

**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
**SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL**

**PAVIMENTAÇÃO DA**  
**RUA ITAJAI**

**RUA ITAJAÍ, BAIRRO SETE DE SETEMBRO,**  
**GASPAR, SC**

**CONTRATO: PRÓ-TRANSPORTE 0400789-99**

**MEMÓRIA DE CÁLCULO**  
**PAVIMENTO FLEXÍVEL**

**BAIRRO SETE DE SETEMBRO**  
**GASPAR - SC**



MARÇO/2018

## **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 recuperação do pavimento existente e alargamento da rua Itajaí, localizada no bairro Sete de Setembro, apresenta obras de infra-estrutura de drenagem pluvial, fresagem e pavimentação da via com CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) e urbanização com implantação de ciclofaixa e pavimentação das calçadas.

#### **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 para lazer e esportes.

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**



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

- RUA ITÁJAI - BAIRRO SETE DE SETEMBRO – 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.	CICLOVIA	P.DIR.			
01	RUA ITAJAI	3,00	10,00	2,00	3,00	2700,00	2560,00	35499,77
SOMA								35499,77

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



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

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



**Camadas da Rua Itajaí**

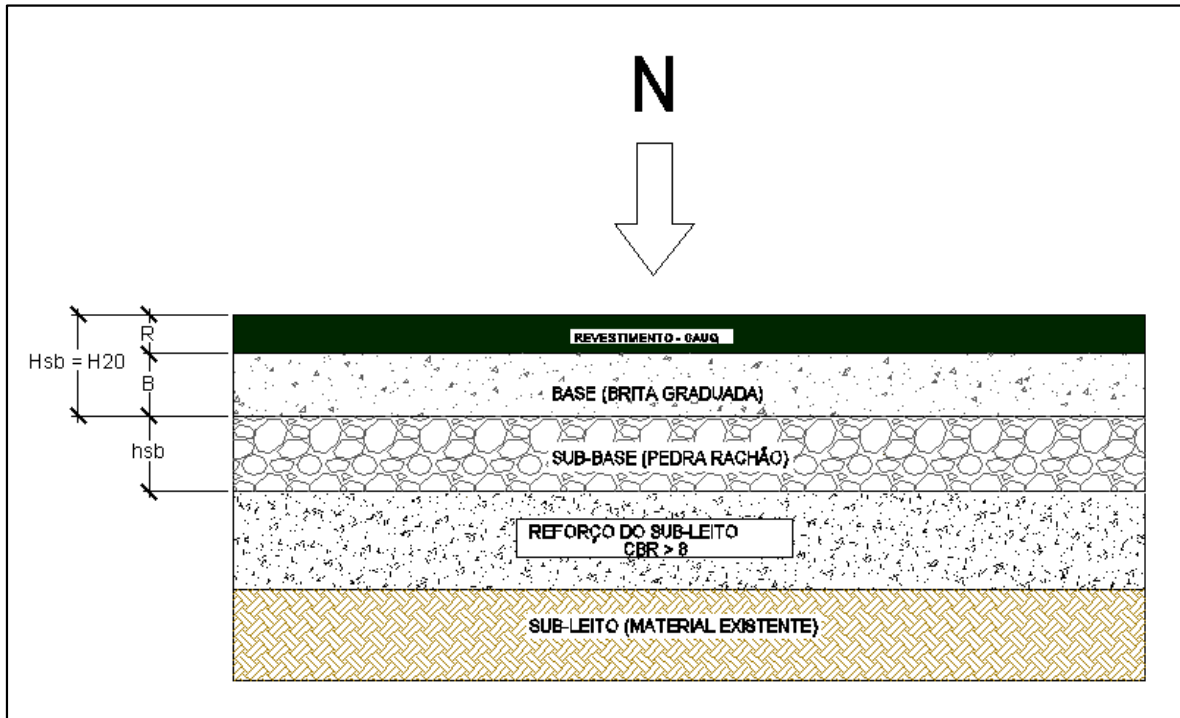


Figura 1 – Camadas do leito de rodagem

No dimensionamento do pavimento considerou-se:

- a previsão de solicitações das cargas dos veículos ao longo da vida útil, definida pelo número  $N$ , para o trecho em estudo.
- 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



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

- 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 esta no quadro final.

### ***e) Estudo de tráfego***

Para a estimativa de tráfego de pavimentação da Rua Itajaí, considerou-se os dados de tráfego do Relatório de Estatística por Porte de Veículo obtido pelo Ditran através da lombada eletrônica localizada próximo a Rua Pedro Wan Dall, no período de 19/02 a 07/03/18.

