:

- Largura da plataforma destinada para execução do sublastro: 7,50 m;
- Largura destinada para execução dos valetões laterais:
 - Corte em rocha:
 - Tipo A (base 0,5 m e altura 0,7 m): 0,85 m;
 - Tipo B (base 0,5 m e altura 1,0 m): 1,00 m;
 - Tipo C (base 1,0 m e altura 1,5 m): 1,75 m;
 - Tipo D (base 1,5 m e altura 1,5 m): 2,25 m;
 - Corte em solo:
 - Tipo E (base 0,5 m e altura 1,5 m): 3,50 m;
 - Tipo F (base 2,0 m e altura 1,5 m): 5,75 m;
- Inclinação transversal: -3,0%;
- Desconsiderados valores de superlargura e superelevação na terraplenagem;

- Execução de banquetas, com 3,0 m de largura, tanto em cortes como aterro, sempre que a altura dos taludes for superior 10 m, com exceção dos cortes em material de 3ª categoria;
- Camada final do aterro: aterros com cota até 1,0 m abaixo do greide de terraplenagem, deverão ser compactados à 100% do proctor normal;
- Corpo do aterro: aterros com cota superior a 1,0 m abaixo do greide de terraplenagem, deverão ser compactados à 95% do proctor normal;
- Corte em rocha: sub-lastro será executado com material drenante, substituindo a camada drenante.

A seção transversal tipo dos encontros dos viadutos das rodovias PE-555, localizada na estaca 49+12,91, e BR-122, estaca 2.913+05,82, apresentam as seguintes características:

- Largura das faixas de tráfego: 3,50 m;
- Largura do acostamento: 1,50 m;
- Largura da folga: 1,50 m;
- Camada final do aterro: aterros com cota até 0,6 m abaixo do greide de terraplenagem, deverão ser compactados à 100% do proctor normal;
- Corpo do aterro: aterros com cota superior a 0,6 m abaixo do greide de terraplenagem, deverão ser compactados à 95% do proctor normal;
- Execução de banquetas, com 3,0 m de largura, tanto em cortes como aterro, sempre que a altura dos taludes for superior 10 m.

As seções transversais tipo de terraplenagem estão apresentadas as no Volume 2 – Projeto de Execução.

4.2.3 EMPRÉSTIMOS / BOTA FORAS

Estão previstos empréstimos para complementação dos aterros, sempre que as distâncias de transporte dos cortes forem excessivas. As jazidas dos empréstimos para terraplenagem e seus respectivos volumes seguem abaixo:

Jazida	Estaca (CM)	Distância Morta (km)	Lado	Volume utilizado na terraplenagem da Ferrovia (m³)
Jazida 01	69+10	0,0	Esq./Dir.	16.172
Jazida 05	2474+05	0,0	Esq./Dir.	100.000
Jazida 06 (Lixão)	2910+10	0,0	Esq./Dir.	99.313
Jazida 07	3380+15	0,0	Esq./Dir.	52.500
Jazida 08	3762+10	0,0	Esq./Dir.	100.000
Jazida 13 - Lagoa Comprida	3375+03,65	8,2	Esq.	31.864
	3757+05,85	2,5	Esq.	
Jazida 15 - Sítio do Papagaio	3375+03,65	0,1	Esq.	28.015
Jazida 17 – Patos (Estrada da Extrema)	2786+14,60	2,0	Esq.	25.000
TOTAL				452.864

Os materiais excedentes da terraplenagem terão como destino os bota-foras relacionados abaixo:

Bota-fora	Estaca			Lado	Volume (m³)
	Início	Final	CM		
BF01	1419+10	1459+10	1446+8	esq. / dir.	28.610,99
BF02	1717+10	1763+0	1750+10	esq. / dir.	85.628,45
BF03	1775+0	1809+10	1782+0	esq. / dir.	36.065,94
BF04	1852+10	1870+10	1863+0	esq. / dir.	18.038,00
BF05	2034+10	2094+10	2079+8	esq. / dir.	10.550,39
BF06	4030+10	4070+10	4051+0	esq. / dir.	36.628,58
BF07	4225+10	4259+10	4241+18	esq. / dir.	33.413,35
BF08	4680+0	4724+10	4700+5	esq. / dir.	31.774,63
					280.710,33

Apresenta-se na seqüência diagrama linear com a localização das jazidas dos empréstimos e bota-foras.

FORA

INSERIR DIAGRAMA LINEAR DAS JAZIDAS E BOTA

1 FOLHA

PG.191

4.2.4 RESUMO DOS QUANTITATIVOS DE TERRAPLENAGEM

Apresenta-se abaixo os quadros resumos do movimento de terra e suas respectivas distâncias de transporte:

Aterro:

Serviço	Volume (m ³)
Compactação de aterros a 95% proctor normal	1.471.054,14
Compactação de aterros a 100% proctor normal	366.442,51
Compactação de camada final de aterro em rocha	55.168,35
Construção de Corpo de Aterro em Rocha	2.286.897,91
Compactação de material de "bota-fora"	277.388,40
Total	4.456.951,31

Corte:

Serviço	Volume de Corte Geométrico (m ³)			
	1a CAT.	2a CAT.	3a CAT.	Total
Esc. Carga e Transporte até 50 m	25.279,42	5.516,40	1.131,74	31.927,56
Esc. Carga e Transporte DMT 50 a 200 m	11.785,84	2.359,36	21.510,94	35.656,14
Esc. Carga e Transporte DMT 200 a 400 m	47.242,61	5.655,42	41.613,97	94.512,00
Esc. Carga e Transporte DMT 400 a 600 m	105.434,86	12.646,41	92.058,27	210.139,54
Esc. Carga e Transporte DMT 600 a 800 m	188.541,89	12.036,32	30.918,43	231.496,64
Esc. Carga e Transporte DMT 800 a 1000 m	78.620,94	4.889,66	110.334,69	193.845,29
Esc. Carga e Transporte DMT 1000 a 1200 m	93.398,99	1.387,59	293.084,89	387.871,47
Esc. Carga e Transporte DMT 1200 a 1400 m	80.055,30	9.686,76	216.268,27	306.010,33
Esc. Carga e Transporte DMT 1400 a 1600 m	82.907,30	3.738,77	251.515,22	338.161,29
Esc. Carga e Transporte DMT 1600 a 1800 m	55.047,98	14.846,74	53.959,77	123.854,49
Esc. Carga e Transporte DMT 1800 a 2000 m	143.456,84	0,00	18.037,99	161.494,83
Esc. Carga e Transporte DMT 2000 a 3000 m	440.051,14	60.263,88	672.716,80	1.173.031,82
Esc. Carga e Transporte DMT 3000 a 5000 m	886.377,36	51.426,98	326.945,95	1.264.750,29
Total	2.238.200,47	184.454,29	2.130.096,93	4.552.751,69

Em alguns locais a distância média de transporte atingiu valor superior à máxima das faixas destinada pelo DNIT, de 5.000 m para materiais de 1ª e 2ª categoria e de 1.200 para de 3ª categoria. Nestes casos, foram calculadas o momento de transporte (ton x km), considerando as distâncias de transporte excedentes e seus respectivos volumes e pesos. As densidades usadas foram de 1,8 ton/m³ para os materiais de 1ª e 2ª categoria e 2,5 ton/m³ para 3ª categoria. Os momentos de transporte foram:

- 882.867 ton/m³ para materiais de 1ª e 2ª categoria;
- 5.332.358 ton/m³ para materiais de 3ª categoria;

Segue abaixo quadro do resumo do movimento de terras por origem e destino.

TRECHO	Volume de Corte Geométrico (m³)			
	1a CAT.	2a CAT.	3a CAT.	TOTAL
Triângulo de Reversão - Ramo A	13.719,2	2.670,5	23.214,3	39.603,9
Triângulo de Reversão - Ramo B	25.774,8	5.619,8	37.103,8	68.498,5
Linha Geral, Pêra e Pátios de Cruz.	1.745.471,6	176.163,6	2.069.778,9	3.991.414,2
Rodovia PE-555	319,5	0,0	0,0	319,5
Rodovia BR-122	50,5	0,0	0,0	50,5
Empréstimo de Jazidas	452.864,5	0,0	0,0	452.864,5
Total	2.238.200,1	184.453,9	2.130.097,0	4.552.751,0

TRECHO	Volume de Corte Equivalente (m³)			
	1a CAT.	2a CAT.	3a CAT.	TOTAL
Triângulo de Reversão - Ramo A	10.975,4	2.322,1	27.310,9	40.608,4
Triângulo de Reversão - Ramo B	20.619,9	4.886,8	43.651,6	69.158,2
Linha Geral, Pêra e Pátios de Cruz.	1.396.377,3	153.185,8	2.435.034,0	3.984.597,1
Rodovia PE-555	255,6	0,0	0,0	255,6
Rodovia BR-122	40,4	0,0	0,0	40,4
Empréstimo de Jazidas	362.291,6	0,0	0,0	362.291,6
Total	1.790.560,1	160.394,7	2.505.996,5	4.456.951,3

TRECHO	Volume de Aterro Geométrico (m³)			
	1a CAT.	2a CAT.	3a CAT.	TOTAL
Triângulo de Reversão - Ramo A	31.071,6	4.873,4	15.949,0	51.893,9
Triângulo de Reversão - Ramo B	3.847,2	8,9	0,0	3.856,1
Linha Geral, Pêra e Pátios de Cruz.	1.584.102,3	136.239,2	2.231.295,4	3.951.636,8
Rodovia PE-555	20.585,2	4.468,0	85.732,5	110.785,7
Rodovia BR-122	26.126,7	5.606,3	7.758,0	39.491,0
Compensação Lateral	20.223,4	344,6	1.331,5	21.899,4
Bota-Fora	104.603,7	8.854,6	163.930,1	277.388,4
Total	1.790.560,0	160.395,0	2.505.996,3	4.456.951,3

Os volumes anteriormente apresentados encontram-se no quadro de quantidades, bem como no Orçamento, majorados em 10%, prevendo-se desta maneira uma folga para eventuais adaptações.

4.3. PROJETO DE DRENAGEM

4.3 PROJETO DRENAGEM

4.3.1. Introdução

O projeto de drenagem e obras-de-arte correntes (O.A.C), apresentado a seguir, envolveu as principais soluções previstas para interceptar, captar e conduzir as águas, garantindo a estabilidade da ferrovia projetada.

O sistema de drenagem contempla soluções de maneira a evitar alagamentos e processos erosivos junto à ferrovia.

Entretanto, aconselha-se o monitoramento das obras após chuvas intensas, devido a tendência de assoreamento e acúmulo de entulhos pelo escoamento das águas sobre o terreno natural.

O projeto de drenagem constitui-se dos seguintes tópicos:

- Projeto de Obras-de-Arte Correntes;
- Dimensionamento Hidráulico das Pontes;
- Projeto de Drenagem Superficial;
- Projeto de Drenagem Subterrânea.

No desenvolvimento do trabalho foram utilizados os seguintes elementos para o projeto de drenagem em questão:

- Levantamentos topográficos dos talvegues por onde ocorrem os escoamentos;
- Projeto geométrico da ferrovia;
- Estudos hidrológicos e geotécnicos;
- Manual de drenagem de rodovias do DNIT – 1990;
- Álbum-tipo de drenagem do DNIT – 2006.

4.3.2 Projeto de Obras-de-Arte Correntes

Este tópico trata do dimensionamento e detalhamento das obras de arte correntes.

A partir dos parâmetros topométricos e hidráulicos gerado pelo estudo das bacias de contribuição, que está apresentado nos estudos hidrológicos, foi realizado o dimensionamento das obras-de-arte correntes.

As obras projetadas para a transposição de talvegues totalizam 86 bueiros e 4 pontes.

Para o dimensionamento foram consideradas as obras operando como canal, pois os bueiros são todos novos e, portanto desnecessário a verificação hidráulica para bueiros existentes operando como orifício.

Os bueiros tubulares e celulares foram dimensionados como canal, para um tempo de recorrência de 50 anos, por meio do dimensionamento hidráulico através das fórmulas do regime crítico, que estão indicadas no Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT.

No dimensionamento, os bueiros foram calculados para as condições mais desfavoráveis ao escoamento, segundo a teoria da vazão crítica. Procurou-se sempre que possível, situar a declividade dos bueiros entre os valores críticos (ic) e limite, determinados, respectivamente, pelo regime crítico de escoamento e pela velocidade máxima admissível do material empregado, no caso de concreto 4,5 m/s.

Para as declividades dos bueiros (i) superiores a declividade crítica (ic), o que caracteriza o regime supercrítico, a vazão admissível foi calculada para ic, sendo verificada a velocidade de escoamento para esta situação. No caso das declividades dos bueiros (i) inferiores a declividade crítica (ic), o que caracteriza o regime subcrítico, a vazão admissível foi calculada para i, sendo também verificada a sua velocidade de escoamento e comparada com a velocidade mínima de 0,80 m/s, estipulada para que não ocorra sedimentação de material no bueiro.

Parâmetros de Dimensionamento e de Projeto:

- n = (coeficiente de Manning) = 0,015
- Velocidade mínima = 0,80 m/s
- Velocidade máxima = 4,50 m/s
- Diâmetro mínimo = BSTC Ø 0,80 m
- Recobrimento mínimo para bueiros tubulares = 0,80 m acima da geratriz externa superior do tubo, em relação a superfície de terraplenagem.
- Recobrimento mínimo para bueiros celulares = espessura da camada da super-estrutura, ou seja, a superfície externa superior da célula poderá coincidir com a superfície de terraplenagem.

Além dos parâmetros apresentados foram adotados os seguintes critérios para o projeto de O.A.C.:

(1) As bocas dos bueiros foram projetadas de acordo com os projetos - tipo do DNIT.

(2) Foram verificados estruturalmente os projetos tipo dos bueiros tubulares e celulares apresentados no Álbum-tipo de drenagem do DNIT. Através desta verificação constatamos que os bueiros celulares deveriam sofrer reforço estrutural para alturas de recobrimento menores que 2,50m devido à distribuição da carga ferroviária a estas profundidades não ser plena. Para os bueiros tubulares foi definido um recobrimento mínimo de 80cm e foram utilizadas tubulações classe CA-3 para recobrimentos até 5 metros. Os detalhamentos de formas e de armação apresentam-se no volume 2 – Projeto de Execução.

(3) Os bueiros projetados serão executados com declividades longitudinais entre 0,5% e 5%. Para declividades maiores que 5%, o berço deverá ser provido de dentes de ancoragem espaçados de 5,0 m e fixados em solo firme.

(4) Em todos os casos, o apiloamento e escavação do material foi previsto em função da superfície de terraplenagem.

(5) As cotas de projeto propostas na nota de serviço dos bueiros são em relação ao fundo da tubulação, ou seja, a geratriz inferior interna dos bueiros.

4.3.2.1 Bueiros trabalhando como canal

As obras foram dimensionadas operando como canal, conforme a metodologia exposta a seguir.

Canal no Regime Crítico ($E_c = D$) para Bueiros Tubulares

a) Vazão Crítica

$$\text{Bueiro Simples: } Q_1 = 1,533 D^{2,5}$$

$$\text{Bueiro Duplo: } Q_2 = 2 \times 1,533 D^{2,5}$$

$$\text{Bueiro Triplo: } Q_3 = 3 \times 1,533 D^{2,5}$$

b) Velocidade crítica: $V = 2,56 \sqrt{D}$

c) Declividade crítica: $I_c = \frac{0,739}{\sqrt[3]{D}}$ (%) $n = 0,015$ (coeficiente de rugosidade)

Canal no Regime Crítico ($E_c = D$) para Bueiros Celulares

a) Vazão Crítica

$$\text{Bueiro Simples: } Q_1 = 1,705 B \times H^{1,5}$$

$$\text{Bueiro Duplo: } Q_2 = 2 \times 1,705 B \times H^{1,5}$$

$$\text{Bueiro Triplo: } Q_3 = 3 \times 1,705 B \times H^{1,5}$$

b) Velocidade Crítica: $V = 2,56 \sqrt{H}$

c) Declividade Crítica: $I_c = \frac{0,0585}{\sqrt[3]{H}} \left(3 + \frac{4H}{B} \right)^{4/3}$ (%) onde

$n = 0,015$ (coeficiente de rugosidade)

4.3.3 Dimensionamento Hidráulico das Pontes

4.3.3.1 Introdução

O dimensionamento hidráulico das pontes referem-se a determinação do extensão total da ponte com análise da sua seção hidráulica. As pontes projetadas deverão ter extensão igual ao definido no projeto de drenagem.

O levantamento batimétrico processado, o detalhamento geométrico das obras de arte especiais, assim como os níveis de enchente máxima calculado e observado apresentam-se no Volume 2 – Projeto de Execução.

4.3.3.2 Metodologia e Parâmetros de Cálculo

O dimensionamento e a verificação hidráulica de pontes é determinado através da comparação entre a capacidade hidráulica e a vazão de projeto, sendo que o cálculo da capacidade hidráulica para as pontes é realizado através da fórmula de Manning aliada a equação da continuidade. Para dimensionar ou verificar a obra variamos a seção de vazão até o momento onde a capacidade hidráulica seja maior ou igual a vazão de projeto, sendo fixada uma declividade para o leito do talvegue.

Sobretudo, outra condicionante é a velocidade máxima de escoamento permitida para o solo e vegetação do leito do talvegue. Porém a velocidade máxima ocorre próxima do centro da seção de vazão, e é superior a velocidade média de escoamento. Contudo para simplificar o

projeto foi considerado que a velocidade média de escoamento máxima seja 1,80m/s. Por outro lado, a velocidade de escoamento nas proximidades do leito e margens do talvegue é muito baixa, mas é importante definir um limite de velocidade para que não ocorra carregamento de partículas finas do solo em demasia, pois isto gera sedimentação em áreas a jusante com velocidades mais baixas e leitos mais espriados.

$$V = \frac{R_H^{2/3} * i^{1/2}}{n} \quad - \text{Equação de Manning}$$

onde:

v = velocidade média de escoamento (m/s);

RH = raio hidráulico (m);

i = declividade (m/m);

n = coeficiente de rugosidade de projeto (adimensional) = 0,07.

Q = A*v – Equação da continuidade

onde:

Q = vazão (m³/s);

A = seção de vazão do leito do talvegue (m²);

v = velocidade média de escoamento (m/s).

A seção do leito do talvegue foi obtida através do levantamento batimétrico realizado em todos locais de pontes e bueiros. Para o cálculo da declividade utilizamos as cotas do fundo do talvegue, as cotas dos níveis d' água, em pontos 100m a montante e a jusante do local da obra, e ainda as cotas das curvas de nível mais próximas do local da obra obtidas das cartas geográficas.

