

PREFEITURA MUNICIPAL DE MURIAÉ/MG
SECRETÁRIA MUNICIPAL DE OBRAS

PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA
PARA IMPLANTAÇÃO DE RODOVIA MUNICIPAL

RODOVIA : MUNICIPAL
TRECHO : INTRº BR-356 / DIST. SÃO JOÃO DO GLÓRIA
SEGMENTO : KM 0,00– KM 0,80
EXTENSÃO : 0,80KM

VOLUME I – MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

Outubro/2021

ÍNDICE

1 - APRESENTAÇÃO	4
2 – MAPA DE SITUAÇÃO.....	5
3 - PROJETOS.....	6
3.1- PROJETO GEOMÉTRICO.....	6
3.1.1 - INTRODUÇÃO.....	6
3.1.2 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS.....	7
3.1.3 - RESULTADOS OBTIDOS	7
3.2 - PROJETO GEOTÉCNICO E DE TERRAPLENAGEM.....	8
3.2.1 - INTRODUÇÃO.....	8
3.2.2 - CARACTERÍSTICAS DA SEÇÃO TRANSVERSAL.....	8
3.2.3 - CORPO DE ATERRO	8
3.2.4 - ACABAMENTO DE TERRAPLENAGEM.....	8
3.2.5 - SUBSTITUIÇÃO DO MATERIAL DO SUBLEITO.....	9
3.2.6 - BOTA-FORAS	9
3.2.7 - ESCALONAMENTO DE ATERROS	9
3.2.8 - REMOÇÃO DE SOLO MOLE / FUNDAÇÃO DE ATERRO.....	9
3.2.9- RESULTADOS OBTIDOS	10
3.3 - PROJETO DE DRENAGEM.....	11
3.3.1 - INTRODUÇÃO.....	11
3.3.2 - DRENAGEM DAS BACIAS	11
3.3.3 - DRENAGEM SUPERFICIAL.....	12
3.3.4 - RESULTADOS OBTIDOS	15
3.4 - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	16
3.4.1 - INTRODUÇÃO.....	16

3.4.2 - PARÂMETROS DO PROJETO	16
3.4.3 – DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO	22
3.4.4 - DIMENSIONAMENTO	24
3.4.5 – ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS DE MATERIAIS E SERVIÇOS	27
3.4.6 - RESULTADOS OBTIDOS	28
3.5 - PROJETO DE SEGURANÇA VIÁRIA.....	29
3.5.1 - INTRODUÇÃO.....	29
3.5.2 - SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	29
3.5.3 - PROJETO DE SINALIZAÇÃO VERTICAL.....	30
4- TERMO DE ENCERRAMENTO	32

1 - APRESENTAÇÃO

CONEPP CONSULTORIA LTDA., apresenta a Secretaria Municipal de Obras, este Volume 1 – Memória Justificativa, referente ao Projeto de Engenharia Rodoviária para Melhoramento e Pavimentação da Estrada Municipal do trecho BR-356 – Distrito São João do Glória.

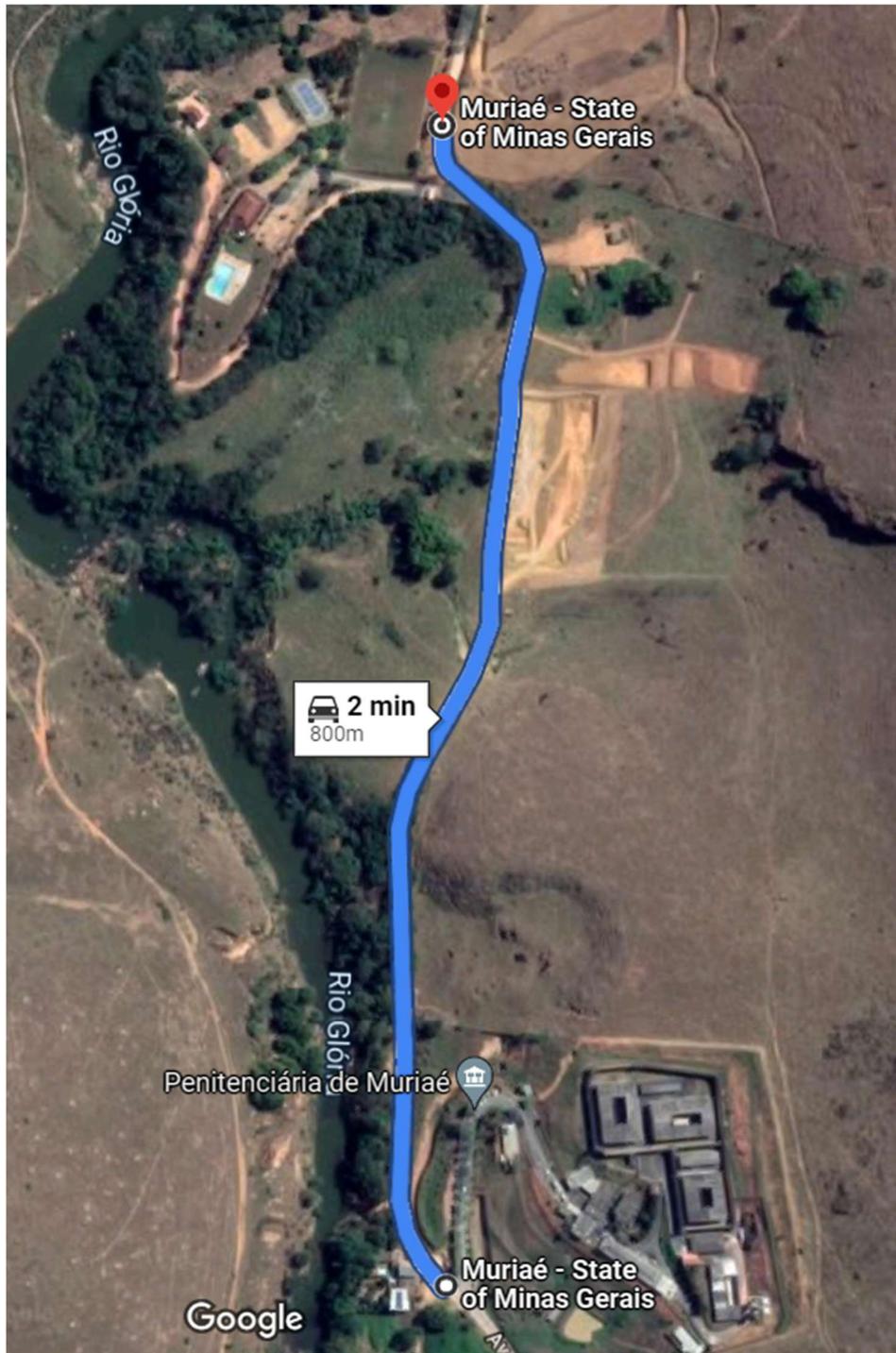
Os principais dados de identificação do contrato são:

