

**PROJETO DE ENGENHARIA PARA MELHORIA E RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO  
DO ACESSO DE CANFÍSTULA DO CIPRIANO ATÉ JACIOBÁ**

**VOLUME 2**

**ANEXOS:**

- **PROJETOS**
- **ORÇAMENTO**

RODOVIA: ACESSO

TRECHO: ENTR. DISTRITO CANAFÍSTOLA DO

CIPRIANO/ POVOADO JACIOBA (GIRAU)EXTENSÃO:

15,188 km

ABRIL/2022

## Sumário

1.	APRESENTAÇÃO .....	3
1.1	Introdução .....	4
1.2	Características Locais de Girau .....	4
1.2.1	Localização .....	5
1.2.2	Aspectos Socioeconômicos .....	5
2.	MAPA DE SITUAÇÃO .....	7
3.	ESTUDOS .....	9
3.1	Estudo de Tráfego .....	10
3.1.1	Introdução .....	10
3.1.2	Classificação das Vias e Parâmetros de Tráfego .....	11
3.1.3	Estudo para a estimativa de “N” para os dimensionamentos de Pavimento .....	13
3.2	Estudo Topográfico .....	19
3.2.1	Objetivo .....	19
3.2.2	Estudo do Traçado .....	20
3.2.3	Metodologia .....	20
3.3	Estudo Geotécnico .....	21
3.3.1	Objetivo .....	21
3.3.2	Estudo do Empréstimo .....	22
3.4	Estudo de materiais para Pavimentação .....	23
3.5	Estudos Hidrológicos .....	26
3.5.1	Objetivo .....	26
3.5.2	Coletas de Dados .....	26
3.5.3	Regime Pluviométrico da Região .....	27
3.5.4	Pluviometria e Pluviografia .....	28
3.1.1	<b>Regime Pluviométrico da Região .....</b>	<b>31</b>
4.	PROJETO .....	50
4.1	Projeto Geométrico .....	51
4.1.1	Introdução .....	51
4.1.2	Projeto Planialtimétrico .....	51
4.2	Projeto de Terraplenagem .....	51
4.2.1	Elementos Básicos .....	51
4.2.2	Concepção .....	52
4.2.3	Seção transversal tipo .....	57

4.2.4	Movimentação de Terras.....	58
4.2.5	Apresentação.....	58
4.2.6	Quadro Resumo dos Resultados obtidos .....	58
4.3	Projeto de Pavimentação.....	61
4.3.1	Considerações Gerais.....	61
4.3.2	Dimensionamento Pavimento.....	61
4.3.2.1	Características do subleito – ISC (CBR).....	62
4.3.2.2	Parâmetro de Tráfego – “Número N” .....	62
4.3.2.3	Aplicação do Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNIT.....	62
4.3.3	Método Construtivo .....	65
4.3.4	Seção tipo de pavimentação .....	66
4.4	Projeto de Drenagem e Obras d’Arte Corrente.....	69
4.4.1	Introdução .....	69
4.4.2	Metodologia de Cálculo e dimensionamento hidráulico .....	69
4.4.3	Drenagem Superficial .....	70
4.4.4	Obras de Arte Corrente – Bueiros.....	70
4.5	Projeto de Sinalização.....	72
4.5.1	Metodologia .....	72
4.5.2	Sinalização Vertical .....	73
4.5.3	Sinalização Horizontal .....	77
4.6	Projeto de Obras Complementares.....	80
4.6.1	Introdução .....	80
5.	ESPECIFICAÇÃO.....	86
5.1	Lista de Especificações .....	87
6.	RELATÓRIO FOTOGRÁFICO.....	89

## 1.0 APRESENTAÇÃO

### 1.1 Introdução

A prefeitura de Girau, apresenta o Volume 01 – Relatório do Projeto de Pavimentação do trecho: Distrito Canafístola do Cipriano/ Povoado Jacioba (Girau), pertencente ao estado de Alagoas, com 15,18 km de extensão.

Este trabalho tem o objetivo de fornecer os elementos necessários e suficientes, com um nível de precisão adequado à quantificação dos serviços a executar e, portanto, estimar o custo e definir o prazo de execução da obra através das soluções técnicas indicadas, sendo o mesmo apresentado em dois volumes quais sejam:

VOLUMES DISCRIMINAÇÃO FORMATO		
VOLUMES	DISCRIMINAÇÃO	FORMATO
1	<b>RELATÓRIO DO PROJETO A-4</b>	<b>A-4</b>
2	PROJETO BÁSICO DE IMPLANTAÇÃO DE RODOVIAS	A-3

Este Relatório ainda por sua vez, apresenta os estudos realizados para a Elaboração do projeto de Engenharia onde contém as soluções e características técnicas para a execução da Implantação da Pavimentação do acesso em tela. O segmento estudado se inicia no Distrito de Canafístola do Cipriano até o Povoado Jacioba (Girau), com extensão de 15,18 km. O segmento desenvolve-se atualmente em região plana a ondulada, com plataforma definida.

O trecho projetado tem como principal objetivo dar melhorias ao escoamento das produções locais e também conforto e segurança aos usuários das comunidades.

## 1.2 Características Locais de Girau

### 1.2.1 Localização

O trecho contemplado pelo projeto está situado no município alagoano de Girau. A seguir são apresentadas as características desse município com o intuito de salientar a importância da realização da implantação.

O município de Girau do Ponciano está localizado na região central do Estado de Alagoas, limitando-se a norte com os municípios de Jaramataia e Craíbas, a sul com Campo Grande e Traipu, a leste com Lagoa da Canoa e a oeste com Traipu. A área municipal ocupa 502,23 km<sup>2</sup> (1,81% de AL), inserida na mesorregião do Agreste Alagoano e na microrregião de Arapiraca, predominantemente na Folha Arapiraca (SC.24-X-D-V), na escala 1:100.000, editada pelo MINTER/SUDENE em 1973. A sede do município tem uma altitude aproximada de 244 m e coordenadas geográficas de 9°53'02,4" de latitude sul e 36°49'44,4" de longitude oeste.

Figura 1 – Limites municipais. Fonte: Google.



### 1.2.2 Aspectos Socioeconômicos

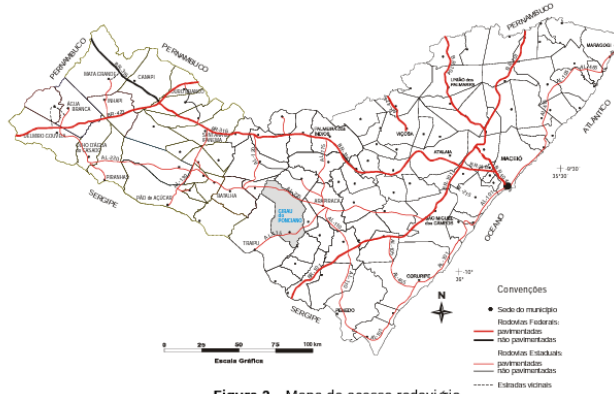
O município foi criado em 1958. Segundo o censo 2000 do IBGE, a população total residente é de 29.574 habitantes, dos quais 14.777 do sexo masculino (49,97%) e 14.797 do sexo feminino (50,03%). São 8.858 os habitantes da zona urbana (29,90%) e 20.716 os da zona rural (70,10%). A densidade demográfica é de 58,88 hab/km<sup>2</sup>.

A rede pública de saúde dispõe de 01 hospital, 50 leitos, 08 Unidades Ambulatoriais, 03 Postos de Saúde e 01 Centro de Saúde. Não existem consultórios médicos ou odontológicos registrados no município.

Na área educacional, são 75 escolas de ensino fundamental, com 9.813 alunos matriculados e 03 escolas de ensino médio, com 540 alunos. No município, existem 11.541 habitantes alfabetizados com idades acima de 10 anos (39,02% da população).

Existem no município 6.237 domicílios particulares permanentes, dos quais 4.276 (68,60%) possuem banheiro ou sanitário e destes, apenas 17 (0,27%) possuem banheiro e esgotamento sanitário via rede geral. Cerca de 2.897 (46,40%) são abastecidos pela rede geral de água, enquanto que 1.328 (21,30%) são abastecidos por poço ou nascente e 2.012 utilizam outras formas de abastecimento (32,30%). Apenas 2.367 (38,00%) domicílios são atendidos pela coleta de lixo, evidenciando a existência de uma fonte de sérios problemas ambientais e de saúde pública para a população.

## 1.3 Mapa de situação



## 2. ESTUDOS

### 1.1 Estudo de Tráfego

#### 1.1.1 Introdução

O estudo de tráfego foi elaborado tendo em vista analisar as condições da rodovia em estudo, com o intuito de determinar quantitativamente a capacidade da rodovia e subsidiar a formulação de medidas necessárias à melhoria de sua circulação ou das características de seu projeto.

Entretanto para poder avaliar o pavimento a implantar, adotou-se como parâmetros a classificação contida nas Instruções de Projeto 02/2004 (Classificação das Vias) da Prefeitura Municipal de São Paulo na qual estabelece que para estradas de características essencialmente coletoras o tráfego pode ser considerado meio pesado, admitindo a passagem de caminhões e ônibus em número de 1501 a 5000 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número “N”  $2 \times 10^6$  solicitações do eixo padrão (80 Kn) para um período de projeto de 10 anos.

De acordo com a classificação, acima citada, como é o caso em análise, teremos em tese a passagem por dia, por faixa, de 1500 veículos leve, 101 veículos entre ônibus e caminhões, na fração de menor incidência.

Adotando-se, ainda, os parâmetros estabelecidos pela Prefeitura de São Paulo, o número “N” característico para esse tipo de via será o constante do quadro abaixo.

**Classificação das vias e parâmetros de tráfego**

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente / Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/ Ônibus			
Via local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	$10^5$
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	$5 \times 10^5$
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	$5 \times 10^7$
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		$3 \times 10^{(11)}$	$10^7$
	VOLUME PESADO	12		> 500		$5 \times 10^7$	$5 \times 10^7$

### 1.1.2 Classificação das Vias e Parâmetros de Tráfego

A classificação do tipo de tráfego da via deve preceder a aplicação dos métodos de dimensionamento adotados pela PMSP. Essa classificação permite a adequada utilização desses métodos e estimativa de solicitações de veículos a que a via estar submetida em seu período de vida útil.

Na presente classificação foi considerada a carga máxima legal no Brasil, que é de 10 toneladas por eixo simples de rodagem dupla (100kN/ESRD).

O tráfego e as cargas solicitantes na via a ser pavimentada deverão ser caracterizados de forma a instruir a aplicação dos métodos adotados. O parâmetro "N" constitui o valor final representativo dos esforços transmitidos estrutura, na interface pneu/pavimento. O valor de "N" indica o número de solicitações previstas no período operacional do pavimento, por um eixo traseiro simples, de rodagem dupla, com 80 kN, conforme o Método do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA.

A previsão do valor final de "N" deve tomar como base contagens classificatórias, para utilização dos tipos de tráfego abaixo relacionados. Quando houver disponibilidade de dados de pesagens de eixos, com a respectiva caracterização por tipos, o cálculo do valor final de "N" deve seguir integralmente as recomendações e instruções do método de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNIT-1996.

As vias urbanas a serem pavimentadas serão classificadas, para fins de dimensionamento de pavimento, de acordo com tráfego previsto para as mesmas, nos seguintes tipos:

- Tráfego Leve - Ruas de características essencialmente residenciais, para as quais não é previsto o tráfego de Ônibus, podendo existir ocasionalmente passagens de caminhões e Ônibus em número não superior a 20 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número "N" típico de  $1,0 \times 10^5$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos.

- Tráfego Médio - Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e Ônibus em número de 21 a 100 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de  $5,0 \times 10^5$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de 10 anos.
- Tráfego Meio Pesado - Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou Ônibus em número 101 a 300 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de  $2,0 \times 10^6$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de 10 anos.
- Tráfego Pesado - Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou Ônibus em número de 301 a 1000 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de  $2,0 \times 10^7$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos a 12 anos.
- Tráfego Muito Pesado - Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou Ônibus em número de 1001 a 2000 por dia, na faixa de tráfego mais solicitada, caracterizada por número "N" típico superior a  $5,0 \times 10^7$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de 12 anos.
- Faixa Exclusiva de Ônibus - Vias para as quais é prevista, quase que exclusivamente, a passagem de Ônibus e veículos comerciais (em número reduzido), podendo ser classificadas em:
  1. Faixa Exclusiva de 'ônibus com Volume Médio - onde é prevista a passagem de Ônibus em número superior a 500 por dia, na faixa "exclusiva" de tráfego, caracterizado por número "N" típico de  $10^7$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de 12 anos.
  2. Faixa Exclusiva de ônibus com Volume Elevado - onde é prevista a passagem de Ônibus em número superior a 500 por dia, na faixa "exclusiva" de tráfego, caracterizado por número "N" típico de  $5,0 \times 10^7$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de 12 anos.

### 1.1.3 Estudo para a estimativa de “N” para os dimensionamentos de Pavimento

Fatores de equivalência

Para determinação dos fatores de equivalência, serão adotados os seguintes parâmetros:

Onde:

$P_u$  = carga útil;

$P_1$  = carga Eixo Dianteiro;

$P_2$  = carga Eixo Traseiro;

$e_1$  = fator de equivalência de  $P_1$ ;

$e_2$  = fator de equivalência de  $P_2$ ;

$e$  = fator de equivalência total;

a) Caminhão Médio 2 C:

$P_u$  = Peso útil máximo = 8,5 t (85 kN); tara = 6,5 ton (65 kN); peso bruto total = 15 ton (150 kN).

**Cargas e fatores de equivalência - Caminhão Médio 2 C**

% da Carga	$P_u$	$P_1$	$P_2$	DNIT		
				$e_1$	$e_2$	$e$
100%	8,5	5	10	0,13	3,30	3,43
75%	6,37	4,6	8,2	0,095	0,95	1,05
105%	8,92	5,02	10,3	0,135	3,97	4,10
Vazio	0	3,5	3,0	0,032	0,017	0,049

Onde:

$$P_1 = 0,176 (P_u) + 3,448$$

$$P_2 = 0,823 (P_u) + 2,998$$

e com eixos simples (RS) temos:

$$P > 8 e = (P / 8,26)^{6,2542}$$

$$0 < P \leq 8 e = (P / 8,25)^{4,0175}$$

Adotando a seguinte distribuição de veículos na frota:

65 % em 100 % da carga útil máxima.

18 % em 75 % da carga útil máxima.

4 % em excesso de 5 % da carga útil máxima (105%).

13 % vazios.