Os valores fornecidos nos relatórios estão divididos em pequeno, médio, grande, moto e indeterminado, considerando que o critério é feito pelo leitor da pista o qual mede em metros, ou seja:

- Até 2 metros: moto;
- De 2 à 6 metros: veículo pequeno - camionetes e pequenos caminhões de peso máximo de 13 toneladas;
- de 9 à 15 metros: veículos médio - caminhões com peso acima de 13 toneladas e abaixo de 25 toneladas;
- Acima de 15 metros: grande – caminhões acima de 18 toneladas ou com reboque com peso de 25 toneladas.

O volume de tráfego apresentado na tabela abaixo é a média obtida nos períodos de 19/02 a 07/03/18 no sentido Bairro-Centro, porém para o cálculo do volume diário foram considerados apenas os dias úteis de terça a quinta-feira.

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](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/12	35013		
mar/13	39021	4008	11,45%
mar/14	40651	1630	4,18%
mar/15	41750	1099	2,70%
mar/16	42947	1197	2,87%
mar/17	44345	1398	3,26%



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

TAXA CRESCIMENTO (5 ANOS)

4,89%

**Previsão de solicitações por veículos**

Estimativa de Tráfego

Solicitações	Veículo				
	Auto	Cam Leve	Cam Médio	Cam Pesado	Ônibus
Semanais	16.664	1.852	1.561	49	0
Semanas por ano	52	52	52	52	52
Período Projeto (anos)	10	10	10	10	10
<b>Total</b>	8.665.020	962.780	811.720	25.480	0

Ano	Carro passeio (v/d)	Ônibus (v/d)	Caminhões leves (v/d)	Caminhões médios (v/d)	Caminhões pesados (v/d)
2018	2381		265	223	7
	82,80%		9,20%	7,76%	0,24%

$$V_t = 365 * V_1 * \left[ \frac{\left(1 + \frac{t}{100}\right)^P - 1}{\left(\frac{t}{100}\right)} \right] = 365 * 170 * \left[ \frac{\left(1 + \frac{0,035}{100}\right)^{10} - 1}{\left(\frac{0,035}{100}\right)} \right] = 621.478K \text{ veículos}$$

Cálculo dos fatores para determinação do número (N) para dimensionamento do Pavimento. (Conforme método indicado).

Dados = Volume Atual de Veículo dia ( $V_1=2875$ ), Pior situação.

t (taxa de crescimento anual de veículos) = 4,89 % aa.

P (período de projeto) = 10 anos.

VT (volume total de veículos) = 10.516.872 veículos.

- Símbolos utilizados:

P = Período, vida útil 10 anos

$V_1$  = Volume médio diário de tráfego no ano de abertura;

$V_m$  = Volume médio durante a vida útil;

$V_t$  = Número total de veículos que irão utilizar o pavimento durante a vida útil.

**Cálculo do fator veículo ( $F_v$ )**



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

Eixo	Carga (tf)	Auto	Cam Leve	Cam Médio	Cam Pesado	Ônibus	Total
Dianteiro	7	-	0,006	0,516	0,516	0,516	1,554
Traseiro Simples	11,5		0,131	7,884		7,884	15,899
Traseiro Duplo	17				8,549		8,549
<b>Fatores de Veículo (FV)</b>			0,137	8,400	9,065	8,400	

### ***Cálculo do número N***

Taxa(%a.a.)      0

Ano	VMDA <sub>Leve</sub>	VMDA <sub>Médio</sub>	VMDA <sub>Pesado</sub>	VMDA <sub>ônibus</sub>	$\Sigma(\text{VMDA} \times \text{FV})$	N <sub>Anual</sub>	N <sub>Acumulado</sub>
1	962.780	811.720	25.480	0	3.176.158	3,18E+06	3,18E+06
2	962.780	811.720	25.480	0	3.176.158	3,18E+06	6,35E+06
3	962.780	811.720	25.480	0	3.176.158	3,18E+06	9,53E+06
4	962.780	811.720	25.480	0	3.176.158	3,18E+06	1,27E+07
5	962.780	811.720	25.480	0	3.176.158	3,18E+06	1,59E+07
6	962.780	811.720	25.480	0	3.176.158	3,18E+06	1,91E+07
7	962.780	811.720	25.480	0	3.176.158	3,18E+06	2,22E+07
8	962.780	811.720	25.480	0	3.176.158	3,18E+06	2,54E+07
9	962.780	811.720	25.480	0	3.176.158	3,18E+06	2,86E+07
10	962.780	811.720	25.480	0	3.176.158	3,18E+06	<b>3,18E+07</b>