Rodovia : Municipal
Trecho : BR-356 – Distrito São João do Glória
Extensão : 0,80km

A documentação completa que constitui este Projeto é a seguinte:

VOLUME I – MEMÓRIA JUSTIFICATIVA
VOLUME II – PROJETOS DE EXECUÇÃO
VOLUME III – ORÇAMENTO

2 – MAPA DE SITUAÇÃO



3 - PROJETOS

3.1- PROJETO GEOMÉTRICO

3.1.1 - INTRODUÇÃO

O traçado projetado para a estrada municipal, do trecho: Entrº BR-356 – Dist. São João do Glória no município de Muriaé/MG, foi desenvolvido seguindo-se a sua diretriz atual, com execução de melhorias do traçado atual, a fim de adequar ao máximo possível a nova estrada aos parâmetros de projeto e atender as condições de drenagem, pavimentação, segurança do usuário.

O traçado existente inicia-se no perímetro urbano da cidade de Muriaé, na interseção com a BR-356 a partir da Av. “A”, avenida pavimentada em CBUQ nos primeiros 670m, até a entrada da penitenciária municipal, dando início ao estaqueamento coincidente com o alinhamento do trecho que se desenvolve pela estrada existente em grande parte do traçado, seguindo até à estaca 24+10, perfazendo uma extensão de **0,80km**.

O Projeto Geométrico foi desenvolvido atendendo o máximo possível das características técnicas para as estradas de classe IV-A, conforme a Recomendação Técnica RT. 01-46 (Critérios de Projetos para Vias de Ligações com Reduzido Volume de Tráfego), porém 2 curvas ficaram com o raio menor do que o recomendado. Para mitigação, o trecho das mesmas foram reforçados com sinalização vertical com adição das placas do tipo A-1a e A-1b de advertência.

3.1.2 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS

Os parâmetros básicos definidos para elaboração do Projeto Geométrico constaram-se de:

- Velocidade Diretriz 40km/h
- Largura Total da Plataforma 7,60m
- Largura da Pista de Rolamento 3,00m
- Largura do Acostamento (Faixa de Segurança) 0,00m
- Largura do Dispositivo de Drenagem 0,80m
- Declividade Transversal -2,00%
- Raio Mínimo de Curva Horizontal 60,00m
- Rampa Máxima 8,70%
- Superelevação Máxima 4,00%

3.1.3 - RESULTADOS OBTIDOS

A representação planialtimétrica contendo todos os elementos do Projeto Geométrico tais como: planta na escala 1:1.000 com traçado projetado, eixo estaqueado e “off-sets”, perfil longitudinal com terreno natural e greide do pavimento acabado nas escalas: H = 1:1.000 e V = 1:100, dados de curvas horizontais e verticais, além dos dados complementares, são apresentados no Volume 2 - Projeto Geométrico.

3.2 - PROJETO GEOTÉCNICO E DE TERRAPLENAGEM

3.2.1 - INTRODUÇÃO

O Projeto de Terraplenagem foi elaborado objetivando orientar a distribuição dos maciços de terra e definir os parâmetros básicos para a sua estabilização, através de soluções econômicas e funcionais, levando-se em conta as características geotécnicas dos materiais e as distâncias de transporte.

Os estudos geotécnicos indicaram o índice de suporte do subleito, as áreas de empréstimos e ainda a energia adequada de compactação do subleito e camadas finais de terraplenagem.

3.2.2 - CARACTERÍSTICAS DA SEÇÃO TRANSVERSAL

- Largura do dispositivo de Drenagem = 0,80 m;
- Largura do acostamento (faixa de segurança) = 0,00m;
- Largura da pista de rolamento = 3,00m;
- Largura total da plataforma = 7,60m;
- Abaulamento da plataforma = -2,0%;
- Superelevação máxima = 4,0%;
- Talude de corte em solo (H:V) = 2:3;
- Talude de aterro (H:V) = 3:2;

3.2.3 - CORPO DE ATERRO

O corpo de aterro será executado com material de 1ª categoria atendendo as seguintes características geotécnicas: CBR \geq 5%, expansão \leq 4% e compactação a 100% do PN.