Obtém-se:  $0,65 \times 3,43 + 0,18 \times 1,05 + 0,04 \times 4,10 + 0,13 \times 0,049 = 2,60$ .

b) Caminhão Pesado 3 C:

$P_u$  = Peso útil máximo = 14 t (140 kN); tara = 8,0 t (80 kN); peso bruto total = 22,0 t (220 kN).

**Cargas e fatores de equivalência - Caminhão Pesado I - 3C**

% da Carga	$P_u$	$P_1$	$P_2$	DNIT		
				$e_1$	$e_2$	$e$
100%	14,0	5,0	17,0	0,133	8,52	8,65
75%	10,5	4,6	13,8	0,095	2,72	2,82
105%	14,7	5,07	17,6	0,141	10,3	10,44
Vazio	0	3,5	4,5	0,032	0,09	0,122

Onde:

$$P_1 = 0,107 (P_u) + 3,502 e_1 = [ P_1 / 8,25 ]^{4,0175} ( P \leq 11t )$$

$$P_2 = 0,892 (P_u) + 4,493 e_2 = [ P_2 / 11,5 ]^{5,484} ( P > 11t )$$

Adotando a mesma distribuição de veículos na frota utilizada para o caminhão médio 2C, obtém-se:

$$0,65 \times 8,65 + 0,18 \times 2,82 + 0,04 \times 10,44 + 0,13 \times 0,122 = 6,56$$

c) Caminhão Pesado 4 C:

$P_u$  = Peso útil máximo = 18,5 t (185 kN); tara = 12,0 t (120 kN); peso bruto total = 30,5t (305 kN).

**Cargas e fatores de equivalência - Caminhão Pesado II 4C**

% da Carga	P <sub>u</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	DNIT		
				e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e
100%	18,5	5	25,5	0,133	9,29	9,42
75%	13,8	4,6	21,2	0,095	3,32	3,42
105%	19,4	5,07	26,3	0,141	11,03	11,17
Vazio	0	3,5	8,5	0,032	0,020	0,052

onde:

$$P_1 = 0,081 (P_u) + 3,50 \quad e_1 = [ P_1 / 8,25 ]^{4,0175}$$

$$P_2 = 0,919 (P_u) + 8,499 \quad e_2 = [ P_2 / 17,09 ]^{5,571}$$

Adotando a seguinte distribuição de veículos na frota:

66 % em 100 % da carga útil máxima.

20 % em 75 % da carga útil máxima.

4 % em excesso de 5 % da carga útil máxima (105%).

10 % vazios.

$$\text{Obtém-se: } 0,66 \times 9,42 + 0,20 \times 3,42 + 0,04 \times 11,17 + 0,10 \times 0,052 = 7,35.$$

d) Carreta - 2S3 C:

Peso útil máximo = 24 t (240 kN); tara = 16,5 t (165 kN); peso bruto total = 40,5t (405 kN).

**Cargas e fatores de equivalência - carreta 2S3C**

% da Carga	P <sub>u</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	DNIT			
					e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e
100%	24	5	10,3	25,5	0,133	3,98	9,29	13,4
75%	18	4,6	8,8	21,2	0,097	1,48	3,32	4,9
105%	25,2	5,07	10,6	26,3	0,141	4,75	11,03	15,9
vazio	0	3,5	4,5	8,51	0,032	0,02	0,02	0,072

Onde:

$$P_1 = 0,0625 (P_u) + 3,499 \quad e_1 = [ P_1 / 8,25 ]^{4,0175}$$

$$P_2 = 0,240 (P_u) + 4,52 \quad e_2 = [ P_2 / 8,26 ]^{6,2542}$$

$$P_3 = 0,708 (P_u) + 8,508 \quad e_3 = [ P_3 / 17,09 ]^{5,571}$$

Adotando a seguinte distribuição de veículos na frota:

66 % em 100 % da carga útil máxima.

20 % em 75 % da carga útil máxima.

4 % em excesso de 5 % da carga útil máxima (105%).

10 % vazios.

Obtém-se:  $0,66 \times 13,4 + 0,20 \times 4,90 + 0,04 \times 15,90 + 0,10 \times 0,072 = 10,47$

**Cargas e fatores de equivalência – carreta 3S3**

% da Carga	Pu	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	DNIT			
					e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e
100%	29	5	17	25,5	0,133	8,52	9,29	17,94
75%	21,7	4,6	14,3	21,2	0,095	3,3	3,32	6,71
105%	30,4	5,07	17,5	26,3	0,141	10	11,04	21,18
vazio	0	3,5	6,5	8,5	0,032	0,044	0,02	0,096

Onde:

$$P_1 = 0,051 (P_u) + 3,518 \quad e_1 = [ P_1 / 8,25 ]^{4,0175}$$

$$P_2 = 0,362 (P_u) + 6,497 \quad e_2 = [ P_2 / 11,5 ]^{5,484}$$

$$P_3 = 0,586 (P_u) + 8,506 \quad e_3 = [ P_3 / 17,09 ]^{5,571}$$

Adotando a seguinte distribuição de veículos na frota:

66 % em 100 % da carga útil máxima.

20 % em 75 % da carga útil máxima.

4 % em excesso de 5 % da carga útil máxima (105%).

10 % vazios.

Obtém-se:  $0,66 \times 17,94 + 0,20 \times 6,71 + 0,04 \times 21,18 + 0,10 \times 0,096 = 14,04$ .

f) Ônibus

Peso útil máximo = 5,5 t (55 kN); tara = 7,3 t (73 kN); peso bruto total = 12,8 t (128 kN).



**Cargas e fatores de equivalência – ônibus**

% da Carga	$P_u$	$P_1$	$P_2$	DNIT		
				$e_1$	$e_2$	$e$
100%	5,50	4,9	7,9	0,12	0,757	0,88
75%	4,13	4,35	7,07	0,076	0,378	0,45
105%	5,78	5,01	8,06	0,135	0,858	0,99
vazio	0	2,7	4,6	0,011	0,026	0,037

onde:

$$P_1 = 0,4(P_u) + 2,70 \quad e_1 = [P_1/8,25]^4,0175$$

$$P_2 = 0,6(P_u) + 4,597 \quad e_2 = [P_2/8,26]^6,2542$$

Adotando a seguinte distribuição de veículos na frota:

35 % em 100 % da carga útil máxima.

40 % em 75 % da carga útil máxima.

20 % em excesso de 5 % da carga útil máxima (105%).

10 % vazios.

$$\text{Obtém-se: } 0,35 \times 0,88 + 0,40 \times 0,46 + 0,20 \times 0,99 + 0,10 \times 0,04 = 0,69.$$

Cálculo dos Valores Finais

a) Distribuição por tipo de veículo de carga e ônibus

**Distribuição de veículos de carga e ônibus**

Tipo De Veículos		Vias Urbanas Típicas	Vias Urbanas Com Indústria/ Depósito	Vias com Ligação para Rodovias/Marginais	
2 C(caminhão eixo simples, RS)	Médio	40%	40%	31%	
3 C (caminhão eixo duplo, RD)	Pesado		6(75%)	31%	42%
4 C (caminhão eixo triplo)			2(25%)	11%	
2S3 (carreta)	Carreta		1(50%)	7,5(50%)	15%
3S3 (carreta)			1(50%)	7,5(50%)	
ônibus	Ônibus	60%	50%	12%	

b) Fatores de Equivalência

Fator de equivalência - Via urbana típica

**Fator de equivalência - Via urbana típica**

Veículo	e / e veic.	%	e i	e total
2 C	2,60	40	1,05	1,47
Ônibus	0,69	60	0,42	

Fator de equivalência – Vias urbanas com indústrias ou depósitos

**Fator de equivalência – Vias urbanas com indústrias ou depósitos**

Veículo Tipo	e / e veic.	%	e i	e total
2 C	2,60	40	1,05	2,23
3 C	6,56	6	0,395	
4 C	7,35	2	0,15	
Carreta	14,04	2	0,28	
Ônibus	0,69	50	0,35	

Fator de equivalência - vias marginais

**Fator de equivalência - vias marginais**

Veículo Tipo	e/e veic.	%	e i	e total
2 C	2,60	31	0,81	5,86
3 C	6,56	31	2,03	
4 C	7,35	11	0,83	
Carreta	14,04	15	2,11	
Ônibus	0,69	12	0,08	

Fatores de equivalência finais

**Fatores de equivalência finais**

VALORES FINAIS ADOTADOS	Equivalências
(I) Vias Urbanas Típicas	e = 1,50
(II) Vias Urbanas com Indústrias e depósitos	e = 2,30
(III) Vias com Ligação às Rodovias Marginais	e = 5,90

Cálculo dos valores de "N" característicos para os vários tipos de via.

Com a equação seguinte, calcula-se o número total de solicitações do eixo simples padrão de 82 kN, para o período de vida de projeto. Para cada tipo de via serão calculados dois valores de NT, para o menor e maior volume de tráfego (considerado após majoração de 5%/ano no volume).

$N_a = ((V_o + 1,5V_o)/2) \times e \times 365 \times P$  para tráfego leve a meio pesado

$N_a = ((V_o + 1,6V_o)/2) \times e \times 365 \times P$  para tráfego pesado a muito pesado

onde:

$V_o$  = volume diário de Ônibus e caminhões;

$e$  = equivalente por classe da via;

$P$  = vida de projeto

Na sequência, o número “N” e suas projeções dentro do horizonte de projeto para o dimensionamento do pavimento é resumidamente  $N = 2,0 \times 10^6$

## **1.2 Estudo Topográfico**

### **1.2.1 Objetivo**

Foram realizados estudos topográficos conforme a Instrução de Serviço IS-204, (Estudos Topográficos para o Projeto Básico) e Instrução de Serviço IS-205, (Estudos topográficos para Projeto Executivo de Engenharia) constantes no Manual de Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários: Escopos Básicos/Instruções de Serviço do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT de 2006 e NBR-13.333 ABNT.

O estudo topográfico tem a finalidade de se obter o cadastro da rodovia a ser implantada, fornecer subsídios que possibilitem o projeto de implantação da rodovia.

Os serviços topográficos levantados forneceram os seguintes resultados:

- Planta topográfica contendo elementos de locação, nivelamento e coordenadas, desenhada na escala de 1:1.000;

### 1.2.2 Estudo do Traçado

A diretriz do projeto orientou-se no traçado existente com extensão locada de 15,188 km, correspondente a implantação do trecho, sendo correções pontuais de curvas com a finalidade de adequar o raio as características da rodovia, além de elevar greide, para melhorar o escoamento das águas pluviais, orientados pelo manual de Projeto Geométrico do DNIT.

Também foram levantados os pontos onde serão executados Projetos de Acessos Tipo nos acessos laterais e de fazendas.

### 1.2.3 Metodologia

Os serviços topográficos realizados podem ser resumidos conforme detalhamento abaixo:

- Locação do trecho a ser implantada;
- Nivelamento e Contranivelamento do Eixo de Locação;
- Levantamento das Secções Transversais e Detalhamento do traçado;
- Levantamento Cadastral;
- Levantamento dos dispositivos de drenagem existentes;
- Elaboração de planta topográfica.

Para materialização do eixo da rodovia, foi implantada a Rede Geral de Apoio consistindo na implantação de marcos de concreto e rede de apoios consistindo na implantação de pino de aço e rastreados com equipamento rastreados com equipamentos de GPS – RTK ao longo da diretriz.

Depois da implantação dos marcos de levantamento, foram utilizados equipamentos de Estação Total para constituição do melhor traçado.

Após a locação do eixo foram levantadas as Secções Transversais nos piquetes do eixo de exploração com 20 metros para cada lado. Em alguns pontos que ofereciam alternativas de traçado essas distâncias variaram para se adequar a essas alternativas.

## **1.3 Estudo Geotécnico**

### **1.3.1 Objetivo**

Os serviços geotécnicos visam o conhecimento da natureza, tipo e características dos materiais constituintes das diversas camadas de solo ou rocha ocorrentes no subsolo do local de implantação das obras. Estes serviços visam à obtenção de parâmetros para serem englobadas são os estudos de escritório, vistorias de campo, investigações e ensaios geotécnicos de laboratório e de campo.

A metodologia aplicada para a realização dos estudos geotécnicos deve seguir as recomendações da especificação técnica e os procedimentos adotados durante a realização procurando seguir ao máximo os métodos de ensaios da NBR 6484/2001.

Os estudos geotécnicos deverão ser realizados durante a execução da obra e irão constatar o CBR do subleito e ser confrontado com o indicado em projeto. Inicialmente, foram feitos levantamentos visuais para caracterização dos solos, além da coleta a cada 1,0 km, totalizando 3 amostras, onde verificou-se um subleito estabilizado em decorrência da ação do tráfego contínuo e também pela manutenção preventiva que foram realizadas através dos órgãos competentes durante vários anos.

Através deste levantamento, constatamos a presença de material suporte mínimo aceitável e conseqüentemente foram adotados CBR de 10% para o dimensionamento das camadas do pavimento.

A seguir apresentamos a planilha resumo dos ensaios realizados no subleito.

RESULTADO DE ENSAIOS - SUBLEITO										
AMOSTRA		1	2	3						
LOCALIZAÇÃO (KM)		1,0	2,0	3,0						
PROFUND. (cm)	DE	0,00	0,00	0,00						
	A	1,00	1,00	1,00						
	1"									
	3/4"									
	3/8"	100	100	100						
	Nº 4	99	98	98						
	Nº 10	81	83	87						
	Nº 40	71	65	66						
	Nº 200	31	26	27						
	Nº 270	0,0	0,0	0,0						
LL		0,0	0,0	0,0						
LP		0,0	0,0	0,0						
IP		0,0	0,0	0,0						
IG		0	0	0						
CLASSIFICAÇÃO (TRB)		A-2-4	A-2-4	A-2-4						
		0,0	0,0	0,0						
TIPO DE SUBLEITO		III	III	III						
LABORATÓRIO	ENERGIA	INTER	INTER	INTER						
	M.E.A.S. MÁX.	1,975	1,990	1,998						
	UMID. ÓTIMA	10,1	10,3	10						
	I.S.C.	10	12	11						
	EXPANSÃO	0,00	0,00	0,00						

### 1.3.2 Estudo do Empréstimo

Foi encontrado na região de projeto empréstimo que apresentou características geotécnicas satisfatórias para ser usado no corpo de aterro. Desse modo, indicou-se, tanto para o uso na terraplenagem quanto na camada de sub-base, empréstimo/jazida, de coordenadas geográficas S 9°43'30" e W 36°49'59".