Considerando aproximadamente a média aritmética entre seção irregular e não trabalhada, definimos em 0,070 o coeficiente de rugosidade do leito do talvegue. Porém na memória de cálculo a seguir, simulamos a enchente máxima calculada para coeficientes de rugosidade de 0,035 e 0,100, com intuito de observar a velocidade média para rugosidade inferiores a 0,070 e a variação do nível de enchente para rugosidade maiores a 0,070. Foi constatado que mesmo para a pior situação de rugosidade (n=0,100), a cota de enchente máxima calculada para 100 anos, não interceptaria a geratriz inferior de nenhuma ponte. Para evitar erosão do corpo do aterro, foram indicados e quantificados os enrocamentos dos

aterros a montante e jusante até o nível de enchente máxima calculada para o tempo de recorrência de 100anos. O enrocamento deverá ser com pedras arrumadas com diâmetro máximo de 30cm. Sua espessura deverá ser de 50cm. O enrocamento deverá atingir no mínimo a cota de enchente máxima calculada para 100 anos, e com rugosidade de 0,070. Contudo, como haverá quantidades expressivas de aterros em rocha, somente na ponte sobre o riacho Capim Grosso será necessário o enrocamento. Portanto, nas demais pontes o aterro estará protegido pelo próprio aterro em rocha.

4.3.3.3 Verificação da Suficiência Hidráulica e Determinação das Cotas da Cheia Máxima de Projeto

4.3.3.3.1 Ponte sobre o Riacho Favela

A declividade encontrada no leito do Riacho Favela é aproximadamente 0,26%. Considerando o início da ponte na estaca 696+11, o final na estaca 697+16, e a vazão de projeto de 155,27 m³/s (100 anos), determinamos a cota calculada da enchente máxima de 402,32 m. Os parâmetros hidráulicos obtidos através da cota de enchente máxima estão relacionados a seguir para o coeficiente de rugosidade de projeto igual a 0,070.

- Área Molhada total = 99,90 m²;
- Perímetro Molhado = 32,09 m;
- RH = 3,11 m;
- Velocidade de escoamento = 1,55 m/s;
- Capacidade hidráulica = 155,14 m³/s.

O “free-board” resultante calculado através da cota de enchente máxima (100 anos) para o coeficiente de rugosidade de projeto de 0,070 é 8,52 m. Para a determinação das cotas da cheia de projeto submetemos a cota da lâmina de água na seção da ponte a variações na sua altura até que a capacidade hidráulica da seção atinja a vazão de projeto para o tempo de recorrência de 100 anos. A simulação hidráulica para as diferentes rugosidades verificadas está apresentada a seguir.

Cota NA (m)	Área molhada (m ²)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico Efetivo (m)	Velocidade de escoamento (m/s)	n	Vazão Efetiva (m ³ /s)
400,379	63,31	28,98	2,18	2,45	0,035	155,30
402,316	99,90	32,09	3,11	1,55	0,070	155,14
403,793	127,21	34,42	3,70	1,22	0,100	155,06

4.3.3.3.2 Ponte sobre o Riacho da Garça ou Logradouro

A declividade encontrada no leito do Riacho da Garça é aproximadamente 0,15%. Considerando o início da ponte na estaca 914+05, o final na estaca 918+00, e a vazão de projeto de 419,23 m³/s (100 anos), determinamos a cota calculada da enchente máxima de 397,118 m. Os parâmetros hidráulicos obtidos através da cota de enchente máxima estão relacionados a seguir para o coeficiente de rugosidade de projeto igual a 0,070.

- Área Molhada total = 327,04 m²;
- Perímetro Molhado = 83,56 m;
- RH = 3,75 m;
- Velocidade de escoamento = 1,34 m/s;
- Capacidade hidráulica = 418,90 m³/s.

O “free-board” resultante calculado através da cota de enchente máxima (100 anos) para o coeficiente de rugosidade de projeto de 0,070 é 2,20 m.

Para a determinação das cotas da cheia de projeto submetemos a cota da lâmina de água na seção da ponte a variações na sua altura até que a capacidade hidráulica da seção atinja a vazão de projeto para o tempo de recorrência de 100 anos. A simulação hidráulica para as diferentes rugosidades verificadas está apresentada a seguir.

Cota NA (m)	Área molhada (m ²)	Área de Pilar (m ²)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico Efetivo (m)	Velocidade de escoamento (m/s)	n	Vazão Efetiva (m ³ /s)
395,560	212,52	8,82	80,45	2,53	2,06	0,035	418,78
397,118	327,04	13,49	83,56	3,75	1,34	0,070	418,90
398,541	409,36	16,85	85,80	4,57	1,07	0,100	418,91

4.3.3.3.3 Ponte sobre o Riacho da Volta

A declividade encontrada no leito do Riacho da Volta é aproximadamente 0,14%.

Considerando o início da ponte na estaca 1765+19, o final na estaca 1772+04, e a vazão de projeto de 1310,44 m³/s (100 anos), determinamos a cota calculada da enchente máxima de 409,92 m. Os parâmetros hidráulicos obtidos através da cota de enchente máxima estão relacionados a seguir para o coeficiente de rugosidade de projeto igual a 0,070.

- Área Molhada total = 807,51 m² ;
- Perímetro Molhado = 134,68 m;
- RH = 5,70 m;
- Velocidade de escoamento = 1,71 m/s ;
- Capacidade hidráulica = 1310,23 m³/s

O “free-board” resultante calculado através da cota de enchente máxima (100 anos) para o coeficiente de rugosidade de projeto de 0,070 é 7,49 m.

Para a determinação das cotas da cheia de projeto submetemos a cota da lâmina de água na seção da ponte a variações na sua altura até que a capacidade hidráulica da seção atinja a vazão de projeto para o tempo de recorrência de 100 anos. A simulação hidráulica para as diferentes rugosidades verificadas está apresentada a seguir.

Cota NA (m)	Área molhada (m ²)	Área de Pilar (m ²)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico Efetivo (m)	Velocidade de escoamento (m/s)	n	Vazão Efetiva (m ³ /s)
407,641	525,56	25,84	130,11	3,84	2,62	0,035	1310,19
409,924	807,51	39,53	134,68	5,70	1,71	0,070	1310,23
411,563	1009,927	49,37	137,96	6,96	1,36	0,100	1310,52

4.3.3.3.4 Ponte sobre o Riacho Capim Grosso

A declividade encontrada no leito do Riacho Capim Grosso é aproximadamente 0,18%.

Considerando o início da ponte na estaca 2755+15, o final na estaca 2759+10, e a vazão de projeto de 560,16 m³/s (100 anos), determinamos a cota calculada da enchente máxima de 430,47 m. Os parâmetros hidráulicos obtidos através da cota de enchente máxima estão relacionados a seguir para o coeficiente de rugosidade de projeto igual a 0,070.

- Área Molhada total = 367,08 m²;
- Perímetro Molhado = 82,76 m;
- RH = 4,26 m;
- Velocidade de escoamento = 1,59 m/s;
- Capacidade hidráulica = 560,49 m³/s

O “free-board” resultante calculado através da cota de enchente máxima (100 anos) para o coeficiente de rugosidade de projeto de 0,070 é 1,47 m.

Para a determinação das cotas da cheia de projeto submetemos a cota da lâmina de água na seção da ponte a variações na sua altura até que a capacidade hidráulica da seção atinja a vazão de projeto para o tempo de recorrência de 100 anos. A simulação hidráulica para as diferentes rugosidades verificadas está apresentada a seguir.

Cota NA (m)	Área molhada (m ²)	Área de Pilar (m ²)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico Efetivo (m)	Velocidade de escoamento (m/s)	n	Vazão Efetiva (m ³ /s)
428,714	238,02	9,65	79,25	2,88	2,45	0,035	560,57
430,470	367,08	14,92	82,76	4,26	1,59	0,070	560,49
431,735	460,06	18,71	85,29	5,17	1,27	0,100	560,20

4.3.3.4 Projeto de Drenagem Superficial

O Projeto de Drenagem Superficial tem o objetivo de captar as águas oriundas do escoamento superficial da ferrovia e de suas áreas adjacentes.

Devido às reduzidas inclinações longitudinais, os dispositivos de drenagem superficial possuem notáveis seções de vazão.

Constituiu-se no dimensionamento e detalhamento dos seguintes dispositivos:

- Valetas e Valetões Laterais de corte;
- Sarjeta de banquetas;
- Valeta de proteção de corte;
- Valeta de proteção de aterro;

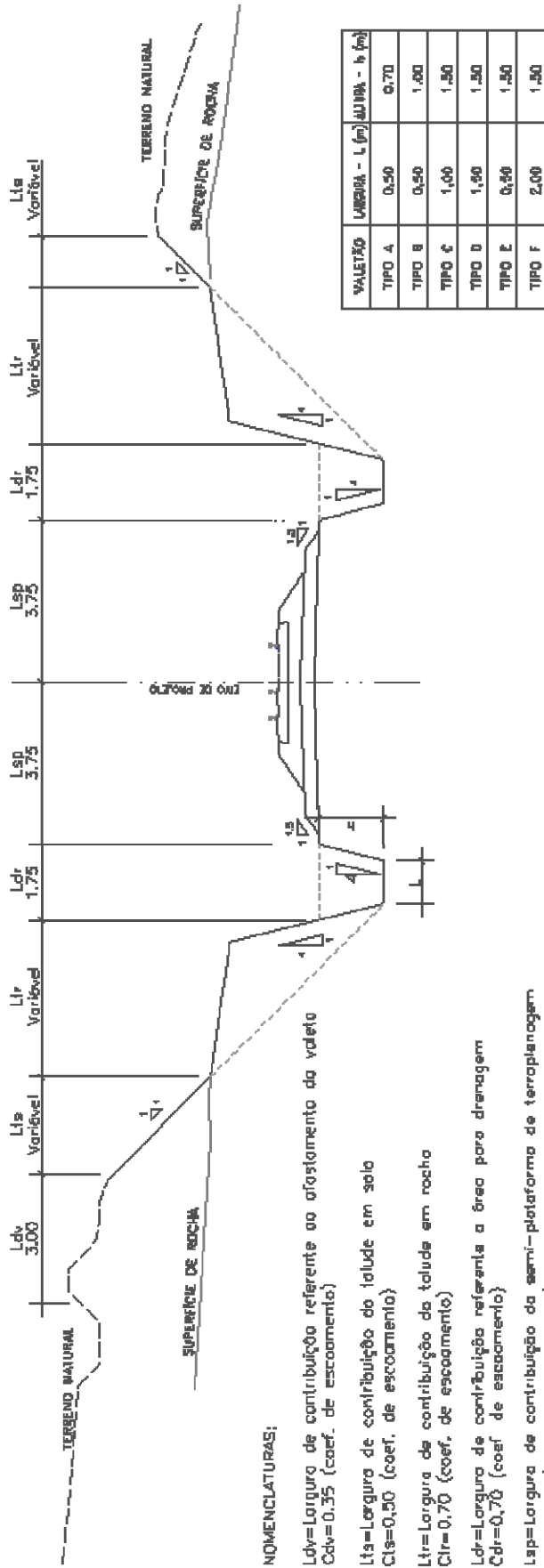
- Descidas d'água em degrau;
- Dissipadores de energia;
- Meio-fio Sarjeta.

4.3.4.1 Valetas e Valetões Laterais de Corte

As valetas e valetões laterais de corte projetados são formados por 6 tipos (A, B, C, D, E e F). Os tipos A e B são valetas, pois possuem profundidade inferior a 1,0 metro. Os demais tipos são todos valetões. Possuem a finalidade de coletar as águas superficiais e conduzi-las para fora dos cortes, além de em alguns casos canalizarem águas superficiais de pequenos talwegues, e de também funcionarem como drenos longitudinais profundos, pois rebaixam o nível do lençol freático. As valetas e valetões tipo A, B, C e D são próprios para os cortes em rocha, os valetões tipo E e F foram utilizados para os cortes em solo onde a determinação de um tipo ou outro dependeu fundamentalmente da necessidade de material escavado. Porém, para a conexão a montante das valetas A e B nos cortes em solo foi utilizado uma valeta com as mesmas dimensões de base e altura das valetas A e B, contudo o talude das valetas foi 1:1.

A seguir apresenta-se o detalhamento geométrico das valetas e valetões e as larguras de contribuição consideradas para o cálculo do comprimento crítico.

LARGURAS DE CONTRIBUIÇÃO CONSIDERADAS PARA O CÁLCULO DO COMPRIMENTO CRÍTICO



NOMENCLATURAS:

- Ldv= Largura de contribuição referente ao afastamento da via
- Cdv= 0,35 (coef. de escoamento)
- lts= Largura de contribuição da talude em solo
- Cts= 0,50 (coef. de escoamento)
- Ltr= Largura de contribuição da talude em rocha
- Ctr= 0,70 (coef. de escoamento)
- Ldr= Largura de contribuição referente a área para drenagem
- Cdr= 0,70 (coef. de escoamento)
- Lsp= Largura de contribuição da semi-plataforma de terraplanagem
- Csp= 0,80 (coef. de escoamento)

Do dimensionamento hidráulico:

A vazão das valetas e valetões é Q_s , apresentada como função de sua declividade longitudinal, igual à rampa da ferrovia.

Valeta Tipo A:

- Área de seção de vazão = 0,4725 m²
- Perímetro molhado = 1,9431 m
- Raio Hidráulico = 0,2432 m
- Velocidade de escoamento

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot i^{1/2},$$

onde

$n = 0,035$, coeficiente de rugosidade adimensional (rocha baseada na seção do projeto)

$V =$ velocidade de escoamento em m/s

$i =$ declividade longitudinal em m/m

$$V = 11,1311 i^{1/2}$$

Valeta Tipo B:

- Área de seção de vazão = 0,7500 m²
- Perímetro molhado = 2,5616 m
- Raio Hidráulico = 0,2928 m
- Velocidade de escoamento

$n = 0,035$, coeficiente de rugosidade adimensional (rocha baseada na seção do projeto)

$$V = 12,5981 i^{1/2}$$

Valetão Tipo C:

- Área de seção de vazão = 2,0625 m²
- Perímetro molhado = 4,0923 m
- Raio Hidráulico = 0,5040 m
- Velocidade de escoamento

n = 0,035, coeficiente de rugosidade adimensional (rocha baseada na seção do projeto)

$$V = 18,0945 i^{1/2}$$

Valetão Tipo D:

- Área de seção de vazão = 2,8125 m²
- Perímetro molhado = 4,5923 m
- Raio Hidráulico = 0,6124 m
- Velocidade de escoamento

n = 0,035, coeficiente de rugosidade adimensional (rocha baseada na seção do projeto)

$$V = 20,6050 i^{1/2}$$

Valetão Tipo E:

- Área de seção de vazão = 3,0000 m²
- Perímetro molhado = 4,7426 m
- Raio Hidráulico = 0,6326 m
- Velocidade de escoamento

n = 0,025, coeficiente de rugosidade adimensional (canal aberto com grama curta e pouca vegetação)

$$V = 29,4755 i^{1/2}$$

Valetão Tipo F:

- Área de seção de vazão = 5,25000 m²
- Perímetro molhado = 6,2426 m
- Raio Hidráulico = 0,8401 m
- Velocidade de escoamento

n = 0,025, coeficiente de rugosidade adimensional (canal aberto com grama curta e pouca vegetação)

$$V = 35,6386 i^{1/2}$$

(2) A capacidade de escoamento da seção de vazão é obtida pela equação da continuidade, a seguir:

$$Q_s = V.A$$

Para declividade longitudinal inferior a máxima ($i < i_{máx}$)

Valeta Tipo A:

$$Q_s = 5,2595 i^{1/2}$$

Valeta Tipo B:

$$Q_s = 9,4486 i^{1/2}$$

Valetão Tipo C:

$$Q_s = 37,3200 i^{1/2}$$

Valetão Tipo D:

$$Q_s = 57,9514 i^{1/2}$$

Valetão Tipo E:

$$Q_s = 88,4264 i^{1/2}$$

Valetão Tipo F:

$$Q_s = 187,1026 i^{1/2}$$

(3) Vazão de contribuição:

$$\text{Considerando: } Q = \frac{2,78 \cdot c \cdot h \cdot A}{t_c}$$

Onde:

Q=vazão de contribuição em m³/s;

$c_{dv} = 0,35$ (coeficiente de escoamento superficial para área de terreno natural com inclinação superior a 1% e inferior a 5%)

$c_{ts} = 0,50$ (coeficiente de escoamento superficial para área do talude de corte em solo)

$c_{tr} = 0,70$ (coeficiente de escoamento superficial para área do talude de corte em rocha)

$c_{dr} = 0,70$ (coeficiente de escoamento superficial para área reservada a drenagem dos cortes)

$c_{sp} = 0,60$ (coeficiente de escoamento superficial para área da semi-plataforma de terraplenagem, que será imprimada)

c = média ponderada dos coeficientes de escoamento

TR = 25 anos (tempo de recorrência)

$t_d = t_c = 12 \text{ min} = 0,20 \text{ h}$ (tempo de duração da chuva)

$h = 3,3299 \text{ cm}$ (altura da precipitação para $t_c = 12 \text{ min}$)

A = área de contribuição (km²)

(4) Área de contribuição:

$$A = (L_{dv} + L_{ts} + L_{tr} + L_{dr} + L_{sp}) d$$

L_{dv} = Largura de contribuição referente ao afastamento da valeta=3,00m.

L_{ts} = Largura de contribuição do talude em solo (variável conforme a altura do corte).

L_{tr} = Largura de contribuição do talude em rocha (variável conforme a altura do corte).

L_{dr} = Largura de contribuição referente a área para drenagem=1,75m.

L_{sp} = Largura de contribuição da semi-plataforma de terraplenagem=3,75m para a linha geral.

d = comprimento crítico

(5) Coeficiente de escoamento:

Sendo a média ponderada

$$C = \frac{(C_{dv} L_{dv}) + (C_{ts} L_{ts}) + (C_{tr} L_{tr}) + (C_{dr} L_{dr}) + (C_{sp} L_{sp})}{L_{dv} + L_{ts} + L_{tr} + L_{dr} + L_{sp}}$$

(6) Cálculo da vazão de contribuição:

$$Q_c = 4,6248 \times 10^{-5} d (4,53 + 0,70 L_{tr} + 0,5 L_{ts})$$

Alguns segmentos de valetões canalizaram as águas superficiais de pequenos talwegues. Estas vazões adicionais foram somadas a vazão de contribuição apresentada acima. Na equação do comprimento crítico as vazões adicionais foram denominadas de Q_{c1} , Q_{c2} , Q_{c3} ...