3.2.4 - ACABAMENTO DE TERRAPLENAGEM

Serão executados nos últimos 0,20m do corpo de aterro, utilizando-se material com as seguintes características geotécnicas: CBR \geq 10% e grau de compactação igual a 100% do próctor internormal (uma vez e meia a do próctor normal (18 golpes).

3.2.5 - SUBSTITUIÇÃO DO MATERIAL DO SUBLEITO

A substituição do material do subleito é a operação indicada no projeto de terraplenagem para efetuar a remoção do material de cortes, de acordo com as recomendações da Especificação DNER-ES-T 03/70 "CORTES", quando o solo ocorrente neste nível apresentar as seguintes características geotécnicas:

- CBR < CBR proj.
- Expansão \geq 2%.

3.2.6 - BOTA-FORAS

Quando o material escavado nos cortes exceder a quantidade necessária para a composição dos aterros adjacentes ou apresentar características geotécnicas inferiores (CBR < 4% e expansão > 4%), ou forem materiais inadequados, o projeto indica que se proceda a seu expurgo e deposição em locais pré-determinados definidos pela fiscalização, de maneira a não comprometer o desempenho da obra.

As Seções Transversais foram gabaritadas com as cotas referentes ao greide de pavimento acabado, adotando-se o mesmo procedimento para as notas de serviço, inclusive "off-sets".

3.2.7 - ESCALONAMENTO DE ATERROS

Nos segmentos com execução de aterros sobre taludes existentes com inclinação maior ou igual a 25°, foi previsto o escalonamento destes, com a indicação dos materiais retirados para bota-fora e a recomposição com materiais de empréstimos.

3.2.8 - REMOÇÃO DE SOLO MOLE / FUNDAÇÃO DE ATERRO

Não foram encontrados materiais de solo mole e de baixa resistência.

3.2.9- RESULTADOS OBTIDOS

As notas de serviço foram geradas com espaçamento de 10 em 10m para raios menores ou iguais a 100m, espaçamento de 10 em 10m para os raios entre 101m e 200m e espaçamento de 10 em 10m para o restante.

O resumo geral de terraplenagem e as seções transversais tipo são apresentados no Volume 2 – Projeto de Pavimentação, assim como as notas de serviço e cálculo de volume.

3.3 - PROJETO DE DRENAGEM

3.3.1 - INTRODUÇÃO

O Projeto de Drenagem para a Estrada: Municipal, trecho: Entrº BR-356 – Dist. São João do Glória no município de Muriaé/MG, baseou-se nos estudos hidrológicos e geotécnicos e dos projetos geométrico, de terraplenagem e de pavimentação.

Foram definidos os dispositivos de drenagem destinados a interceptar, captar e conduzir as águas pluviais presentes ou interferentes com o corpo estradal.

O projeto consta de:

- Drenagem de bacias;
- Drenagem superficial;

A proteção ambiental, principalmente no aspecto de proteção contra a erosão, foi considerada em todas as etapas do projeto de drenagem, procurando-se dotar o sistema de medidas preventivas, tais como:

- Emprego de dissipadores de energia;
- Redução da declividade das obras;
- Prolongamento das obras para jusante, de modo a proporcionar o seguro lançamento das águas;
- Correto posicionamento dos dispositivos.

3.3.2 - DRENAGEM DAS BACIAS

Os tipos e dimensões dos bueiros foram projetados com vistas a atender às condições hidrológicas locais de implantação considerando-se as imposições do projeto geométrico.

Realizou-se um cadastro das obras existentes, visando, na medida do possível, o seu aproveitamento ou acréscimos que se fizeram necessários, mas devido à mudança de traçado, greide e manutenção das obras, foram pouco aproveitados.

Os quadros contendo a localização, tipo, dimensão, classe de tubos, lado de montante, cotas, declividade, esconsidade, comprimento e demais elementos construtivos dos bueiros, encontram-se no Volume 2 – Projeto de Drenagem.

3.3.3 - DRENAGEM SUPERFICIAL

A drenagem superficial aqui considerada se estende e limita-se às obras destinadas a coletar e conduzir o escoamento superficial direto sobre as plataformas e taludes de aterros e de cortes.

Sarjetas

As sarjetas serão de concreto, tendo sido indicadas dos dois lados do trecho em tangente, ou unilateralmente, quando a superelevação de projeto dispensar proteção adicional.