Nº DEDOMINAÇÃO		JAZIDA MASSRANDUBA								
LOCALIZAÇÃO EST. DIST.										
REGISTRO Nº										
FURO Nº		1	2	3	4	5	6	7	8	9
PROFUNDIDADE (cm)	DE	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	A	300	300	300	300	300	300	300	300	300
GRANULOMETRIA PENEIRAMENTO % PASSANDO	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	3/8"	100	100	98	98	99	100	100	100	100
	Nº 4	99	97	96	93	96	99	100	99	98
	Nº 10	88	86	90	85	87	88	83	84	80
	Nº 40	60	62	73	70	75	72	70	64	61
	Nº 200	17	21	26	24	27	22	23	20	18
FAIXA DNIT										
	L.L	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL
	I.P	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
	E.A									
	I.G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CLASSIFICAÇÃO H.R.B		A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4
AASHTO NORMAL 12 GOLPES	DENS. MÁXIMA	2050	1980	1950	2010	2045	2060	2040	1990	2010
	UMID. ÓTIMA	8,8	9,2	9,5	9,1	9,0	8,5	8,8	8,5	9,0
	I.S.C	24	21	20	22	21	25	20	21	22
	EXPANSÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AASHTO NORMAL 28 GOLPES	DENS. MÁXIMA									
	UMID. ÓTIMA									
	I.S.C									
	EXPANSÃO									
AASHTO NORMAL 56 GOLPES	DENS. MÁXIMA									
	UMID. ÓTIMA									
	I.S.C									
	EXPANSÃO									
APROVEITAVEL										
OBSERVAÇÃO										
RESUMO DOS ENSAIOS DO JAZIDA										

## 1.4 Estudo de materiais para Pavimentação

### ➤ Sub-base

Foi encontrado na região de projeto jazida que apresentou características geotécnicas satisfatórias para ser na camada de sub-base, como também, no corpo de aterro. Desse modo, indicou-se, tanto para o uso na terraplenagem

quanto na camada de sub-base, empréstimo/jazida, de coordenadas geográficas S9°43'30" e W 36°49'59".

As condições geotécnicas para material de sub-base são:

- $ISC > 20\%$
- Expansão  $< 1,0\%$
- Índice de Grupo (IG)=0

O quadro resumo dos ensaios realizados na jazida de sub-base, que também foi indicada para o uso na terraplenagem foi apresentado no item 3.3.2.

➤ Base

As ocorrências de materiais a serem utilizadas nas camadas constituintes do pavimento, foram cadastradas, tendo em vista a qualidade e o volume disponível dos materiais, procurando-se a indicação de ocorrências que os tenham características geotécnicas satisfatórias e volumes suficientes, conciliada à otimização das distâncias de transporte.

Para as bases estabilizadas granulometricamente as recomendações técnicas são:

- Limite de liquidez máximo de 25%;
- Índice de plasticidade máximo de 6%;
- $ISC > 80\%$ ;
- Expansão  $< 0,50\%$

E quanto a granulometria devem ser enquadrar em uma das faixas granulométricas apresentadas a seguir:

Tipos de Peneira	Faixa Granulométrica					
	A	B	C	D	E	F
	%Passando					
2"	100	100	-	-	-	-
1"		75-90	100	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-
Nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
Nº 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
Nº 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
Nº 200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25

Devido à escassez de jazidas que apresentassem características geotécnicas que pudessem ser usadas na camada de base do pavimento, optou-se em indicar, brita graduada, oriunda da pedreira, licenciada, localizada no município Arapiraca, distante 30 km, do centro da rodovia.

➤ **Concreto Betuminoso Usinado a Quente \_ CBUQ**

A determinação do traço de Concreto Betuminoso Usinado a quente segue a especificação de serviço - DNIT- ES-31/2006, faixa "C" para execução da camada de rolamento da via projetada.

Na tabela abaixo estar discriminado o teor ótimo e as características finais da mistura:

		Especificação
Ligante	5,5	4,5 - 9,0
Densidade teórica	2,470	-
Densidade aparente	2,379	-
% Vazios	3,9	3 - 5 (%)
R. B. V	76,3	75 - 82 (%)
Estabilidade	1130	> 500 (Kgf)
Resistência à Tração	0,93	≥ 0,65 (MPa)

Composição final do traço:

- Brita 3/4" ..... 9,5 %
- Brita 1/2" ..... 35,9 %
- Pó de Pedra ..... 48,2 %
- Filler ..... 0,9 %
- CAP 50-70 ..... 5,5%

## **1.5 Estudos Hidrológicos**

### **1.5.1 Objetivo**

Os estudos hidrológicos foram procedidos com a finalidade de identificar e qualificar as circunstâncias climáticas, pluviométricas e hídricas da área onde se localiza a área em estudo.

Os presentes estudos realizados de acordo com as normas técnicas vigentes, constaram dos serviços de coleta de dados, processamento dos dados coletados e suas devidas análises.

Realizou-se coleta de dados hidrológicos nos órgãos oficiais, coleta de dados bibliográficos disponíveis que possibilitou a caracterização climática, pluviométrica, pluviográfica e geomorfológica do trecho em estudo.

Realizou-se também a coleta de elementos para a definição das dimensões das áreas de contribuições.

Consistiu para conclusão do estudo hidrológico o processamento dos dados pluviométricos e fluviométricos que possibilitou o elenco de medidas necessárias ao dimensionamento hidráulico do sistema de drenagem.

### **1.5.2 Coletas de Dados**

A coleta de dados para os estudos hidrológicos foi desenvolvida com a finalidade de permitir a caracterização climática e pluviométrica na área do projeto e o levantamento das condicionantes topográficas e geomorfológicas das bacias interceptadas.

A adoção dos coeficientes de impermeabilização e run-off baseou-se no Manual de Drenagem de Rodovias (2006) - DNIT.

Dados pluviométricos fornecidos pela SIH/ANA - Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas, a estação escolhida foi a mais representativa do regime pluviométrico da região.

A Metodologia Empregada na Elaboração do Estudo Hidrológico em questão foi extraída basicamente das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários–2006/DNIT/IPR, DNIT-IS-203.

### 1.5.3 Regime Pluviométrico da Região

Através de textos e dados coletados referentes ao clima, se buscam um entendimento desse fenômeno e a sua manifestação na área atravessada pela estrada, com precipitações, temperaturas etc. Como se sabe a precipitação, por exemplo, é um fenômeno explicado pelo entendimento do clima, que depende este de fatores estáticos (topográficos, altitudes, longitudes, latitudes, presença de serras, vales etc.) e de fatores dinâmicos como as correntes de circulação atmosférica (os anticiclones, as correntes perturbadas etc.).

O estudo das precipitações é fundamental para um projeto, principalmente nos estudos dos seguintes tópicos:

- Verificação das estatísticas de descarga (curva dupla acumulação) ou dedução dessas quando não há informações disponíveis;
- Levantamento da possibilidade de danos ambientais decorrentes do aumento do deflúvio superficial e do direcionamento das águas pluviais, como: erosões, assoreamentos, inundações etc.;
- Planejamento da construção a fim de evitar interrupções de trabalho devido às chuvas ou inundações;
- Efeito sobre a umidade do solo-drenagem profunda.

Para definição do posto pluviométrico foi levado em conta os seguintes fatores:

- Disponibilidade de dados seja em séries completas ou incompletas, durante o mesmo período;
- Proximidade geográfica com o local de estudo;
- Séries confiáveis.

#### 1.5.4 Pluviometria e Pluviografia

Para estudo estatístico escolheu-se a estação de Anadia, a qual define com segurança o regime pluviométrico da região e que tem série histórica confiável. Os dados foram obtidos junto ao ANA (Agência Nacional de Águas). Foram utilizados os dados dos últimos 20 anos de observação disponíveis e mais representativos.

Para a Estação Pluviométrica estudada, são apresentados abaixo os seguintes gráficos:

- Pluviograma – Precipitações Totais Anuais, Precipitações Mensais e Número de Dias de Chuva por ano;
- Análise Estatística Pluviométrica das Precipitações Máximas Diárias. Para o estudo das chuvas precipitadas sobre a região, procuramos junto aos órgãos controladores de postos pluviométricos, dados referentes à pluviometria nas proximidades do trecho em estudo, de interesse para o projeto.

Gráfico 2 – Precipitações Totais Anuais

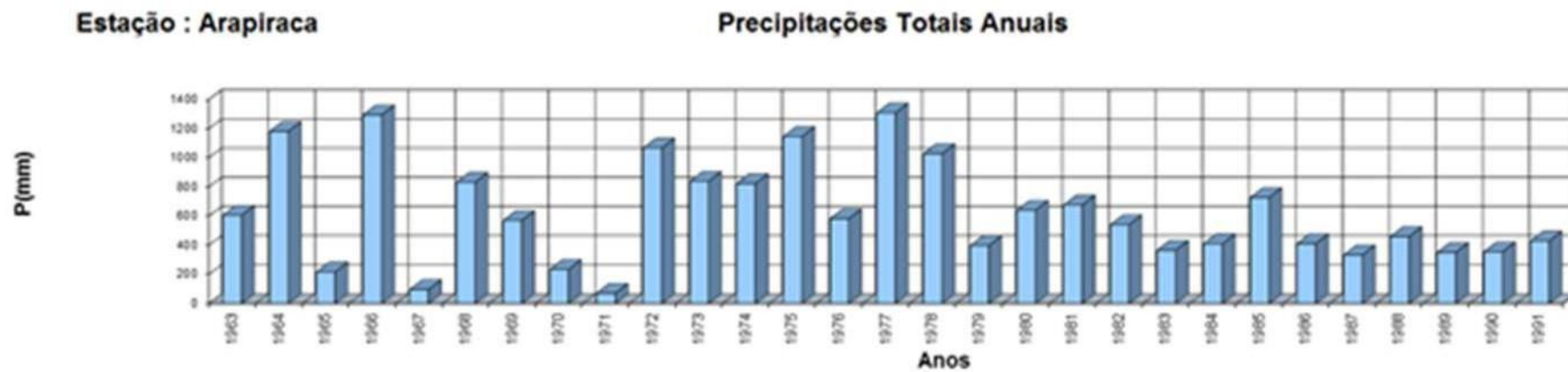


Gráfico 3 – Precipitações mensais

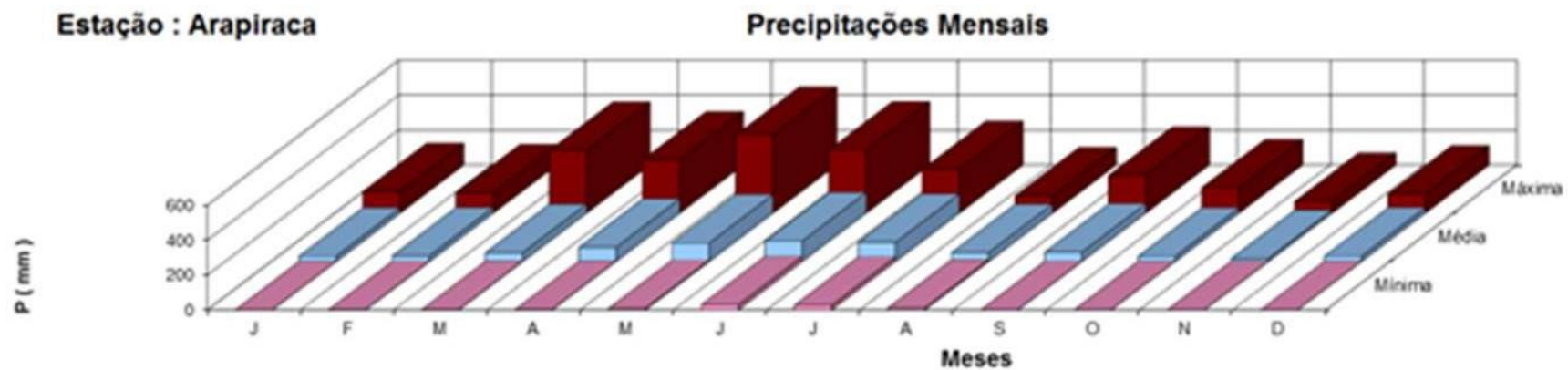


Gráfico 4 – Números de dias de chuva por ano



### 3.1.1 Regime Pluviométrico da Região

#### 3.1.1.1 Metodologia utilizada na determinação dos valores de precipitação, duração e frequência de chuvas

Com os dados de chuva coletados elaborou-se o presente estudo, visando à determinação das alturas para períodos de recorrência e diferentes durações.

A metodologia empregada foi o método de “Probabilidade Extrema de Gumbel”. Para este estudo escolheu-se a maior altura de chuva em cada ano durante todo o período, para o posto. Para tempos de duração menores que um dia, foram feitas correções pelo Método das Isozonas.

A seguir apresentamos os cálculos que fornecem as relações entre a precipitação máxima, período de retorno e a probabilidade de ocorrência, para o posto estudado:

$$\text{MÉDIA:} \quad \bar{P} = \frac{\sum P}{15} = 45,44$$

$$\text{DESVIO PADRÃO:} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (P - \bar{P})^2}{m-1}} = 23,48$$

Cálculo das alturas de precipitação de um dia de chuva para os tempos de recorrência ( $T_r$ ) de 05, 10, 15, 20, 25, 50, 100, 1.000 e 10.000 anos, fórmula de VEN TE CHOW:

$$P_r = \bar{P} + \sigma \times K$$

- P - valor máximo de precipitação diária, no período de 1 ano;
- $\bar{P}$  - precipitação média;
- m - números de anos observados;
- F - frequência de vazões de enchentes observadas;
- $T_r$  - tempo de recorrência;
- n - número de ordem, variável de 1 a m;
- S - desvio padrão;
- K - coeficiente que depende do número de amostras tomadas e do período de recorrência - valor tabelado por Weise e Reid.;

- Pr - fórmula devida a Ven Te Chow, onde Pr é a precipitação para um certo período de recorrência.