(7) Para o cálculo do comprimento crítico, considera-se:

$$Q_s = Q_c$$

Logo:

TIPO DE VALETA e VALETÃO	COMPRIMENTO CRÍTICO PARA OS SEGMENTOS DA LINHA GERAL ($L_{sp}=3,75m$)
TIPO A	$d = \frac{-5,26 i^{1/2} + Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3}}{(-2,09 \cdot 10^{-4} - 3,24 \cdot 10^{-5} L_{tr} - 2,31 \cdot 10^{-5} L_{ts})}$
TIPO B	$d = \frac{-9,45 i^{1/2} + Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3}}{(-2,09 \cdot 10^{-4} - 3,24 \cdot 10^{-5} L_{tr} - 2,31 \cdot 10^{-5} L_{ts})}$
TIPO C	$d = \frac{-37,32 i^{1/2} + Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3}}{(-2,09 \cdot 10^{-4} - 3,24 \cdot 10^{-5} L_{tr} - 2,31 \cdot 10^{-5} L_{ts})}$
TIPO D	$d = \frac{-57,95 i^{1/2} + Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3}}{(-2,09 \cdot 10^{-4} - 3,24 \cdot 10^{-5} L_{tr} - 2,31 \cdot 10^{-5} L_{ts})}$
TIPO E	$d = \frac{-88,43 i^{1/2} + Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3}}{(-2,09 \cdot 10^{-4} - 3,24 \cdot 10^{-5} L_{tr} - 2,31 \cdot 10^{-5} L_{ts})}$
TIPO F	$d = \frac{-187,10 i^{1/2} + Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3}}{(-2,09 \cdot 10^{-4} - 3,24 \cdot 10^{-5} L_{tr} - 2,31 \cdot 10^{-5} L_{ts})}$

4.3.4.2 Sarjeta de Banqueta

Foram previstas sarjetas do tipo SZC 02 para conduzir as águas precipitadas nos taludes de aterro com altura acima de 10m. As banquetas foram previstas a fim de evitar altas velocidades das águas superficiais que escoam pelos taludes da estrada, sem considerar ainda o benefício da estabilidade dos taludes.

(1) Do dimensionamento hidráulico para a sarjeta:

A vazão da sarjeta é Q_s , apresentada como função de sua declividade longitudinal, igual à rampa da ferrovia.

SZC 02:

- Área de seção de vazão = 0,0800 m²
- Perímetro molhado = 0,7657 m
- Raio Hidráulico = 0,1045 m

– Velocidade de escoamento

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot i^{1/2},$$

onde

$n = 0,015$, coeficiente de rugosidade adimensional (revestimento em concreto)

V = velocidade de escoamento em m/s

i = declividade longitudinal em m/m

$$V = 14,7889 i^{1/2}$$

(2) A capacidade de escoamento da seção de vazão é obtida pela equação da continuidade, a seguir:

$$Q_s = V \cdot A$$

Para declividade longitudinal inferior a máxima ($i < i_{\text{máx}}$)

$$Q_s = 1,1831 i^{1/2}$$

(3) Vazão de contribuição:

$$\text{Considerando: } Q = \frac{2,78 \cdot c \cdot h \cdot A}{t_c}$$

Onde:

Q = vazão de contribuição em m^3/s ;

$c_{bt} = 0,35$ (coeficiente de escoamento superficial para área de terreno natural com inclinação superior a 1% e inferior a 5%)

$c_{ts} = 0,50$ (coeficiente de escoamento superficial para área do talude de aterro em solo)

$c_{sp} = 0,60$ (coeficiente de escoamento superficial para área da semi-plataforma de terraplenagem, que será imprimada)

c = média ponderada dos coeficientes de escoamento

TR = 25 anos (tempo de recorrência)

td = tc = 12 min = 0,20 h (tempo de duração da chuva)

h = 3,3299 cm (altura da precipitação para tc = 12 min)

A = área de contribuição (km²)

(4) Área de contribuição:

$$A = (L_{bt} + L_{ts} + L_{sp}) d$$

L_{bt} = Largura de contribuição referente à banquetta de terraplenagem=3,00m.

L_{ts} = Largura de contribuição do talude de aterro em solo =15,00m.

L_{sp} = Largura de contribuição da semi-plataforma de terraplenagem=3,75m para a linha geral.

d = comprimento crítico

(5) Coeficiente de escoamento:

Sendo a média ponderada

$$C = \frac{(c_{bt} L_{bt}) + (C_{ts} L_{ts}) + (C_{sp} L_{sp})}{L_{bt} + L_{ts} + L_{sp}}$$

(6) Cálculo da vazão de contribuição:

$$Qc = 4,995 \times 10^{-4} d$$

(7) Para o cálculo do comprimento crítico, considera-se:

$$Qs = Qc$$

Logo:

TIPO DA SARJETA	COMPRIMENTO CRÍTICO PARA OS SEGMENTOS DA LINHA GERAL ($L_{sp}=3,75m$)
SZC 02	$d = 2368,68 i^{1/2}$

4.3.4.3 Valeta de Proteção de Corte

As valetas de proteção de corte têm como objetivo interceptar as águas que escoam pelo terreno natural impedindo-as de atingir o talude de corte. Sua presença foi necessária nos locais onde as seções transversais apresentam declividade transversal tal que o escoamento superficial possa causar erosão do talude, excesso de umidade e assoreamento das valetas e valetões de corte.

Deverão ser locadas paralelamente a estrada a uma distância aproximada de 3 m da crista do talude de corte, e sempre a montante da ferrovia.

Foram projetadas as valetas tipo VPC-03 e VPC-04 revestidas em concreto.

Nas saídas d'água prevêem-se dissipadores de energia, valetas de proteção tipo VPA 04/03 (para conduzir as águas coletadas) ou descidas d'água de corte.

A declividade longitudinal das valetas de proteção é representada pelo perfil longitudinal da linha de off-set da terraplenagem. Portanto, as valetas de proteção foram dimensionadas em função desta declividade.

(1) Do dimensionamento hidráulico para a valeta:

A vazão da valeta é Q_s , apresentada como função de sua declividade longitudinal, igual ao perfil do terreno na linha do off-set de terraplenagem.

VPC 03:

- Área de seção de vazão = 0,39 m²
- Perímetro molhado = 1,849 m

- Raio Hidráulico = 0,211 m
- Velocidade de escoamento

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot i^{1/2},$$

onde

n = 0,015, coeficiente de rugosidade adimensional (revestimento em concreto)

V = velocidade de escoamento em m/s

i = declividade longitudinal em m/m

$$V = 23,63 \cdot i^{1/2}$$

VPC 04:

- Área de seção de vazão = 0,27 m²
- Perímetro molhado = 1,445 m
- Raio Hidráulico = 0,187 m
- Velocidade de escoamento

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot i^{1/2},$$

onde:

n = 0,015, coeficiente de rugosidade adimensional (revestimento em concreto)

V = velocidade de escoamento em m/s

i = declividade longitudinal em m/m

$$V = 21,80 \cdot i^{1/2}$$

(2) A capacidade de escoamento da seção de vazão é obtida pela equação da continuidade, a seguir:

$$Q_s = V.A$$

Para declividade longitudinal inferior a máxima ($i < i_{\text{máx}}$)

VPC 03:

$$Q_s = 9,22 i^{1/2}$$

VPC 04:

$$Q_s = 5,89 i^{1/2}$$

(3) Cálculo da vazão de contribuição:

$$\text{Considerando: } Q = \frac{2,78 \cdot c \cdot h \cdot A}{t_c}$$

Onde:

Q=vazão de contribuição em m^3/s ;

$c = 0,30$ (coeficiente de escoamento superficial para área de terreno natural com inclinação inferior a 1%)

TR = 25 anos (tempo de recorrência)

$t_d = t_c = 12 \text{ min} = 0,20 \text{ h}$ (tempo de duração da chuva)

$h = 3,3299 \text{ cm}$ (altura da precipitação para $t_c = 12 \text{ min}$)

A = área de contribuição (km^2). Esta área varia conforme a parcela da bacia hidrográfica que contribui para a valeta de proteção de corte ou aterro. Para determinar esta área foram analisados individualmente os segmentos das valetas de proteção.

$$Q_c = 13,875 A$$

4.3.4.4 Valeta de Proteção de Aterro

As valetas de proteção de aterro têm como objetivo interceptar as águas que escoam pelo terreno natural, impedindo-as de atingir o talude de aterro. Sua presença foi necessária nos locais onde as seções transversais apresentam declividade transversal e longitudinal tal que o escoamento superficial possa causar a formação de um canal com

velocidade longitudinal superior a admissível pelo terreno natural, evitando assim a erosão das bases dos aterros e garantindo sua estabilidade.

Deverão ser locadas paralelamente a estrada a uma distância aproximada de 1 m do pé do talude de aterro, e sempre a montante da ferrovia.

Foram projetadas as valetas tipo VPA-03 e VPA-04 revestidas em concreto.

Nas saídas d'água prevêem-se dissipadores de energia e valetas de proteção tipo VPC 04/03 (para conduzir as águas coletadas).

A declividade longitudinal das valetas de proteção é representada pelo perfil longitudinal da linha de off-set da terraplenagem. Portanto, as valetas de proteção foram dimensionadas em função desta declividade.

(2) Do dimensionamento hidráulico para a valeta:

A vazão da valeta é Q_s , apresentada como função de sua declividade longitudinal, igual ao perfil do terreno na linha do off-set de terraplenagem.

VPA 03:

- Área de seção de vazão = 0,39 m²
- Perímetro molhado = 1,849 m
- Raio Hidráulico = 0,211 m
- Velocidade de escoamento

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot i^{1/2},$$

onde

$n = 0,015$, coeficiente de rugosidade adimensional (revestimento em concreto)

$V =$ velocidade de escoamento em m/s

$i =$ declividade longitudinal em m/m

$$V = 23,63 \cdot i^{1/2}$$

VPA 04:

- Área de seção de vazão = 0,27 m²
- Perímetro molhado = 1,445 m
- Raio Hidráulico = 0,187 m
- Velocidade de escoamento

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot i^{1/2},$$

onde

n = 0,015, coeficiente de rugosidade adimensional (revestimento em concreto)

V = velocidade de escoamento em m/s

i = declividade longitudinal em m/m

$$V = 21,80 \cdot i^{1/2}$$

(2) A capacidade de escoamento da seção de vazão é obtida pela equação da continuidade, a seguir:

$$Q_s = V \cdot A$$

Para declividade longitudinal inferior a máxima ($i < i_{\text{máx}}$)

VPA 03:

$$Q_s = 9,22 \cdot i^{1/2}$$

VPA 04:

$$Q_s = 5,89 \cdot i^{1/2}$$

(3) Cálculo da vazão de contribuição:

$$\text{Considerando: } Q = \frac{2,78 \cdot c \cdot h \cdot A}{t_c}$$

Onde:

Q=vazão de contribuição em m³/s;

c = 0,30 (coeficiente de escoamento superficial para área de terreno natural com inclinação inferior a 1%)

TR = 25 anos (tempo de recorrência)

t_d = t_c = 12 min = 0,20 h (tempo de duração da chuva)

h = 3,3299 cm (altura da precipitação para t_c = 12 min)

A = área de contribuição (km²). Esta área varia conforme a parcela da bacia hidrográfica que contribui para a valeta de proteção de corte ou aterro. Para determinar esta área foram analisados individualmente os segmentos das valetas de proteção.

$$Q_c = 13,875 A$$

4.3.4.5 Descidas d'Água em Degraus

Descidas d'Água de Aterro em Degraus

Foram previstas descidas d'água de aterro em degraus com a finalidade de conduzir as águas provenientes do deságüe dos bueiros.

Foram posicionadas em taludes de aterro, cuja cota de jusante da boca de bueiro for superior à cota do "off-set" projetado.

Descidas d'Água de Corte em Degraus

Foram projetadas descidas d'água de corte em degraus com a finalidade de conduzir de forma segura as águas provenientes das valetas de proteção de corte, evitando a erosão dos taludes de corte da ferrovia.

Foram posicionadas em taludes cujo "off-set" de corte se pronuncie com concavidade, ou quando a valeta de proteção atingir sua capacidade hidráulica.

4.3.4.6 Dissipadores de Energia

Dissipadores de Energia Tipo DEB

Foram previstos dissipadores de energia com a finalidade de minimizar o impacto d'água ao terreno natural, em razão da velocidade, nas saídas das descidas d'água de aterro e bocas de bueiro, como ação preventiva a processos erosivos.

Dissipadores de Energia Tipo DES

Foram previstos dissipadores de energia com a finalidade de minimizar o impacto d'água ao terreno natural, em razão da velocidade, nas saídas das valetas de proteção, sarjetas, valas e valetões como ação preventiva a processos erosivos.

4.3.4.7 Caixas Coletoras Integradas ao Sistema de Drenagem

São caixas coletoras de sarjeta que conectam-se com bueiros com a finalidade de aliviar as valetas de proteção de corte, ou drenar talvegues naturais, através da conexão com a descida d' água de corte em degraus.

4.3.4.8 Meio-fio Sarjeta

São sarjetas de aterro que tem com objetivo captar as águas precipitadas sobre a plataforma da rodovia, de modo a impedir que provoquem erosões na borda do acostamento e/ou no talude, conduzindo-as ao local de deságüe seguro. O dispositivo projetado foi o meio-fio sarjeta tipo MFC-01.

Foi utilizado este dispositivo em aterros com alturas maiores que 5m, e com declividade longitudinal da pista superior a 3,0%, pois em situações inferiores a estes parâmetros não ocorre a erosão do talude, nem do bordo do acostamento devido as baixas velocidades de escoamento.

4.3.5 Projeto de Drenagem Subterrânea

Este tópico objetiva a interceptação do fluxo da água subterrânea através do rebaixamento do lençol freático, mantendo assim as águas subterrâneas afastadas do subleito adjacente às camadas da superestrutura. Sem a presença das águas subterrâneas nas camadas da

superestrutura e no subleito adjacente é evitada a ocorrência das pressões hidráulicas responsáveis pela degradação das camadas da superestrutura.

4.3.5.1 Drenos Longitudinais Profundos, Rasos e Valetões Laterais

O critério geral para a previsão de drenos longitudinais profundos, rasos e valetões laterais, ficou restrito aos seguintes casos:

- presença d'água nos furos de sondagem, a profundidade menor que 1,50 m em relação ao greide de terraplenagem, e nos cortes em rocha.
- quando forem encontrados camadas permeáveis sobrepostas a camadas impermeáveis, mesmo sem a presença de água livre.
- constatação de problemas específicos locais, tais como: olho d'água, umidade excessiva nos cortes etc.

O dreno longitudinal profundo que será projetado é do tipo DPS-08 com vala de seção retangular de 1,50 m de profundidade com tubo de concreto \varnothing 0,20 m, furos \varnothing 3/8", com enchimento de brita (1/2" a 2 1/2"), e manta sintética envolvente. Serão implantados sempre no lado montante da ferrovia e nas seguintes situações: devem ser instalados nos trechos em corte, nos terrenos planos que apresentam lençol freático próximo do subleito, bem como nas áreas eventualmente saturadas próximas ao pé dos taludes.

O dreno longitudinal raso que será projetado é do tipo DPR-02 com vala de seção retangular de 0,50 m de profundidade com tubo de concreto \varnothing 0,20 m, furos \varnothing 3/8", com enchimento de brita (1/2" a 2 1/2"), e manta sintética envolvente. Serão implantados nos cortes em rocha da ferrovia.

Porém, como há déficit de volumes de terraplenagem aliada às baixíssimas inclinações longitudinais do greide, definimos como concepção a implantação de valetões laterais. O emprego destes valetões laterais elimina a necessidade de sarjetas de corte e drenos longitudinais profundos, portanto reduz o custo com obras de drenagem. As valetas e valetões laterais de corte projetados são formados por 6 tipos (A, B, C, D, E e F). As valetas e valetões tipo A, B, C e D são próprios para os cortes em rocha, os valetões tipo E e F foram utilizados para os cortes em solo onde a determinação de um tipo ou outro dependeu fundamentalmente da necessidade de material escavado.

4.3.5.2 Colchão Drenante

O colchão drenante tem como objetivo drenar as águas existentes nos cortes em rocha da ferrovia em estudo. A fim de reduzir custos, a camada de sub-lastro deverá ter boa permeabilidade nos cortes em rocha, pois funcionará também como colchão drenante.

As águas coletadas pelo colchão drenante (sub-lastro) serão conduzidas longitudinalmente pelas valetas e valetões laterais de corte tipo A, B, C e D. Os drenos rasos são dispensáveis, pois como o colchão drenante está acima da superfície de terraplenagem, as águas subterrâneas que aflorarem desaguarão nas valetas e valetões.

4.3.5.3 Metodologia de Dimensionamento

O dimensionamento dos drenos constou de:

- * Cálculo da descarga de projeto;
- * Determinação da seção de vazão;
- * Determinação do comprimento crítico.

a) Cálculo da Descarga de Projeto

A vazão de contribuição por metro linear de dreno foi determinada levando em consideração a Lei de Darcy, expressa por:

$$Q = K \cdot A \cdot I$$

Onde:

Q = descarga no meio poroso, igual a descarga de projeto;

K = coeficiente de permeabilidade;

A = área normal à direção do fluxo d'água no meio poroso; e

I = gradiente hidráulico.

b) Determinação da Seção de Vazão

Como os drenos profundos projetados são constituídos por tubos, face a grande diferença de vazão deste e do material drenante do

preenchimento da vala, esta última parcela foi desprezada. Dessa forma a vazão considerada para o dreno foi a definida no dimensionamento do tubo.

A vazão foi estabelecida, considerando-o como canal trabalhando a uma relação $\frac{h}{D} = 0,50$ através da fórmula de Hazen-Willians, onde:

$$Q = 0,2785 C D^{2,63} i^{0,54}$$

Sendo:

Q = vazão, igual ao dobro da descarga de projeto em virtude da conveniência do tubo trabalhar a meia seção (m³/s);

D = diâmetro, em m;

i = declividade do terreno, em m/m; e

C = coeficiente que depende da natureza da superfície interna do tubo, adimensional.

c) Comprimento Crítico

O comprimento crítico será determinado considerando a expressão:

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

Onde:

L = comprimento crítico, em m;

Q = vazão admissível do dreno, em m³/s; e

q = vazão de contribuição por metro linear de dreno, em m³/s/m.

No Volume 2 – Projeto de Execução está apresentado o esquema linear dos dispositivos representando todo o sistema de drenagem superficial e subterrânea que envolve a ferrovia.

4.4. PROJETO DE SUPERESTRUTURA

4.4. PROJETO DE SUPERESTRUTURA

4.4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A superestrutura da via férrea obedeceu às recomendações das Normas Técnicas Para as Estradas de Ferro Brasileiras N-1/DNEF e às da ABNT e às da RFFSA.