Considerando-se a largura máxima de 0,80m para os dispositivos de drenagem superficial deste trecho, as sarjetas utilizadas foram as do tipo:

- Sarjeta tipo SCC 70/15
- Sarjeta tipo SCA 70/15

Comprimento Crítico das Sarjetas

O comprimento crítico das sarjetas foi obtido pelo critério de equivalência de vazões considerando a fórmula do método racional associada à equação da continuidade (Fórmula de Manning) sendo:

$$Q_c = C \times I \times A \quad \text{onde:}$$

$$\frac{A}{3,6}$$

Q_c = Vazão efluente em m³/s

C = Coeficiente de deflúvio

I = Intensidade de precipitação de mm/h

A = Área da bacia em m² sendo:

A = L x l onde:

L = Comprimento crítico em m

l = Largura de implúvio em m

Equação de continuidade:

Q = S x V onde:

Q = Vazão da sarjeta em m³/s

S = Área da seção de vazão em m²

V = Velocidade de escoamento em m/s

Esta velocidade é calculada pela equação de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times i^{1/2} \quad \text{onde:}$$

R_h = Raio hidráulico, fator de forma que depende somente das dimensões da sarjeta e da altura da lamina d'água sendo calculado pela equação:

$$R_h = \frac{S}{P} \quad \text{onde:}$$

S = Área da seção de vazão em m²

P = Perímetro molhado em m

i = Declividade longitudinal em m/m e

n = Coeficiente de rugosidade

Fazendo a igualdade da vazão efluente com a vazão da sarjeta temos:

$$Q_c = Q \rightarrow \frac{C \times I \times L \times I}{3,6} = \frac{S \times 1}{n} \times R_h^{2/3} \times i^{1/2}$$

$$\text{Portanto: } L = \frac{3,6 \times 10^6 \times S \times R_h^{2/3} \times i^{1/2}}{C \times I \times n} \times \frac{1}{I}$$

No final deste capítulo é apresentado o quadro do comprimento crítico das sarjetas, considerando-se a cidade de Muriaé– MG.

Saída D'Água de Corte ou Aterro

Será executada na extremidade jusante das sarjetas, com a finalidade de conduzir o fluxo d'água para o terreno natural. Adotou-se SSA-01 quando situada em rampa e SDA-01 quando situada em pontos baixos de curvas verticais côncavas.

Descida D'Água de Aterro em Degraus

Prevê-se a construção deste elemento de drenagem nos taludes de aterro e nos locais em que a extremidade jusante dos bueiros situa-se acima do terreno natural, isto é, sobre a saia de aterro. Indicada também para os locais onde o lançamento dos bueiros se fizer em terrenos naturais de forte declividade e propensos à erosão.

Serão executadas em concreto armado, tipo DDD-01 com a seguinte largura:

- para BSTC Ø0,60, L = 1,30m;

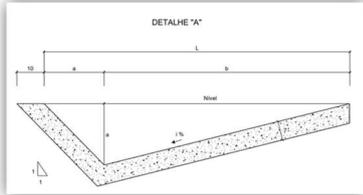
Caixa Coletora

A caixa coletora visa coletar as águas provenientes das valetas, sarjetas e descidas d'água, constituindo-se em elementos integrantes de bueiros de greide. Indica-se a construção do tipo CCA.

3.3.4 - RESULTADOS OBTIDOS

A listagem de drenagem é apresentada no Volume 2 – Projeto de Drenagem, contendo a nota de serviço de todos os dispositivos indicados em projeto.

Lado	Estaca Inicial		Estaca Final		Dispositivo	Extensão (m)	Declividade Longitudinal média (%)	Largura Implúvio (m)	Capacidade Sarjeta Q(m ³ /s)	Velocidade Sarjeta (m/s)	Comprimento Crítico Lc (m)
D	0,00	+ 0,00	4,00	+ 4,51	SCC-70-15	84,51	4,48	12,00	0,122	2,330	339
D	4,00	+ 4,51	16,00	+ 12,71	SCC-70-15	248,20	2,63	12,00	0,094	1,786	260
D	16,00	+ 12,71	21,00	+ 0,00	SCC-70-15	87,29	3,36	12,00	0,106	2,018	294
D	21,00	+ 0,00	26,00	+ 7,89	SCC-70-15	107,89	0,80	12,00	0,052	0,985	143
D	26,00	+ 7,89	39,00	+ 6,52	SCC-70-15	258,63	4,13	12,00	0,117	2,238	326
E	4,00	+ 10,40	13,00	+ 5,71	SCC-70-15	175,32	1,20	12,00	0,063	1,206	176
E	19,00	+ 0,00	21,00	+ 0,00	SCC-70-15	40,00	2,31	12,00	0,088	1,673	244
E	21,00	+ 0,00	26,00	+ 7,03	SCC-70-15	107,03	0,45	12,00	0,039	0,739	108
E	26,00	+ 7,03	35,00	+ 9,72	SCC-70-15	182,69	3,09	12,00	0,102	1,935	282
E	39,00	+ 15,61	40,00	+ 0,00	SCC-70-15	4,39	4,85	12,00	0,127	2,425	353

SCC 70-15 Padrão DEER/MG		
	0,053	m ²
	0,782	m
	0,0671	m
	0,0150	
	0,70	
	154,50	mm/h

Área molhada
Perímetro molhado
Raio hidráulico
Coefficiente de rugosidade
Coefficiente de escoamento (C)
Intensidade de precipitação

Comprimentos crítico de sarjetas de Corte

3.4 - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

3.4.1 - INTRODUÇÃO

O Projeto de Pavimentação para a Estrada Municipal do Trecho: Entrº BR-356 – Dist. São João do Glória no município de Muriaé/MG foi desenvolvido a partir dos elementos levantados pelos Estudos Geotécnicos, Estudos de Tráfego e Projeto Geométrico e visa à concepção e o detalhamento de uma estrutura que possa suportar economicamente a repetição de eixos, em condições de conforto e segurança, para o período de projeto estabelecido.