## **ANÁLISE ESTATÍSTICA PLUVIOMÉTRICA DAS PRECIPITAÇÕES DAS MÁXIMAS DIÁRIAS**

**TABELAS DOS CÁLCULOS**

**ANÁLISE ESTATÍSTICA PLUVIOMÉTRICA DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS**

ESTAÇÃO : ARAPIRACA  
CÓDIGO : 0936066  
PERÍODO : 1963-1991

ENTIDADE : DNOC S  
LATITUDE : -9°45'0"  
LONGITUDE : -36°39'0"

DATA DIÁRIANO	SEQ.	P (mm)	Nº ordem (n)	P - ordenada (mm)	P-Pm	(P-Pm)²	F-n/(m+1)²	Tr-1/F
26/6/1963	22	27,0	1	101,00	55,6	3.086,8	3,3	30,0
1/7/1964	20	28,4	2	90,20	44,8	2.003,3	6,7	15,0
11/5/1965	25	25,3	3	83,80	38,4	1.471,4	10,0	10,0
13/4/1966	10	50,7	4	82,20	36,8	1.351,2	13,3	7,5
28/3/1967	28	20,0	5	75,00	29,6	873,7	16,7	6,0
17/7/1968	19	30,1	6	72,00	26,6	705,4	20,0	5,0
1/6/1969	24	26,1	7	64,00	18,6	344,4	23,3	4,3
2/1/1970	8	60,4	8	60,40	15,0	223,8	26,7	3,8
18/5/1971	29	16,0	9	52,80	7,4	54,1	30,0	3,3
24/3/1972	5	75,0	10	50,70	5,3	27,7	33,3	3,0
11/3/1973	3	83,8	11	50,00	4,6	20,8	36,7	2,7
20/4/1974	9	52,8	12	43,80	-1,6	2,7	40,0	2,5
25/6/1975	6	72,0	13	40,20	-5,2	27,5	43,3	2,3
1/10/1976	7	64,0	14	38,00	-7,4	55,4	46,7	2,1
20/5/1977	2	90,2	15	36,80	-8,6	74,7	50,0	2,0
6/4/1978	1	101,0	16	35,20	-10,2	104,9	53,3	1,9
28/4/1979	17	32,8	17	32,80	-12,6	159,8	56,7	1,8
3/10/1980	16	35,2	18	31,00	-14,4	208,6	60,0	1,7
14/3/1981	4	82,2	19	30,10	-15,3	235,4	63,3	1,6
7/5/1982	12	43,8	20	28,40	-17,0	290,4	66,7	1,5
5/2/1983	18	31,0	21	28,00	-17,4	304,2	70,0	1,4
2/4/1984	22	27,0	22	27,00	-18,4	340,1	73,3	1,4
25/4/1985	11	50,0	23	27,00	-18,4	340,1	76,7	1,3
20/7/1986	14	38,0	24	26,10	-19,3	374,1	80,0	1,3
2/7/1987	13	40,2	25	25,30	-20,1	405,7	83,3	1,2
12/3/1988	15	36,8	26	25,00	-20,4	417,8	86,7	1,2
5/12/1989	26	25,0	27	25,00	-20,4	417,8	90,0	1,1
30/1/1990	26	25,0	28	20,00	-25,4	647,3	93,3	1,1
19/11/1991	21	28,0	29	16,00	-29,4	866,8	96,7	1,0

Obs.: Método de "Probabilidade Extrema de Gumbel" - Ver publicação do DNBR 478/26 - 1975 "Vazio de Dimensionamento de Bueiros".

**CÁLCULO DA CHUVA DE UM DIA, NO TEMPO DE RECORRÊNCIA PREVISTO**

$$\text{MÉDIA } \bar{P} = \frac{\sum P}{29} = 45,44$$

$$\text{DESVIO PADRÃO } \sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{P} - P)^2}{m - 1}} = 23,48$$

Cálculo das alturas de precipitação de um dia de chuva para os tempos de recorrência (Tr) de 05, 10, 15, 20, 25, 50, 100, 1.000 e 10.000 anos. Fórmula de VEM TE CHOW:

$$Pr = \bar{P} + \sigma \times K$$

TEMPO DE RECORRÊNCIA ( Tr )	K (°)	P (mm)
5 anos	0,87	65,87
10 anos	1,547	81,76
15 anos	1,924	90,62
20 anos	2,196	97,00
25 anos	2,402	101,84
50 anos	3,037	116,75
100 anos	3,667	131,54
1.000 anos	-	181,32
10.000 anos	-	231,10

$$\bar{P} = 45,44$$

$$\sum P = 1.317,80$$

$$\sum (\bar{P} - P)^2 = 15.436,63$$

$$m - 1 = 28$$

$$\frac{\sum (\bar{P} - P)^2}{m - 1} = 551,3$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{P} - P)^2}{m - 1}} = 23,5$$

K para o Período de Recorrência ( Tr, anos )							
n/Tr	5	10	15	20	25	50	100
10	1,058	1,848	2,289	2,605	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	0,996	1,748	2,168	2,470	2,699	3,405	4,105
14	0,981	1,724	2,138	2,437	2,663	3,360	4,052
15	0,967	1,703	2,112	2,410	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	2,065	2,355	2,575	3,250	3,921
18	0,934	1,649	2,047	2,335	2,552	3,223	3,888
19	0,926	1,639	2,032	2,317	2,533	3,199	3,860
20	0,919	1,625	2,018	2,302	2,517	3,179	3,836
21	0,911	1,613	2,004	2,286	2,500	3,157	3,810
22	0,905	1,603	1,992	2,272	2,484	3,138	3,787
23	0,899	1,593	1,980	2,259	2,470	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	1,560	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

Fonte: "Hidrologia Básica", Nelson L. de Souza Pinto, SP, 1976.

**CÁLCULOS DA FÓRMULA DE VEM TE CHOW - P<sub>d</sub>(mm)**

$$P5 = 45,44 + 0,87 \times 23,48 = 65,87 \text{ mm}$$

$$P10 = 45,44 + 1,547 \times 23,48 = 81,76 \text{ mm}$$

$$P15 = 45,44 + 1,924 \times 23,48 = 90,62 \text{ mm}$$

$$P20 = 45,44 + 2,196 \times 23,48 = 97 \text{ mm}$$

$$P25 = 45,44 + 2,402 \times 23,48 = 101,84 \text{ mm}$$

$$P50 = 45,44 + 3,037 \times 23,48 = 116,75 \text{ mm}$$

$$P100 = 45,44 + 3,667 \times 23,48 = 131,54 \text{ mm}$$

$$P1000 = P100 - (P100 - P10) = 181,32 \text{ mm}$$

$$P10000 = P1000 - (P1000 - P100) = 231,1 \text{ mm}$$

**3.1.1.2 Avaliação das Relações Intensidade-Duração-frequência**

Dada à necessidade de se avaliar as relações intensidade/ duração/frequência das chuvas de curta duração numa região onde as únicas informações disponíveis são as chuvas diárias, apresenta-se a seguir o método que permite avaliar as chuvas de curta duração a partir das chuvas de 24 horas.

### **Método das Isozonas**

A necessidade de conhecimento das alturas de precipitação para tempos de duração inferiores a 24 horas, e a baixa densidade de postos pluviográficos que possam proporcionar estes dados, obrigam a extrapolação destes postos distantes até o local de projeto. O método utilizado para esta extrapolação é o das Isozonas, esta correlação permite, de maneira simples, a dedução da precipitação para os tempos de concentração necessários inferiores a 24 horas.

O trabalho do Eng<sup>o</sup> Torrico partiu da observação que para determinadas áreas geográficas, ao se desenhar em um papel de probabilidade as precipitações de 24 horas e 1 hora de diferentes estações pluviográficas do Brasil, e prolongando-se as respectivas retas de altura de precipitação/duração, estas tendem a cortar o eixo das abscissas em um mesmo ponto. Esta tendência significa que, em cada área homóloga, a relação entre as precipitações de 1 e 24 horas, para um mesmo tempo de recorrência, é constante e independe de alturas de precipitação.

A estas áreas homólogas, o autor denominou de Isozonas e elaborou o mapa, relacionando as alturas de precipitações máximas com duração de 1 a 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 10.000 anos e com duração de 6 minutos e 24 horas para tempo de recorrência de 5 a 100 anos.

#### Descrição da metodologia adotada:

A partir do estudo estatístico, citado anteriormente, calculou-se para as estações em estudo, a chuva de um dia, no tempo de recorrência previsto.

Converteu-se esta chuva de um dia, em chuva de 24 horas, multiplicando-se esta, pelo coeficiente 1,10, que é a relação 24 horas/1 dia.

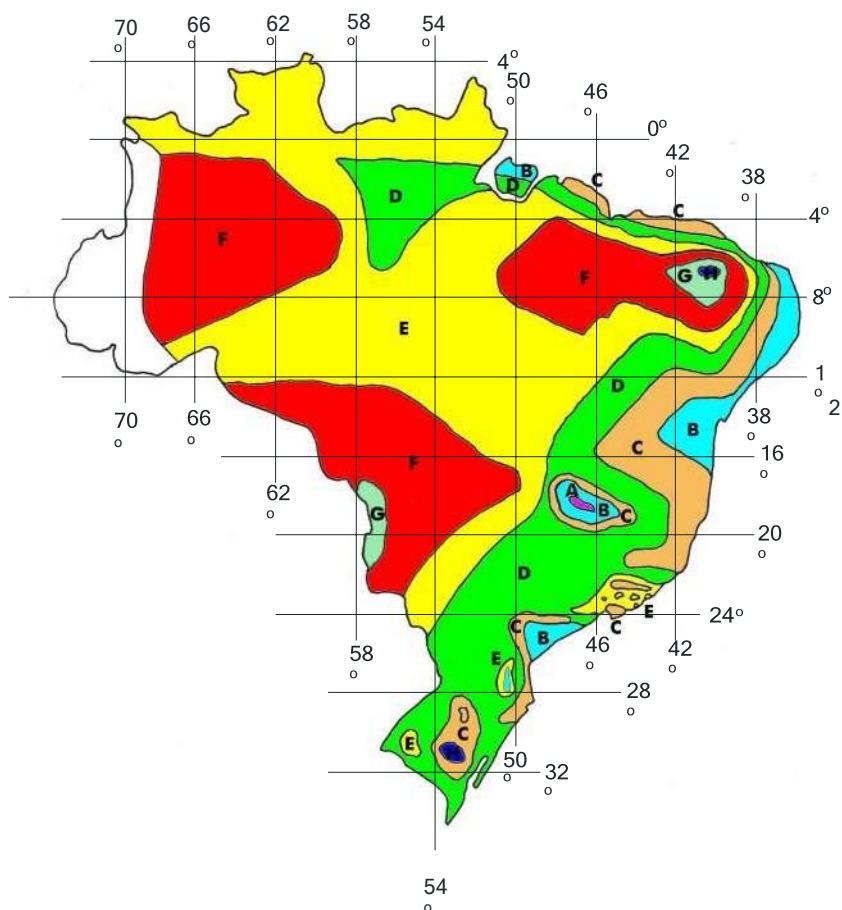
Determinou-se no mapa apresentado a seguir, a isozona correspondente a região do projeto. Em nosso estudo a isozona utilizada foi a Isozona B.

Após ter-se determinado a isozona, fixam-se para ela as porcentagens correspondentes a 6 minutos e 1 hora.

Após a determinação das alturas de precipitação para duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos, para cada tempo de recorrência considerado, marcaram-se estes valores no papel de probabilidade de Hershfield e Wilson, e ligando-se os pontos marcados, obtiveram-se as alturas de precipitação para qualquer duração entre 6 minutos e 24 horas.

Segue a apresentação do mapa das isozonas, e o quadro com os valores característicos.

### MÉTODO DAS ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO



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

**Conclusões:**

Pela análise dos dados conclui-se que:

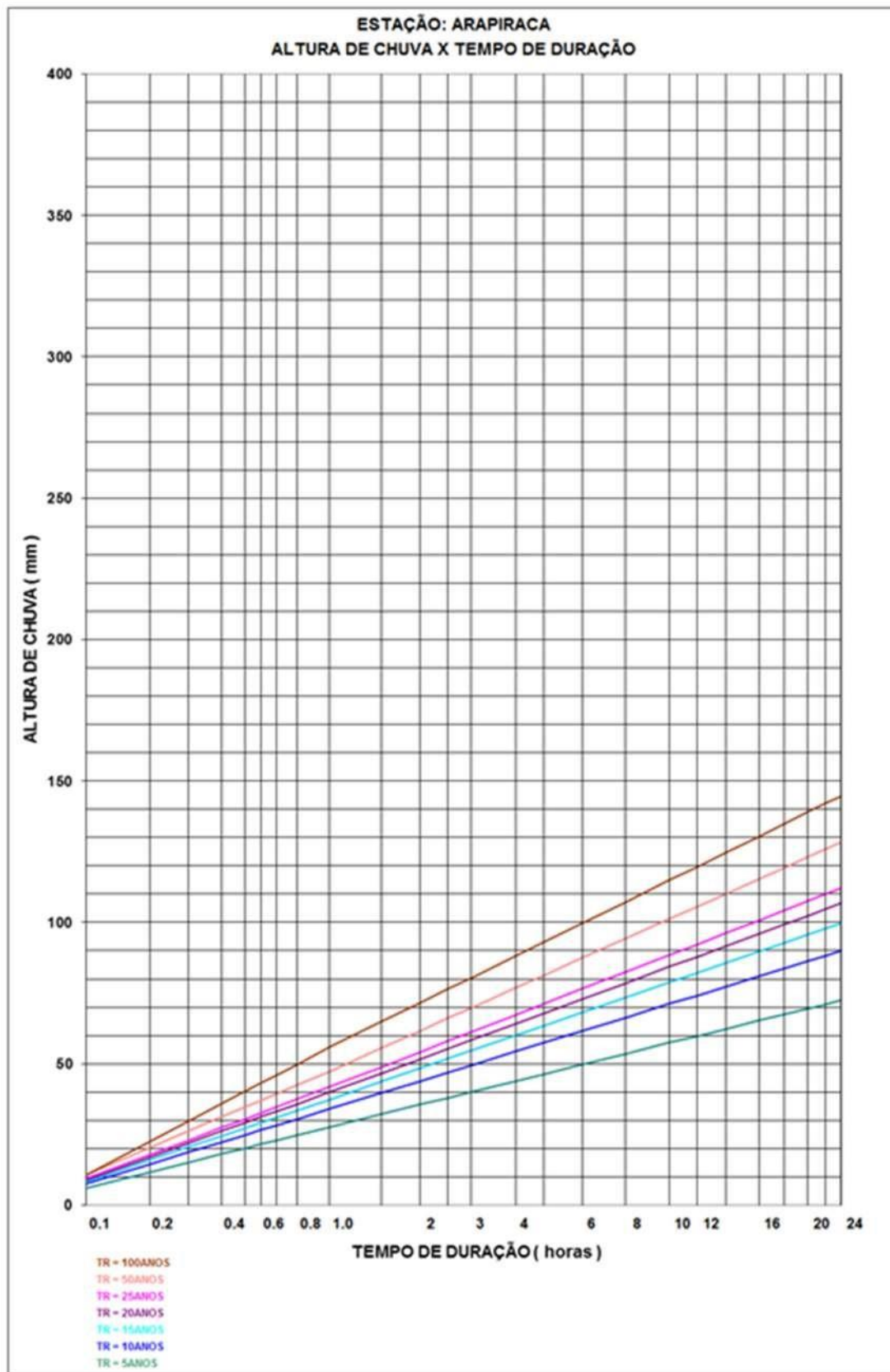
A estação de Arapiraca, a mais próxima, que tem um período de observação de 29 anos (1963 – 1991), tem maior proximidade média com o trecho e por apresentar valores maiores de precipitações representa a pluviometria da região. Portanto, foi escolhida para fornecer os dados de precipitações para dimensionamentos e verificações hidráulicas das obras de drenagem do trecho.

