

1 - INTRODUÇÃO

A presente **Memória de Cálculos** tem por objetivo estabelecer a metodologia utilizada no dimensionamento da **Rua Engenheiro Idelfonso Simões Lopes**, na cidade de Pelotas/RS, com **4.165,00** m² de área total a pavimentar.

O pavimento a ser construído, será constituído das camadas de base, sub-base, assentes sobre a camada de substituição do subleito e revestido de CBUQ.

Para base e sub-base, optou-se por se utilizar a brita graduada previamente dosada em usina de agregados, pela facilidade de obtenção e pelas vantagens no que concerne ao processo construtivo.

O subleito composto pelo solo local, como terreno de fundação, não atende ao preconizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) no que se refere ao Índice de Suporte Califórnia e teor de expansão. Sendo assim, será necessária a substituição de 60 centímetros da camada atual do subleito por uma camada de 60 centímetros de areia, com $\text{CBR} \geq 10\%$, vez que o mesmo possui índice de suporte considerado como de baixa resistência, como se observa nos ensaios em anexo.

2 – SONDAGEM E PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

Os ensaios *granulometria, limites de liquidez e plasticidade, teor de umidade, compactação, expansão e CBR*, do subsolo foram realizados pelo laboratório da instituição IFSUL-PELOTAS

Considerando a situação mais desfavorável, o CBR encontrado em campo, para o subleito em análise, foi de **0,73%**, conforme se observa na análise dos ensaios em anexo.

Em atendimento as orientações do DNIT – item 4.3.2, subitem 4.3.2.1 – Pavimento Flexível – Método do DNER, parágrafo VI – “Os *materiais do subleito devem apresentar uma expansão, medida no ensaio CBR, menor ou igual a 2% e um $\text{CBR} \geq 2\%$.*”, foram, também, realizados ensaios de expansão, verificando-se expansão menor do que **2%** no conjunto de amostras, indicando teor de argila adequado para material de fundação do pavimento.

3 – METODOLOGIA DE CÁLCULO UTILIZADA NO DIMENSIONAMENTO

Para dimensionamento da espessura das camadas que compõem o pavimento em questão, adotou-se o método do extinto DNER, conforme recomenda o DNIT através de seu “Manual de Pavimentação”, como se expõem a seguir.

3.1 – Considerações Gerais

3.1.1 – O subleito e as diferentes camadas do pavimento devem ser compactadas de acordo com os valores fixados nas “Especificações Gerais”, em anexo a esta memória, recomendando-se que em nenhum caso, o grau de compactação seja inferior a 95%.

3.1.2 – Os materiais de substituição do subleito devem apresentar:

- a) $\text{CBR} \geq 10\%$;
- b) $\text{Expansão} \leq 1\%$, medida com sobrecarga de 10 lb.

3.1.3 Os materiais da sub-base devem apresentar:

- a) $20\% \leq \text{CBR} \leq 40\%$;
- b) $\text{Expansão} \leq 1\%$, medida com sobrecarga de 10 lb.;
- c) Índice de Grupo igual a zero;

3.1.4 – Os materiais para a base devem apresentar:

- a) $\text{CBR} \geq 80\%$;
- b) $\text{Expansão} \leq 0,5\%$, medida com sobrecarga de 10 lb;
- c) $\text{Limite de Liquidez} \leq 25\%$;
- d) $\text{Índice de Plasticidade} \leq 6\%$.

3.1.5 – O pavimento é dimensionado em função do número equivalente N de operações de um eixo tomado como padrão, durante o período de projeto.