3.4.2 - PARÂMETROS DO PROJETO

3.4.2.1 - Estudos de Tráfego

O Cálculo e a Projeção do Número de Passagens do Eixo-padrão de 8,20 toneladas - Número “N” - foram elaborados de acordo com as recomendações constantes dos “Critérios de Projetos para Vias de Ligação com Reduzido Volume de Tráfego” do DER/MG. O período de vida útil de projeto definido para os trechos contemplados no projeto é de 10 (dez) anos.

No mês de agosto/2021 foram procedidas “Contagens Volumétricas e Classificatórias” para caracterização do tráfego da estrada. Os resultados obtidos nas pesquisas realizadas foram tratados de acordo com as orientações da prefeitura municipal de Muriaé e forneceram os parâmetros necessários e suficientes para determinar as características técnicas da estrada e permitir o dimensionamento da estrutura do seu pavimento.

Para o cálculo do V0 foram considerados apenas veículos comerciais, sendo motos e veículos de passeios excluído dos cálculos. O motivo é que teoricamente, esses veículos não agredem o pavimento, sendo usualmente desconsiderados nos dimensionamentos dos projetos em geral.

Tabela 1 - Cálculo do Volume Diário Inicial (V0)

Classificação/Configuração dos Veículos	V ₀ 2021	Ocorrência (%)	Taxa de Crescimento (%)
Moto	25	-	3
Passeio	18	-	3
Ônibus 2C	4	50,00%	3
Caminhão 2C	2	30,00%	3
Caminhão 3C	1	15,00%	3
Semi-Reboque 2I3	1	5,00%	3
Total Geral	51	-	-
Total Comercial	8	100,00%	-

3.4.2.1.1 Cálculo do Volume Diário Final (Vp)

$$V_p = V_0 x (1 + t)^{p-1}$$

Onde:

- V_p= Volume Diário Final
- V₀= Volume Diário Inicial → V₀=8 Veículos/dia
- t= Taxa de Crescimento Anual → 3% a.a
- p= Período de Projeto → 10 anos

$$V_p = 8x(1 + 0,03)^{10-1} \rightarrow V_p = 11 \text{ Veículos/dia}$$

3.4.2.1.2 Cálculo do Volume Médio Diário Durante o Período de Projeto (Vm)

$$V_m = \frac{V_0 x [(1 + t)^p - 1]}{p \times t}$$

Onde:

- V_m= Volume Diário Durante o Período de Projeto
- V₀= Volume Diário Inicial → V₀=11 Veículos/dia
- t= Taxa de Crescimento Anual → 3% a.a
- p= Período de Projeto → 10 anos

$$V_m = \frac{11x[(1+0,03)^{10}-1]}{10 \times 0,04} \rightarrow V_m = 10 \text{ Veículos/dia}$$

3.4.2.1.3 Cálculo Do Número de Veículos Totais No Final Do Projeto (N_v)

$$N_v = 365 \times p \times V_m$$

Onde:

- N_v = Número de Veículos Totais no Final do Período de Projeto
- p = Período de Projeto → 10 anos
- V_m = Volume médio Diário → 10 Veículos/dia

$$N_v = 365 \times 10 \times 10 \rightarrow N_v = 36.500,00 \text{ Veículos}$$

3.4.2.1.4 Cálculo do Número de Solicitações de Eixos por Tipo de Veículo (N_E)

$$N_E = \text{Ocorrência} \times N_v \times F_e$$

Onde:

- Ocorrência = % representativa por tipo de veículo
- N_v = Número de Veículos Totais → 36.500,00 Veículos
- F_e = Fator de eixo → F_e = dependente do tipo de veículo

a) Ônibus 2C e Caminhão 2C

- Ocorrência = 80%
- $F_e = 2$

$$N_{2C} = 0,80 \times 36.500,00 \times 2 \rightarrow N_{2C} = 58.400,00 \text{ eixos}$$

b) Caminhão 3C

- Ocorrência = 15%
- $F_e = 2$

$$N_{3C} = 0,15 \times 36.500,00 \times 2 \rightarrow N_{3C} = 10.950,00 \text{ eixos}$$

c) Semirreboque 2I3

- Ocorrência = 5%
- Fe=5

$$N_{2I3} = 0,05 \times 36.500,00 \times 5 \rightarrow N_{2I3} = 9.125,00 \text{ eixos}$$

3.4.2.1.5 Cálculo do Número de Solicitações de Eixos Totais (NT)

O número de solicitações de eixos totais (NT) ou, simplesmente número N, é calculado por meio do somatório do número das solicitações de eixos por tipo de veículos ($\sum NE$).

$$NT = \sum NE$$

Onde:

- NT= Número de solicitações de eixos totais
- NE= Número de solicitações de eixos por tipo de veículos

$$NT = 58.400,00 + 10.950,00 + 9.125,00 \rightarrow NT = 78.475,00 \text{ eixos}$$

3.4.2.1.5 Cálculo do número de solicitações por tipo de eixos

a) Eixo Simples (N_{ES})

$$N_{ES} = N_{2C} + \frac{N_{3C}}{2} + N_{2I3} \rightarrow N_{ES} = 58.400 + \frac{10.950}{2} + 9.125 \rightarrow N_{ES} = 73.000,00$$

b) Eixo Tandem Duplo (N_{ED})

$$N_{ED} = \frac{N_{3C}}{2} \rightarrow N_{ED} = \frac{10.950}{2} \rightarrow N_{ED} = 5.475,00$$