$$N = 3,18 \times 10^7.$$

### ***Cálculo do número N considerando a taxa de crescimento***

Taxa (% a.a.)      4,89

Ano	VMDA <sub>Leve</sub>	VMDA <sub>Médio</sub>	VMDA <sub>Pesado</sub>	VMDA <sub>ônibus</sub>	$\Sigma(\text{VMDA} \times \text{FV})$	N <sub>Anual</sub>	N <sub>Acumulado</sub>
1	962.780	811.720	25.480	0	3.176.158	3,18E+06	3,18E+06
2	1.009.860	851.413	26.726	0	3.331.473	3,33E+06	6,51E+06
3	1.059.242	893.047	28.033	0	3.494.382	3,49E+06	1,00E+07
4	1.111.039	936.717	29.404	0	3.665.257	3,67E+06	1,37E+07
5	1.165.369	982.523	30.842	0	3.844.488	3,84E+06	1,75E+07
6	1.222.355	1.030.568	32.350	0	4.032.483	4,03E+06	2,15E+07
7	1.282.129	1.080.963	33.932	0	4.229.672	4,23E+06	2,58E+07
8	1.344.825	1.133.822	35.591	0	4.436.503	4,44E+06	3,02E+07
9	1.410.587	1.189.266	37.331	0	4.653.448	4,65E+06	3,49E+07
10	1.479.564	1.247.421	39.157	0	4.881.001	4,88E+06	<b>3,97E+07</b>

$$N = 3,97 \times 10^7.$$

De acordo com a tabela 2: **R=10,0 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:
  - $\text{CBR} \geq 6\%$
  - $\text{Expansão} \leq 2\%$
- Para camada de reforço do subleito:
  - Utilizar material cujo CBR seja maior do que o CBR do material do Subleito –  $\text{CBR} \geq 8\%$ .
  - $\text{Expansão} \leq 1\%$
- Para camada de sub-base:
  - Utilizar material com CBR mínimo de 20%;
  - Utilizar com  $\text{IG} = 0$ .
  - $\text{Expansão} \leq 1\%$
- Para camada de base:
  - Utilizar material que tenha  $\text{IG} = 0$ ;
  - $\text{IS}$  ou  $\text{CBR} \geq 80$  (para  $N \geq 5 \times 10^6$ );
  - $\text{IS}$  ou  $\text{CBR} \geq 60$  (para  $N < 5 \times 10^6$ );
  - $\text{Expansão}$  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  $\text{LL} > 25$ , 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 do eixo padrão que no caso deste trabalho o valor  $N_{projeto} = 3,5 \times 10^7$ .

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,  $H_{20}$  e  $h_{20}$  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.

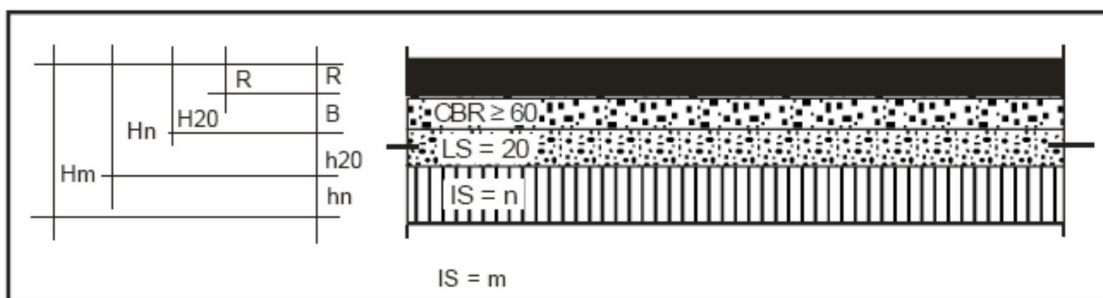


Figura 2 – Simbologia das camadas



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

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:

