

**TRAVESSIA AVENIDA DAS TORRES**

**PROJETO EXECUTIVO DE PAVIMENTAÇÃO  
MEMÓRIA DE CÁLCULO**

JULHO/2025

## ÍNDICE

<b>1. APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO</b> .....	<b>1</b>
<b>3. LOCALIZAÇÃO</b> .....	<b>2</b>
<b>4. PARÂMETROS DE PROJETO</b> .....	<b>3</b>
4.1 Parâmetros do tráfego e número “N” .....	3
4.2 Parâmetros do subleito .....	4
<b>5. DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS</b> .	<b>5</b>
5.1 Dimensionamento pelo Método Empírico do (DNIT).....	5
5.2 Memória de cálculo do dimensionamento .....	9
5.3 Materiais.....	9
5.4 Número N .....	10
5.5 Subleito.....	10
5.6 Coeficiente de equivalência estrutural .....	10
5.6 Resultados obtidos .....	11
5.7 Estrutura proposta .....	11

## **1. APRESENTAÇÃO**

O Município de Campo Mourão está inserido na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mourão, sendo limitado, em sua porção sul/sudeste, pelo Rio do Campo — importante afluente dessa sub-bacia. Esta área configura-se como uma zona de expansão urbana, já apresentando adensamento habitacional significativo, e continua a despontar como um importante vetor de crescimento urbano do município.

Nesse cenário, destaca-se a Avenida das Torres, cuja implantação e conexão com a malha viária da cidade representam um fator estratégico para melhorar a mobilidade urbana e fomentar o crescimento socioeconômico do município.

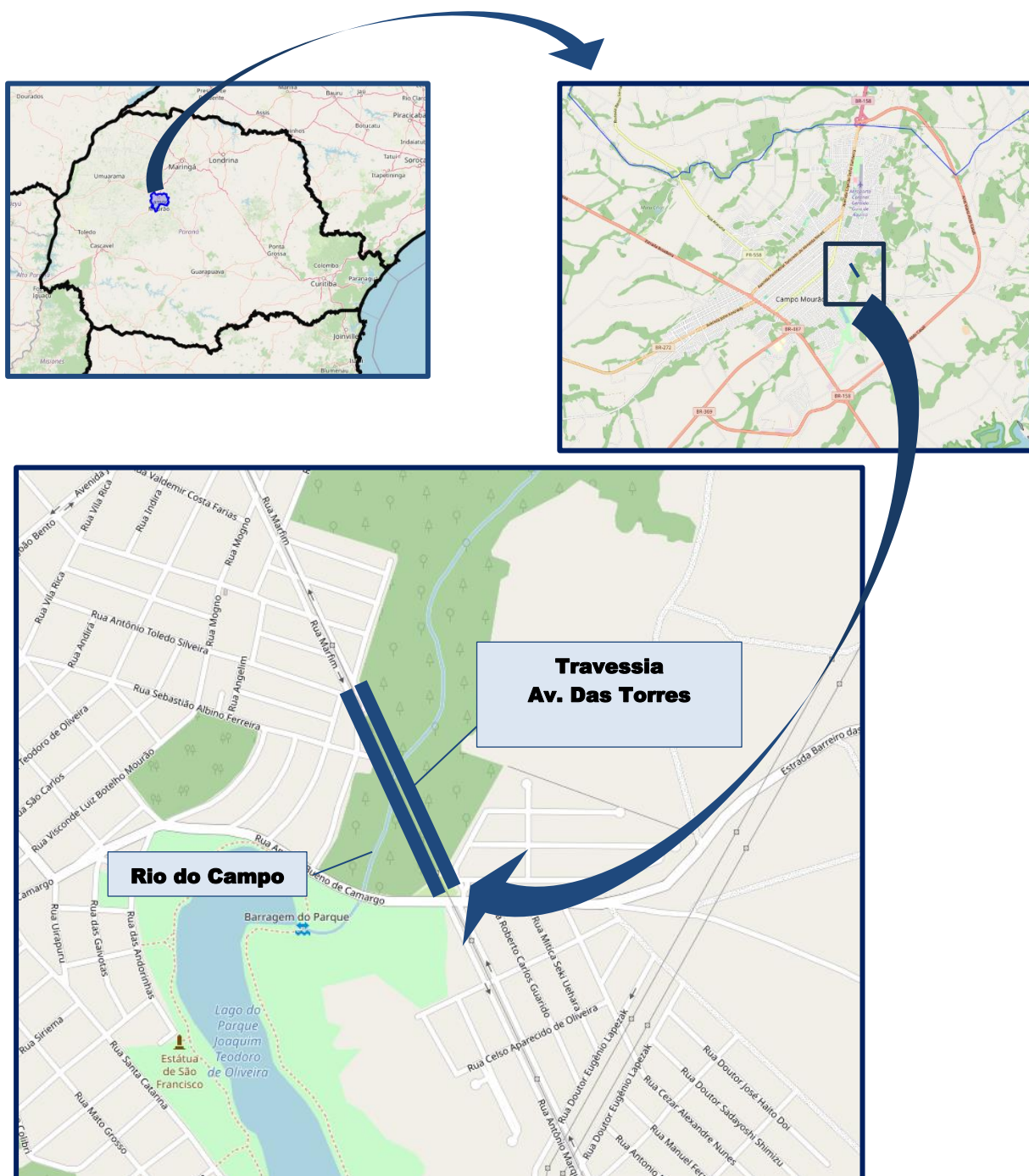
Por tanto, a prefeitura do município de campo mourão, apresenta o Projeto Executivo De Pavimentação, Memória De Cálculo E Memorial Descritivo, referente a execução da Travessia Avenida das Torres.

