



PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

PAVIMENTAÇÃO DA
VIA PROJETADA 27 (VP-27)
BAIRRO GASPAR GRANDE, GASPAR/SC

MEMÓRIA DE CÁLCULO
PAVIMENTO FLEXÍVEL

BAIRRO COLONINHA
GASPAR - SC

OUTUBRO/2020



MEMORIAL DE CÁLCULO

DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL **(Concreto Asfáltico Usinado a Quente – C.B.U.Q. e Camadas Estruturais)**

1. INTRODUÇÃO

Visando a melhoria no sistema viário do município de Gaspar, o projeto de implantação da via projetada 27 (VP-27), localizada no bairro Gaspar Grande, apresenta obras de infra-estrutura de drenagem pluvial, pavimentação da via com CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) e urbanização com implantação pavimentação dos passeios.

2. OBJETIVO

O Projeto tem por objetivo melhorar a mobilidade, acessibilidade e qualidade de vida da população do bairro e dos demais moradores que utilizam a via.

A obra de pavimentação com CBUQ visa atender as seguintes características:

- Conforto ao tráfego com veículos;
- Resistência aos esforços verticais em função das cargas dos veículos;
- Resistência aos esforços horizontais gerada pelos tráfegos de veículos;
- Impermeabilização da área pavimentada, impedindo infiltrações das águas superficiais.

3. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

- VIA PROJETADA 27 (VP-27) – GASPAR GRANDE – GASPAR – SC

ITEM	NOME DA RUA	GABARITO DA VIA (M)			EXT. TOTAL DA VIA(M)	EXT. A PAVIMENTAR(M)	ÁREA PAV. (M²)
		P.ESQ.	CX.ROLAM.	P.DIR.			
01	VP-27	2,00	8,00	2,00	296,04	296,04	2.368,29
TOTAL:							2.368,29



O dimensionamento das diversas camadas constituintes do Pavimento foi feita mediante o método de dimensionamento de pavimentos flexíveis adotado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (antigo DNER – método do Eng. Murillo Lopes de Souza) apoiando em metodologia para conceituação e obtenção dos parâmetros envolvidos, conforme recomendações e/ou orientação contidas no manual de projeto de Engenharia Rodoviária do DNIT.

4. PARÂMETROS ENVOLVIDOS NO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO

a) *Índice de Suporte (ISC) CBR*

É utilizado no dimensionamento o ISC (*Índice Suporte Califórnia*) sem preocupação de corrigi-lo em função do Índice de Grupo dos materiais representativos do sub-leito.

b) *Fator Climático Regional*

O coeficiente F_R = fator climático regional, que objetiva levar em conta as variáveis de umidade dos materiais do pavimento durante as várias estações do ano o que se traduz pela variação de capacidade de suporte dos materiais. Esse fator tem variação de 0,2 até 5 (conforme tabela 35 fator climático do método), esse valor é tomado igual a 1 ($F_R = 1$).

c) *Coeficiente de Equivalência estrutural (K)*

São recomendados pelo já referido manual do projeto do DNER e aqui adotamos, os seguintes coeficientes estruturais (K) para os diferentes materiais indicados para constituírem a estrutura do pavimento.

Tabela 1 – Coeficiente K em função do tipo de base

TIPO DE PAVIMENTO	COEFICIENTE K
Base ou revestimento de concreto betuminoso usinado à quente CBUQ.	2.0
Base ou revestimento pré-misturado à quente de graduação densa.	1.7
Base ou revestimento pré — misturado à frio de graduação densa.	1.4
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,2
Brita graduada	1.1
Material Granular	1.0



Adotamos genericamente, para a designação dos coeficientes estruturais e simbologia consagrada pelo uso do DNER.

Kr = Coeficiente estrutural do revestimento betuminoso

Kb = Coeficiente estrutural da base

Ksb = Coeficiente estrutural da Sub-base e,

d) Espessura Mínima do revestimento Betuminoso

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminoso é de vital importância na “performance” do pavimento, quanto a sua duração em termos de vida de projeto, e é ainda um dos pontos abertos na discussão da engenharia rodoviária, que se trate de proteger a camada da base contra os esforços impostos pelo tráfego, que se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração e flexão.