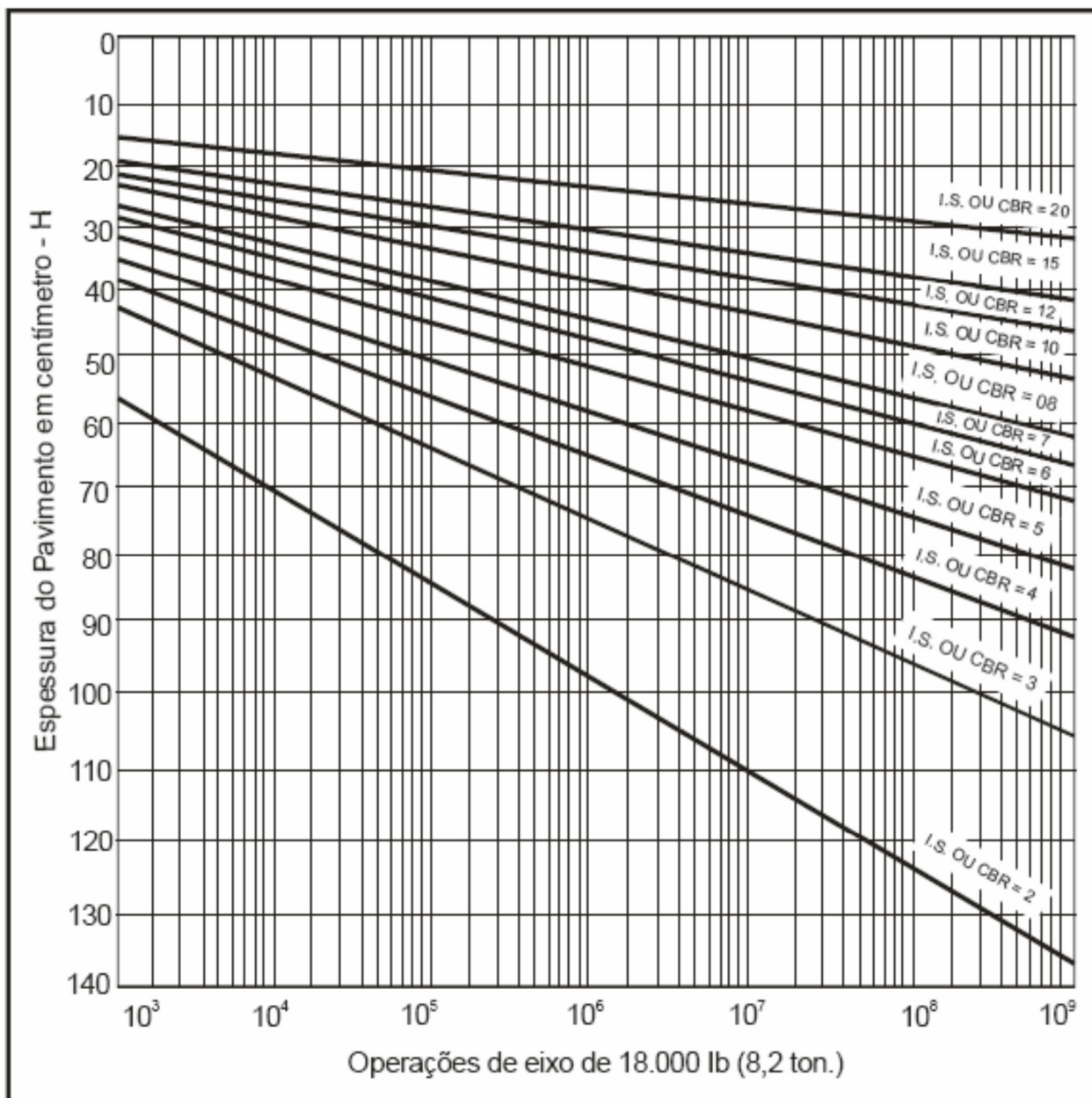


Figura 3 - Ábaco para dimensionamento

- **Os coeficientes de Equivalência Estrutural:**



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

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:

$$R_{CAUQ} \times K_r + B \times K_B \geq H_{20}$$
$$10,0 \times 2,0 + B \times 1,1 \geq 29$$
$$B = 8,18 \text{ cm} \therefore \mathbf{B \text{ ADOADO} = 15 \text{ cm}}$$

OBS.: "H<sub>20</sub>" 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:

$$R_{CAUQ} \times K_r + B \times K_B + h_{SB} \times K_{SB} \geq H_{SB}$$
$$10,0 \times 2,0 + 15 \times 1,1 + h_{SB} \times 1,0 \geq 55$$
$$h_{SB} = 18,5 \text{ cm} \therefore \mathbf{h_{SB} \text{ ADOADO} = 20,0 \text{ cm}}$$

OBS.: "H<sub>SB</sub>" foi tirado do gráfico apresentado pelo autor em função de N e CBR.

Equação 3:

$$R_{CAUQ} \times K_r + B \times K_B + h_{20} \times K_s + h_n \times K_{ref} \geq H_m$$
$$10,0 \times 2,0 + 15 \times 1,1 + 19 \times 1,0 + h_n \times 0,7 \geq 65$$
$$h_n \geq 14,5 \text{ cm} \therefore \mathbf{h_n \text{ ADOADO} = 20,0 \text{ cm}}$$

OBS.: "H<sub>SB</sub>" foi tirado do gráfico apresentado pelo autor em função de N e CBR sub-leito  $\geq 6 \%$ .

Gaspar, 06 março de 2018.



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

**Mariana Andreazza Bernardi**  
Engenheira Civil – Crea-SC 092.398-9