3.4.2.1.6 Cálculo do número de repetições prevista por tipo de eixo e carga

Tabela 2 - Número de Repetições Previstas por Tipo de Eixo e Carga

Tipo de Eixo	Carga (kn)	Frequência	Repetições Previstas
Eixo Simples NES=73.000,00	80	10,00%	7300
	70	25,00%	18250
	60	65,00%	47450
Eixo Duplo NED=5.475	170	25,00%	1369
	160	75,00%	4106

3.4.2.2 - Índice de Suporte do Subleito

O índice de suporte do subleito foi definido a partir dos ensaios executados com as amostras coletadas ao longo do subleito, através da elaboração e análise do gráfico de parâmetros do subleito (Granulometria, LL, IP, IG, Expansão e I.S.C).

A partir da análise do gráfico de parâmetros do subleito definiu-se os segmentos homogêneos e os respectivos valores de C.B.R. de projeto, onde se concluiu, em princípio, na adoção de apenas um segmento homogêneo com C.B.R. de Projeto de 10%, conforme a seguir:



3.4.2.3 - Substituição do Material do Subleito

Para os segmentos em corte os últimos 20,0cm do subleito deverão ser compactados na energia de 1,5x o próctor normal (18 golpes) e para o caso dos aterros a espessura deverá ser de 60,0cm, na mesma energia.

Os materiais constituintes do subleito devem apresentar uma expansão medida no ensaio de CBR menor ou igual a 2,0% e CBR maior ou igual ao CBR de projeto. Na análise do gráfico de parâmetros do subleito verificou-se a existência de segmentos do subleito com características insatisfatórias para os parâmetros de projeto.

A definição da espessura mínima de material com as características do CBR de projeto, no caso de remoção e substituição do subleito, foi realizada através do cálculo do dimensionamento do reforço necessário do subleito e corrigido em função da tabela a seguir:

Subleito Existente	Espessura de Substituição (cm)
$9\% < \text{ISC} \leq \text{ISC}_{\text{PROJ}}$	40,0
$\text{ISC} < 9\%$	60,0
Expansão $\geq 2\%$	60,0

3.4.3 – DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

3.4.3.1 – Introdução

Para o dimensionamento do pavimento rígido de cimento Portland dos trechos de implantação da pavimentação, optou-se pela análise segundo a metodologia de dimensionamento de pavimento rígido da Portland Cement Association (PCA), “Manual Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements”, na sua versão de 1984, e apresentada na publicação da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) em seu estudo técnico “ET-97 – Dimensionamento de Pavimento Rodoviários e Urbano de Concreto pelo Método da PCA/1984”, bem como recomendado pelo Manual de Pavimento Rígido do DNIT.

3.4.3.2 Considerações gerais

Para o referido dimensionamento, optou-se pela adoção de barras de transferência de retração nas juntas transversais, descartando o emprego de qualquer outro tipo de armadura no pavimento, a não ser aquela distribuída de forma descontínua sem função estrutural utilizada nas placas de formato geométrico irregular.

Considerou-se no cálculo do dimensionamento a contenção lateral pelo acostamento de concreto, e adotou-se ainda um Fator de Segurança de Cargas (Fsc) igual a 1,2.

A seguir são apresentados os parâmetros considerados, bem como o dimensionamento da estrutura de pavimento.

3.4.3.3 Características do concreto

Para o concreto utilizado no dimensionamento, cujas características deverão ser obtidas na execução do pavimento proposto, adotou-se um concreto de resistência característica de ruptura à tração na flexão de 4,5 MPa, referente à idade de 28 dias.

O concreto deverá apresentar desempenho satisfatório quanto à trabalhabilidade, que deve ser em função do método construtivo, à impermeabilidade, durabilidade e à resistência à abrasão.

3.4.3.4 Coeficiente de recalque

No dimensionamento da espessura de pavimentos de concreto, é seguida a concepção de Westergaard com relação ao suporte do subleito ou da sub-base, pela qual se admite que a pressão exercida em qualquer ponto seja diretamente proporcional à deformação naquele ponto. A esta constante de proporcionalidade chama-se módulo de Westergaard, ou coeficiente de recalque, simbolizado pela letra “k”.

O valor do coeficiente de recalque, quando não obtido por meio de prova de carga estática, pode ser obtido por correlação com o valor do ISC do solo, essa correlação é proposta pelo método da PCA-84 e também consta no estudo técnico ET-97 da ABCP.

O valor de ISC do subleito das novas pistas projetadas apresentará valor mínimo de 10%.

Para $ISC_{subleito} = 10\%$ tem-se coeficiente de recalque do subleito $k = 49 \text{ MPa/m}$. O emprego de camada de sub-base granular com espessura de 10,0 cm eleva o coeficiente de recalque para $K_{sistema} = 54 \text{ MPa/m}$ (valor adotado para o dimensionamento da placa de concreto).

3.4.3.5 Tráfego

Foram consideradas as cargas por eixo simples, tandem duplo e tandem triplo relativas aos Estudos de Tráfego, Capacidade e Níveis de Serviço elaborado na presente fase.

3.4.4 - DIMENSIONAMENTO

O método da PCA/1984 é a versão revisada do método da PCA/1966 e aplica-se a pavimentos de concreto simples com juntas simples, com juntas e barras de transferência e a pavimentos de concreto continuamente armado, onde a armadura não apresenta função estrutural.