Estudos e observações do IPR para Recomendações contidas no Manual de Projeto de Engenharia do DNER visam especialmente as bases de comportamento permanente granular e são as seguintes:

Tabela 2 –Espessura do pavimento em função de N

ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO	NÚMERO “N”
<i>Tratamentos superficiais betuminosos.</i>	$N \leq 10^6$
<i>Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura.</i>	$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$
<i>Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura.</i>	$5 \times 10^6 \leq N < 10^7$
<i>Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura.</i>	$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$
<i>Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura.</i>	$N > 5 \times 10^7$



Camadas da VP-27

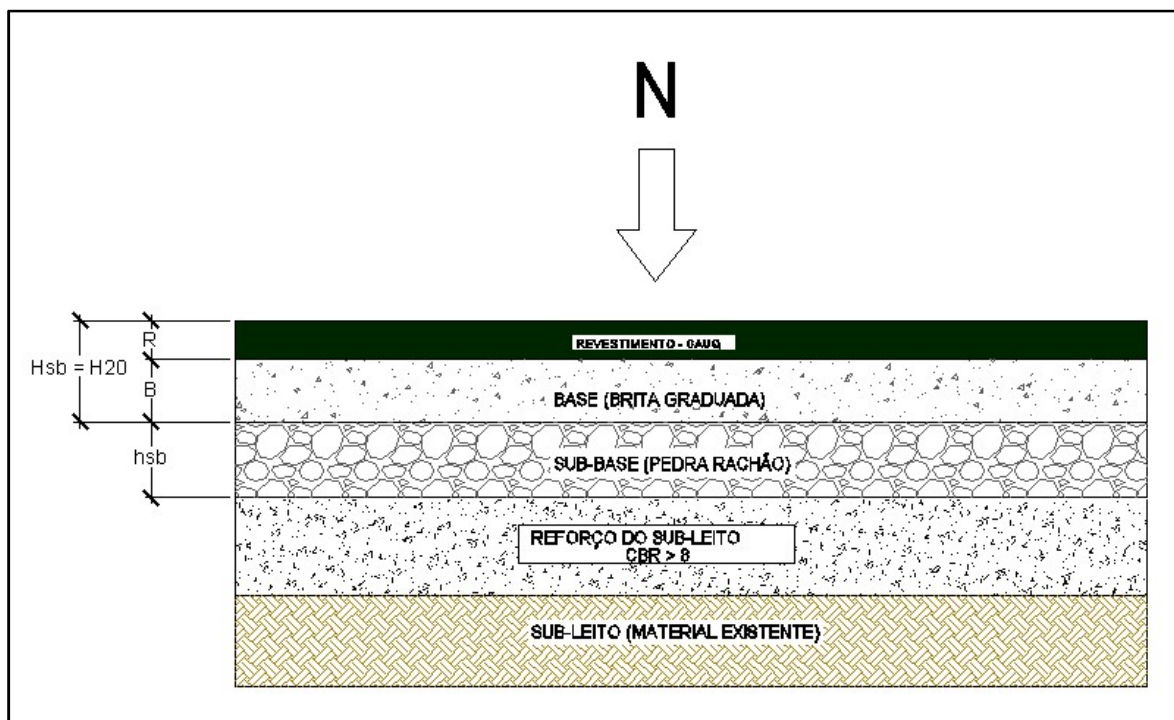


Figura 1 –Camadas do leito de rodagem

No dimensionamento do pavimento considerou-se:

- a) a previsão de solicitações das cargas dos veículos ao longo da vida útil, definida pelo número N, para o trecho em estudo.
- b) Índices de suporte das camadas do pavimento e do sub-leito e, os coeficientes de equivalência estrutural atribuída às camadas constituintes dos pavimentos.

As solicitações do pavimento pelo eixo padrão de 80,4 KN (8,2 tf), o número N, conforme determinado nos estudos de tráfego, os índices de suporte dos materiais constituintes das camadas do pavimento e do sub-leito de acordo com as avaliações constantes nos estudos geotécnicos e os coeficientes de equivalência estrutural.

Os coeficientes de equivalência estrutural adotados são os seguintes:

- Concreto betuminoso usinado a quente = 2,0
- Brita graduada = 1,1



- Sub-base imediatamente acima do sub-leito = 1,0

As espessuras do pavimento e das camadas que o constituem de acordo com a metodologia e o exposto está no quadro final.

e) Estudo de tráfego

Para a estimativa de tráfego de pavimentação, considerou-se os dados de verificados in situ no dia 29/04/2019 das 15:30 às 16:30 e dados do DITRAN.

Para a taxa de crescimento foi utilizado o Relatório de Frota de veículo para o Município de Gaspar disponível no site http://consultas.detrannet.sc.gov.br/Estatistica/Veiculos/winVeiculos.asp?lst_municipio=8117&nome_munic=GASPAR&lst_ano=0&lst_mes=3, considerando a média de crescimento da frota de veículos do município nos últimos cinco anos.