A seguir apresentam-se as Precipitações e Intensidade em função da Duração da Precipitação e do Tempo de Recorrência e os gráficos contendo as relações entre altura de chuva, tempo de duração e tempo de recorrência, para a distribuição de chuvas para o trecho em estudo, para a Estação de Arapiraca.

ISOZONA "B"										ESTAÇÃO : ARAPIRACA							
Tempo de Recorrência em anos	1 hora / 24 horas chuva (A)							5min / 24 horas (B)		Duração	Tempo de Recorrência						
	5	10	15	20	25	50	100	5 a 50	100		5	10	15	20	25	50	100
Porcentagem	35,1	37,8	37,5	37,4	37,3	36,9	36,6	8,4	7,5	<b>24 horas (C)</b>	72,45	89,94	99,85	106,70	112,02	126,42	144,70
As curvas C e C' aplicam-se zonas de influência marítima, com coeficientes de intensidade iguais.										<b>1 hora (D)</b>	27,81	34,00	37,38	39,91	41,78	47,39	55,85
										<b>5 minutos (E)</b>	6,09	7,55	8,37	8,96	9,41	10,79	10,85
Fonte: "Práticas Hidrológicas", José Jaime Taboaga Torres, Rio, 1976. Método das Isozonas										Nota: Mancha de Chuva: 1- (C) = $P_{ij} \text{ (mm)} \times 1,10$ , onde $P_{ij} \text{ (mm)}$ é dado pela fórmula de VEM TECHOW 2- (D) = (C) x (A) 3- (E) = (C) x (B)							

ESTAÇÃO : ARAPIRACA - QUADRO DE PRECIPITAÇÕES E INTENSIDADES, EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO E DO TEMPO DE RECORRÊNCIA															
Tempo de Recorrência	Tempo de Duração de Chuva	5 anos		10 anos		15 anos		20 anos		25 anos		50 anos		100 anos	
		P (mm)	I (mm/h)	P (mm)	I (mm/h)	P (mm)	I (mm/h)	P (mm)	I (mm/h)	P (mm)	I (mm/h)	P (mm)	I (mm/h)	P (mm)	I (mm/h)
6 min. (0,1 h)		6,09	60,86	7,55	75,55	8,37	83,73	8,96	89,63	9,41	94,10	10,79	107,86	10,85	108,52
12 min. (0,2 h)		11,75	58,75	14,51	72,57	16,01	80,03	17,31	85,53	17,93	89,85	20,42	102,10	22,69	113,47
30 min. (0,5 h)		21,53	35,89	26,54	44,23	29,29	48,86	31,18	51,96	32,65	54,42	37,06	61,77	43,16	71,93
60 min. (1,0 h)		27,81	27,81	34,00	34,00	37,38	37,38	39,91	39,91	41,78	41,78	47,39	47,39	55,85	55,85
120 min. (2,0 h)		35,94	17,77	43,90	21,95	48,41	24,20	51,73	25,86	54,22	27,31	61,73	30,87	71,56	35,79
240 min. (4,0 h)		43,93	10,98	54,36	13,59	60,06	15,01	64,22	16,06	67,35	16,84	76,89	19,22	88,19	22,05
1440 min. (24,0 h)		72,45	3,02	89,94	3,75	99,85	4,75	106,70	4,45	112,02	4,67	126,42	5,35	144,70	6,03

Obs.: As precipitações de 0,1 hora, 1 hora e 24 horas foram plotadas no papel de probabilidade de "Hershfeld e Wilson", sendo as demais obtidas pela interpolação gráfica.



Fonte: PAPEL DE PROBABILIDADE DE HERSHFIELD E WILSON

Gráfico 5 - Altura de Chuva x Tempo de Duração

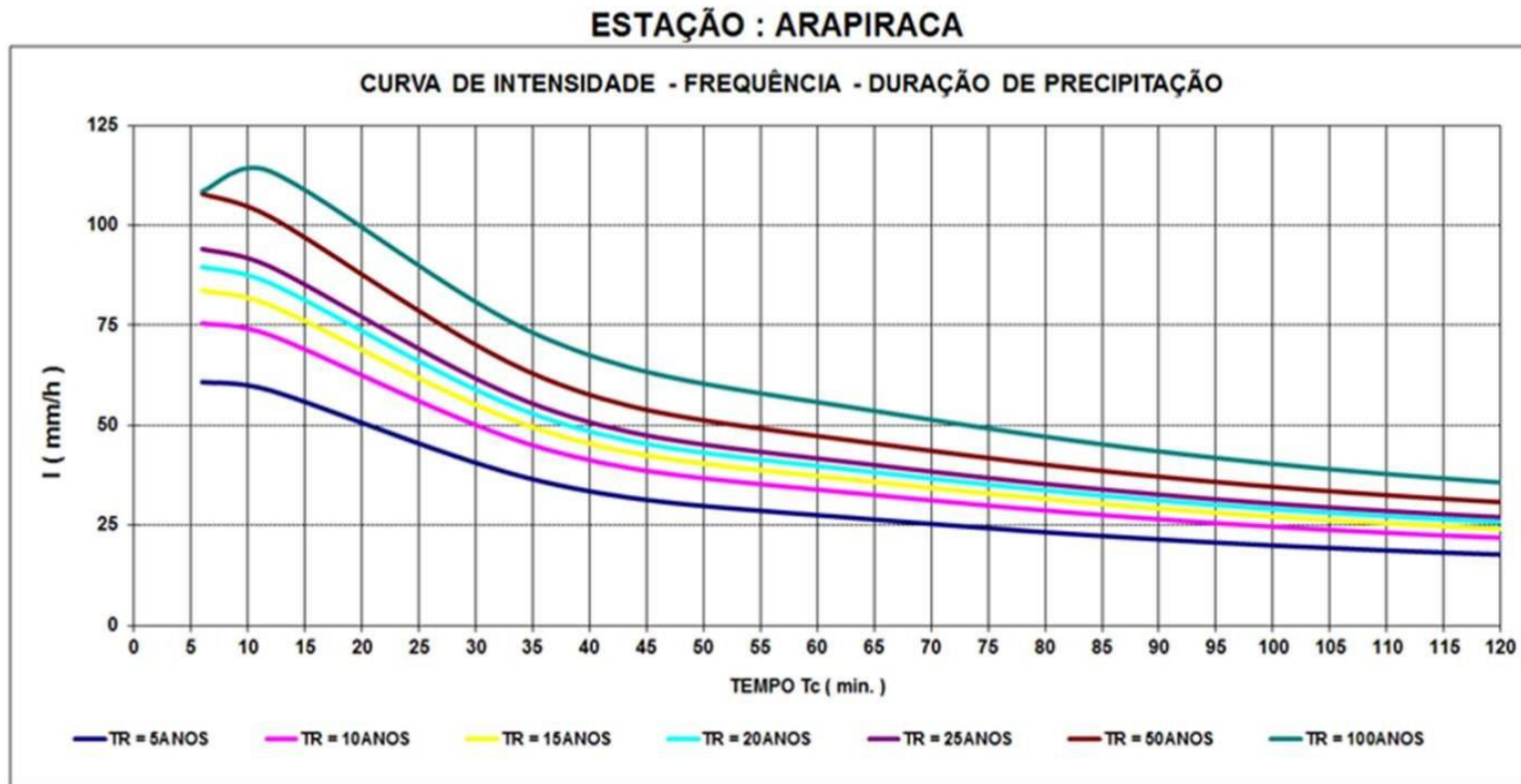


Gráfico 6 - Curva de Intensidade – Frequência – Duração de Precipitação

### **3.1.1.3 Cálculo das Vazões Afluentes – Qp**

#### **Generalidades**

O estudo das vazões das bacias de contribuição para efeito de dimensionamento das obras de drenagem foi feito separadamente, considerando as especificações da IS-203, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT:

Para as bacias hidrográficas pequenas com áreas até 4,0 km<sup>2</sup> (400 ha), usou-se para o cálculo das vazões afluentes o Método Racional;

Para as bacias intermediárias com áreas entre 4,0 e 10,0 km<sup>2</sup> (500-1000 ha), usou-se para o cálculo das vazões afluentes o Método Racional Corrigido;

Para as bacias com áreas superiores a 10,0 km<sup>2</sup> (1.000 ha), usou-se para o cálculo das vazões afluentes o Método do Hidrograma Unitário Triangular – HUT;

#### **Tempo de Recorrência –Tr**

O tempo de recorrência para o projeto dos dispositivos de drenagem foi fixado, levando-se em consideração os seguintes fatores:

- Importância e segurança da obra;
- No caso de interrupção do tráfego, os prejuízos econômicos;
- Danos às obras de drenagem;
- Estimativa de custos de restauração, na hipótese de destruição;
- Periculosidade de subestimação das vazões pelos danos que as cheias possam ocasionar às populações ribeirinhas e às propriedades;
- Outros fatores de ordem econômica.

Em face desses fatores, foram usados os seguintes períodos de recorrência segundo a Instrução de Serviço – IS-203 do DNIT:

Tabela 10– Tempo ou Período de Recorrência – Tr

<b>Espécie</b>	<b>Tempo de recorrência em (anos)</b>
Drenagem Superficial	5 a 10
Drenagem Subsuperficial	10
Bueiros Tubulares	15 (como canal)
	25 (como orifício)
Bueiro Celular	25 (como canal)
	50 (como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

#### **Coefficientes de Escoamento – C**

Para cada Método Racional e Hidrograma Unitário Triangular - HUT os coeficientes de drenagem superficial ou de escoamento e o do complexo solo-vegetação foram adotados com o auxílio do quadro abaixo:

Tabela 11– Coeficiente de Escoamento - "Run-Off"

<b>Fixação do coeficiente de escoamento (C), para o método racional e racional corrigido, e o coeficiente do complexo solo vegetação (CN), para o método do hidrograma unitário triangular (HUT)</b>							
Condições de Superfície	Orografia	Plano		Ondulado		Montanhoso	
		C	CN	C	CN	C	CN
Terrenos estéreis e áreas urbanizadas	A	0,10	50	0,20	55	0,30	65
	B	0,20	55	0,30	60	0,40	70
	C	0,40	60	0,50	65	0,60	75
	D	0,60- 0,80	70	0,60-0,90	75	0,60- 1,00	80
Cerrados, pastagens e matas ralas	A	0,20	45	0,30	50	0,40	60
	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
	C	0,30	60	0,40	60	0,50	70
	D	0,40	65	0,50	70	0,60	75
Culturas e pastagens terraceadas	A	0,10	35	0,30	45	0,40	50
	B	0,20	40	0,35	50	0,45	55
	C	0,30	50	0,40	60	0,50	60
	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
Culturas terraceadas	A	0,10	30	0,20	40	0,30	50
	B	0,15	40	0,30	50	0,40	55
	C	0,20	50	0,40	55	0,50	60
	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
<p>A = Superfície muito permeável ("LOESS" em camadas espessas);</p> <p>B = Superfície permeável ("LOESS" em camadas rasas e areias);</p>		<p>C = Superfície semipermeável (Solos Siltosos e Argilosos); e</p> <p>D = Superfície pouco permeável (Solos com argilas expansivas e pavimentos).</p>					

### **Tempo de Concentração – Tc**

É definido como sendo o tempo necessário para que a área de drenagem passe a contribuir para a vazão na seção estudada. De uma maneira geral, o tempo de concentração de uma bacia qualquer depende de vários parâmetros tais como:

- Área da bacia e sua forma;
- Comprimento e declividade do canal mais longo (principal);
- Tipo, recobrimento vegetal, uso da terra, etc.

Segundo estudos, as características que influem principalmente no tempo de concentração são as três citadas acima.

Para o cálculo do tempo de concentração adotou-se a fórmula de Kirpich (segundo recomendações das especificações técnicas para estudos hidrológicos, do DNIT):

$$T_c = 0,39 (L^2/S)^{0,385}$$

Onde:

T<sub>c</sub> - Tempo de concentração em horas;

L - Comprimento do talvegue em km; e

S - Declividade média ponderada do talvegue em %.

## **Metodologias de Cálculo**

### ***Método Racional (Pequenas Bacias)***

Os limites de aplicação do chamado Método Racional, segundo os hidrólogos, são muito variáveis, vamos adotar o seguinte procedimento:

Para o cálculo das vazões afluentes em bacias hidrográficas com áreas até 4,0 km<sup>2</sup>, vamos adotar o Método Racional e para o cálculo de descarga de pico em áreas rurais, acredita-se na fórmula:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A_d,$$

Onde:

Q<sub>p</sub> = Descarga do projeto ou pico de vazão, em m<sup>3</sup>/s;

C = Coeficiente adimensional de deflúvio ou escoamento Superficial; e

I = Intensidade de precipitação, sobre toda a área drenada, dada pela relação:

$$I = \frac{P}{T_c}, \text{ em mm/h}$$

Onde:

P = altura de chuva para o tempo de concentração (mm); e

T<sub>c</sub> = tempo de concentração, em horas, calculado pela fórmula do Kirpich:

$$T_c = 0,39 (L^2/S)^{0,385}$$

Sendo:

T<sub>c</sub> = tempo de concentração em horas;

L = comprimento do talvegue em km;

S = declividade média ponderada do talvegue em %;

Ad = área da bacia, em km<sup>2</sup>.

### ***Método Racional Corrigido (Médias Bacias)***

Usado para o cálculo das vazões afluentes em bacias hidrográficas com áreas 4,0 e 10,00 km<sup>2</sup>.

A fórmula do Método Racional, geralmente leva ao superdimensionamento das obras de drenagem. Para o dimensionamento mais criterioso dos elementos em questão, corrigiram-se as vazões afluentes calculadas utilizando-se o coeficiente de retardo adimensional (□), que visa a correção da precipitação pontual para a precipitação uniformemente distribuída pela área, adotando-se a seguinte expressão:

$$\square = 4,38/A^{0,20}L \text{ (sendo } 0,50 \square \square \square 1,00)$$

Onde:

A = área da bacia em km<sup>2</sup>; e

L = Comprimento do talvegue em km.