As especificações adotadas para a construção da terraplanagem, no que se refere à compactação e às condições de suporte, assegurarão estabilidade à plataforma em relação às cargas que a solicitarão. A superestrutura foi dimensionada em função da infra-estrutura apresentada, das peculiaridades de operação e a densidade de tráfego da linha, constituindo-se de sublastro, do lastro, dormentes, trilhos e respectivos acessórios e elementos de fixação, dos aparelhos de mudança de via e da soldagem dos trilhos.

Para o dimensionamento da superestrutura ferroviária para o Ramal de Parnamirim a Aripirina da Ferrovia Transnordestina, na bitola 1,60m, foram levados em consideração as seguintes premissas:

- Transporte inicial: 4MTPA chegando a 7MTPA com o passar dos anos;
- 430 trens por ano chegando a 700 com o passar dos anos
- Trem tipo: 2 locomotivas e 110 vagões;
- Locomotivas EMD (GM) SD70 ou GE Dash 9, peso total 186t com 6 eixos, com 4300HP ou 4400HP;
- Vagões com 100t líquidas e 30t de tara;
- Vagão crítico TCT – tanque manga “T”, comprimento de 20m de engate a engate;
- Dormentes de concreto monobloco;
- Fixações PANDROL;
- Trilhos UIC 60, soldados;
- Bitola mista: 1,60m e 1,00 m;
- Rampa máxima compensada, sentido exportação: 0,60%;
- Rampa máxima compensada, sentido importação: 1,00%;

- Raio mínimo: 400m na Linha Geral e 180,00 m na Pêra Ferroviária;
- Velocidade diretriz: 80 km/h na bitola larga (1,60 m) e 60 km/h na bitola estreita (1,00 m);
- Largura da plataforma em aterro 7,5 m e em corte, 7,5 m acrescidos as larguras destinadas para os valetões laterais ;
- Gabarito de livre passagem: altura acima do boleto do trilho igual a 8,00 m e largura a partir do eixo da linha igual a 2,80 m.

4.4.2. DIMENSIONAMENTO DA SUPERESTRUTURA

Para o dimensionamento da superestrutura foram utilizados índices físicos e fórmulas matemáticas, consagrados pelo uso e pela comprovação de seus resultados nos meios ferroviários:

- Fórmula de Eukelon: $\sigma_{adm} = \frac{0,006 \cdot E_d}{1 + 0,7 \cdot \log(N)}$;

onde:

- σ_{adm} → pressão admissível na plataforma, em kgf/cm²;
- E_d → módulo dinâmico de elasticidade (Eisenmann) → $E_d = 100 \cdot \text{CBR}$;
- CBR → Califórnia Bearing Ratio → Índice de Suporte Califórnia;
- N → número de ciclos de solicitação da via, que, para 7 MTPA, seu valor é de $1,0 \times 10^6$
- Fórmula de Talbot: $h \geq \frac{57,87 \cdot P_m}{\sigma_{adm}} \cdot 0,8$;

onde:

- h → é a soma das alturas de lastro, sublastro e reforço de subleito;
- P_m → pressão exercida sobre o lastro, em kgf/cm²

- Fórmula de Schramm, para o coeficiente de distribuição (CD) das pressões nas diferentes camadas, de diversas granulometrias, tomando-se como referência o lastro. No caso de lastro de pedra bem bitolada, o ângulo $\alpha = 40^\circ$, no sublastro, com boa percentagem de material fino e pequena angularidade, o valor de $\alpha = 36^\circ$ e para o reforço de subleito, com material mais fino e sem angularidade, o valor de $\alpha = 30^\circ$. Portanto, os valores de CD serão os seguintes: para o lastro $CD = 1$; para o sublastro $CD = \text{tg } 36^\circ / \text{tg } 40^\circ = 0,866$; para a substituição do solo inadequado $CD = \text{tg } 30^\circ / \text{tg } 36^\circ = 0,688$. Esses coeficientes são usados para determinar o valor das alturas das camadas do sublastro e da substituição do solo inadequado.
- Coeficiente de impacto (fórmula da AREMA adaptada ao sistema métrico): $K = 1 + 0,53 \cdot V / D$, sendo:
 - $K \rightarrow$ coeficiente de impacto
 - $V \rightarrow$ velocidade em Km/h
 - $D \rightarrow$ diâmetro da roda em cm
- Os valores encontrados por esta fórmula são menores que o que recomenda a AREMA, após 1980, que é $K = 2$, devido as variações de carga, irregularidades da linha e no material rodante. Portanto, o coeficiente adotado foi igual a 2.
- Linha de influência dos momentos fletores: $M = (P_d \cdot L / 4) \cdot e^{-(X/L)} \cdot (\cos X/L - \text{sen } X/L)$, onde:
 - $P_d \rightarrow$ carga dinâmica da roda em kgf;
 - $L \rightarrow$ comprimento do apoio elástico em cm;
 - $X / L \rightarrow$ fase em radianos.

Verificação da resistência do trilho: $\sigma_{\text{máx}} < \sigma_{\text{adm}} \rightarrow$ a tensão máxima de flexão do trilho não pode ser maior que tensão admissível. $\sigma_{\text{máx}} = M_{\text{máx}} / W_p$, onde W_p é o módulo de resistência do patim em cm^3 .

Segundo a AREMA, a tensão admissível, σ_{adm} , no patim é determinado levando-se em conta os seguintes fatores de influência, que contribuem para a diminuição do limite de escoamento do trilho. São eles: flexão lateral = 20%, condições de via = 25%, desgastes e corrosão = 15%, superelevação não compensada = 15%, esforço de temperatura

1.406kgf/cm². Portanto, para um trilho com limite de escoamento de 5.800 kgf/cm² (aço carbono) a tensão admissível será de $(5.800 - 1406) / (1,2 \times 1,25 \times 1,15 \times 1,15) = 2.215 \text{ kgf/cm}^2$.

No Volume 2 – Projeto de Execução são apresentados desenhos das seções transversais da superestrutura.

4.4.2.1. SUBSTITUIÇÃO DE SOLOS INADEQUADOS

De acordo com as informações obtidas nos estudos geotécnicos, será necessário em determinados trechos rebaixamento do subleito para substituição de solos inadequados. Para tanto, constatado extensão com a necessidade de substituição de material, foi projetado a camada de reforço conforme descrito na seqüência.

Será a camada de material selecionado, com CBR igual ou superior a 20, que fará parte da infra-estrutura e que receberá as tensões vindas do sublastro e as transmitirá para o corpo do terrapleno.

O dimensionamento das camadas foi feito partindo da pressão sobre o lastro e do conhecimento do CBR do subleito que vai receber o material selecionado de substituição do solo inadequado.

O dimensionamento foi baseado nas fórmulas de Heukelon e de Talbot. Essas fórmulas levam em conta o volume de tráfego e o CBR (Índice de Suporte Califórnia) do leito para se conhecer a pressão admissível transmitida ao mesmo.

As espessuras das camadas de substituição de solos inadequados variam conforme o CBR do subleito, conforme apresentado abaixo:

CBR DO SUBLEITO	ESP. DA CAMADA (cm)	VOLUME DE SUBSTITUIÇÃO DE SOLOS INADEQUADOS(m³/km)		
		LINHA GERAL (1 VIA)	PATIO DE CRUZAMENTO (2 VIAS)	PATIO DE CRUZAMENTO COM ESTACIONAMENTO (3 VIAS)
3	60	5.068,0	8.152,8	11.365,4
4	40	3.252,8	5.309,4	7.451,2
5	30	2.392,6	3.935,0	5.541,4
6	20	1.563,6	2.591,8	3.662,8
7	15	1.160,0	1.932,0	2.735,4
8				
9				
10	-	-	-	-

Segue na seqüência tabela com os trechos onde será necessária a substituição do solo inadequado e seus respectivos volumes:

REBAIXAMENTO DO SUBLEITO PARA SUBSTITUIÇÃO DE SOLOS INADEQUADOS										
LOCALIZAÇÃO		EXTENSÃO (m)	CBR	ESPESS. REMOÇÃO (m)	VOLUME (m³)	MATERIAL DE REPOSIÇÃO			DMT (km)	MOMENTO (m³.km)
DA ESTACA	A ESTACA					JAZIDA	ESTACA			
315	318	60	9	0,15	70	J1	69		4,95	346,50
4.326	4.340	280	8	0,15	325	J9	4.071		5,24	1.703,00
4.357	4.372	300	5	0,30	718	J9	4.071		5,87	4.214,66
4.395	4.405	200	8	0,15	232	J10	4.689		5,78	1.340,96
4.454	4.466	240	7	0,15	278	J10	4.689		4,58	1.273,24
4.471	4.484	260	6	0,20	406	J10	4.689		4,23	1.717,38
4.484	4.518	680	7	0,15	789	J10	4.689		3,76	2.966,64
4.550	4.566	320	9	0,15	371	J10	4.689		2,62	972,02
4.570	4.585	300	8	0,15	348	J10	4.689		2,23	776,04
4.605	4.648	860	9	0,15	998	J10	4.689		1,25	1.247,50
4.725	4.752	540	7	0,15	627	J10	4.689		0,99	620,73
4.766	4.776	200	5	0,30	479	J10	4.689		1,64	785,56
4.776	4.784	160	3	0,60	811	J10	4.689		1,82	1.476,02
TOTAL		4.400			6.452				3,01	19.440,25

4.4.2.2. SUBLASTRO

Situado entre o lastro e a substituição do solo inadequado, cuja função é absorver os esforços transmitidos pelo lastro e transferi-los para o terreno subjacente, na taxa adequada à capacidade de suporte do referido terreno, além de não permitir a penetração dos agregados situados na parte inferior do lastro e permitir uma perfeita drenagem das águas pluviais.

Nos trecho de corte em rocha, o sublastro será executado com material drenante, tendo a função também de colchão drenante, com objetivo drenar as águas nos cortes em rocha. As águas coletadas serão conduzidas longitudinalmente pelos valetões laterais.

Apresenta-se na seqüência tabela com os trechos com sublastro com material de jazida (corte em solos e aterros) e com material drenante (cortes em rocha):

DISTRIBUIÇÃO DO SUBLASTRO (JAZIDA)										
ESTACA		EXT. (m)	CG (Estaca)	JAZIDA			DMT (km)	VOLUME (m³)	MOMENTO (m³.km)	VOL. PARCIAL (m³)
INÍCIO	FINAL			No	CG (Estaca)	DM (km)				
Triângulo de reversão ramo A		1.427	-	J1	70 + 6	0,0	1,16	1.078	1.250,48	
Triângulo de reversão ramo B		1.248	-	J1	70 + 6	0,0	1,06	574	608,44	
47 + 0	53 + 2	122	50 + 1,0	J1	70 + 6	0,0	0,41	199	81,59	
70 + 6	82 + 18	252	76 + 12,0	J1	70 + 6	0,0	0,13	411	53,43	
92 + 20	115 + 14	454	104 + 7,0	J1	70 + 6	0,0	0,68	740	503,20	
153 + 4	187 + 16	692	170 + 10,0	J1	70 + 6	0,0	2,00	1.127	2.254,00	
316 + 5	450 + 1	2.676	383 + 3,0	J1	70 + 6	0,0	6,26	4.359	27.287,34	8.488
466 + 12	477 + 13	221	472 + 2,5	J2	620 + 3	0,0	2,96	360	1.065,60	
513 + 20	528 + 10	290	521 + 5,0	J2	620 + 3	0,0	1,98	472	934,56	
569 + 12	574 + 8	96	572 + 0,0	J2	620 + 3	0,0	0,96	156	149,76	
581 + 16	620 + 3	767	600 + 19,5	J2	620 + 3	0,0	0,38	1.249	474,62	
672 + 18	674 + 3	25	673 + 10,5	J2	620 + 3	0,0	1,07	41	43,87	
680 + 9	728 + 10	961	704 + 9,5	J2	620 + 3	0,0	1,69	1.565	2.644,85	
806 + 10	833 + 10	540	820 + 0,0	J2	620 + 3	0,0	4,00	880	3.520,00	
843 + 5	873 + 18	613	858 + 11,5	J2	620 + 3	0,0	4,77	999	4.765,23	
883 + 18	894 + 15	217	889 + 6,5	J2	620 + 3	0,0	5,38	353	1.899,14	
897 + 17	944 + 9	932	921 + 3,0	J2	620 + 3	0,0	6,02	1.518	9.138,36	
953 + 9	968 + 11	302	961 + 0,0	J2	620 + 3	0,0	6,82	492	3.355,44	
977 + 12	1.005 + 7	555	991 + 9,5	J2	620 + 3	0,0	7,43	904	6.716,72	
Pátio P1		2.646	368 + 14,0	J2	621 + 3	0,0	5,05	3.605	18.205,25	12.594
1.027 + 10	1.031 + 12	82	1.029 + 11,0	J19	1.603 + 0	0,5	11,97	134	1.603,98	
1.122 + 5	1.170 + 13	968	1.146 + 9,0	J19	1.603 + 0	0,5	9,63	1.577	15.186,51	
1.183 + 4	1.192 + 14	190	1.187 + 19,0	J19	1.603 + 0	0,5	8,80	310	2.728,00	
1.208 + 8	1.232 + 3	475	1.220 + 5,5	J19	1.603 + 0	0,5	8,15	774	6.308,10	
1.299 + 2	1.460 + 5	3.223	1.379 + 13,5	J19	1.603 + 0	0,5	4,97	5.250	26.092,50	
1.512 + 17	1.526 + 18	281	1.519 + 17,5	J19	1.603 + 0	0,5	2,16	458	989,28	
1.579 + 5	1.603 + 0	475	1.591 + 2,5	J19	1.603 + 0	0,5	0,74	774	572,76	
1.603 + 0	1.616 + 13	273	1.609 + 16,5	J19	1.603 + 0	0,5	0,64	445	284,80	
1.634 + 8	1.638 + 0	72	1.636 + 4,0	J19	1.603 + 0	0,5	1,16	117	135,72	
1.664 + 10	1.667 + 13	63	1.666 + 1,5	J19	1.603 + 0	0,5	1,76	103	181,28	
1.688 + 1	1.696 + 18	177	1.692 + 9,5	J19	1.603 + 0	0,5	2,29	288	659,52	10.230
1.717 + 14	1.809 + 18	1.844	1.763 + 16,0	J18	1.931 + 0	1,9	5,24	3.004	15.740,96	
1.851 + 19	1.871 + 10	391	1.861 + 14,5	J18	1.931 + 0	1,9	3,29	637	2.095,73	
1.885 + 3	1.895 + 9	206	1.890 + 6,0	J18	1.931 + 0	1,9	2,71	336	910,56	
1.921 + 19	1.925 + 12	73	1.923 + 15,5	J18	1.931 + 0	1,9	2,04	119	242,76	
2.029 + 16	2.095 + 19	1.323	2.062 + 17,5	J18	1.931 + 0	1,9	4,54	2.155	9.783,70	
2.097 + 9	2.139 + 4	835	2.118 + 6,5	J18	1.931 + 0	1,9	5,65	1.360	7.684,00	
2.188 + 6	2.255 + 6	1.340	2.221 + 16,0	J18	1.931 + 0	1,9	7,72	2.183	16.852,76	
2.299 + 14	2.300 + 8	14	2.300 + 1,0	J18	1.931 + 0	1,9	9,28	23	213,44	
2.301 + 8	2.450 + 5	2.977	2.375 + 16,5	J18	1.931 + 0	1,9	10,80	4.850	52.380,00	14.667
2.455 + 9	2.463 + 12	163	2.459 + 10,5	J17	2.787 + 0	2,0	8,55	266	2.274,30	
2.473 + 18	2.705 + 6	4.628	2.589 + 12,0	J17	2.787 + 0	2,0	5,95	7.539	44.857,05	
2.706 + 4	2787 + 0	1.616	2.746 + 12,0	J17	2.787 + 0	2,0	2,81	2.632	7.395,92	
2787 + 0	2.796 + 4	184	2.791 + 12,0	J17	2.787 + 0	2,0	2,09	300	627,00	
2.829 + 19	2.832 + 14	55	2.831 + 6,5	J17	2.787 + 0	2,0	2,89	90	260,10	
2.834 + 18	2.835 + 11	13	2.835 + 4,5	J17	2.787 + 0	2,0	2,96	21	62,16	
2.871 + 18	3.009 + 0	2.742	2.940 + 9,0	J17	2.787 + 0	2,0	5,07	4.467	22.647,69	
Pátio P3		2.676	2.612 + 4,0	J17	2.787 + 0	2,0	5,50	3.605	19.827,50	18.920
3.028 + 7	3.360 + 6	6.639	3.194 + 6,5	J13	3.375 + 0	8,2	11,81	10.815	127.725,15	
3.404 + 7	3.443 + 17	790	3.424 + 2,0	J13	3.375 + 0	8,2	9,18	1.287	11.814,66	12.102
3.521 + 18	3.642 + 16	2.418	3.582 + 7,0	J16	3.565 + 0	1,9	2,25	3.939	8.862,75	
3.697 + 15	3.713 + 7	312	3.705 + 11,0	J16	3.565 + 0	1,9	4,71	508	2.392,68	
3.757 + 11	4.001 + 10	4.879	3.879 + 10,5	J16	3.565 + 0	1,9	8,19	7.948	65.094,12	12.395
4.010 + 4	4.400 + 0	7.796	4.205 + 2,0	J12	4.078 + 0	5,4	7,94	12.700	100.838,00	12.700
4.400 + 0	4709 + 13	6.193	4.554 + 16,5	J11	4.501 + 0	6,4	7,48	10.088	75.458,24	
Pêra ferroviária		4.359	-	J11	4.501 + 0	6,4	11,65	7.100	82.715,00	17.188
Total		75.781						119.284	818.450,56	119.284
DMT ponderada							6,86			