PERIODO	TOTAL VEICULOS	ACRESC. VEICULOS	%
mar/14	39021		
mar/15	40651	1630	4,18%
mar/16	41750	1099	2,70%
mar/17	42947	1197	2,87%
mar/18	44528	1581	3,68%
mar/19	46298	1770	3,98%
TAXA CRESCIMENTO (tg) 5 ANOS=			3,48%

Previsão de solicitações por veículos:

Solicitações	Veículo					
	Auto	VAN	Ônibus	Cam Leve	Cam Médio	Cam Pesado
	VL	2C	2CB	2CC	2C	3C
Hora	136	12	1	11	5	1
Diário	1.808	159	13	146	66	13



ESTADO DE SANTA CATARINA
PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR
 DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

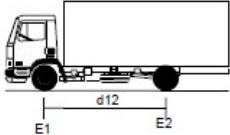
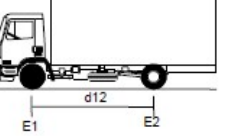
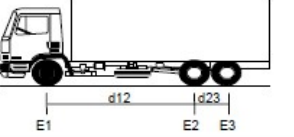
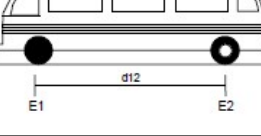
SILHUETA	GRUPO/ Nº EIXOS	PBT ou PBTC / (5%)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
	2 / 2	12 / (12,6)	CAMINHÃO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. $d12 \leq 3,50$ m	2CC	120
	2 / 2	16 / (16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12 > 3,50$ m	2C	65
	2 / 3	23 / (24,15)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23 \leq 2,40$ m	3C	67
	2 / 2	16 / (16,8)	ÔNIBUS E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12 > 3,50$ m	2CB	153

Figura 2 – Silhueta de veículos

Cálculo do fator veículo (Fv)

Fatores de Carga USACE para Veículos com eixos na carga legal							
EIXO	CONFIG.	Carga (tf)	VAN	Ônibus	Cam Leve	Cam Médio	Cam Pesado
			2C	2CB	2CC	2C	3C
Dianteiro	SRS	6	0,278	0,278	0,278	0,278	0,278
Traseiro Simples	SRD	6			0,278		
Traseiro Duplo	TD	10	3,289	3,289		3,289	
Traseiro Duplo	TT	17					8,549
FV (SOMA)			3,567	3,567	0,556	3,567	8,827
%			39,65%	3,49%	36,66%	16,71%	3,49%
FV*%			1,41	0,12	0,20	0,60	0,31
FV			2,65				



Cálculo do número N

PROJEÇÃO DE TRÁFEGO E CÁLCULO DO NÚMERO N - METODO USACE								
ANO	VAN	Ônibus	Cam Leve	Cam Médio	Cam Pesado	VMD	N (ANUAL)	N (ACUMULADO)
	2C	2CB	2CC	2C	3C			
2019	159	13	146	66	13	399	1,93E+05	1,93E+05
2020	165	14	151	69	14	413	1,99E+05	3,92E+05
2021	171	14	157	71	14	427	2,06E+05	5,98E+05
2022	177	15	162	74	15	442	2,13E+05	8,12E+05
2023	183	15	168	76	15	457	2,21E+05	1,03E+06
2024	189	16	173	79	16	473	2,29E+05	1,26E+06
2025	196	16	180	82	16	490	2,36E+05	1,50E+06
2026	203	17	186	84	17	507	2,45E+05	1,74E+06
2027	210	17	192	87	17	524	2,53E+05	2,00E+06
2028	217	18	199	90	18	542	2,62E+05	2,26E+06
2029	225	19	206	94	19	561	2,71E+05	2,53E+06

$$N = 2,53 \times 10^6$$

De acordo com a tabela 2: **R=5,0 cm de C.A.U.Q.**

5. DIMENSIONAMENTO DA ALTURA

Para cada uma das camadas que irão compor o pavimento existe uma especificação que define os requisitos mínimos de qualidade dos materiais a serem utilizados na execução de cada uma. Em resumo podem-se listar os seguintes requisitos:

- Para camada do subleito:
 - $CBR \geq 13,66\%$
 - Expansão $\leq 2\%$
- Para camada de reforço do subleito:
 - Não há necessidade de reforço do sub-leito, devido ao alto valor de CBR do sub-leito.
- Para camada de sub- base:
 - Utilizar material com CBR mínimo de 20%;



- Utilizar com IG = 0.
- Expansão $\leq 1 \%$
- Para camada de base:
 - Utilizar material que tenha IG = 0;
 - IS ou CBR ≥ 80 (para $N \geq 5 \times 10^6$);
 - IS ou CBR ≥ 60 (para $N < 5 \times 10^6$);
 - Expansão menor que 0,5%;
 - Limite de liquidez menor do que 25%;
 - Índice de plasticidade menor do que 6;
 - Distribuição granulométrica enquadrada pelas faixas da norma DNER-ES-303/96;
 - Se $LL > 25$, o Equivalente de Areia deverá ser maior que 30.