## **2. OBJETIVO**

Este relatório tem por objetivo descrever, apresentar a memória de cálculo do dimensionamento do pavimento da travessia da Avenida das Torres, conforme orientações estabelecidas pelo Manual de Pavimentação do DNIT (2006) e as diretrizes do IP-02/2004 Classificação das vias da PMSP. O dimensionamento visa garantir que o pavimento suporte o tráfego projetado durante a sua vida útil, com níveis aceitáveis de conforto e segurança.

### 3. LOCALIZAÇÃO

Mapa de localização da Avenida Das Torres, no trecho de travessia do Rio do Campo.



## 4. PARÂMETROS DE PROJETO

### 4.1 Parâmetros do tráfego e número “N”

As vias urbanas a serem pavimentadas serão classificadas de acordo com a Instrução de Projeto IP-02 Classificação das Vias da SIURB/PMSP.

Um elemento central da classificação é o “Número N”, que representa o número de operações do eixo padrão de 80 kN (ou 82 kN, conforme o Método do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA e o DNIT).

- **Tráfego Leve:** Vias essencialmente residenciais, com passagem ocasional de no máximo 20 caminhões/ônibus por dia por faixa, com "N" típico de  $10^5$  solicitações para 10 anos.
- **Tráfego Médio:** Vias com 21 a 100 caminhões/ônibus por dia por faixa, com "N" típico de  $5 \times 10^5$  solicitações para 10 anos.
- **Tráfego Meio Pesado:** Vias com 101 a 300 caminhões/ônibus por dia por faixa, com "N" típico de  $2 \times 10^6$  solicitações para 10 anos.
- **Tráfego Pesado:** Vias com 301 a 1000 caminhões/ônibus por dia por faixa, com "N" típico de  $2 \times 10^7$  solicitações para 10 a 12 anos.
- **Tráfego Muito Pesado:** Vias com 1001 a 2000 caminhões/ônibus por dia na faixa mais solicitada, com "N" típico superior a  $5 \times 10^7$  solicitações para 12 anos.

As vias urbanas são classificadas, para fins de dimensionamento de pavimento, em categorias de tráfego, cada uma caracterizada por um número "N" típico e um período de projeto (10 ou 12 anos).

O quadro a seguir resume os principais parâmetros adotados para a classificação das vias.