DISTRIBUIÇÃO DO SUBLASTRO (CAMADA DRENANTE)									
ORIGEM		DESTINO				VOLUME (m³)	DMT (km)	MOMENTO (m³.km)	
PEDR.	CG (Estaca)	ESTACA		EXTENSÃO (m)	CG (Estaca)				
		INÍCIO	FINAL						
TRIANGULO DE REVERSAO - RAMO A									
P1	147	7 + 2	18 + 14	232	12 + 18	378	4,718	1.783	
P1	147	26 + 9	53 + 2	533	39 + 16	868	4,176	3.625	
TRIANGULO DE REVERSAO - RAMO B									
P1	147	-16 + 0	-11 + 2	102	-14 + 11	166	5,231	868	
P1	147	5 + 7	24 + 4	377	14 + 16	614	4,676	2.871	
P1	147	29 + 1	49 + 18	417	39 + 10	679	4,170	2.831	
LINHA GERAL									
P1	147	53 + 2	70 + 6	344	61 + 14	560	3,734	2.091	
P1	147	82 + 18	92 + 20	202	87 + 19	329	3,219	1.059	
P1	147	115 + 14	153 + 4	750	134 + 9	1.222	2,269	2.773	
P1	147	187 + 16	316 + 5	2569	251 + 21	4.185	0,101	423	
P1	147	450 + 1	466 + 12	331	458 + 7	539	4,227	2.278	
P1	147	477 + 13	513 + 20	727	495 + 17	1.184	4,977	5.893	
P1	147	528 + 10	569 + 12	822	548 + 21	1.339	6,041	8.089	
P1	147	574 + 8	581 + 16	148	577 + 22	241	6,622	1.596	
P1	147	620 + 3	672 + 18	1055	646 + 11	1.719	7,991	13.737	
P1	147	674 + 3	680 + 9	126	677 + 6	205	8,606	1.764	
P1	147	728 + 10	806 + 10	1560	767 + 10	2.541	10,410	26.452	
P1	147	833 + 10	843 + 5	195	838 + 8	318	11,828	3.761	
P1	147	873 + 18	883 + 18	200	878 + 18	326	12,638	4.120	
P1	147	894 + 15	897 + 17	62	895 + 26	101	12,986	1.312	
P1	147	944 + 9	953 + 9	180	948 + 19	293	14,039	4.113	
P1	147	968 + 11	977 + 12	181	972 + 22	295	14,522	4.284	
P1	147	1.005 + 7	1.027 + 10	443	1.016 + 9	722	15,389	11.111	
P1	147	1.031 + 12	1.122 + 5	1813	1.076 + 19	2.953	16,599	49.017	
P1	147	1.170 + 13	1.183 + 4	251	1.176 + 19	409	18,599	7.607	
P1	147	1.192 + 14	1.208 + 8	314	1.200 + 11	512	19,071	9.764	
P1	147	1.232 + 3	1.299 + 2	1339	1.265 + 13	2.181	20,373	44.434	
P1	147	1.460 + 5	1.512 + 17	1052	1.486 + 11	1.714	24,791	42.492	
P1	147	1.526 + 18	1.579 + 5	1047	1.552 + 22	1.706	26,122	44.564	
P1	147	1.616 + 13	1.634 + 8	355	1.625 + 11	578	27,571	15.936	
P1	147	1.638 + 0	1.664 + 10	530	1.651 + 5	863	28,085	24.237	
P1	147	1.667 + 13	1.688 + 1	408	1.677 + 17	665	28,617	19.030	
P1	147	1.696 + 18	1.717 + 14	416	1.706 + 26	678	29,206	19.802	
P1	147	1.809 + 18	1.851 + 19	841	1.830 + 19	1.370	31,679	43.400	
P1	147	1.871 + 10	1.885 + 3	273	1.878 + 7	445	32,627	14.519	
P1	147	1.895 + 9	1.921 + 19	530	1.908 + 14	863	33,234	28.681	
P1	147	1.925 + 12	2.029 + 16	2084	1.977 + 14	3.395	34,614	117.515	
P1	147	2.095 + 19	2.097 + 9	30	2.096 + 14	49	36,994	1.813	
P1	147	2.139 + 4	2.188 + 6	982	2.163 + 15	1.600	38,335	61.336	
P1	147	2.255 + 6	2.299 + 14	888	2.277 + 10	1.447	40,610	58.763	
P1	147	2.300 + 8	2.301 + 8	20	2.300 + 18	33	41,078	1.356	
P1	147	2.450 + 5	2.455 + 9	104	2.452 + 17	169	44,117	7.456	
P1	147	2.463 + 12	2.473 + 18	206	2.468 + 15	336	44,435	14.930	
P1	147	2.705 + 6	2.706 + 4	18	2.705 + 15	29	49,175	1.426	
P1	147	2.796 + 4	2.829 + 19	675	2.812 + 22	1.100	51,322	56.454	
P1	147	2.832 + 14	2.834 + 18	44	2.833 + 16	72	51,736	3.725	
P1	147	2.835 + 11	2.871 + 18	727	2.853 + 15	1.184	52,135	61.728	
P1	147	3.009 + 0	3.028 + 7	387	3.018 + 14	630	55,434	34.923	
P1	147	3.360 + 6	3.404 + 7	881	3.382 + 7	1.435	62,707	89.985	
P1	147	3.443 + 17	3.521 + 18	1561	3.482 + 18	2.543	64,718	164.578	
P1	147	3.642 + 16	3.697 + 15	1099	3.669 + 26	1.790	68,466	122.554	
P1	147	3.713 + 7	3.757 + 11	884	3.735 + 9	1.440	69,769	100.467	
P1	147	4.001 + 10	4.010 + 4	174	4.005 + 17	283	75,177	21.275	
		Total		31.489		51.296		1.390.601	
							DMT Ponderada	27,11	

4.4.2.3. LASTRO

Situado entre os dormentes e o sublastro com a finalidade de distribuir convenientemente sobre o sublastro, os esforços resultantes das cargas dos veículos, produzindo uma pressão de trabalho menor na plataforma. Também tem a finalidade de formar um suporte elástico, atenuando as trepidações resultantes da passagem de veículos ferroviários; suprimir as imperfeições e irregularidades da plataforma, formando uma superfície contínua e uniforme para os dormentes e trilhos; impedir o deslocamento dos dormentes nos sentidos transversal e longitudinal; facilitar a drenagem da superestrutura.

4.4.2.4. TRILHOS

O trilho utilizado foi UIC 60, soldados. A classificação, métodos construtivos de colocação estão detalhados nas especificações técnicas no Volume 1 – Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência.

4.4.2.5. DORMENTES

Serão colocados dormentes de concreto monobloco, para bitola mista (1,60m x 1,00 m) com o trilho interno colocado à esquerda no sentido da quilometragem, a uma taxa de 1667 dormentes/km, com espaçamento entre eixos de 60 cm.

Suas especificações estão detalhadas no item Especificações Técnicas e Métodos Construtivos

4.4.3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Encontram-se no Volume 1 – Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência, as especificações técnicas dos seguintes serviços e materiais:

- **FIXAÇÕES**, elásticas com palmilhas de neoprene entre a placa de apoio e o dormente e grampos tipo PANDROL, sendo 6 grampos e 3 palmilhas por dormente;
- **PLACA DE APOIO FUNDIDA PARA DORMENTES DE CONCRETO**;

- OMBREIRA PARA DORMENTE DE CONCRETO;
- ALMOFADA DE POLIETILENO;
- TALAS DE JUNÇÃO – PADRÃO UIC, deverão ser de aço com alto teor de carbono e aço temperado;
- TALAS DE JUNÇÃO – PADRÃO ABNT, deverão ser de aço com alto teor de carbono e aço temperado;
- TALAS DE JUNÇÃO – PADRÃO AREMA, deverão ser de aço com alto teor de carbono e aço temperado;
- PARAFUSOS DE AÇO TRATADOS A QUENTE E PARA PORCAS DE AÇO CARBONO – PADRÃO ABNT;
- PARAFUSOS DE AÇO TRATADOS A QUENTE E PARA PORCAS DE AÇO CARBONO – PADRÃO AREMA;
- TIREFÃO – ABNT – PB-247;
- ARRUELAS DE PRESSÃO – PADRÃO ABNT;
- ARRUELAS DE PRESSÃO – PADRÃO AREMA
- ARRUELAS DE PRESSÃO – PADRÃO UIC
- PLACAS DE APOIO DE AÇO DE ALTO TEOR DE CARBONO, CONFORMADA A QUENTE – PARA DORMENTES DE MADEIRA;
- APARELHOS DE MUDANÇA DE VIA (AMV)
- SOLDAGEM DE TRILHOS;
- METODOLOGIA CONSTRUTIVA.

4.4.4. MEMORIA DE CÁLCULO E VERIFICAÇÃO

4.4.5.1. DADOS DE ENTRADA

- Carga máxima por eixo = 32,5t;
- Bitola = 1,60m;
- Limite de escoamento do trilho = 5.800 kgf/cm²;
- Momento de inércia do trilho UIC 60 = 3055 cm⁴;

- Momento resistente do trilho UIC 60 = 335,5 cm³;
- Largura do boleto do trilho UIC 60 = 7,43cm;
- Módulo de elasticidade do trilho = 2.150.000 kgf/cm²;
- Coeficiente de segurança à flexão lateral = 1,2;
- Coeficiente de segurança às condições de via = 1,25;
- Coeficiente de segurança ao desgaste à corrosão = 1,15;
- Coeficiente de segurança à superelevação não compensada = 1,15;
- Coeficiente de impacto = 2;
- Esforço devido à temperatura = 1.406 kgf/cm²;
- Comprimento do dormente de concreto monobloco = 2,80m;
- Largura do dormente monobloco na base = 28,5cm;
- Altura do dormente monobloco = 24cm;
- Módulo de elasticidade da via = 140kgf/cm²;
- Taxa de dormentes = 1.667/km;
- Distância entre dormentes = 60cm;
- Distância entre eixos do material rodante, situação mais desfavorável = 1,70m, vagão de minério ref. HAT;
- Ângulo de distribuição dos esforços no lastro = 40°;
- Ângulo de distribuição dos esforços no sublastro = 36°;
- Ângulo de distribuição dos esforços no subleito = 30°;
- Densidade de tráfego = 7 milhões de toneladas anuais;
- Número de ciclos para esta densidade de tráfego = 1.000.000;
- Altura de lastro adotada = 30cm;
- CBR da substituição do solo inadequado = será calculado para um CBR variando de 3 a 10;

- CBR do subleito = 3.

4.4.5.2. CÁLCULO DOS ESFORÇOS NO TRILHO

- Tensão admissível máxima no trilho = $(5800 - 1406)/1,2/1,25/1,15/1,15 = 2.215 \text{ kgf/cm}^2$
- Carga dinâmica da roda Pd = coeficiente de impacto x carga na roda = $2 \times 32500 / 2 = 32500 \text{ kgf}$
- Distância do ponto de carregamento até onde o momento fletor se anula = $42,532 \times (3055 / 140)0,25 = 92\text{cm}$
- Largura de apoio transversal do dormente = $280 - (160+7,43) = 113\text{cm}$
- Área de apoio transversal do dormente = $113 \times 28,5 = 3.208,25\text{cm}^2$
- Largura de apoio longitudinal fictícia = $3208,25 / 60 = 53,5\text{cm}$
- Coeficiente de lastro de Wincler = $2 \times 60 \times 140 / 28,5 / 280 = 2,105\text{kgf/cm}^2$
- Comprimento da elástica = $(4 \times 2150000 \times 3055 / (59,4 \times 1,895))0,25 = 123,6\text{cm}$
- Momento fletor no ponto zero de apoio da roda no trilho = $32500 \times 123,6 / 4 = 1.004.258\text{kgcm}$
- Momento fletor distante a 1,70m = $32500 \times 123,6 / 4 \times e^{-170/123,6} \times (\cos 170/123,6 - \text{sen } 170/123,6) = -199.705\text{kgcm}$
- Momento fletor distante a 3,40m = $32500 \times 123,6 / 4 \times e^{-340/123,6} \times (\cos 170/123,6 - \text{sen } 170/123,6) = -83.749\text{kgcm}$
- Momento fletor final = $1.004.258 - 199.705 - 83.749 = 720.804\text{kgcm}$
- Tensão máxima do trilho = $720.804 / 335,5 = 2.148\text{kgf/cm}^2$
- Verifica-se que a tensão máxima no trilho é menor que a tensão admissível máxima no trilho

- $2.148\text{kgf/cm}^2 < 2.215\text{kgf/cm}^2$, portanto, o trilho UIC 60 satisfaz a premissa inicial de sua escolha.
- Deflexão máxima no ponto zero de apoio da roda no trilho
 $= 32500 / 2 / 59,4 / 123,6 = 1,16\text{cm}$
- Deflexão no ponto distante 1,70m = $32500 / 2 / 59,4 / 123,6 \times e^{-170/123,6} \times (\cos 170/123,6 + \sin 170/123,6) = 0,35\text{cm}$
- Deflexão no ponto distante 3,40m = $32500 / 2 / 59,4 / 123,6 \times e^{-340/123,6} \times (\cos 340/123,6 + \sin 340/123,6) = 0,04\text{cm}$
- Deflexão total = $1,16 + 0,35 - 0,04 = 1,47\text{cm}$
- Reação no dormente = $1,47 \times 140 \times 54 = 12.383 \text{ kgf}$
- Pressão no lastro = $11.113 / 3.208,25 = 3,86 \text{ kgf/cm}^2$

4.4.5.3.

CÁLCULO DO ESFORÇO NO DORMENTE

- Carga de reação uniformemente distribuída no dormente
 $= 3.208,25 / 113 = 28,5\text{kgf/cm}$
- Momento fletor no apoio do dormente = $28,5 \times 1132 / 8 = 45.144 \text{ kgfcm}$
- Momento de inércia na seção do dormente de concreto =
 $213 / 36 \times (212 + 4 \times 21 \times 28,5 + 28,5^2) / (21 + 28,5) = 28.293,8 \text{ cm}^4$
- Momento resistente na seção do dormente de concreto =
 $28293,8 \times 3 \times (21+28,5) / 24 / (21+2 \times 28,5) = 2.244,46\text{cm}^3$
- Tensão máxima no apoio do dormente = $45144 / 2244,46 = 20,1 \text{ kgf/cm}^2$.
- Como o fck do concreto é maior que 400kgf/cm^2 , o dormente de concreto monobloco satisfaz a premissa inicial de sua escolha.

4.4.5.4. CÁLCULO DA ALTURA DO SUBLASTRO E DA SUBSTITUIÇÃO DO SOLO INADEQUADO

- Coeficiente de distribuição para o sublastro = $\text{tg } 36^\circ / \text{tg } 40^\circ = 0,866$;
- Coeficiente de distribuição para o substituição do solo inadequado = $\text{tg } 30^\circ / \text{tg } 40^\circ = 0,688$;
- Tensão admissível no subleito = $0,006 \times 3 \times 100 / (1 + 0,7 \times \log 1.000.000) = 0,35 \text{kgf/cm}^2$;
- Altura total do lastro + sublastro + substituição do solo inadequado $> (53,87 \times 3,86 / 0,35)^{0,8} = 167 \text{cm}$;
- Tensão admissível no subleito = $0,006 \times \text{CBR}_{\text{subleito}} \times 100 / (1 + 0,7 \times \log 1.000.000) = \rho_{\text{adm subleito}}$ em kgf/cm^2 ;
- Altura do lastro + sublastro $> (53,87 \times 3,47 / \rho_{\text{adm subleito}})^{0,8} = h_{\text{lastro + sublastro}}$ em cm;
- Altura do sublastro $> (h_{\text{lastro + sublastro}} - 30) \times 0,866 = h_{\text{sublastro}}$ em cm;
- Altura da substituição do solo inadequado $> (167 - h_{\text{sublastro}}) \times 0,688 = h_{\text{subleito}}$;

CBR	σ_{adm}	h_{tot}	Espessura Equivalente			Espessura Adotada		
			h_l	h_{sl}	h_{rs}	h_l	h_{sl}	h_{ssi}
3	0,346	146	30	26	90	30	25	60
4	0,462	116	30	26	60	30	25	40
5	0,577	97	30	26	41	30	25	30
6	0,692	84	30	26	28	30	25	20
7	0,808	74	30	26	18	30	25	15
8	0,923	66	30	26	10	30	25	15
9	1,038	61	30	26	5	30	25	15
10	1,154	56	30	26	0	30	25	0

h_l – espessura do lastro (cm)

h_{sl} – espessura do sublastro (cm)

h_{ssi} – espessura da substituição de solos inadequados (cm)

4.5. PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

4.5. PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

As plantas do projeto de Obras-de-arte especiais na íntegra está apresentado no Volume 2A – Projeto de Execução, enquanto a memórias do cálculo estrutural das obras apresenta-se no Volume 3C – Memória de Cálculo de Estruturas.

A seguir apresentamos relação das obras-de-arte especiais desta ferrovia.

OAE	Extensão (m)	Posição (est + m)	
		Início	Fim
Ponte sobre o riacho da Favela	25	696+11	697+16
Ponte sobre o riacho da Garça ou Logradouro	75	914+5	918+0
Ponte sobre o riacho da Volta	125	1765+19	1772+4
Ponte sobre o riacho Capim Grosso	75	2755+15	2759+10
Viaduto sobre a PE-555	41	19+7,85	21+8,85
Viaduto sobre a BR-122	41	15+11,58	17+12,58
Passagens Inferiores	8	523, 710, 890, 959, 1217, 1424, 1789, 1892, 2106, 2226, 2440, 2532, 2739, 2785, 3110, 3280, 3353, 4057, 4248, 4378, 4537, 4709	
Passagens Inferiores	13	331, 431, 1591, 3554	

4.6. PROJETO DE SINALIZAÇÃO

4.6. PROJETO DE SINALIZAÇÃO

4.6.1 INFORMAÇÕES PRELIMINARES

O Projeto de Sinalização Ferroviária do Ramal entre Parnamirim e Arapirina, da Ferrovia Transnordestina, foi executado de acordo com as normas da RFSSA e DNIT, com previsão de uso de placas, conforme modelos em anexo, fixando seus nomes, descrição, aspecto e significações.

Os marcos indicadores dos quilômetros estão igualmente detalhados na planta S-38 do Volume 2 – Projeto de Execução.

Todos os sinais serão refletorizados e/ou iluminados, para transmitir suas mensagens à noite. A iluminação, entretanto, não poderá provocar ofuscamento e os sinais devem ser implantados onde possam transmitir suas mensagens sem que restrinjam a distância de visibilidade ou haja necessidade de diminuição de velocidade para entendê-los.

4.6.2 DEFINIÇÕES

As seguintes definições são adotadas neste Projeto, relativamente às velocidades indicadas pelas placas:

- Velocidade máxima autorizada – VMA: máxima velocidade permitida em cada trecho, indicado por placa colocada à margem da linha;
- Velocidade limitada – VL: velocidade não superior a km/h;
- Velocidade reduzida – VRZ: velocidade não superior a km/h;
- Velocidade restrita – VTR: velocidade não superior a km/h.

NOTA 1: As velocidades acima são indicadas nos Regulamentos de Sinais das Estradas de Ferro, de acordo com a significação estabelecida para cada sinal e serão estabelecidas pela autoridade competente da operadora da linha em questão.