3.1.6 - São os seguintes os coeficientes de equivalência estrutural (K) para os diferentes tipos de materiais constitutivos do pavimento:

- Base ou revestimento Betuminoso: $K = 2,00$
- Base ou revestimento pré-misturado a quente de graduação densa: $K = 1,70$
- Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa: $K = 1,40$
- Base ou revestimento betuminoso por penetração: $K = 1,20$
- Solo-Cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kgf/cm²: $K = 1,70$
- Solo-Cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kgf/cm² e 28 kgf/cm²: $K = 1,40$
- Solo-Cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre a 28 kgf/cm² e 21 kgf/cm²: $K = 1,00$;
- Solos granulares: $K = 1,00$;

3.1.7 – A espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos está dividida em:

- $N \leq 10^6$: tratamentos superficiais;
- $10^6 \leq N \leq 5 \times 10^6$: revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura;
- $5 \times 10^6 \leq N \leq 1 \times 10^7$: concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura;

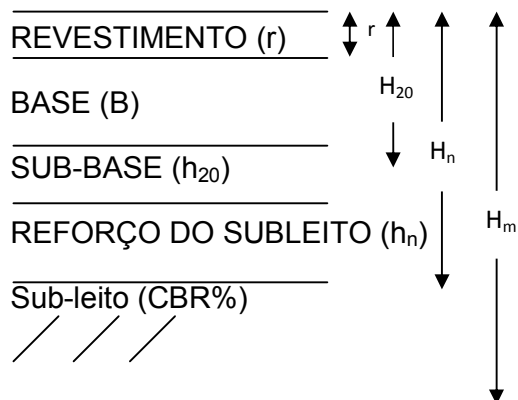
- $1 \times 10^7 \leq N \leq 5 \times 10^7$: concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura.

3.1.8 – O número N de repetições do eixo padrão foi determinado com o emprego das faixas de valores indicados pela Prefeitura Municipal de São Paulo, por categoria de via, para pavimentos urbanos:

FUNÇÃO PREDOMINANTE DA VIA	TIPO DE TRÁFEGO PREVISTO	PERÍODO DE PROJETO (ANOS)	VOLUME INICIAL DA FAIXA MAIS CARREGADA (VO)		FAIXA PARA N	N CARACTERÍSTICO
			VEÍCULOS LEVES	CAMINHÃO OU ÔNIBUS		
Via Local	Leve	10	100 a 400	4 a 20	2,7. 10^4 a 1,4. 10^5	10^5
Via Local e Coletora Secundária	Médio	10	401 a 1.500	21 a 100	1,4. 10^5 a 6,8. 10^5	$5. 10^5$
Vias Coletoras e Estruturais	Meio pesado	10	1.501 a 5.000	101 a 300	1,4. 10^6 a 3,6. 10^6	$2. 10^6$
	Pesado	12	5.001 a 10.000	301 a 1.000	1,0. 10^7 a 3,3. 10^7	$2. 10^7$
	Muito pesado	12	Maior que 10.000	1.001 a 2.000	3,3. 10^7 a 6,7. 10^7	$5. 10^7$
Faixa exclusiva de Ônibus	Volume médio	12	-	Menor do que 500	3. 10^6	10^7
	Volume pesado	12	-	Maior do que 500	5. 10^7	$5. 10^7$

Tabela 1 - Valores de N tabelados por via - Fonte: PMSP, 2004.

3.2 – Dimensionamento



Onde:

r = espessura do revestimento;

B = espessura da base;

h₂₀ = espessura da sub-base;

h_n = espessura do reforço do subleito.

Equações:

$$r \cdot k_R + B \cdot k_B \geq H_{20} \text{ ou } (1,2 \cdot H_{20}) \text{ (1ª Inequação.)}$$

$$r \cdot k_R + B \cdot k_B + k_{SB} \cdot h_{20} \geq H_n \text{ (2ª Inequação.)}$$

$$r \cdot k_R + B \cdot k_B + k_{SB} \cdot h_{20} + k_{ref} \cdot h_n \geq H_m \text{ (3ª Inequação.)}$$

Solução:

Considerando, conforme resultados dos ensaios apresentados:

Subleito CBR = 10% (areia, em substituição ao atual material existente)

Sub-base (Brita Graduada) K = 1,0

Base (brita graduada) K = 1,0

Considerando um volume inicial de tráfego na faixa mais carregada em $V_0 = 300$ caminhões ou ônibus (ida e volta) diários (valor inicial), teremos $N = 1.10^7$ - tráfego meio pesado via coletora estrutural.