Portanto, a fórmula adotada para o cálculo de vazões, pelo Método Racional Corrigido, é:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times Ad \times \square$$

### *Método do Hidrograma Unitário Triangular – HUT (Grandes Bacias)*

Aplicado para o cálculo de vazões afluentes em bacias hidrográficas com área superior a 10,0 km<sup>2</sup>.

No desenvolvimento do método foram adotadas as seguintes fórmulas:

1 - Cálculo de tempo de Pico (Tp).

Tempo de ascensão do hidrograma, em horas. Fórmula:

$$T_p = \frac{\Delta T}{2} + 0,6 T_c,$$

Sendo:

□ t = duração de chuva unitária, antes estabelecido em horas.

Tc = tempo de concentração, em horas.

O tempo de concentração é obtido, utilizando-se a fórmula de Kirpich, que é:

$$T_c = 0,39 \left( \frac{L^2}{S} \right)^{0,385}$$

Onde:

L = comprimento do talvegue em km e

S = declividade média ponderada do talvegue em %.

O cálculo da duração da chuva unitária - □ t, é dado pela expressão:

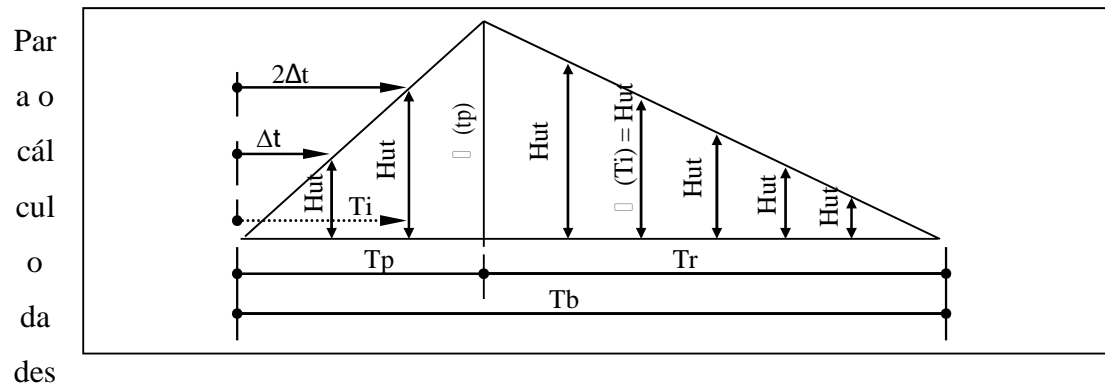
$$\square t = T_c/5, \text{ em horas.}$$

2 - Cálculo do tempo de descida (Tr): Tr = 1,67 Tp, em horas.

3 - Cálculo do tempo de base (Tb): Tb = 2,67 Tp, em horas.

### Construção do hidrograma Unitário Triangular

Os parâmetros do Hidrograma Unitário Triangular (HUT), tempo Unitário ( $\Delta t$ ), são os seguintes:



Para o cálculo do excesso de precipitação, utiliza-se a fórmula:

$$Q_p(T_p) = \frac{2,08}{T_p} A,$$

Onde:

$Q_p(T_p)$  = descarga de pico para chuva efetiva de 1cm, em m/s/cm;

A = área da bacia, em km<sup>2</sup>; e

$T_p$  = tempo do pico, em horas.

Para o cálculo do Excesso de Precipitação, utilizam-se as seguintes expressões:

$$P_m = P_i \times (1,0 - 0,10 \log A/25),$$

Onde:

$P_m$  = precipitação média (mm) e  $(1,0 - 0,10 \log A/25) = C_r$  (coeficiente de redução), segundo Jaime Taborga:

A = área da bacia em km<sup>2</sup>; e

$P_i$  = precipitação em mm,  $P = f(Q, T)$  obtido no gráfico de precipitações.

$$P_e = \frac{[P_m \left( \frac{5080}{C_n} - 50,8 \right)]^2}{P_m + \frac{20320}{C_n} - 203,2}$$

Sendo:

Pe = chuva efetiva, em mm;

Cn = complexo solo - vegetação ou número de deflúvio e

Pm = precipitação média, em mm.

Para cálculo das chuvas efetivas (qi) parciais os tempos (ti), faz-se por simples diferença:

$$q_i = P_{e_i} - P_{e_{(i-1)}}$$

Para obtenção do HUT, usam-se as seguintes fórmulas:

- $HUT = \frac{(T_p) \times T_i}{T_p}$ ,  $T_i \leq T_p$
- $HUT = \frac{(T_p) \times (T_b - T_i)}{T_r}$ ,  $T_i \geq T_p$

Após obtenção das chuvas parciais  $q_i$  e do HUT, procede-se a construção de tabela típica, para o cálculo dos valores de  $Q_i$ , pela expressão:

$$Q_i = q_i \times 1 + q_{i-1} \times 2 + q_{i-2} \times 3 + \dots + q_i \times i.$$

#### **3.1.1.4 Bacias Hidrográficas**

Para as obras de arte correntes – bueiros, travessias das pequenas bacias hidrográficas, foram estudadas as vazões de contribuição para os tempos de recorrência de 15 e 25 anos.

## **1.6 Projeto Geométrico**

### **1.6.1 Introdução**

Os elementos básicos utilizados na elaboração deste projeto foram obtidos a partir do levantamento planialtimétrico cadastral da área. Foram seguidas as Instruções de Serviço para Projeto Geométrico no Manual de Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários, do DNIT.

Para a elaboração do Projeto Geométrico buscou-se evitar desapropriações, preservando grande parte do traçado original e suas características técnicas, fazendo-se necessários ajustes em algumas curvas. O greide de pavimentação foi projetado respeitando as cotas do terreno existente, bem como as soleiras das edificações, no perímetro urbano. Ajustes nas declividades longitudinais foram necessários, de forma a permitir um eficiente escoamento das águas pluviais.

### **1.6.2 Projeto Planialtimétrico**

O projeto planialtimétrico foi elaborado em conformidade com as características técnicas definidas anteriormente, usando os elementos fornecidos pelos estudos topográficos, através do cadastramento e levantamento planialtimétrico das áreas. Estes dados serviram de base para a elaboração do projeto geométrico em planta e perfil.

## **1.7 Projeto de Terraplenagem**

### **1.7.1 Elementos Básicos**

Os elementos básicos utilizados na elaboração deste projeto foram obtidos a partir do levantamento planialtimétrico, estudos geotécnicos e projeto geométrico.

Os elementos obtidos nos estudos e no projeto geométrico foram reunidos eletronicamente, gerando volumes de corte e aterro a serem movimentados. Com base no mapa de cubação, verificou-se a necessidade de empréstimos laterais para suprir a falta de volume dos aterros a serem executados.

### 1.7.2 Concepção

O projeto de terraplanagem foi elaborado observando-se as instruções da IS-209 do DNIT, que em síntese consiste na quantificação e determinação das distâncias de transporte, demonstrado através de quadros e gráficos de distribuição e resumo dos materiais a movimentar.

O cálculo volumétrico dos cortes foi feito utilizando-se programa específico de processamento denominado AutoCAD Civil 3D 2019, que resultou no volume conforme mapa de cubação relativo à terraplanagem a ser realizada na área para implantação da pavimentação e indicam os volumes parciais e acumulados de cortes apresentado.

O projeto foi composto das seguintes análises:

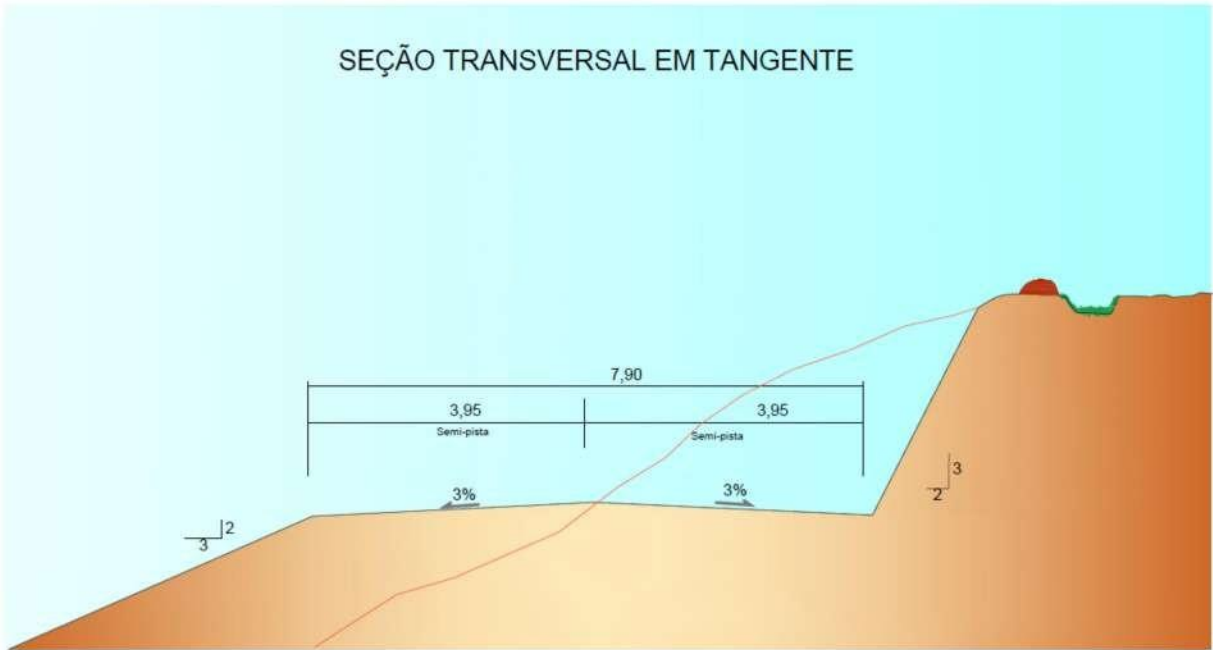
- Cálculo dos Volumes de Corte e Aterro;
- Caixas de Empréstimos;
- Áreas Bota-fora;
- Definição para projeto da camada de aterro final com no mínimo 13% de CBR;

### 1.7.3 Seção transversal tipo

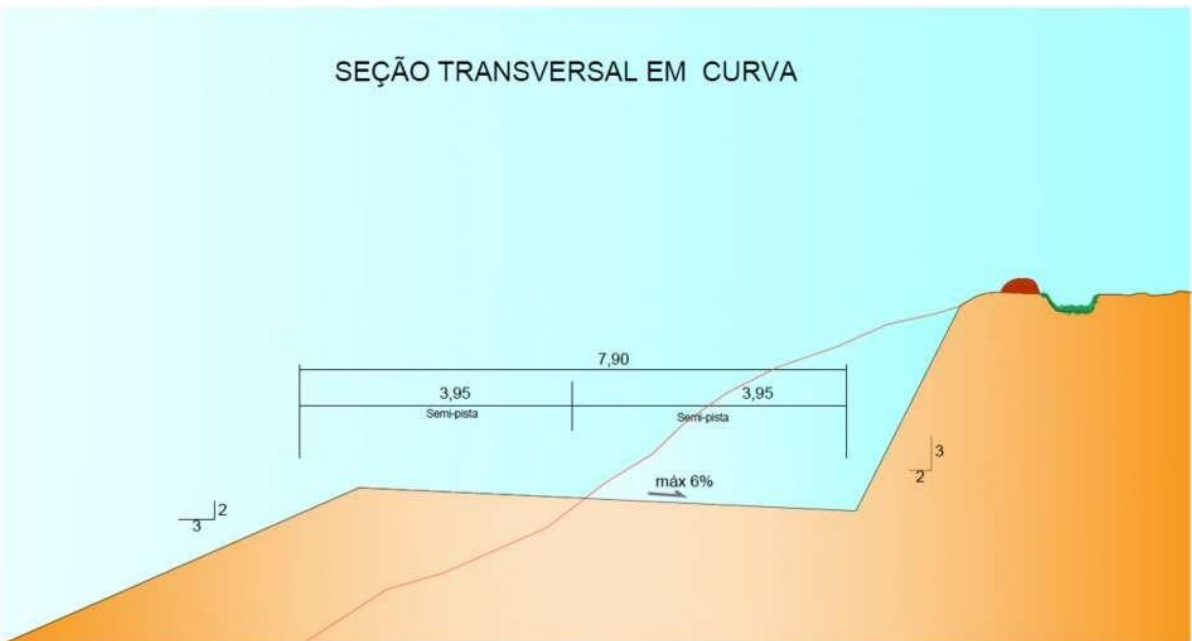
Na seção transversal tipo para a plataforma, adotando-se um caimento transversal de 3%, nas seções em tangente e 6% nas seções em curva, para as extremidades com taludes de 2(H):3(V) para as seções em corte e 3(H) :2(V) para as seções em aterro com alturas de cortes e aterros obtidos no perfil longitudinal do projeto geométrico.

A seguir apresentamos as seções tipo de terraplanagem adotada:

SEÇÃO TRANSVERSAL EM TANGENTE



SEÇÃO TRANSVERSAL EM CURVA



#### 1.7.4 Movimentação de Terras

No movimento de terras elaborado, os solos provenientes das operações de corte foram classificados como materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias que serão destinados, para confecção de aterro e bota-fora, respectivamente.

A compactação do material de aterro deverá ser executada a 100% do proctor normal, por outro lado, em face às características geotécnicas dos solos constituintes do subleito e/ou terreno natural, recomenda-se que os últimos 0,60 m do greide de terraplenagem projetado, tanto em corte quanto em aterro, sejam constituídos de solo que satisfaça a condição de suporte, com a energia do Proctor Intermediário, de  $CBR > 13\%$  e expansão de  $\leq 2\%$ . O grau de compactação exigido será de 100%, em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida em laboratório, e, a confecção desses últimos 60 cm, deverá ser executada em camadas de 20 cm cada, com energia do P.I.

Assim, na execução das camadas do corpo de aterro não será permitido o uso de solos de baixa capacidade de suporte ( $ISC < 2\%$ ) e expansão  $> 4\%$ . Tudo em conformidade com a especificação de serviço DNIT 108/2009-ES, aprovada em 04/08/2009 que substitui a Norma DNER-AS 282/97.

O fator de empolamento e compactação, relação entre os volumes no corte e no aterro, foi adotado em 25%.

#### 1.7.5 Apresentação

O Projeto de Terraplenagem consta de Seções transversais (tipo e do trecho projetado), quadro de distribuição e os volumes de terraplenagem. Os dados acima são apresentados no "Volume 2 - Projeto de Execução"

## **1.8 Projeto de Pavimentação**

### 1.8.1 Considerações Gerais

O projeto de pavimentação foi elaborado através dos elementos fornecidos pelos Estudos de Tráfego e Geotécnicos e pelo Projeto de Terraplenagem, realizados para o trecho

em estudo, bem como nas Especificações Gerais de Serviços do DNIT.