NOTA 2: O Regulamento de Sinais das Estradas de Ferro, acima citado, regulamenta todas as placas e sinais a serem usados nas operações ferroviárias, e, a falta de alguma placa ou sinal, neste Projeto,

não exige à futura operadora do Sistema Ferroviário o ser construído, da responsabilidade de não usa-las.

4.6.3 PRINCÍPIOS A SEREM OBSERVADOS

- Os sinais indicam as velocidades a serem adotadas pelos trens e não os itinerários que estes seguirão.
- Os sinais com mais de um foco serão interpretados pelo conjunto das cores apresentadas e não pelo aspecto individual de cada foco.
- Um sinal anormalmente apagado ou de aspecto impreciso, que provoque dúvidas ao maquinista, corresponderá ao sinal de parada.
- Nenhum sinal anão será utilizado em linha corrida, exceto os indicativos de marcos quilométricos.

4.6.4 SINALIZAÇÃO FERROVIÁRIA - PLACAS

4.6.4.1 DEFINIÇÃO

Denomina-se placa de sinalização a um dispositivo fixo, auxiliar da sinalização das Estradas de Ferro, contendo inscrições de letras, algarismos e/ou símbolos que caracterizam situações para as quais se exige o cumprimento de regulamentos ou chamam a atenção dos maquinistas em favor da segurança e da flexibilidade do tráfego.

4.6.4.2 OBJETIVO

O objetivo deste Projeto é determinar os tipos de placas a serem utilizadas e regulamentar as suas aplicações.

4.6.4.3 UTILIZAÇÃO

- Segundo o tempo de permanência no local de implantação, as placas podem ser fixas ou permanentes, ou móveis ou temporárias:

- Permanente é a placa cuja localização e utilização em determinado ponto da linha férrea é definitiva.
- Temporária é a placa cuja localização e utilização em determinado ponto da linha férrea é variável e transitória, dependendo de fatores ocasionais, tais como: trabalho na via permanente, acidentes na linha, restrições provisórias e outros.

4.6.4.4 CLASSIFICAÇÃO

Quanto à sua função as placas classificam-se em duas categorias:

4.6.4.4.1 Fixas ou Permanentes

São aquelas que por sua natureza indicam as condições permanentes da via férrea, como localização de Pontes, Viadutos, Zonas Urbanas, etc., e tem as seguintes denominações:

- Placas de regulamentação

As que informam sobre dispositivos de natureza regulamentar, tais como: limite de velocidade, apite, parada obrigatória e outras.

- Placas de advertência

As que chamam a atenção para a existência e natureza de condições que exijam cautela, tais como: as indicativas de passagens de nível, trabalho na via permanente e outras.

- Placas de indicação

As que contêm outras informações julgadas de utilidade para a condução dos trens, tais como: limites urbanos, placas de estação e outras.

4.6.4.4.2 Móveis ou Temporárias

São aquelas que indicam a existência de anormalidades na via férrea, que, apesar de sua transitoriedade, necessitam ser sinalizadas, tais como: intervenções de manutenção na via permanente, queda de

barreiras, etc. Esses sinais, quando aplicados se sobrepõe aos de caráter permanente.

Na planta S-39 do Volume 2 – Projeto de Execução, são mostrados esses tipos de placas (também chamadas de “bandeiras”).

4.6.4.5 CARACTERÍSTICAS DAS PLACAS – FORMA E COR

As placas de regulamentação serão quadradas e apresentadas com um dos lados na horizontal. Seus algarismos, letras, símbolos, e tarjas serão pintados em tinta amarela refletiva, grau técnico, podendo ser aplicado fita refletiva, também amarela, igualmente em grau técnico. O fundo e o verso serão pretos, foscos.

As placas de advertência serão quadradas e apresentadas com uma diagonal na vertical. Seus algarismos, letras, símbolos e tarjas serão pintados em tinta amarela refletiva, podendo ser aplicado fita refletiva, também amarela. O fundo e o verso serão pretos, foscos.

As placas de indicação serão retangulares, triangulares ou terão a forma resultante da combinação das duas, com tarja. Seus algarismos, letras, símbolos e tarja serão branco fosco. O fundo será preto e o verso preto fosco.

As placas de indicação destinadas a dar informações ao público poderão ter formas e concepções diferentes, excepcionalmente.

4.6.4.6 CARACTERÍSTICAS DAS PLACAS – DIMENSÕES

De acordo com as Normas Vigentes as placas de regulamentação e as de advertência terão as dimensões em função da velocidade máxima autorizada (VMA):

- < 80 Km/h - lado igual a 50 cm;
- = ou > 80 Km/h - lado igual a 80 cm.

No presente Projeto, como a velocidade máxima autorizada é de 80 km/h usaremos o lado igual a 80 cm.

As placas de indicação terão as dimensões fixadas nos desenhos que fazem parte integrante desta instrução ou de acordo com as conveniências de cada caso.

A tarja terá 2 cm e ficará um centímetro afastada da borda.

4.6.4.7 CARACTERÍSTICAS DAS PLACAS – MATERIAIS

As especificações para confecção das placas, suportes, fixação, proteção, etc., estão caracterizados nas plantas S-38, S-40 À S-54, S-61, S-64 apresentadas no Volume 2 – Projeto de Execução.

Constituem-se em recomendações básicas, podendo ser alterada conforme as disponibilidades locais, mas sempre no sentido de maior vantagem estrutural.

As placas, os suportes e as braçadeiras deverão ser protegidas com aplicação de tinta anti-oxidante à base de cromato de zinco, ou de tinta à base de resina poliuretâmica, ou serem galvanizados.

Os suportes e as braçadeiras deverão ser sempre pintados de tinta preta sobre a camada anti-oxidante.

Os parafusos, porcas e arruelas deverão ser de ferro galvanizados, cromados, ou outro processo equivalente.

NOTAS:

- I – A fixação do suporte da placa ao poste será feita através de peça de pressão ou de trava, de características tais que não permita o movimento da placa em torno ou ao longo do poste.
- II – Excepcionalmente é admissível a utilização de poste de perfil. Ex.: trilhos.

4.6.4.8 LOCALIZAÇÃO DAS PLACAS

As placas serão localizadas à margem da linha, à direita em relação ao sentido de circulação conforme mostrado nas plantas S-55 e S-56 do Volume 2 – Projeto de Execução.

Em caso de linha singela, a colocação da placa à esquerda só é permitida quando houver restrições de gabarito à direita.

Em caso de linha dupla, para entrevia menor que 5,0 m, a placa deverá ficar do lado externo, se houver restrições de gabarito, a placa ficará localizada na entrevia, utilizando-se adicionalmente uma placa indicando a que linha se refere.

Em caso de linha dupla, para entrevia maior que 5,0 m, a altura do centro da placa estará entre 2,0 e 2,5 m acima do nível do boleto do trilho a que se refere. No caso de linha sobre estruturas (pontes, passagens superiores, etc.) a altura será determinada pelo gabarito.

Em casos de linhas múltiplas, com entrevia menor que 5,00 m, será colocada “placas anãs”, inclusive para indicar o número da via, que será numerada sempre da direita para à esquerda.

Conforme o fim que se destinam, as placas serão colocadas junto ao objetivo que definem ou antecipadas de uma distância variável com a VMA, a saber:

- até 60 Km/h - 150m
- > 60 < ou = 80 Km/h - 200m
- > 80 < 120 Km/h - 300m
- > 120 Km/h - 400m

No presente Projeto as placas de regulamentação e advertência serão colocadas a 200 m do objetivo, salvo às placas de sinais de Apite e Velocidade Reduzida, que serão colocadas entre essa distância e o objetivo. As placas indicativas serão colocadas junto ao objetivo, de tal modo espaçadas, entre uma e outra, que permitam o bom entendimento.

4.6.4.9 ANULAÇÃO TEMPORÁRIA DE PLACA

Quando por qualquer motivo temporário de deseja anular uma placa, esta deverá ser coberta por uma placa metálica de cor preta fosca, facilmente aplicável na placa a ser anulada.

A placa aqui referida está caracterizada na planta S-52, Volume 2 – Projeto de Execução, que faz parte integrante deste Projeto.

Cessado o motivo da anulação, a placa metálica deverá ser retirada.

4.6.4.10 FISCALIZAÇÃO

A responsabilidade de fiscalização do correto cumprimento e implantação da presente Instrução ficarão a cargo do responsável pela operação dos trens.

4.6.5 DESCRIÇÃO DAS PLACAS

4.6.5.1. PLACAS DE REGULAMENTAÇÃO

Designação: R-1

- Nome: Velocidade máxima autorizada (VMA)
- Significação: Velocidade máxima autorizada para todos os trens em Km/h
- Inscrição: Número indicando a VMA para o trecho.
- Vide planta S-40 – Volume 2 – Projeto de Execução.

Designação: R-2

- Nome: Pare
- Significação: Parada obrigatória junto à placa.
- Inscrição: PARE
- Vide planta S-40 – Volume 2 – Projeto de Execução.

Designação: R-3

- Nome: Apito
- Significação: Recomendação genérica para operação de apito, buzina ou sirene, onde houver necessidade de aviso acústico de aproximação de um veículo ferroviário.
- Inscrição: A palavra APITE.
- Vide planta S-41 – Volume 2 – Projeto de Execução.

4.6.5.2. PLACAS DE ADVERTÊNCIA

Designação: A-1

- Nome: Cruzamento com rodovia
- Significação: Cruzamento em nível de ferrovia com uma rodovia, rua ou passagem de veículo não ferroviário.
- Inscrição: PN a 200 m.
- Vide planta S-41 – Volume 2 – Projeto de Execução.

Designação: A-2

- Nome: Homens trabalhando
- Significação: Trecho em obras, restrição de velocidade de acordo com o regulamento.
- Inscrição: Homens trabalhando.
- Vide planta S-42 – Volume 2 – Projeto de Execução.

Designação: A-3

- Nome: Velocidade Restrita a 200m
- Significação: O maquinista deverá prosseguir em

velocidade restrita a partir da distância indicada.

- Inscrição: VELOCIDADE RESTRITA a 200 m.
- Vide planta S-42 – Volume 2 – Projeto de Execução.

Designação: A-4

- Nome: Ponte
- Significação: Alertar ao maquinista a existência de ponte à distância indicada.
- Inscrição: Ponte a 200 m.
- Vide planta S-43 – Volume 2 – Projeto de Execução.

4.6.5.3. PLACAS DE INDICAÇÃO

Designação: I – 1

- Nome : Desvio
- Significação : Alertar ao maquinista a existência de desvio à frente
- Inscrição: Letra D
- Vide planta S-43 – Volume 2 – Projeto de Execução.

Designação: I – 2

- Nome : Estação
- Significação : Alertar ao maquinista a existência de Estação à frente
- Inscrição: Estação a 1 km
- Vide planta S-44 – Volume 2 – Projeto de Execução.

Designação: Nenhuma

- Nome : Placa de Anulação Temporária
- Significação : Alertar ao maquinista que a placa anterior temporariamente está desativada.
- Inscrição: Nenhuma
- Vide planta S-44 – Volume 2 – Projeto de Execução.

Designação: Nenhuma

- Nome : Placa Estação
- Significação : Indicar ao maquinista a chegada ao Pátio da Estação
- Inscrição:
 - Verso :
 - Limite de Pátio
 - Nome da Estação
 - km
 - Anverso:
 - Saindo de
 - Nome da Estação
 - km
- Vide planta S-49 – Volume 2 – Projeto de Execução.

Designação: Nenhuma

- Nome : Placa de Instalações
- Significação : Alertar ao maquinista a existência de Instalações Ferroviária `frente

- Inscrição: Nenhuma
- Vide planta S-45 – Volume 2 – Projeto de Execução.

4.6.6 PROTEÇÃO DE PASSAGEM DE NÍVEL

4.6.6.1 OBJETIVO

Resguardar a integridade física das composições ferroviárias e/ou rodoviárias, bem como de terceiros onde houver necessidade de cruzamento em nível entre a ferrovia e rodovia, tanto em zona rural como urbana.

4.6.6.2 TIPO PROJETADO

Tendo em vista o fim que se destina a ferrovia em questão, onde será preponderante a velocidade, optou-se, no Projeto, de eliminar todas as Passagens de Nível, substituindo-as por passagens inferiores, em concreto armado, de modo a preservar a velocidade dos trens e a segurança na circulação. De qualquer modo, apresentamos Equipamento de proteção composto de placas de aviso de cruzamento com via férrea, sem sinal luminoso. sem campainha e sem cancela.

4.6.6.2.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

A placa de sinalização, o poste tubular metálico e base de concreto, são mostrados nas plantas S-53 e S-54 do Volume 2 – Projeto de Execução, com as suas características e detalhes construtivos.

A placa será de chapa metálica e deve ser devidamente protegida contra corrosão, antes da aplicação do material refletivo ou da pintura do fundo com tinta sintética (não usar tintas à base de óleo).

4.6.6.2.2 LOCALIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO

A Placa deverá ser colocada nos dois lados da ferrovia, a uma distância de no mínimo de 3,60 m do eixo da linha, sempre dentro da faixa de domínio, conforme mostrado nas plantas S-55 E S-56 do Volume 2 – Projeto de Execução.

4.6.6.2.3 EMPREGO DO TIPO PROJETADO

A Placa projetada, dentro da concepção deste Projeto não será usada nas passagens em nível de importância secundária, tais como, cruzamento com estradas vicinais em zonas rurais ou ruas de reduzido tráfego de veículos e pedestres.

Constitui a sinalização mínima a ser empregada em toda e qualquer passagem em nível, se um dia implantada.

4.6.7 SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA DA PE-555 E BR-122

O Projeto de Sinalização Rodoviária desenvolvido obedeceu aos requisitos das Normas e Especificações de Sinalização do DNER e às Resoluções 599/82 e 666/86 do Conselho de Trânsito, bem como o Novo Código de Trânsito Brasileiro, lei nº 9.503 de 23/09/97, de forma a atender os seguintes princípios:

- regulamentar e disciplinar o uso da rodovia;
- advertir sobre perigos potenciais; e
- orientar o usuário através de informações úteis e/ou necessárias ao seu deslocamento.

Os trechos rodoviários sinalizados foram:

- PE-555, da estaca 8+19,923 à 41+2,867, com extensão de 642,944 m;
- BR-122, da estaca 03+00 à 34+10,471, com extensão de 630,471 m.

A sinalização proposta atende a princípios básicos tais como: visibilidade e legibilidade diurnas e noturnas, compreensão rápida do significado das indicações, informações, advertências, baseados no Projeto Geométrico em planta e perfil, no cadastro e visita ao trecho.

O projeto de sinalização é composto de Sinalização Vertical, compreendendo placas de sinais e dispositivos especiais, de Sinalização Horizontal, abrangendo linhas de demarcação e, de Condução Ótica abrangendo tachas.

A distância mínima de visibilidade adotada para ultrapassagem foi de 280 m.

4.6.7.1. Sinalização Horizontal

Tem como finalidade demarcar as faixas de rolamento e disciplinar a canalização do fluxo de veículos. Serão utilizadas as cores branca e amarela, designando, respectivamente, orientação e regulamentação. Estas serão do tipo termoplásticas, com propriedades refletivas, obtidas através do pré-adicionamento e posterior aspersão de microesferas de vidro, com 0,6 mm de espessura e com vida útil mínima de 3 anos.

Linhas Laterais Demarcadoras dos Bordos da Pista de Rolamento

Estão localizadas ao longo do trecho e distantes 10 cm das bordas da pista de rolamento. Serão pintadas na cor branca, com tinta refletiva com 10 cm de largura. As linhas serão contínuas.

Linhas Demarcadoras de Faixas de Tráfego

Estão posicionadas ao longo do eixo projetado com 10 cm de largura, delimitando as faixas de tráfego. Normalmente se apresentam em cadência 4,00 x 12,00 (4,00 m pintados com interrupções de 12,00 m), pintadas na cor amarela.

Em casos específicos, a 152 m antes do início e após o término de faixas amarelas contínuas (descritas no item seguinte), passam a desenvolver-se em cadência 4,00 x 4,00 (4,00 m pintados, com interrupções de 4,00 m).

Linhas de Proibição e Ultrapassagem

Estão posicionadas nos locais de ultrapassagem proibida, com 10 cm de largura (acessos, trechos sem visibilidade, travessias urbanas, etc.). Foram definidas em função da distância de visibilidade de ultrapassagem. Os detalhes gráficos de execução referentes às linhas de proibição de ultrapassagem encontram-se apresentados nas pranchas do Volume 2 - Projeto de Execução.

Linhas Complementares de Proibição de Ultrapassagem

Complementando as proibições de ultrapassagem, serão executadas linhas tracejadas em cadência de 4,00 x 4,00 (4,00 m pintados com interrupções de 4,00 m), na cor amarela e com 10 cm de largura.

4.6.7.2. Sinalização Vertical

A sinalização vertical, basicamente constituída por placas de sinais, compreende os seguintes tipos: sinais de regulamentação, sinais de advertência e sinais de indicação. Estes visam fornecer aos usuários da rodovia uma complementação dos dispositivos da sinalização horizontal.

As placas foram dimensionadas de acordo com os padrões convencionais. A sinalização vertical deverá ser executada em chapa de aço laminado à frio, galvanizado, com bitolas entre 16 e 18 mm (1,25 mm de espessura).

Sinais de Regulamentação

As placas de Regulamentação tem por finalidade informar os usuários da rodovia as limitações e restrições que regem o uso da mesma. Deverão ser executadas da seguinte maneira:

- Placas Circulares: Fundo: Branco revestido com película refletiva grau técnico.

Símbolo e letras: Preto não refletivo (tipo scotchcal).

Tarja e Orla: Vermelho revestido com película refletiva grau técnico.

Dimensões: $\varnothing = 1,00$ m

$\varnothing = 0,50$ m

Sinais de Advertência

Os sinais de advertência avisam da existência e natureza de condições potencialmente perigosas ao longo da rodovia ou em suas adjacências. Deverão ser executadas da seguinte maneira:

- Placas Quadradas: Fundo Amarelo revestido com película refletiva grau técnico.

Símbolos, letras e borda interna: Preto não refletivo (tipo Scotchcal).

Dimensões: L = 1,00 m

Sinais de Indicação

Os sinais tem a finalidade de guiar o usuário no curso do seu deslocamento e fornecer detalhes que possam ser úteis, tais como informações de distâncias ou chegadas a localidades e acessos, etc. Podem

ser utilizadas associadas com placas de advertência e regulamentação, estas inseridas dentro da placa de indicação. Estas placas deverão ser executadas da seguinte maneira :

- Fundo: Azul revestido com película refletiva grau técnico.

Letras ou setas: Branco revestido com película refletiva grau técnico.

Quadro interno: Fundo: Branco grau técnico.

Símbolos: Preto não refletivo (tipo Scotchcal).