Quadro 1 – Classificação das vias 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 x 10 <sup>4</sup> a 1,40 x 10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	1,40x 10 <sup>5</sup> a 6,80x 10 <sup>5</sup>	5 x 10 <sup>5</sup>
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	1,4 x 10 <sup>6</sup> a 3,1 x 10 <sup>6</sup>	2 x 10 <sup>6</sup>
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	1,0 x 10 <sup>7</sup> a 3,3 x 10 <sup>7</sup>	2 x 10 <sup>7</sup>
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	3,3 x 10 <sup>7</sup> a 6,7 x 10 <sup>7</sup>	5 x 10 <sup>7</sup>
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3 x 10 <sup>6</sup> (1)	10 <sup>7</sup>
	VOLUME PESADO	12		> 500		5 x 10 <sup>7</sup>	5 x 10 <sup>7</sup>

#### 4.2 Parâmetros do subleito

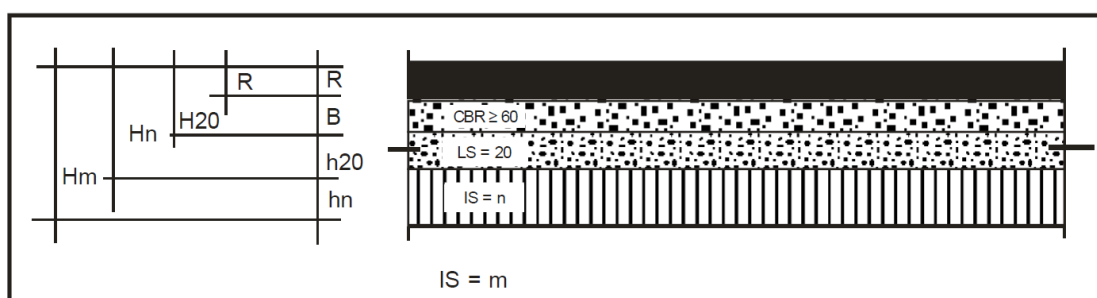
Para o subleito, algumas características são essenciais para garantir a estabilidade e o bom desempenho da rodovia. De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006, p.142) os materiais do subleito devem apresentar expansão máxima de 2,0% e ISC mínimo de 2,0%.

## 5. DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

### 5.1 Dimensionamento pelo Método Empírico do (DNIT)

Para dimensionar um pavimento flexível é necessário que primeiramente seja definida a espessura total do pavimento. Como segundo passo se determina a escolha do revestimento com base na carga gerada pelo tráfego. E por fim a espessura das demais camadas que compõe o pavimento. A Figura a seguir demonstra o esquema de um pavimento arbitrário.

Figura 1 – Sistema de camadas do pavimento em relação às camadas equivalentes



O pavimento é dimensionado em função do Número N (número equivalente de repetições do eixo de 8,2 toneladas) durante o período de projeto.

Para a definição do revestimento, o método do DNIT recomenda a espessura conforme o quadro.

QUADRO 2 - Espessuras mínimas de revestimento betuminoso.

<b>N</b>	<b>Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso</b>
<b><math>N \leq 10^6</math></b>	Tratamentos superficiais betuminosos
<b><math>10^6 &lt; N \leq 5 \times 10^6</math></b>	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
<b><math>5 \times 10^6 &lt; N \leq 10^7</math></b>	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
<b><math>10^7 &lt; N \leq 5 \times 10^7</math></b>	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
<b><math>N &gt; 5 \times 10^7</math></b>	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Cabe destacar que a definição de espessura mínima para os revestimentos asfálticos ainda constitui uma questão em aberto na engenharia rodoviária. Os valores indicados na Tabela 2 referem-se, predominantemente, a pavimentos com camadas de base de comportamento essencialmente granular (DNIT, 2006).

No que se refere aos materiais empregados nas camadas de base, sub-base e reforço de subleito, adotam-se coeficientes de equivalência estrutural baseados nos resultados da Pista Experimental da AASHTO, com adaptações consideradas adequadas às condições nacionais (DNIT, 2006, p. 142).

**QUADRO 3 – Coeficiente de equivalência estrutural**

<b>Componentes do pavimento</b>	<b>Coeficiente K</b>
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
<b>Camadas granulares</b>	<b>1,00</b>
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm	1,20

Podemos nomear os coeficientes de cada camada por:

- Revestimento: KR
- Base: Kb
- Sub-base: KS
- Reforço do subleito: KRef

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006, p.142) os materiais do subleito devem apresentar Expansão máxima de 2,0% e ISC mínimo de 2,0%.

Para o material do reforço do subleito, o DNIT (2006) recomenda que seu ISC seja maior que o do subleito e sua expansão seja menor ou igual a 1% (medida com sobrecarga de 10 lb).