Visando definir e detalhar estruturas viáveis que suportem a solicitação de carga em seu período de vida útil, em termos técnico-econômicos a serem executados na pista de rolamento da via, considerando-se os seguintes aspectos:

- Subleito;
- Critérios de dimensionamento;
- Resultados obtidos;
- Solução para implantação da pavimentação;
- Apresentação dos resultados.

#### 1.8.2 Dimensionamento Pavimento

Para o dimensionamento da estrutura de pavimentação empregou-se o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis – DNER, através da utilização do método de dimensionamento de pavimentos flexíveis, do Eng. Murilo Lopes Souza, baseado nas características de resistência dos solos de fundação e dos materiais de constituição do pavimento

Objetivando uma segurança maior, adotou-se como parâmetro definidor da capacidade de suporte do subleito, o índice de suporte (IS), sugerido pelo DNIT.

Para aplicação do método citado, é necessário o conhecimento dos seguintes parâmetros:

- Características do subleito – ISC (CBR)
- Parâmetro de Tráfego – “Número N”

#### 4.3.2.1 Características do subleito – ISC (CBR)

Os resultados encontrados para o ISC (CBR) dos materiais do subleito foram submetidos a tratamento estatísticos, por grupos de classificações HRB, sendo desprezados os resultados dos ensaios que apresentaram valores discrepantes. Tudo em conformidade com as instruções em vigor.

#### 4.3.2.2 Parâmetro de Tráfego – “Número N”

As características do tráfego que solicitarão os pavimentos são de fundamental importância, uma vez que se relacionam intimamente com os esforços internos solicitantes originados na estrutura do pavimento.

Para o dimensionamento de pavimentos novos, o tráfego é caracterizado pelo número “N” de passagens equivalentes ao eixo simples padrão de 80 kN (8,2 tf), ou seja, todos os tipos de eixo e cargas dos veículos comerciais são transformados para um eixo simples padrão de roda dupla equivalente de 80 kN.

Consideram-se apenas os veículos comerciais no cálculo do número “N”, visto que os automóveis possuem um peso praticamente desprezível quando comparado aos veículos comerciais.

Para o período de projeto considerado de 10 anos o número "N" calculado nos Estudos de Tráfego é:

$$N = 2,0 \times 10^6$$

#### 4.3.2.3 Aplicação do Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNIT

O método de dimensionamento do DNER do Eng. Murilo Lopes de Souza faz algumas recomendações quanto aos coeficientes de equivalência estrutural dos materiais e

quanto às espessuras mínimas de revestimento betuminoso. Os coeficientes estruturais dos materiais utilizáveis nas camadas do pavimento são:

Componentes do Pavimento	Coefficiente K
Base ou revestimento do concreto betuminoso	2,00
Camadas granulares	1,00

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é um dos pontos ainda em aberto na engenharia rodoviária, quer se trate de proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, quer se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão. As espessuras a seguir recomendadas visam, especialmente, as bases de comportamento puramente granular e são ditadas pelo que se tem observado.

Número N	Espessura mínima de revestimento betuminoso
$N < 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos.
$10^6 < N < 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura.
$5 \times 10^6 < N < 10^7$	Revestimentos betuminosos com 7,5 cm de espessura.
$10^7 < N < 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura.
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura.

O método considera as seguintes espessuras:

- $H_m$  - espessura total necessária para proteger um material com  $ISC = m$ ;
- $H_n$  - espessura da camada de pavimento com  $ISC = n$ ;

$$H_n = 77.67 N^{0.0482} \times CBR^{-0.598}$$

DADOS		H20 (cm)	H12 (cm)	REVESTIMENTO (cm)
NUMERO "N"	2,0,E+06	24	37	5,0
CBR do Sub-Base	20 %			
CBR do Subleito	12 %			

Determinadas as espessuras de  $H_n$  ( $n$ : valor referente ao CBR de projeto do subleito),  $H_{20}$  e  $R$ , as espessuras da base e sub-base são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$RK_R + BK_B = H_{20};$$

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_{SB} = H_n;$$

Os coeficientes de equivalência estrutural adotados para os diferentes materiais constituintes do pavimento foram os seguintes:

Concreto Betuminoso Usinado a Quente :  $K_R = 2,00$

Base Granular :  $K_B = 1,00$

Sub-base Granular :  $K_{SB} = 1,00$

Para o caso do dimensionamento em questão, temos os seguintes parâmetros:

- $h_{20}$  espessura da sub-base;
- $B$  espessura da base;
- $R$  espessura do revestimento.

Aplicando as inequações do método, tem-se: a espessura mínima de base + revestimento, determinada em função do número  $N$  e do ISC da sub-base (20%) será de 24 cm. A espessura da base será então de:

$$R \times KR + B \times KB > 24 \text{ cm}$$

$$5 \times 2 + B \times 1,0 = 24$$

$$B > 24 - 10 \text{ ou } B = 14 \text{ cm}$$

Adotou-se  $B = 15 \text{ cm}$

Para a camada de sub-base, em função do ISC do subleito (12%) e do número N, tem-se:

$$R \times KR + B \times KB + h_{20} K_s = H_{11}$$

$$5 \times 2 + 15 \times 1,0 + h_{20} = 37 \text{ cm}$$

$$h_{20} > 37 - 25 \text{ ou } h_{20} = 12 \text{ cm}$$

Adotou-se  $h_{20} = 15 \text{ cm}$

Assim, pela aplicação do método do Eng<sup>o</sup> Murilo Lopes de Souza, foram obtidas as seguintes espessuras:

- Sub-base de solo natural estabilizado granulometricamente sem mistura CBR > 20% com 15 cm de espessura;
- Base de brita com CBR > 80% com 15 cm de espessura;
- Revestimento em CBUQFx."C" com 5 cm de espessura.

### 1.8.3 Método Construtivo:

- 1- Regularização do subleito;
- 2- Execução de sub-base de solo estabilizado granulometricamente CBR 20% com espessura de 15 cm;
- 3- Execução de base de brita com espessura de 15 cm;
- 4- Imprimação CM-30 taxa 0,0012t/m<sup>2</sup> em toda superfície da base;
- 5- Pintura de ligação com RR-1C taxa de 0,0004t/m<sup>2</sup> em toda superfície da base imprimada;
- 6- Capa de rolamento com Concreto Betuminoso Usinado a Quente com 5,0 cm de espessura.

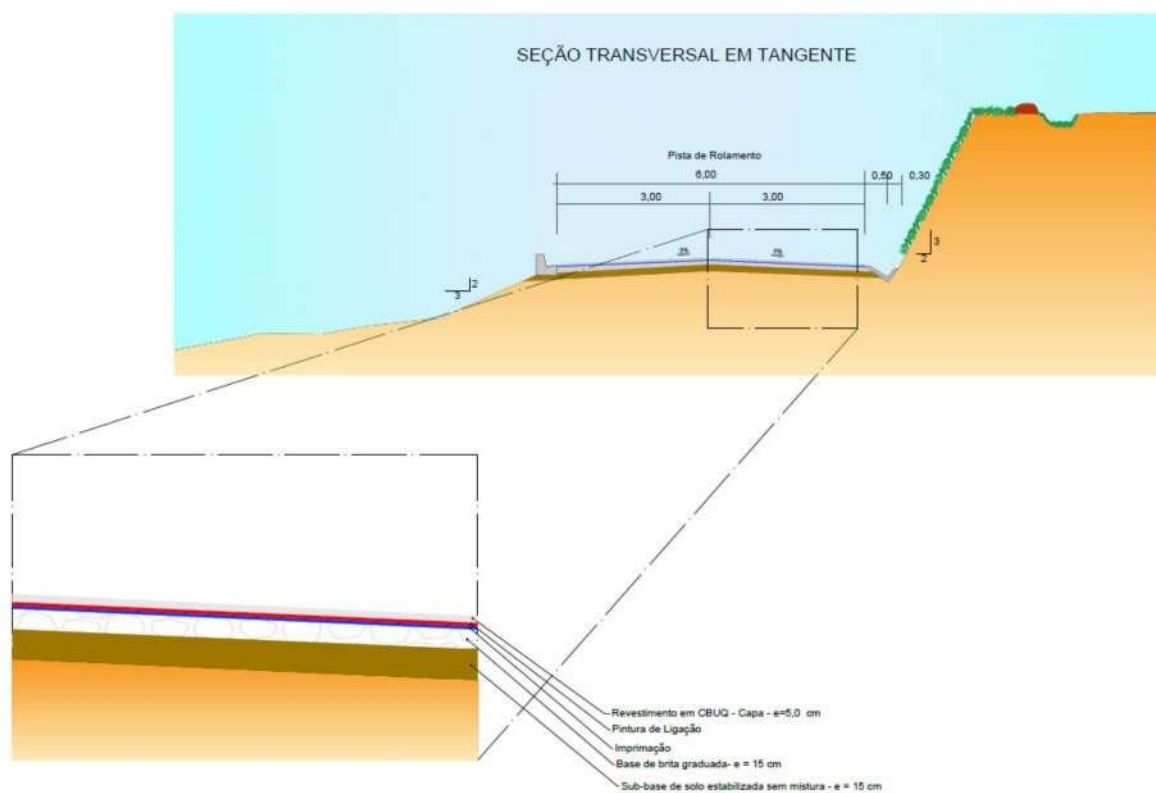
Foram projetados limpa rodas nos principais acessos laterais, a fim de evitar danos na rodovia.

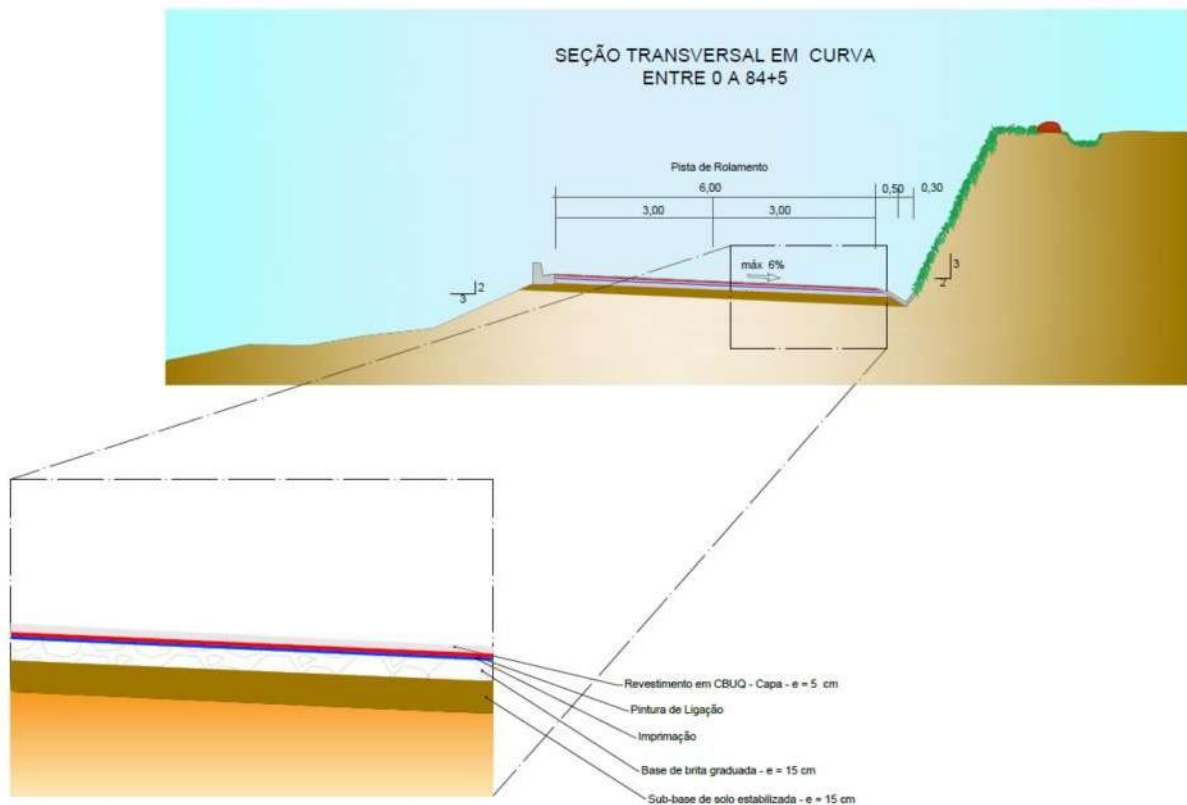
No Volume 2 – Projeto Executivo, consta a Memória de Cálculo dos serviços de Pavimentação.

#### 1.8.4 Seção tipo de pavimentação

A seguir estão apresentadas as seções transversais com as respectivas soluções de restauração do pavimento existente.

##### Seção Transversal Tipo de Pavimentação





## 1.9 Projeto de Drenagem e Obras d'Arte Corrente

### 1.9.1 Introdução

O desenvolvimento desta etapa foi estruturado observando as disposições da IS-210: Projeto de Drenagem do DNIT.

A obra de drenagem objetivou proteger o segmento rodoviário em estudo das águas que, de algum modo, possam prejudicá-lo ou que intercepta o traçado, conduzi-las para local de deságue seguro.

Os dispositivos utilizados no projeto são aqueles padronizados pelos Órgãos Rodoviários como DNIT (antigo DNER) e pelo DER-ES (antigo DER), visando-se tanto o aspecto técnico quanto de quantificação dos mesmos.

### 1.9.2 Metodologia de Cálculo e dimensionamento hidráulico

Para alcançar o objetivo proposto, foram adotados os procedimentos metodológicos

definidos pelas Normas do DNIT, que constitui referência básica, tanto no que toca ao cálculo hidráulico como na definição das obras tipo.

O estudo do dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial constitui na determinação da máxima extensão admissível a qual não ocorra transbordamento da mesma ou atinja uma largura de inundação permitida. Esta extensão está condicionada a capacidade máxima de vazão da seção em análise. Para isto levou-se em consideração o tipo da obra e sua declividade de instalação, permitindo determinar o posicionamento das saídas d'água.

No dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem utilizou-se para cálculos a fórmula de Manning.

Utilizou-se, também, a equação da continuidade:  $Q = A \times V$ , onde:  $A$  = área da seção molhada do canal em  $m^2$ , e  $V$  = velocidade do escoamento em  $m/s$ ., combinando-se a fórmula de Manning com a equação da continuidade.