1º) Revestimento para $N = 1.10^7$ - CBUQ com 7,5 cm de espessura;

2º) Determinação de H_{total} para um subleito de CBR $\geq 10\%$:

$$H_t = 77,67 \times 1.10^{7^{0.0482}} \times 10^{-0.598}$$

$$H_t = 42,65 \text{ cm}$$

$$H_{adotado} = 42,50 \text{ cm}$$

3º) Determinação de B (espessura da base) e h_{20} (espessura da sub-base)

Não sendo necessário reforço para o subleito existente, pois o mesmo será substituído por uma camada de 60 centímetros de areia que deverá desempenhar o papel do mesmo satisfatoriamente e adotando-se, então, uma base de 15 cm (espessura mínima exigida pelo DNIT) em brita graduada, vem:

$$r.k_R + B.k_B \geq H_{20} \text{ ou } (1,2.H_{20}) \text{ (1ª Inequação)}$$

$$7,5 \times 2 + 15 \times 1 \gg 1,2 \times 20$$

$$30 \gg 24 - \text{ok}$$

$$r.k_R + B.k_B + k_{SB}.h_{20} \geq H_n \text{ (2ª Inequação)}$$

$$7,5 \times 2 + 15 \times 1 + 1 \times 20 \gg 42,5$$

$$50 \gg 42,5 - \text{ok}$$

$$r.k_R + B.k_B + k_{SB}.h_{20} \geq H_{equiv} \text{ (da 3ª Relação)}$$

$$7,5 \cdot 2,0 + 15 \cdot 1,0 + h_{20} \cdot 1,0 \geq 42,50$$

$h_{20} \geq 12,5$ cm. Adotado sub-base de **20 cm** de espessura.

RESUMO - QUADRO DE QUANTIDADES

CAMADA	MATERIAL	ESPESSURA (cm)	LARGURA (m)	QUANTIDADES (m³/m)
Revestimento	Concreto Asfáltico (CAP 50/60)	7,5	8,5	0,64
Pintura de Ligação	Asfalto Diluído (RR-2C)	-	-	-
Imprimadura	Emulsão Asfáltica(CM-30)	-	-	-
Base	Brita Graduada	15	8,5	1,27
Sub-base	Brita Graduada	20	8,5	1,7
Substituição do Subleito	Areia (CBR ≥10%)	60	8,5	5,51
Regularização do Leito	Areia	Variável	Variável	Variável

4 – FONTES CONSULTADAS

SENÇO, Wastermiler de, Vol I, 1997, MANUAL DE TÉCNICAS DE PAVIMENTAÇÃO, 746 p., São Paulo, Editora PINI

SENÇO, Wastermiler de, Vol II, 1997, MANUAL DE TÉCNICAS DE PAVIMENTAÇÃO, XXX p., São Paulo, Editora PINI

BALBO, José Tadeu, 2007, PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA, 558 p., São Paulo, Editora OFICINA DE TEXTOS

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Publicação IPR – 719, MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 274 p., MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES.

5 – ENCERRAMENTO

O presente documento consta de 8 folhas rubricadas, sendo esta última datada e assinada.

Arq. Kaiser Garcia Fontoura
Responsável Técnico CAU – A74856-0
Unidade de Gerenciamento de Projetos

Eng. Civil Mirela Faria
Responsável Técnico CREA RS146401
Unidade de Gerenciamento de Projetos

Eng. Civil Antonio Guedes Viana
Responsável Técnico CREA RS65778
Unidade de Gerenciamento de Projetos

Pelotas, 22 de outubro de 2015.