Dimensões: 3,50 m x 2,00 m

- Suportes: Executados em madeira de lei pintado.

Dispositivos auxiliares de percurso - Delineadores

Os Dispositivos Auxiliares de Percurso têm a finalidade básica de orientar o percurso dos usuários, complementando a sua percepção ao se aproximarem de situações de situações potenciais de risco e contribuindo para delas alertá-los, razão pela qual possuem as mesmas cores dos Sinais de Advertência: fundo amarelo e símbolos pretos.

São posicionados lateralmente à via, em série de 3 delineadores, sendo aplicados nas aproximações dos viadutos.

Dimensões: 0,50 m x 0,52 m

- Suportes: Executados em madeira de lei pintado.

4.6.7.3. Sinalização por Condução Ótica

Serão implantadas ao longo da rodovia, sobre as linhas demarcadoras de borda, tachas refletivas bidirecionais brancas, com películas refletivas branca e vermelha, espaçadas a cada 16,0 m, com exceção dos trechos que antecedem os viadutos, numa extensão de 150 m, que será a cada 4,0 m. Do lado direito, elas estarão com o lado branco virado para o motorista e na outra linha de borda, do lado esquerdo da rodovia, estará voltado para o motorista, o lado com a película vermelha.

No eixo da pista, serão implantadas tachas refletivas bidirecionais amarelas, espaçadas a cada 4,0 m, sendo que no eixo viaduto serão tachões bidirecionais amarelos.

Nas defensas metálicas serão colocados refletivos prismáticos, com equidistância de 4,0 m.

4.6.8 SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA DE OBRA

As normas e padrões estabelecidos para sinalização de obra serão aplicados no trecho em obras (durante a construção de viaduto ferroviário, sobre a rodovia e nos desvios provisórios a serem construídos para a execução de viadutos rodoviários, sobre a ferrovia), visando dar a máxima segurança aos usuários e aos operários, quando em serviço, condicionado às situações típicas de cada local.

Todas as operações de construção deverão ser programadas para que o trânsito na rodovia não sofra exagerada interferência da obra, de forma a que os inevitáveis prejuízos a ele, sejam os menores possíveis.

Todos os sinais serão refletorizados e/ou iluminados, para transmitir suas mensagens à noite. A iluminação, entretanto, não poderá provocar ofuscamento e os sinais devem ser implantados onde possam transmitir suas mensagens sem que restrinjam a distância de visibilidade ou provoquem diminuição de largura de pista.

O Projeto de Sinalização Rodoviária para Obras nas Interseções necessárias obedece aos requisitos da moderna engenharia de tráfego e do Código Nacional de Trânsito instituído pela lei n.º 9503, de 23 de setembro de 1997 e resoluções posteriores, de forma a atender aos seguintes princípios:

- Regular e disciplinar o uso da rodovia durante o período de obras;
- Advertir sobre perigos potenciais;
- Orientar os usuários através de informações úteis e/ou necessárias aos seus deslocamentos.

A sinalização proposta atende aos princípios básicos de visibilidade e legibilidade diurnas e noturnas e compreensão rápida do significado das indicações e informações.

O sistema adotado é o preconizado pelos elementos de referência, citados acima e está constituído por uma sinalização vertical, compreendendo placas de sinais e dispositivos especiais e uma sinalização horizontal abrangendo linhas de demarcação sobre o pavimento.

O detalhamento das placas a serem usadas durante a interferência das obras de construção dos viadutos rodoviários estão apresentados na planta S-64 do Volume 2 – Projeto de Execução

4.6.9 DISPOSIÇÕES GERAIS

São proibidos o emprego de cartazes, anúncios e focos luminosos na faixa da ferrovia, capazes de confundirem ou desviarem a atenção dos motoristas e pedestres que transitam pela passagem em nível.

Ao ser instalado o equipamento de proteção de uma passagem em nível serão colocadas placas de sinalização rodoviária das estradas e ruas que para ela convergirem, indicando aos motoristas a aproximação da passagem.

As plantas S-01 à S-37 se referem à Planta Baixa de Sinalização Ferroviária da linha geral e da Pêra Ferroviária, e as S-66 à e S-68 referem-se as Notas de Serviços da linha geral, viadutos rodoviário e de obras.

4.7. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

4.7 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

4.7.1 RODOVIAS PE-555 E BR-555

Nas rodovias PE-555 e BR-122 foram previstas retificações altimétricas para possibilitar a passagem da Ferrovia Transnordestina sob as mesmas. A PE-555 inicia sua retificação na estaca 8+19,923 e termina na estaca 41+2,867, totalizando 642,944m de extensão de pavimentação. A BR-122 inicia sua retificação na estaca 03+0,00 e termina na estaca 34+10,471, totalizando 630,471m de extensão de pavimentação.

A seguir, apresentamos o dimensionamento das camadas do pavimento para a retificação.

Foi prevista uma faixa de rolamento de 3,5m de largura e de 1,5m de acostamento, a fim de enquadrar esse trecho de retificação nas normas do Projeto Geométrico do DNIT.

Para um tráfego estimado equivalente a passagem de 10^6 eixos padrão de 8,2 toneladas e um ISp de 10%, o ábaco de dimensionamento do DNIT fornece:

- $H_t \geq 38$ cm;
- $H_{20} \geq 26$ cm;
- $R \geq TSD + CS$ (tratamento superficial duplo + capa selante)

De onde resulta a seguinte estrutura do pavimento:

Estrutura do pavimento da pista de rolamento.

CAMADA	TIPO	COEFICIENTE ESTRUTURAL	ESPESSURA (cm)	
			REAL	EQUIVALENTE
REVESTIMENTO	TSD + CS	-	-	-
BASE	SEG	1,0	20,0	20,0
SUB-BASE	SEG	1,0	18,0	18,0
TOTAL			38,0	38,0

O revestimento da pista de rolamento será executado com TSD + CS, enquanto o acostamento será apenas em TSD.

A base e sub-base serão constituídas de solo estabilizado granulometricamente (SEG), com espessura de 20cm e 18cm, respectivamente.

Quantidades por metro linear

- Sub-base: 1,957 m³/m
- Base: 2,060 m³/m
- TSD: 10 m²/m
- Capa Selante: 7,0 m²/m
- Imprimação: 10 m²/m
- CM-30: 12 kg/m = 0,012 t/m
- RR-2C: 42 kg/m = 0,042 t/m

Apresenta-se na seqüência tabela com os trechos da rodovia com sub-base e base de material de jazida:

RODOVIA	ESTACA (RODOVIA)		MATERIAL	JAZIDA		DMT (km)	VOLUME (m ³)	MOMENTO (m ³ .km)
	INÍCIO	FIM		Nº	CG (ESTACA)			
PE-555	8 + 19,923	19 + 7,852	SUB-BASE	J1	14+3,88	0,522	406,92	212,23
	8 + 19,923	19 + 7,852	BASE	J1	14+3,88	0,522	428,33	223,40
	21 + 18,852	41 + 2,867	SUB-BASE	J1	31+10,86	0,620	751,52	465,64
	21 + 18,852	41 + 2,867	BASE	J1	31+10,86	0,620	791,07	490,15
BR-122	3 + 0	15 + 11,58	SUB-BASE	J17	9+5,79	4,678	492,34	2.302,93
	3 + 0	15 + 11,58	BASE	J17	9+5,79	4,678	518,26	2.424,17
	17 + 12,58	34 + 10,47	SUB-BASE	J17	26+1,53	4,721	661,25	3.121,53
	17 + 12,58	34 + 10,47	BASE	J17	26+1,53	4,721	696,05	3.285,81
					TOTAL	2,64	4.745,74	12.525,86

4.7.2 ESTRADAS LATERAIS À FERROVIA

Foram previstas estradas laterais à ferrovias para acesso das estradas vicinais existentes as passagens inferiores.

Foram considerados, para estradas de 6,0 m de largura, os seguintes serviços:

- Desmatamento e destocamento limpeza áreas com árvores diâmetro até 0,15m com largura de 7,0 m
- Regularização do sub-leito com largura de 7,0 m
- Revestimento primário com largura de 6,0 m e espessura de 0,15 m, com material proveniente das jazidas;

Apresenta-se abaixo quadro das quantidades destes serviços:

ESTRADAS LATERAIS					Área de desm. dest. Limpeza árv. Ø<0,15m (m²)	Área de regularização e comp. do sub-leito (m²)	Revestimento Primário					
ESTACA			Extensão (m)	LADO			Volume (m³)	Origem			Dist. de Transp. (km)	Momento (m².km)
INICIAL	FINAL	CENTRO DE MASSA						Jazida	Estaca Centro de Massa	Dist. Morta (km)		
49 + 14,8	62 + 4,9	55 + 19,85	271	dir.	1.897	1.897	250,00	J1	69 + 10,0		0,270	68
281 + 2,7	331 + 0,0	306 + 1,3	1.018	dir.	7.126	7.126	939,11	J2	622 + 10,0		6,329	5.944
282 + 0,1	331 + 0,0	306 + 10,1	1.000	esq.	7.000	7.000	922,50	J2	622 + 10,0		6,320	5.830
522 + 19,5	553 + 1,4	538 + 0,5	623	esq.	4.361	4.361	574,72	J2	622 + 10,0		1,690	971
522 + 20,0	551 + 13,3	537 + 6,6	595	dir.	4.165	4.165	548,89	J2	622 + 10,0		1,703	935
703 + 15,5	709 + 19,8	706 + 17,6	145	dir.	1.015	1.015	133,76	J2	622 + 10,0		1,688	226
704 + 6,6	710 + 0,3	707 + 3,5	134	esq.	938	938	123,62	J2	622 + 10,0		1,693	209
890 + 0,0	899 + 15,7	894 + 17,8	216	dir.	1.512	1.512	199,26	J2	622 + 10,0		5,448	1.086
890 + 0,0	899 + 4,7	894 + 12,3	205	esq.	1.435	1.435	189,11	J2	622 + 10,0		5,442	1.029
937 + 4,0	965 + 15,4	951 + 9,7	593	esq.	4.151	4.151	547,04	J2	622 + 10,0		6,580	3.600
937 + 18,2	961 + 18,4	949 + 18,3	502	dir.	3.514	3.514	463,10	J2	622 + 10,0		6,548	3.032
1.216 + 19,9	1.223 + 12,9	1.220 + 6,4	134	dir.	938	938	123,62	J3	1.416 + 10,0		3,924	485
1.217 + 0,1	1.224 + 18,3	1.220 + 19,2	179	esq.	1.253	1.253	165,13	J3	1.416 + 10,0		3,911	646
1.380 + 8,0	1.424 + 0,0	1.402 + 4,0	893	dir.	6.251	6.251	823,79	J3	1.416 + 10,0		0,286	236
1.424 + 0,1	1.462 + 17,6	1.443 + 8,8	800	esq.	5.600	5.600	738,00	J3	1.416 + 10,0		0,539	398
1.590 + 19,8	1.604 + 15,5	1.597 + 17,7	297	esq.	2.079	2.079	273,98	J19	1.602 + 19,8	0,500	0,602	165
1.591 + 0,4	1.601 + 1,2	1.596 + 0,8	222	dir.	1.554	1.554	204,80	J19	1.602 + 19,8	0,500	0,639	131
1.782 + 14,0	1.789 + 19,7	1.786 + 6,8	146	esq.	1.022	1.022	134,69	J4	1.936 + 10,0		3,003	404
1.785 + 18,7	1.789 + 19,8	1.787 + 19,3	82	dir.	574	574	75,65	J4	1.936 + 10,0		2,971	225
1.892 + 0,0	1.930 + 16,4	1.911 + 8,2	797	dir.	5.579	5.579	735,23	J4	1.936 + 10,0		0,502	369
1.892 + 0,1	1.932 + 2,7	1.912 + 1,4	823	esq.	5.761	5.761	759,22	J4	1.936 + 10,0		0,489	371
2.052 + 10,5	2.106 + 0,0	2.079 + 5,2	1.090	dir.	7.630	7.630	1.005,53	J4	1.936 + 10,0		2,855	2.871
2.053 + 14,6	2.105 + 19,8	2.079 + 17,2	1.066	esq.	7.462	7.462	983,39	J4	1.936 + 10,0		2,867	2.819
2.210 + 3,3	2.313 + 16,8	2.262 + 0,1	2.100	dir.	14.700	14.700	1.937,25	J5	2.474 + 5,0		4,245	8.224
2.210 + 10,4	2.318 + 15,9	2.264 + 13,2	2.179	esq.	15.253	15.253	2.010,13	J5	2.474 + 5,0		4,192	8.426
2.399 + 12,7	2.471 + 15,0	2.435 + 13,9	1.463	esq.	10.241	10.241	1.349,62	J5	2.474 + 5,0		0,771	1.041
2.439 + 19,9	2.471 + 4,3	2.455 + 12,1	645	dir.	4.515	4.515	595,01	J5	2.474 + 5,0		0,373	222
2.679 + 16,4	2.738 + 20,0	2.709 + 8,2	1.204	dir.	8.428	8.428	1.110,69	J17	2.786 + 14,6	2,000	3,546	3.939
2.702 + 0,3	2.739 + 0,0	2.720 + 10,2	760	esq.	5.320	5.320	701,10	J17	2.786 + 14,6	2,000	3,324	2.330
2.784 + 19,9	2.787 + 2,9	2.786 + 1,4	63	dir.	441	441	58,12	J17	2.786 + 14,6	2,000	2,013	117
2.785 + 0,1	2.809 + 19,1	2.797 + 9,6	520	esq.	3.640	3.640	479,70	J17	2.786 + 14,6	2,000	2,215	1.063
2.867 + 8,0	2.913 + 10,2	2.890 + 9,1	943	esq.	6.601	6.601	869,92	J17	2.786 + 14,6	2,000	4,075	3.545
3.100 + 11,9	3.112 + 2,4	3.106 + 7,2	251	dir.	1.757	1.757	231,55	J16	3.075 + 1,5	1,900	2,526	585
3.110 + 0,2	3.183 + 15,4	3.146 + 17,8	1.496	esq.	10.472	10.472	1.380,06	J16	3.075 + 1,5	1,900	3,336	4.604
3.254 + 19,1	3.280 + 0,0	3.267 + 9,5	521	dir.	3.647	3.647	480,62	J15	3.375 + 3,7	0,100	2,254	1.083
3.255 + 9,3	3.279 + 19,7	3.267 + 14,5	511	esq.	3.577	3.577	471,40	J15	3.375 + 3,7	0,100	2,249	1.060
3.353 + 0,0	3.371 + 15,8	3.362 + 7,9	397	dir.	2.779	2.779	366,23	J15	3.375 + 3,7	0,100	0,356	130
3.353 + 0,0	3.377 + 4,4	3.365 + 2,2	505	esq.	3.535	3.535	465,86	J15	3.375 + 3,7	0,100	0,302	141
3.554 + 0,0	3.566 + 10,1	3.560 + 5,1	271	dir.	1.897	1.897	250,00	J14	3.565 + 16,3	3,200	3,311	828
3.554 + 0,0	3.564 + 19,1	3.559 + 9,5	240	esq.	1.680	1.680	221,40	J14	3.565 + 16,3	3,200	3,327	737
4.057 + 0,0	4.077 + 15,4	4.067 + 7,7	436	dir.	3.052	3.052	402,21	J9	4.071 + 0,0		0,072	29
4.057 + 0,0	4.078 + 17,2	4.067 + 18,6	458	esq.	3.206	3.206	422,51	J9	4.071 + 0,0		0,061	26
4.248 + 0,0	4.248 + 0,0	4.248 + 0,0	262	esq.	1.834	1.834	241,70	J12	4.309 + 9,8	5,700	6,930	1.675
4.248 + 0,0	4.309 + 18,5	4.278 + 19,2	1.259	dir.	8.813	8.813	1.161,43	J12	4.309 + 9,8	5,700	6,311	7.330
4.370 + 6,7	4.378 + 0,0	4.374 + 3,4	174	dir.	1.218	1.218	160,52	J10	4.689 + 10,0		6,307	1.012
4.370 + 12,1	4.378 + 0,0	4.374 + 6,0	168	esq.	1.176	1.176	154,98	J10	4.689 + 10,0		6,304	977
4.500 + 18,0	4.556 + 2,3	4.528 + 10,1	1.125	dir.	7.875	7.875	1.037,81	J10	4.689 + 10,0		3,220	3.342
4.501 + 9,1	4.556 + 0,7	4.528 + 14,9	1.112	esq.	7.784	7.784	1.025,82	J10	4.689 + 10,0		3,215	3.298
4.709 + 1,0	4.887 + 9,1	4.798 + 5,1	892	esq.	6.244	6.244	822,87	J10	4.689 + 10,0		2,175	1.790
4.709 + 1,7	4.744 + 2,2	4.726 + 11,9	852	dir.	5.964	5.964	785,97	J10	4.689 + 10,0		0,742	583
4.773 + 1,6	4.808 + 7,5	4.790 + 14,5	903	dir.	6.321	6.321	833,02	J10	4.689 + 10,0		2,025	1.687
TOTAL			33.541		234.787	234.787	30.941,64				2,97	91.874

4.8. PROJETO DE PÁTIOS FERROVIÁRIOS

4.8 PROJETO DE PÁTIOS FERROVIÁRIOS

4.8.1. PÊRA FERROVIÁRIA

A elaboração do Projeto da Pêra Ferroviária para Carga e Reversão de Trens do Ramal entre Parnamirim e Arapirina na Ferrovia Transnordestina, cujas plantas seguem no Volume 2 – Projeto de Execução, abrangeu as atividades descritas a seguir.

Estudos de Traçado

Os trabalhos foram desenvolvidos a partir de croqui elaborado pela CFN – Companhia Ferroviária do Nordeste – 1ª. Revisão, tendo sido apresentados dois Estudos para a Geometria da Pera em questão.

Uma vez aprovado pela Fiscalização o formato definitivo da Pera Ferroviária de Carga e Reversão, realizaram-se os trabalhos topográficos e de amarração na área reservada à sua implantação, utilizando-se, como ponto de partida, igualmente, os levantamentos topográficos e plantas aerofotogramétricas anteriormente realizados e apresentados.

Para a definição da posição definitiva da Pera foi efetuada uma análise criteriosa do relevo e suas condicionantes principais que são as questões ambientais, hidrológicas, geológicas, pontos críticos e interferências.

Com os trabalhos de campo concluídos, processamos todos os dados obtidos, ajustando-se às condições reais e específicas da situação levantada.

A partir destes ajustes, pode-se quantificar a quantidade de materiais e orçar os principais itens definidores dos níveis de investimentos, obtendo-se uma primeira aproximação dos custos de Implantação.