A metodologia desenvolvida pela PCA, através do boletim técnico “Manual Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements”, na sua versão de 1984, é apresentada na publicação da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) em seu estudo técnico “ET-97 – Dimensionamento de Pavimento Rodoviários e Urbano de Concreto pelo Método da PCA/1984”, bem como recomendado pelo Manual de Pavimento Rígido do DNIT de 2005.

O método de dimensionamento é baseado no emprego concomitante da verificação dos modelos de cálculo do consumo da resistência à fadiga da placa de concreto de cimento Portland e consumo da resistência à erosão do sistema de apoio, na qual se aplica o modelo de ruína por formação de escalonamentos entre as placas de concreto.

O dimensionamento do pavimento tem como parâmetros fundamentais para o cálculo a estimativa da capacidade de suporte da camada de fundação do pavimento, expressa pelo módulo de reação do sistema, e as configurações do tráfego solicitante da estrutura, tanto em termos de número de eixos que irão operar ao longo do horizonte de projeto quanto em termos do carregamento destes eixos.

O dimensionamento da placa de concreto é determinado por um processo iterativo, onde se procura obter uma espessura de placa que leve o consumo de fadiga e o dano por erosão a valores inferiores a 100%. O fator de erosão foi introduzido ao método proposto em 1984,

pois os danos causados devido à erosão não poderiam ser previstos nem medidos pelo modelo de fadiga.

Os efeitos da erosão se manifestam sob a forma de deformações verticais, principalmente nos cantos e nas bordas longitudinais livres, bombeamento de finos do subleito sob a ação de cargas, erosão do solo da fundação e consequente descalçamento da placa, o que pode conduzir o pavimento à ruína precocemente.

Para análise de fadiga, a posição crítica da carga é a borda longitudinal da placa, sendo esta a posição de carga que gera maiores tensões na placa. Já com relação à erosão, a posição crítica da carga é o canto da placa, posição esta que ocasiona maiores deflexões na fundação.

De posse da caracterização do suporte do subleito do pavimento e, definido o número de repetições para cada tipo de eixo comercial e as respectivas cargas de solicitação, partiu-se para o dimensionamento do pavimento a ser implantado.

A estrutura dimensionada resultou em uma espessura de 15 cm de placa de concreto Portland, sobre camada de sub-base granular com espessura de 10 cm, apoiada sobre o subleito.

O espaçamento entre as juntas transversais (comprimento das placas de concreto) será de 5,0 m.

Na sequência é apresentado a memória de cálculo da espessura do pavimento rígido pelo Método da PCA/84:

Cálculos:

Projeto: Estrada São João do Glória			$f_{ctM,k} = 4,5\text{MPa}$			
Período de Projeto: 10 Anos			Espessura: 15cm			
Juntas com barras de transferencia: Sim			$K_{\text{sistema}} = 54\text{MPa/m}$			
Acostamento de Concreto: Sim			Fator Segurança de Carga FS= 1,2			
Eixo Simples						
Tensão Equivalente: 2,15			Fator de Fadiga: 0,48		Fator de Erosão: 2,74	
Cargas por Eixo (kn)	Cargas por Eixo x Fsc (kn)	Repetições Previstas	Análise de Fadiga		Análise de Erosão	
			Repetições Admissíveis	Consumo de Fadiga	Repetições Admissíveis	Consumo de Erosão (%)
80	96	7300	50000	15%	1000000	1%
70	84	18250	300000	6%	Ilimitado	0%
60	72	47450	4000000	1%	Ilimitado	0%
Eixo Tandem Duplo						
Tensão Equivalente: 1,8			Fator de Fadiga: 0,40		Fator de Erosão: 2,77	
Cargas por Eixo (kn)	Cargas por Eixo x Fsc (kn)	Repetições Previstas	Análise de Fadiga		Análise de Erosão	
			Repetições Admissíveis	Consumo de Fadiga	Repetições Admissíveis	Consumo de Erosão (%)
170	204	1369	Ilimitado	0%	400000	0%
160	192	4106	Ilimitado	0%	600000	1%
Total			Consumo de Fadiga	22%	Consumo de Erosão	2%

3.4.5 – ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS DE MATERIAIS E SERVIÇOS

A – Acabamento de Terraplenagem / Regularização do Subleito

Após o término da execução da plataforma obtida no final da terraplenagem, o subleito deverá ser todo regularizado e homogeneizado executando-se em seguida a compactação na energia de referência de 1,5 x a do próctor normal (18 golpes), de acordo com a especificação do DNER-ES-299/97.

A camada final de terraplenagem deverá ser compactada da seguinte maneira: para os segmentos em corte os últimos 20,0cm deverão ser compactados na energia de referência de 1,5 x o próctor normal (18 golpes) e no caso dos aterros a espessura deverá ser de 60cm, compactados na mesma energia.

B – Sub-Base estabilizado granulometricamente

A camada de Sub-base deverá ser de bica corrida estabilizada granulometricamente na espessura de 10,0cm. A energia de compactação será referente ao próctor intermediário. A especificação adotada é a DNIT-ES-139/2010.

C – Imprimação

A imprimação da base deverá ser executada utilizando-se emulsão RR-2C. A taxa de aplicação deverá ser definida experimentalmente no canteiro de obras, e será aquela capaz de ser absorvida pela base em 24 horas, devendo situar-se entre 0,9 l/m² e 1,7 l/m², de acordo com a especificação DNIT-ES-144/2014.