O material da sub-base deve apresentar ISC maior ou igual a 20%, Índice Grupo (I.G.) igual a zero e expansão menor ou igual a 1% (medida com sobrecarga de 10 lb).

Para o material de base, o DNIT (2006) recomenda as seguintes propriedades no material empregado:  $ISC \geq 80\%$ , expansão  $\leq 0,5\%$ , (medida com sobrecarga de 10 lb), limite de liquidez  $\leq 25\%$  e índice de plasticidade  $\leq 6\%$ . Caso o limite de liquidez seja superior a 25% e/ou o índice de plasticidade seja superior a 6%, o material pode ser empregado em base (satisfeitas as demais condições), desde que a equivalente areia seja superior a 30.

Para o cálculo das espessuras das camadas do pavimento tem-se o ábaco da Figura 2, em que se relaciona a espessura total do pavimento com o valor de N e o ISC. Entrando-se no eixo das abcissas, com o valor de N, procede-se verticalmente até encontrar a reta representativa da capacidade de suporte ISC, e seguindo na direção horizontal encontra-se, no eixo das ordenadas, a espessura do pavimento. A espessura fornecida por este gráfico considera o material com coeficiente estrutural  $K = 1,00$ , isto é, como se fosse base granular (DNIT, 2006).

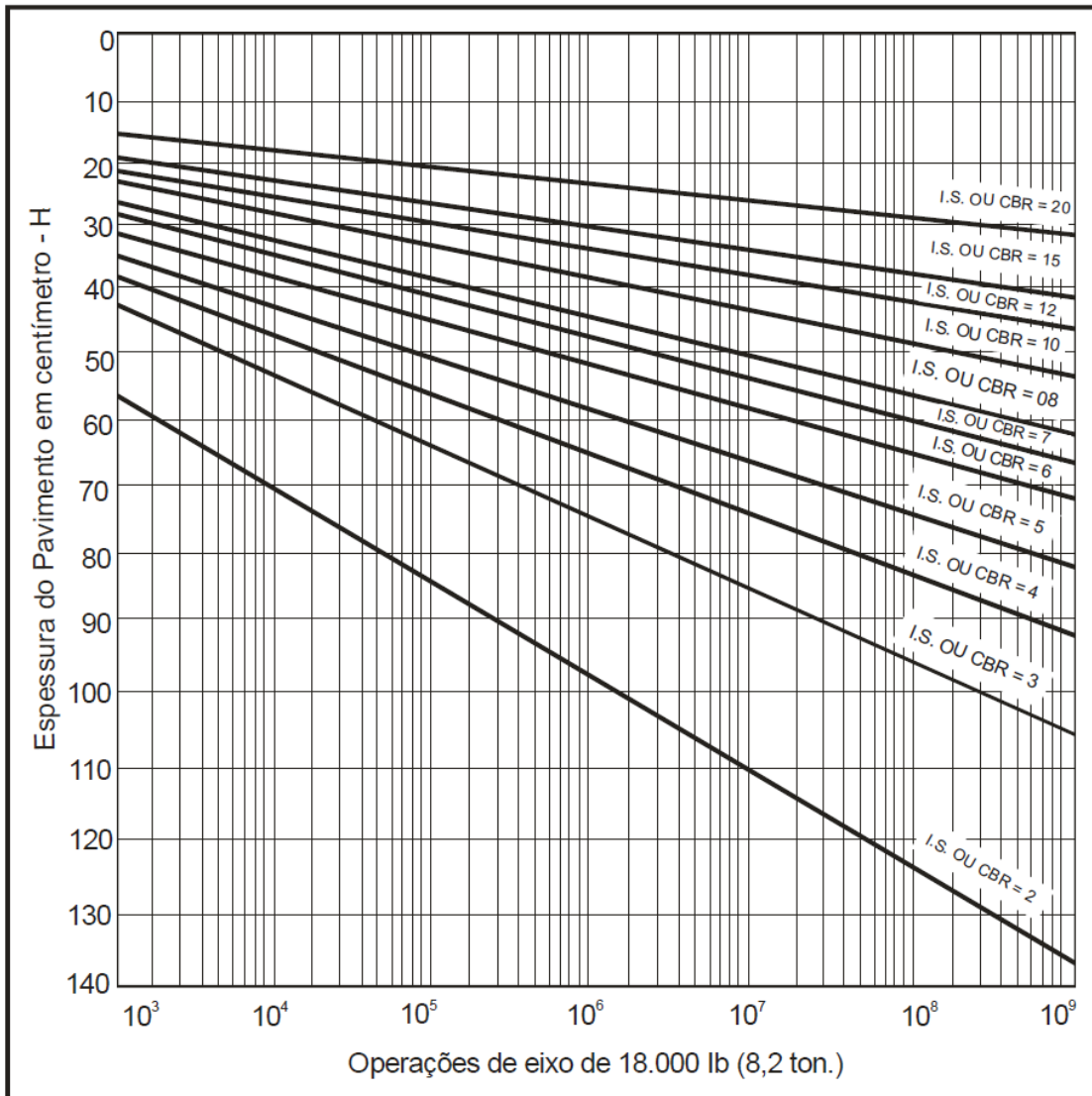
Logo após a determinação das espessuras,  $H_n$  e  $H_{20}$  pelo ábaco da Figura 2, e R pelo quadro 2 as espessuras dos materiais do pavimento são obtidas pela resolução das seguintes equações:

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B \geq H_{20}$$

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

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S + K_{Ref} \cdot h_n \geq H_m$$

Figura 2 – Determinação de espessuras do pavimento



## **5.2 Memória de cálculo do dimensionamento**

### **5.3 Materiais**

Todos os materiais considerados para empregar as camadas do pavimento da Avenida das Torres, foram determinados, conforme a disponibilidade na região, buscando o melhor custo-benefício.

O dimensionamento dos pavimentos e a verificação de suas camadas foram realizados a partir da análise de uma estrutura constituída pelos materiais descritos a seguir:

- Camada de Rolamento: Concreto Asfáltico com CAP 50/70, dentro da Faixa C de acordo com a especificação técnica DER ES-PA 21/23. Foi adotado para esta camada o Módulo de Resiliência igual a 35.000 kgf/cm<sup>2</sup>.

- Camada de Brita Graduada Simples (BGS) de acordo com a especificação técnica DER ES-PA 05/23. Para esta camada foi adotado o Módulo de Resiliência igual a 2.500 kgf/cm<sup>2</sup>.

- Sub-base: Camada de Macadame Seco de acordo com a especificação técnica DER ES-PA 03/23 Para esta camada foi adotado o Módulo de Resiliência igual a 2.000 kgf/cm<sup>2</sup>.

- Subleito: Solo Local compactado a 100% do PN, com CBR mínimo de 10%. Para esta camada foi adotado o Módulo de Resiliência igual a 1.000 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### **5.4 Número N**

A travessia da Avenida das Torres foi classificada com tráfego médio pesado, por tanto com base na IP-02/2004 PMSP, o número N adotado foi de  **$2 \times 10^6$** .

#### **5.5 Subleito**

A travessia da Avenida das Torres será composta por um aterro de volume significativo, conforme o projeto de terraplenagem. Assim, o subleito será formado por corpo de aterro executado com material controlado e compactado conforme as especificações técnicas

Por tanto, com vista ao dimensionamento conservador da estrutura do pavimento, ficou determinado que o material empregado para o subleito deve apresentar expansão máxima de 2,0% e ISC mínimo de 10,0%.

#### **5.6 Coeficiente de equivalência estrutural**

Os coeficientes de equivalência das camadas foram definidos de acordo com o quadro 3.

- Revestimento -  **$K_R=2$**
- Base  **$K_B=1$**
- Sub-Base  **$K_S=1$**

## 5.6 Resultados obtidos

Em função do valor de “N” igual a  $2,80 \times 10^6$ , a espessura mínima de revestimento asfáltico é igual a 5,0 cm, e os valores de Hn e H20 calculados pela equação apresentada são os seguintes:

QUADRO 4 – RESULTADOS DAS CAMADAS EQUIVALENTES

DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO							
ISC Projeto %	R (cm)	H20 (cm)	B (cm)	Base Adotada (cm)	Hn (cm)	h20 (cm)	h20 adotado (cm)
8	5,00	26,06	16,06	16,00	45,07	19,01	20,00

## 5.7 Estrutura proposta

Apresenta-se a seguir a seção da estrutura de pavimentação resultante dos cálculos apresentados neste relatório

Figura 3 – Estrutura das camadas do pavimento