O pavimento, além dos parâmetros que caracterizam o tipo de solo, também é dimensionado em função do número equivalente (N) de operações de um eixo tomado como padrão durante o período de projeto escolhido, que no caso deste trabalho o valor $N_{projeto} = 2,53 \times 10^6$

O Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do Eng. Murilo Lopes de Souza, vale-se de gráfico com auxílio do qual se obtém a espessura total do pavimento, em função de $N_{8,2t}$ (USACE). Tal espessura total se refere à espessura em termos de $K = 1,00$, ou seja, de camada granular para a proteção do terreno de fundação (subleito). Para outros constituintes, basta multiplicá-los pelos respectivos valores de K.

Dispondo dos Índices Suporte do subleito, do reforço do subleito e da sub-base, pode-se obter, através do ábaco de dimensionamento, em primeira aproximação, as espessuras necessárias, respectivamente, acima dessas camadas. A simbologia a ser adotada é:

Subleito: IS = m; Reforço do subleito: IS = n e Sub-base: IS = 20.



Neste dimensionamento será utilizado o CBR mínimo igual a 20 para a camada de sub-base, por esta razão, usam-se sempre os símbolos, H20 e h20 para designar as espessuras de pavimento da base sobre a espessura de sub-base, respectivamente.

Os símbolos B e R designam, respectivamente, as espessuras de base e de revestimento. Um esquema é apresentado abaixo para melhor compreensão da simbologia.

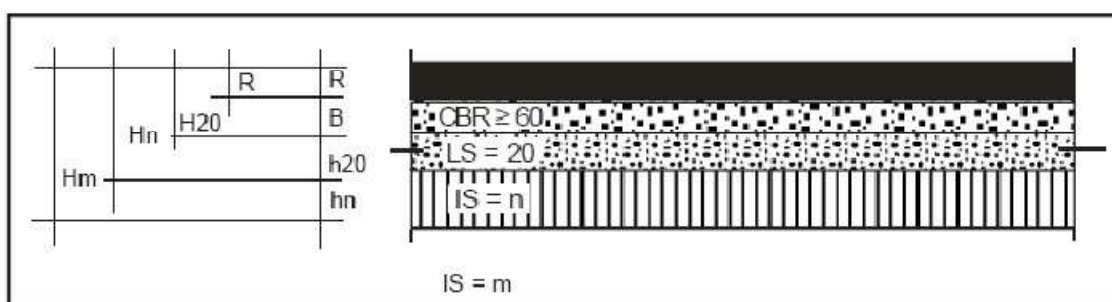


Figura 3 – Simbologia das camadas

O ábaco dará as espessuras necessárias acima dessas camadas, sem levar em conta a qualidade dos materiais que irão compor o pavimento. Admite-se que todos os materiais das camadas são iguais quanto ao comportamento estrutural, correspondente a um coeficiente de equivalência $K = 1$, a ser definido a seguir:

Então se tem:

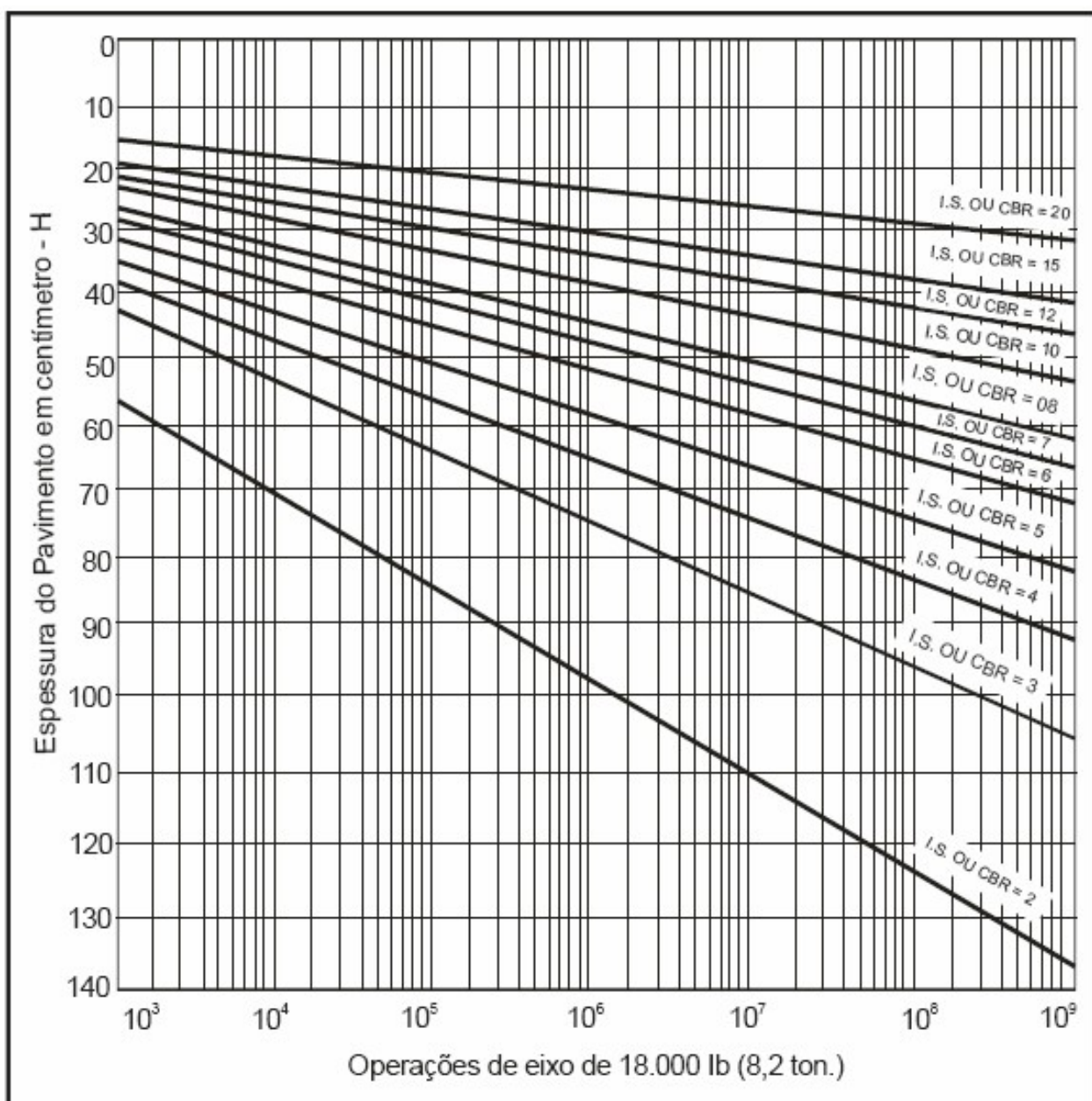


Figura 4 - Âbaço para dimensionamento

- **Os coeficientes de Equivalência Estrutural:**

C.A.U.Q.:	$K_r = 2,0$
Brita Graduada:	$K_B = 1,1$
Sub-base:	$K_{SB} = 1,0$
Sub-leito:	$K_{ref} = 0,7$

Este método supõe que há sempre uma drenagem superficial que o lençol d'água subterrâneo foi rebaixado menos 1,5 cm em relação ao greide de regularização.



Equação 1:

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

$$5 \times 2,0 + B \times 1,1 \geq 26$$

$$B = 14,55 \text{ cm} \therefore \mathbf{B_{ADOTADO} = 15 \text{ cm}}$$

OBS.: “H₂₀” foi tirado do gráfico apresentado pelo autor em função de N e CBR.

Cabe ressaltar que a espessura mínima a adotar para compactação de camadas granulares é de 10 cm, a espessura total mínima para estas camadas, quando utilizadas, é de 15 cm e a espessura máxima para compactação é de 20 cm.

Equação 2:

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_{SB} \geq H_n$$

$$5,0 \times 2,0 + 20 \times 1,1 + h_{SB} \times 1,0 \geq 37$$

$$h_{SB} = 5 \text{ cm} \therefore \mathbf{h_{SB ADOTADO} = 15 \text{ cm}}$$

OBS.: “A espessura construtiva mínima para camadas é de 15cm”

“H_n” foi tirado do gráfico apresentado pelo autor em função de N e CBR.

Gaspar, 05 de outubro de 2020.

Flavio Roberto S. S.
Engenheiro Civil – Crea-SC 165.057-0