D – Revestimento

O revestimento indicado é o Concreto de Cimento Portland na espessura de 15,0cm, executado conforme as normas DNIT 047/2014-ES.

3.4.6 - RESULTADOS OBTIDOS

No Volume 2 - Projeto de Execução são apresentados: seções transversais tipo do pavimento e demais detalhes das juntas, barras e demais elementos necessários para execução do pavimento.

3.5 - PROJETO DE SEGURANÇA VIÁRIA

3.5.1 - INTRODUÇÃO

O Projeto de Segurança Viária foi elaborado para a velocidade diretriz definida em 40km/h, compatível com as necessidades de fluidez do tráfego, obedecendo às recomendações da Prefeitura Municipal de Muriaé, ao Código de Trânsito Brasileiro - CTB, e seu ANEXO II (Resolução N.º 160, de 11/06/2004), resoluções 599/82, 666/87 e 180/05 (do CONTRAN) e ao Ato Normativo RT-01.46 editado pelo DER-MG.

Para elaboração do Projeto de Sinalização, adotou-se às normas vigentes no DNIT, através dos seguintes Manuais Brasileiros de Sinalização de Trânsito do CONTRAN:

- . VOLUME I - Sinalização Vertical de Regulamentação - Resolução 180;
- . VOLUME II - Sinalização Vertical de Advertência - Resolução 243;
- . VOLUME III - Sinalização Vertical Indicativa - Resolução 486;
- . VOLUME IV - Sinalização Horizontal – Resolução 236;
- . VOLUME VI – Dispositivos auxiliares – Resolução 873;
- . VOLUME VII – Sinalização Temporária – Resolução 690.

Em sua elaboração foram adotados os padrões descritos a seguir.

3.5.2 - SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

A sinalização horizontal contemplou a indicação apenas de linhas de divisão de fluxos opostos e bordo.

3.5.2.1 - Linhas de Divisão de Fluxos Opostos

São faixas indicadas na cor amarela com largura de 0,10m. No eixo deverão ser continuadas as linhas indicando a proibição de ultrapassagem.

3.5.2.2 - Linhas de Bordo

As faixas de bordo serão contínuas implantadas na cor branca, com largura de 0,10m e aplicadas nos bordos das pistas de rolamento, separando-as dos acostamentos.

3.5.3 - PROJETO DE SINALIZAÇÃO VERTICAL

A sinalização vertical será composta de placas de regulamentação, advertência e indicativa. A utilização dos materiais indicados na confecção das placas de sinalização vertical, bem como as normas e as respectivas especificações técnicas de execução dos dispositivos são apresentados no “Ato Normativo RT-01.46b” editado pelo DER-MG.

3.5.3.1 - Placas de Regulamentação

Deverá seguir as cores, as formas e os padrões determinados pelo CTB.

As placas de regulamentação serão executadas na forma circular, com fundo na cor vermelha, orla interna na cor branca, orla externa na cor vermelha e legenda branca, e sua indicação será feita nos locais de regulamentação da velocidade máxima e proibição de ultrapassagem.

3.5.3.2 - Placas de Advertência

De maneira geral, sua forma é quadrada com lado de 0,75m, com uma das diagonais na vertical, fundo na cor amarela, orla interna preta e orla externa amarela.

3.5.3.3 - Defensas e Dispositivos de Segurança

Como dispositivos de contenção veicular foi utilizado a defesa singela semi-maleável, cujos materiais são descritos no respectivo projeto tipo do DER/MG. Foram implantados em aterros altos.

3.5.3.4 - Materiais

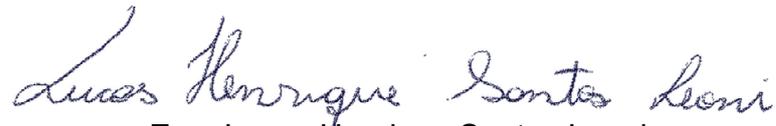
As placas deverão ser confeccionadas em chapas finas, laminadas à frio, em aço carbono, na espessura de 1,5mm (MSG-6), devendo ser cortadas das dimensões finais e tratadas conforme preconiza a RT 01.32.a do DER/MG.

O fundo, legendas e tarjas deverão ser confeccionadas em película reflexiva, à exceção dos dizeres e símbolos que deverão ser executados na cor preta com emprego de película plástica refletiva, do “Tipo I-A”, de acordo com a RT 01.35.a do DER/MG.

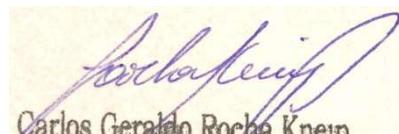
Os suportes deverão ser confeccionados em madeira de “eucalipto”, nas dimensões transversais 0,08m x 0,08m, serão aparelhados e tratados conforme especificações contidas na RT 01.39 editada pelo DER/MG.

4- TERMO DE ENCERRAMENTO

Belo Horizonte, 13 de outubro de 2021.


Eng. Lucas Henrique Santos Leoni
CREA Nº MG 171.435/D


Eng. Fabiola Batista Pires
CREA Nº MG 78.851/D


Carlos Geraldo Rocha Kneip
Secretário de Obra Públicas
e Urbanismo
Prefeitura Municipal de Muriaé