Em paralelo procedemos o levantamento e o cálculo dos principais parâmetros técnicos como incidência de curvas e comprimento virtual, os quais nortearam os custos de operação e manutenção.

O modelo foi elaborado em meio digital, de modo a possibilitar a utilização de softwares específicos para a elaboração dos projetos de engenharia.

A definição das diretrizes de traçado foi subsidiada por:

- Estudos Geológicos, envolvendo caracterização geológica

e geotécnica regional; fotointerpretação geológica; inspeção preliminar de campo e elaboração do mapa geológico;

- Estudos Hidrológicos, para o fornecimento dos elementos para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem e bueiros;

Uma vez aprovado pela Fiscalização o formato definitivo da Pera Ferroviária de Carga e Reversão, foi efetuada uma otimização do traçado, consistindo em:

- Planimetria, execução de retificações do traçado, com possíveis deslocamentos de tangentes e alterações dos raios de curva, objetivando o melhor assentamento da plataforma ferroviária no terreno, diminuindo-se os volumes de terraplenagem, obras de contenção e favorecimento para a drenagem;
- Altimetria, melhor adequação do traçado, tendo em vista que toda a Pêra estará em nível, visualizando-se sempre a diminuição dos volumes de terraplenagem, obras de contenção, drenagem e características operacionais.
- Geometria

Foram mantidas, as características técnicas exigidas pelas Normas vigentes para o Setor Ferroviário a saber:

- Raio mínimo de curva Horizontal: 180,00 m;
- Seção transversal – tipo (para uma Linha):
 - em corte: 7,50m + largura destinada aos valetões;
 - em aterro: 7,50 m;
- entrevia: 5,00 m a 6,00 m
- entrevia nas linhas de carregamento: 5,50 m
- rampa máxima: 0 % (toda a Pêra foi projetada em nível por exigência operacional)

Foi elaborado um resumo dos resultados obtidos mais significativos, abrangendo:

- Em Planta foi indicado o PP da estaca inicial e o PF da estaca final da linha mais interna, a extensão de cada

uma das linhas restantes que compõe a Pêra, o desenvolvimento em tangente, em curva e frequências de curvas em função do raio.

- Em Perfil foi indicado o relevo existente, o greide das diversas linhas que compõem a Pêra Ferroviária e a extensão de cada uma das linhas.

4.8.2. PÁTIOS DE CRUZAMENTO

Para operacionalizar o tráfego de trens na ferrovia foram previstos 4 (quatro) locais para pátios de cruzamento intercalados entre pátios com superestrutura e pátios com expansão futura. No volume 2 – Projeto de Execução está apresentado o projeto tipo dos pátios e também o projeto geométrico individual dos mesmos. A localização e descrição destes pátios estão apresentadas na tabela a seguir.

Nomenclatura	Observação	Pátio de Cruzamento						
		Início (est+m)		Fim (est+m)		Extensões - Pátio de Cruzamento (m)		
		Agulha		Agulha		De agulha a agulha	De interseção até a interseção	De marco a marco (comprimento útil)
Pátio P-01	Superestrutura	306	18,233	439	3,867	2645,63	2632,22	2500,00
Pátio P-02	Expansão Futura	1463	18,233	1596	3,867	2645,63	2632,22	2500,00
Pátio P-03	Superestrutura	2550	18,233	2683	3,867	2645,63	2632,22	2500,00
Pátio P-04	Expansão Futura	3524	18,233	3657	3,867	2645,63	2632,22	2500,00

obs: A definição do Início e Fim dos pátios de cruzamento apresentados é referente as agulhas dos AMV's.

4.9. PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

4.9 PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

4.9.1. Hidrossemeadura

A hidrossemeadura será aplicada nos taludes de aterro e corte em solo de todo trecho em questão, nas jazidas, e nos botas-foras.

4.9.2. Cercas

Serão implantadas cercas laterais em ambos os lados, ao longo da ferrovia na posição da nova faixa de domínio. A implantação deste tem a finalidade de restringir o acesso de animais na área da faixa de domínio da ferrovia.

Os detalhes técnicos de implantação e a nota de serviço das cercas encontram-se apresentados no Volume 2 – Projeto de Execução.

4.9.2. Defensas

Serão utilizados defensas metálicas semi-maleáveis nas cabeceiras dos viadutos das rodovias PE-555 e BR-122.

As defensas deverão receber refletorização interna a cada 4,00 m.

A implantação deverá seguir a especificação DNER-EM-37097 – Defensas Metálicas de Perfis Zincados.

Os detalhes técnicos da implantação das defensas metálicas e sua nota de serviço encontram-se apresentados no Projeto de Obras Complementares, Volume 2 – Projeto de Execução.

4.9.3. Interferência com a Adutora do Oeste

Na estaca 1424+9,90 ocorre a interferência com a adutora do Oeste. A tubulação é de aço e seu diâmetro é de 80cm. Sobre a adutora está projetado um aterro de aproximadamente 6m de altura.

A adutora na maior parte de sua extensão é aérea apoiada em pilares. Porém, ao transpor a ferrovia projetada a adutora está ao nível do terreno. Para garantir o apoio contínuo da adutora, recomenda-se que o aterro até a geratriz superior da tubulação seja realizado com compactação hidráulica com areia envolvida em uma manta sintética.

4.10. PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO

4.10 PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO

A implantação da Ferrovia implicou na necessidade de desapropriações ao longo do trecho. Segue abaixo os critérios utilizados para a elaboração do projeto.

Critérios utilizados para a Elaboração do Projeto:

- **Faixa de domínio:** A faixa de domínio terá largura mínima limitada pela distância de 10 metros, contada a partir dos pés dos aterros ou das cristas dos cortes, para cada um dos lados e não será inferior a 20 metros para cada lado do eixo de projeto. Nas rodovias, será desapropriado somente a diferença da faixa de domínio existente para a projetada.

- **Planta de situação:** As plantas individuais para a desapropriação de cada propriedade são cópias autênticas das plantas do Projeto Geométrico na escala 1:2.000, assinalando os limites dos imóveis (benfeitorias e limites das propriedades) em relação ao eixo projetado, com indicação da área e suas principais dimensões.

- **Cálculo das áreas:** Os terrenos que têm as suas divisas iniciais e finais interceptando o eixo, tiveram suas áreas calculadas multiplicando as distâncias no eixo entre estas mesmas divisas, pela largura da faixa de domínio, cujas extremidades são eqüidistantes. Outros terrenos com situações diferentes tiveram suas áreas calculadas através do Cad e poligonais. As benfeitorias foram calculadas através de fórmulas geométricas conhecidas.

- **Memoriais Descritivos:** Para cada unidade de propriedade atingida foram elaborados memoriais descritivos, separadamente das áreas a serem desapropriadas, consistindo basicamente na descrição da poligonal que circunscreve a área objeto de desapropriação, ou seja, contendo informações sobre a distância e deflexão entre vértices, confrontantes e área a desapropriar.

- **Avaliação de imóveis:** A avaliação de um imóvel é representada por laudos de avaliação. Segundo as instruções do DNIT, o laudo é formado pelos valores das avaliações executadas, em separado, do terreno, das benfeitorias e das plantações, porém, no final, expressa a somatória destes valores, ou seja, o valor total referente ao imóvel objeto de desapropriação. Os critérios adotados para a fixação dos diversos valores de desapropriação são a seguir justificados.

- **Avaliação dos terrenos:** Na avaliação dos terrenos, tanto para as grandes como para as pequenas glebas, foi usado o método comparativo das características, que consiste em se determinar o valor unitário básico da propriedade, comparando-a com outros referenciais, onde são precisamente conhecidos seus valores de venda e oferta de mercado

imobiliário da região. Com este objetivo, foram feitas pesquisas de mercado na região de Parnamirim, Bodocó, Ouricuri e Trindade, informações de imobiliárias.

- **Avaliação das benfeitorias:** Determinados os valores unitários básicos para o segmento, definidos pela homogeneização dos valores encontrados na pesquisa de mercado, pode-se proceder à avaliação do terreno. Este valor é o produto do valor unitário básico pela área a ser desapropriada. Durante as obras, negociações entre proprietários e DNIT poderão ocorrer, resultando possíveis modificações nas áreas e valores encontrados. As benfeitorias atingidas são construções de casas. Estão localizadas na zona rural e são geralmente de acabamento modesto e pobre. O valor das edificações principais, por metro quadrado, foi determinado através do método de reprodução de custo, com base no preço do material utilizado nas construções, mão-de-obra, etc. Todas as edificações foram classificadas por padrões, tendo sido depreciadas individualmente, através de coeficientes de obsolescência, obtidos analiticamente observando a idade aparente, a idade real, vida útil, estado de conservação, etc., dos imóveis. Quanto às culturas, foram avaliadas somente aquelas consideradas permanentes, tais como: árvores frutíferas.

O projeto de desapropriação com seus detalhes e relação das áreas a desapropriar está sendo apresentado no Volume 3E – Projeto de Desapropriação.

4.11. COMPONENTE AMBIENTAL

4.11 COMPONENTE AMBIENTAL

A componente ambiental de projetos executivos de empreendimentos públicos, por força de entendimentos legais por parte do Tribunal de Contas da União, vem se adequando ao arcabouço da legislação ambiental do país. Preconizando o encadeamento lógico dos processos de elaboração de projeto e de licenciamento ambiental, o TCU emitiu os acórdãos do TCU 516/2003 e 1846/2003, nos quais fica evidenciado que os projetos executivos de obras públicas devem conter as diretrizes definidas na etapa de licenciamento ambiental que o precede, no caso o Projeto Básico Ambiental (PBA) aprovado através da emissão da Licença de Instalação.

No caso da ferrovia Transnordestina o PBA, de autoria da empresa STE Serviços Técnicos de Engenharia S.A., foi finalizado em novembro de 2005, contemplando as exigências do IBAMA contidas na Licença Prévia 210/2005 e já teve tramitação no IBAMA com emissão da Licença de Instalação para dois trechos da Ferrovia Transnordestina (Salgueiro/PE – Jati/CE e Jati/CE – Missão Velha/CE). O segmento em tela, Parnamirim-Araripe, faz parte do mesmo processo de licenciamento e está contemplado no referido PBA.

Além disso, o Termo de Referência do Projeto Executivo define que a Componente Ambiental deva ser elaborado de acordo com a IS-246 do DNIT onde consta "existindo o EIA/RIMA e PBA, a elaboração do Componente Ambiental dos Projetos de Engenharia Rodoviária se fundamentará nos procedimentos por eles estabelecidos".

Tendo como premissas o exposto nos parágrafos anteriores, a componente ambiental do projeto foi elaborada tomando como base essencial o Projeto Básico Ambiental uma vez que é o documento que estabelecerá a regularização do ponto de vista legal do empreendimento.

O PBA contém, em nível executivo, o conjunto de medidas de controle ambiental para prevenção, mitigação e compensação dos impactos ambientais organizado em programas ambientais. Considerando que o PBA trata de todas as medidas ambientais a serem adotadas, desde aquelas relacionadas ao processo construtivo até outras de caráter diverso (educação, investimentos em conservação ambiental, regularização fundiária, etc.), o universo de programas ali contido extrapola a responsabilidade das empresas construtoras. A conexão do PBA com o Projeto Executivo se dá através dos programas ambientais que contém os procedimentos a serem adotados no âmbito das obras propriamente ditas.

Ressalta-se que, tendo em vista que o PBA é o documento normativo dos procedimentos a serem adotados na construção, referendado pela emissão de uma licença ambiental específica. Assim sendo, o conteúdo dos programas ambientais não foi alterado, a não ser no que tange à

restrição de atividades não aplicáveis ao segmento Parnamirim-Arariquina.

O Projeto Básico Ambiental, também de autoria da empresa STE Serviços Técnicos de Engenharia S.A., contemplou as exigências do IBAMA contidas na Licença Prévia 210/2005 e, desde novembro de 2005, teve tramitação no IBAMA com emissão da Licença de Instalação para dois trechos da Ferrovia Transnordestina (Salgueiro/PE – Jati/CE e Jati/CE – Missão Velha/CE). O segmento em tela, Parnamirim-Arariquina, faz parte do mesmo processo de licenciamento e está contemplado no referido PBA, porém ainda não dispõe de Licença de Instalação emitida.

O Projeto Básico Ambiental apresentado ao IBAMA é composto de 19 programas ambientais que materializam ações com três enfoques distintos:

a) Ações que, independentemente de seu enfoque e prioridade ambiental, são ordinariamente desenvolvidas pelo próprio processo ferroviário. Estas ações objetivam dotar a ferrovia de adequadas condições de segurança operacional, bem como garantir comportamento satisfatório ao longo de toda a vida útil, com vistas à preservação do investimento, protegendo-o contra a ação do próprio tráfego e de agentes externos. Tais ações, que consistem na incorporação à infra-estrutura viária de dispositivos ou componentes físicos, estão implícitas no Projeto Executivo de Engenharia (como por exemplo, no Projeto Geométrico, no Projeto de Drenagem, no Projeto de Obras de Contenção, no Projeto de Sinalização).

b) Ações que propriamente não se traduzem em incorporação ao patrimônio físico da ferrovia, mas que afetam/influem as atividades-meio e que têm como objetivo o atendimento às condicionantes a serem observadas nos processos construtivos e operacionais, com a finalidade de atenuar/eliminar os impactos ambientais com possibilidades de ocorrência na fase de execução das obras, afetando moradores das faixas lindeiras e os próprios trabalhadores das obras.

c) Ações que não guardam qualquer identificação direta ou imediata com o processo construtivo e operacional em si e que têm o objetivo de resguardar o meio ambiente de forma mais ampla, dos efeitos induzidos e/ou restrições que eventualmente possam advir em decorrência da execução do empreendimento. Tais ações devem ter lugar em paralelo com as etapas das obras, prolongando-se por período adicional em alguns casos e contando com a participação de diversificada equipe de especialistas da área ambiental, sempre que possível, familiarizada com a área de transportes.

Essas ações, embora em muitos casos não se identifiquem com as obras e os processos construtivos propriamente ditos, podem interferir com soluções de Projeto de Engenharia e/ou a programação de obras como exemplo as ações pertinentes à liberação da faixa de domínio

para que a construtora execute as obras.

Os programas ambientais sugeridos no PBA são os seguintes:

- Programa de Gestão Ambiental – PGA;
- Programa Ambiental para a Construção – PAC;
- Programa de Comunicação Social – PCS;
- Plano de Gerenciamento de Risco e Plano de Ação de Emergência – PGR/PAE;
- Programa de Adequação do Sistema Viário e Passagem de Fauna – PASVPF;
- Programa de Identificação e Salvamento Arqueológico – PISA;
- Programa Social de Desapropriação – PSD;
- Programa de Reassentamento – PR;
- Programa de Controle de Saúde Pública – PCSP;
- Programa de Controle da Supressão de Vegetação – PCSV;
- Programa de Educação Ambiental – PEA;
- Programa de Conscientização e Desenvolvimento Ambiental – PCD;
- Programa de Ordenamento Territorial da Área de Influência Direta – POT
- Programa de Compensação Ambiental – PCAUC;
- Programa de Recuperação de Áreas Degradadas e do Passivo Ambiental – PRAD;
- Programa de Monitoramento da Qualidade da Água – PMQAG;
- Programa de Monitoramento da Flora e Fauna – PMFF;
- Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar – PMQAR;

- Programa de Monitoramento de Ruídos – PMR;

A avaliação dos objetivos e da responsabilidade pela execução dos programas ambientais acima listados possibilitou a identificação daqueles que tem estreita correlação com o projeto executivo.

Excluídos os programas que têm objetivos distintos do controle ambiental das obras propriamente ditas ou sem interface com as atividades das construtoras, foi possível construir a lista a seguir, agrupando os programas ambientais em três conjuntos. O primeiro trata dos programas com responsabilidade claramente atribuída às empresas construtoras; o segundo com atribuições compartilhadas entre essas empresas e outros atores (DNIT, Supervisão Ambiental, empresas especializadas) e o terceiro envolve programas cuja execução ou resultados poderão vir a interferir com as atividades das construtoras.

➤ Grupo I – Programas de responsabilidade das construtoras:

- Programa Ambiental para a Construção – PAC;
- Programa de Recuperação de Áreas Degradadas e do Passivo Ambiental – PRAD.

➤ Grupo II – Programas de responsabilidade compartilhada:

- Programa de Gestão Ambiental – PGA;
- Programa de Controle da Supressão de Vegetação – PCSV;
- Programa de Adequação do Sistema Viário e Passagem de Fauna – PASVFP;
- Programa de Controle de Saúde Pública – PCSP;
- Programa de Educação Ambiental – PEA;
- Programa de Ordenamento Territorial da Área de Influência Direta – POT.

➤ Grupo III – Programas com possível interferência na construção:

- Programa de Monitoramento da Qualidade da Água – PMQAG;
- Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar – PMQAR;
- Programa de Monitoramento de Ruídos – PMR.

Os programas ambientais detalhados no volume de componente ambiental correspondem àqueles cuja responsabilidade pela implementação será da empresa construtora, uma vez que tratam de procedimentos inerentes ao controle ambiental das obras propriamente ditas. O detalhamento consistiu na análise das atividades propostas e sua adequação ao segmento Parnamirim-Araripe, haja visto que o documento original abrangia também outros trechos.

Outros programas, que constituem um conjunto de atividades cuja responsabilidade é do empreendedor, mas que contará com ações a serem realizadas em conjunto com as empresas construtoras ou com anuência destas a seguir foram apresentados em sua versão síntese. Trata-se do cumprimento de prazos na entrega dos relatórios (PGA), obtenção de licenças para supressão vegetal e adoção de medidas no manejo da vegetação durante a limpeza do terreno (PCSV), incorporação de diretrizes construtivas específicas para as passagens de fauna (PASVFP), saúde dos trabalhadores (PCSP), atividades educacionais para os trabalhadores (PEA), adoção de medidas preventivas em relação à vizinhança das obras (POT).

Por fim, foram apresentados os programas ambientais cuja implementação poderá detectar interferências sobre a qualidade da água, do ar ou nos níveis de ruído decorrentes de procedimentos adotados para a execução das obras pelas empresas construtoras. Através da atuação da supervisão ambiental, poderão ser promovidas alterações nos procedimentos que porventura possam estar sendo os causadores das referidas interferências.

Assim, o volume de componente ambiental está constituído por um resgate de informações do processo de Licenciamento Ambiental composto por um extrato do EIA/RIMA, da Licença Prévia e suas condicionantes, uma contextualização do Projeto Básico Ambiental em relação às atividades das empresas construtoras e os Programas Ambientais que devem ser incorporados às atividades construtivas, bem como a síntese dos programas que têm alguma relação com o processo construtivo.