### 1.9.3 Drenagem Superficial

Nesta parte estão compreendidas as obras que servem para coletar e conduzir para fora do corpo estradal as águas que caem sobre o pavimento e aquelas que para ali se dirigem.

Com o levantamento topográfico e o relatório cadastral dos dispositivos gerou-se planilhas com os quantitativos os dispositivos existentes e a implantar, constante no volume 2

– Projeto Executivo.

Para os dispositivos de drenagem superficial foram localizados os dispositivos existentes a implanta a seguir listado:

- Sarjeta de concreto STC-02
- Meio-fio com sarjeta
- Entrada d'água tipo, EDA-01e EDA-02
- Descidas d'água rápida em aterro, DAR-02
- Dissipadores de energia, DEB – 01

### 1.9.4 Obras de Arte Corrente – Bueiros

Em função dos elementos cartográficos disponíveis, na escala 1:100.000, foi possível coletar elementos para o cálculo das vazões de projeto, das bacias contribuintes, que puderam ser identificadas e delimitadas através de seus divisores topográficos.

Metodologias distintas foram levadas a efeito para a determinação da vazão dos bueiros celulares e tubulares. Os bueiros tubulares foram projetados objetivando escoar as águas drenadas pelo sistema superficial da via ou permitir a transposição de cursos de água já existentes.

O dimensionamento fundamentou-se nas vazões obtidas no âmbito dos estudos hidrológicos, considerando-se o período de recorrência e tempo de concentração calculados.

Para as pequenas bacias, onde não houve possibilidade de obtenção de dados, optou-se por dimensionar as obras de forma comparativa, e observações locais, complementadas com informações obtidas junto a moradores locais.

Foram adotadas obras de drenagem objetivando atender as contribuições de vazões estimadas para cada trecho da via e de forma a manter o escoamento controlado, dentro dos limites admissíveis de velocidade.

Os bueiros geralmente são dimensionados para um período de recorrência de 25 anos, funcionando como canal, e 50 anos com sobrecarga hidráulica. A verificação foi efetuada para a situação mais crítica, ou seja, a obra funcionando com sobrecarga hidráulica.

Procurou-se projetar bueiros com seções compatíveis, de maneira a controlar o afogamento na boca da obra. O afogamento máximo admitido é de 1.00 m acima da geratriz superior do bueiro.

A metodologia recomenda para dimensionamento de bueiros duas condições distintas de operação hidráulica: a primeira com controle a montante e a segunda com controle à jusante. A operação hidráulica da obra com controle a montante conduz o bueiro a se comportar como orifício, sendo as condições de entrada o único parâmetro de vazão.

Nesse método de dimensionamento, são fixadas as dimensões da obra e determinada a altura atingida pela lâmina d'água na boca do bueiro, de modo a permitir a vazão compatível com a descarga da bacia. Verifica-se então, se essa altura d'água é compatível com as características geométricas do aterro.

## **1.10 Projeto de Sinalização**

### 1.10.1 Metodologia

O projeto de sinalização foi elaborado segundo as modernas técnicas de Engenharia de Tráfego, objetivando basicamente: regulamentar o uso da Rodovia; advertir o usuário sobre a ocorrência e natureza de situações potencialmente perigosas e informar eficientemente.

O Projeto de Sinalização foi elaborado seguindo as instruções do Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT (IS – 215), que faz parte integrante deste Projeto, regendo todas as questões, símbolos, palavras, letras, localização e posição dos sinais, marcas e acessórios. Objetivando basicamente: regulamentar o uso da Rodovia; advertir o usuário sobre a ocorrência e natureza de situações potencialmente perigosas e informar eficientemente.

### 1.10.2 Sinalização Vertical

Os dispositivos de sinalização adotados ao longo do trecho, projetados para atender às necessidades normativas e de circulação, constam de placas de advertência, regulamentação, indicação.

- ✓ Placa de advertência – são utilizados sempre que se julga necessário chamar a atenção dos usuários para situações permanentes ou eventuais de perigo, na via ou em suas adjacências.
- ✓ Placa de regulamentação – têm por objetivo notificar os usuários sobre as restrições, proibições, e obrigações que governam o uso da via e cuja violação constitui infração prevista no Código Brasileiro de Trânsito.
- ✓ Placa indicativa – têm como finalidade principal orientar os usuários da via no curso de seu deslocamento, fornecendo-lhes as informações necessárias para a definição das direções e sentidos a serem por eles seguidos, e as informações quanto às distâncias a serem percorrida nos diversos segmentos do seu trajeto.

Os sinais possuem formas padronizadas, associadas ao tipo de mensagem que pretende transmitir (regulamentação, advertência ou indicação) com relação à sinalização vertical projetada, os sinais de regulamentação serão: R-1, R-2, R-7, R-12, R-19, R-34. As placas de Advertência serão: A-1b, A-2a, A-2b, A-3a, A-3b, A-5a, A-10, A-7a, A-7b, A-8, A-32b, e A-

33b.

a) Sinalização Vertical de Regulamentação

A sinalização vertical de regulamentação tem por finalidade transmitir aos usuários as condições, proibições, obrigações ou restrições no uso das vias urbanas e rurais. Assim, o desrespeito aos sinais de regulamentação constitui infrações previstas no capítulo XV do código de trânsito brasileiro - CTB.

Pelo risco à segurança dos usuários das vias e pela imposição de penalidades que são associadas às infrações relativas a essa sinalização, os princípios da sinalização de trânsito devem ser observados e atendidos com rigor.

As proibições, obrigações e restrições devem ser estabelecidas para dias, períodos, horários, locais, tipos de veículos ou trechos em que se justificam, de modo que se legitimem perante os usuários.

É importante que haja especial cuidado com a coerência entre diferentes regulamentações, ou seja, que a obediência a uma regulamentação não incorra em desrespeito a outra.

Características dos sinais de regulamentação:

Forma		Cor	
 OBRIGAÇÃO/ RESTRIÇÃO	 PROIBIÇÃO	Fundo	Branca
		Símbolo	Preta
		Tarja	Vermelha
		Orla	Vermelha
		Letras	Preta

Cor	
Fundo	Branca
Orla interna (opcional)	Vermelha
Orla externa	Branca
Tarja	Vermelha
Legenda	Preta

Utilizações das cores nos sinais de regulamentação devem ser feitas obedecendo-se aos critérios abaixo e ao padrão Munsell indicado.

Cor	padrão			Utilização nos sinais de regulamentação
	PM	R	N	
vermelha	7,5	4/14		- fundo do sinal R-1; - orla e tarja dos sinais de regulamentação em geral.
preta			0,5	- símbolos e legendas dos sinais de regulamentação.
branca			9,5	- fundo de sinais de regulamentação; - letras do sinal R-1.

PM - Padrão Munsell  
R - Red -vermelho  
N - Neutral (cores absolutas)

### Dimensões:

Devem ser observadas as dimensões mínimas estabelecidas por tipo de via conforme tabelas a seguir:


Via	Diâmetro (m)	Tarja (m)	Orla (m)
Urbana (de trânsito rápido)	0,75	0,075	0,075
Urbana (demais vias)	0,50	0,050	0,050
Rural (estrada)	0,75	0,075	0,075
Rural (rodovia)	1,00	0,100	0,100

No projeto, as placas regulamentares de forma circular são de 0,80 e 0,60 m de diâmetro.

### b) Sinalização Vertical de advertência

A sinalização vertical de advertência tem por finalidade alertar aos usuários as condições potencialmente perigosas, obstáculos ou restrições existentes na via adjacentes a ela, indicando a natureza dessas situações à frente, quer sejam permanentes ou eventuais. Deve ser utilizada sempre que o perigo não se evidencie por si só. Essa sinalização exige geralmente uma redução de velocidade com o objetivo de propiciar maior segurança no trânsito, devendo-se evitar o seu uso indiscriminado ou excessivo, pois compromete a confiabilidade e a eficácia da sinalização.

Característica dos sinais de advertência:

Forma	Cor	
	Fundo	Amarela
	Simbolo	Preta
	Orla interna	Preta
	Orla externa	Amarela
	Legenda	Preta

Utilizações das cores nos sinais de advertência devem ser feitas obedecendo-se aos critérios abaixo e ao padrão Munsell indicado.

Cor	Padrão Munsell	Utilização nos Sinais de Advertência
Amarela	10YR 7,5/14	fundo e orla externa dos sinais de advertência; foco semafórico do símbolo do sinal A-14.
Preta	N 0,5	símbolos, tarjas, orlas internas e legendas dos sinais de advertência.
Verde	10 G 3/8	foco semafórico do símbolo do sinal A-14.
Vermelha	7,5 R 4/14	foco semafórico do símbolo do sinal A-14.

PM – Padrão Munsell  
Y – Yellow-amarelo  
N – Neutral (cores absolutas)  
R – Red-vermelho  
G – Green-verde

Dimensões:

Devem ser sempre observadas as dimensões mínimas estabelecidas por tipo de via conforme a tabela a seguir:

**Dimensões mínimas – Sinais de forma quadrada**

Via	Lado mínimo (m)	Orla externa mínima (m)	Orla interna mínima (m)
Urbana	0,450	0,009	0,018
Rural (estrada)	0,500	0,010	0,020
Rural (rodovia)	0,600	0,012	0,024
Áreas protegidas por legislação especial(*)	0,300	0,006	0,012

(\*) relativa a patrimônio histórico, artístico, cultural, arquitetônico, arqueológico e natural.

Obs.: Nos casos de sinais de advertência desenhados em placa adicional, o lado mínimo pode ser de 0,30m.

No projeto, todas as placas de advertência de forma quadrada são de 0,80 m de lado.

c) Sinalização Vertical de Indicação

A Sinalização Vertical de Indicação é a comunicação efetuada por meio de um conjunto de placas, com finalidade de identificar as vias e os locais de interesse, bem como orientar condutores de veículos e pedestres quanto aos percursos, destinos, acessos, distâncias, serviços auxiliares, atrativos turísticos, podendo também ter como função a educação do usuário.

Neste projeto utilizou-se a sinalização de Indicação educativa e marcadores quilométricos. As placas de sinais que compõem a sinalização vertical são metálicas, e serão suspensas e afixadas em postes de madeira de lei, e têm a finalidade de fornecer, aos usuários da rodovia, uma alternativa ótica de substancial importância.

### 1.10.3 Sinalização Horizontal

A Sinalização Horizontal compreende os símbolos, legenda e linhas de borda de pista, proibição de ultrapassagem, demarcadoras de faixas de tráfego, canalização e áreas zebreadas, sendo pintadas no pavimento com largura de 15 cm e seguindo as seguintes finalidades:

1. Linhas de borda de pista – delimitam para o usuário a parte da pista destinada ao tráfego.
2. Linhas de proibição de ultrapassagem – são implantadas em rodovias de pista simples, nos segmentos onde a manobra de ultrapassagem venha a representar risco de acidentes, em função de:
  - Insuficiência de visibilidade em relação ao sentido oposto de tráfego, o que não garante ao usuário a possibilidade de executar aquela manobra de forma segura;

- Ocorrência de fatores adicionais de risco num determinado segmento, como a existência de pontes estreitas e travessias de interseções, especialmente em nível, tornando a manobra de ultrapassagem ainda mais perigosa.
3. Linhas demarcadoras de faixas de tráfego – delimitam as faixas de rolamento, sendo tracejadas na proporção de 1:3 (do segmento pintado de 3,0 metros, para interrompido de 6,0 metros), à exceção das aproximações de zonas de proibição de ultrapassagem sendo tracejadas na proporção de 1:1, também com comprimento de 3,0 metros, numa extensão de 152,0 metros. As cores das linhas são brancas e amarelas, branca para separação de faixas com mesmo sentido de tráfego (pista dupla ou múltiplas) e amarela para separação de faixas com sentido opostos de tráfego (pistas simples).
  4. Linhas de canalização – balizam alterações de percurso em áreas de confluência ou divergência do fluxo de tráfego (proximidade de nariz, alargamentos e estreitamentos de pista), e ainda em aproximações de obstáculos, orientando os usuários quanto à trajetória a ser seguida. Elas dão continuidade às linhas de eixo ou de borda, delimitando áreas normalmente não trafegáveis (áreas neutras) e que devem ser preenchidas por linhas diagonais, formando as áreas zebradas.
  5. Áreas zebradas – têm como finalidade básica preencher áreas pavimentadas não trafegáveis, decorrente de canalizações de fluxo divergente ou convergente, ou ainda de estreitamentos e alargamentos de pista (áreas neutras) e delimitadas ao menos por uma linha de canalização. São compostas por linhas que formam um ângulo  $\alpha$ , igual ou próximo de  $45^\circ$ , com a linha de canalização que lhe é adjacente.

As linhas demarcadoras serão usadas na cor branca e amarela de tinta termoplástico por aspersão - espessura de 1,5 mm, conforme especificação Norma DNIT 100/2009-ES e 372/2009-EM, designando orientação e advertência

As setas, símbolos, dizeres e zebrações serão usadas cor branca de tinta termoplástico por extrusão, conforme especificação Norma DNIT 100/2009-ES e 372/2009-EM, designada para orientação.

Como também, foram projetadas tachas e tachões bidirecionais, objetivando uma melhor orientação dos usuários da rodovia.

A memória de cálculo dos serviços de sinalização consta no Volume 2 – Projeto Executivo.

## **5. ESPECIFICAÇÃO**

### **5.1 Lista de Especificações**

As Especificações Gerais para Obras Rodoviárias, oficialmente adotadas pelo DNIT, são aplicáveis aos serviços, ressalvadas as modificações e acréscimos específicos indicados nas Especificações Particulares.

Deverão ser utilizadas as seguintes especificações de serviço:

#### **1. Terraplenagem**

DNIT 104/2009      Serviços Preliminares

DNIT 105/2009      Caminho de Serviço

DNIT 106/2009      Cortes

DNIT 107/2009      Empréstimos

DNIT 108/2009      Aterros

#### **2. Drenagem**

DNIT 021/2004      Entradas e descidas d'água

DNIT 022/2004      Dissipador de energia

DNIT 018/2006      Sarjetas e valetas

DNIT 020/2006      Meios-fios e guias

DNIT 023/2006      Bueiros tubulares de concreto

---

DNIT 025/2004      Bueiros celulares de concreto

3.      Pavimentação

DNIT 137/2010      Regularização do subleito

DNIT 144/2012      Imprimação

DNIT 145/2012      Pintura de ligação

DNIT 031/2006      Concreto betuminoso

DNIT 139/2010      Sub-base estabilizada granulométrica

DNIT 141/2010      Base estabilizada granulométrica

4.      Sinalização

DNIT 100/2018      Sinalização horizontal

DNIT 101/2009      Sinalização vertical

