

**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
**SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO**

**PAVIMENTAÇÃO DA RUA RODOLFO VIEIRA**  
**PAMPLONA**

**GASPAR MIRIM, GASPAR, SC**

**CONTRATO:866927 / 866802 / 866949**

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

**BAIRRO GASPAR MIRIM**  
**GASPAR - SC**

**JUNHO/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 e ampliação no sistema viário do município de Gaspar, o projeto de pavimentação e drenagem da Rua Rodolfo Vieira Pamplona, apresenta obras de infra-estrutura de drenagem pluvial, pavimentação da via com CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) e urbanização com implantação de ciclovia e pavimentação das calçadas em paver.

#### **2. OBJETIVO**

O Projeto tem por objetivo melhorar a mobilidade, acessibilidade e qualidade de vida da população do bairro e do município como um todo, pois a Rua está inserida no Anel de Contorno Viário Urbano.

A Rua Rodolfo Vieira Pamplona tem gabarito total de 12,5 metros, conforme a Lei complementar nº 71 de 13/10/2016, porém o trecho do projeto é sobreposto pela VP33, uma via estrutural com gabarito total de 24 metros, segundo o Plano de Transporte e Mobilidade Urbana, Lei nº 65 de 23/11/2015.

#### **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Na 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.

#### **4. ESTUDO DO SUBLEITO**

Foi realizado o estudo geotécnico do subleito com o objetivo a avaliação de suportados materiais, de modo a definir a espessura do futuro pavimento e a



verificação da ocorrência de lençol freático.

A primeira etapa do Estudo Geotécnico contemplou a realização de furos de sondagens à trado e a picareta, onde foram coletadas amostras para caracterização do subleito.

No trecho projetado foram realizados 9 furos de sondagem a trado.

Com as amostras coletadas foram realizados os ensaios de caracterização (granulometria, LL e LP), compactação e Índice de Suporte Califórnia, com vista a determinar as características físico-mecânicas dos materiais nos pontos de sondagem ST 1 a 6.

Os serviços de campo consistiram em levantamentos que procuraram identificar os seguintes elementos:

- as camadas de solos e rochas encontradas; e,
- o nível freático, se atingido.

O levantamento consistiu na execução de sondagens a pá/picareta e trado, com classificação expedita dos materiais constituintes de todas as camadas encontradas, coletando-se amostras para a realização de ensaios físicos e mecânicos.

Na oportunidade foi verificada a existência do lençol freático e medida no local da sondagem a profundidade de seu nível a partir da superfície do terreno.

As sondagens atingiram profundidades que alcançaram, no mínimo, 1,0 (um) metro abaixo das cotas previstas para o greide de terraplenagem, com exceção da estaca 7 que atingiu o impenetrável, para coleta de amostras e até 2,50m para verificação do lençol freático.

Foram realizadas também sondagens a pá/picareta e trado para verificação do tipo de solo ocorrente sob os aterros projetados.

Os serviços de laboratório consistiram em:

- preparo das amostras recebidas; e
- ensaios convencionais sobre corpos de prova ou amostras preparadas.

Os ensaios convencionais realizados foram os seguintes:

- análise granulométrica simples;
- limite de liquidez;
- limite de plasticidade;



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

- compactação; e,
- determinação do índice de Suporte Califórnia (ISC).

Está apresentado na tabela 1 o resumo dos resultados dos ensaios de laboratório para o material do subleito.

Furo	Prof. (m)	ISC (%)	Expansão	Densidade	Umidade	N.A.	Classificação
ST 1	0 – 0,15	13,29	0,46	2,28	5,7	-	
ST 1	0,15-1,4	0,01	4,65	1,64	28,1	-	A-7-5
ST 2	0 – 0,35	8,82	0,52	2,28	6,0	-	
ST 2	0,35 – 1,70	0,14	5,00	1,513	24,2	-	A-7-6
ST 3	0 – 0,15	8,52	0,20	2,28	6,00	-	
ST 3	0,15 – 0,90	3,40	4,09	1,49	24,60	1,80	A-7-6
ST 4	0 – 0,25	8,95	0,52	2,268	6,2	-	
ST 4	0,25 – 1,50	3,24	5,35	1,461	27,1	1,15	A-7-5
ST 5	0 – 0,20	9,03	0,52	2,26	5,90	-	
ST 5	0,20 – 0,60	2,79	4,04	1,49	26,9	-	A-7-6
ST 5	0,60 – 1,10	3,24	0,0	1,46	27,1	1,10	A4
ST 6	0 – 0,20	9,02	0,52	2,283	6	-	
ST 6	0,20 – 0,80	3,30	0,00	1,52	26,9	0,80	A-7-6

Para os valores de  $ISC \leq 2\%$  e/ou expansão  $\geq 2$  deverá ser realizada a remoção e substituição dos solos.

Os valores máximos e mínimos de um parâmetro, a partir de uma amostragem com N elementos, considerando como 10% a probabilidade de um valor ficar abaixo da média, são obtidos pela equação abaixo:

$$X = x \pm 1,29\sigma/\sqrt{N}$$

onde:

X = Valores máximos e mínimos do parâmetro estudado a uma determinada probabilidade;



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

$\bar{x}$  = Média aritmética dos valores amostrais;

N = Número de amostras; e,

$\sigma$  = Desvio padrão.

Efetuada a análise estatística, determinou-se o valor do Índice de Suporte Califórnia de Projeto (ISCp) do subleito, apresentado a seguir.

ISCm = 8,02

$\sigma$  = 3,30

N = 8

ISCp = 6,51%

Apresentam-se em anexo a este relatório os boletins de sondagens do subleito.

## 5. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

*- RUA RODOLFO VIEIRA PAMPLONA - BAIRRO GASPAR MIRIM – 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 RODOLFO V. PAMPLONA	1,50	7,00	2,00	2,00	7000,0	763,60	6936,10
SOMA								6936,10

O dimensionamento das diversas camadas constituintes do Pavimento é feita mediante o método de dimensionamento do Pavimento flexível do 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 DNER.

## 6. 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 ( $F_R = 1$ ).

#### ***b) 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
<i>Base ou revestimento de concreto betuminoso usinado à quente CBUQ.</i>	<b>2.0</b>
<i>Base ou revestimento pré-misturado à quente de graduação densa.</i>	<b>1.7</b>
<i>Base ou revestimento pré — misturado à frio de graduação densa.</i>	<b>1.4</b>
<i>Base ou revestimento betuminoso por penetração</i>	<b>1,2</b>
<i>Brita graduada</i>	<b>1.1</b>
<i>Material Granular</i>	<b>1.0</b>

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



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

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 Rodolfo Vieira Pamplona**

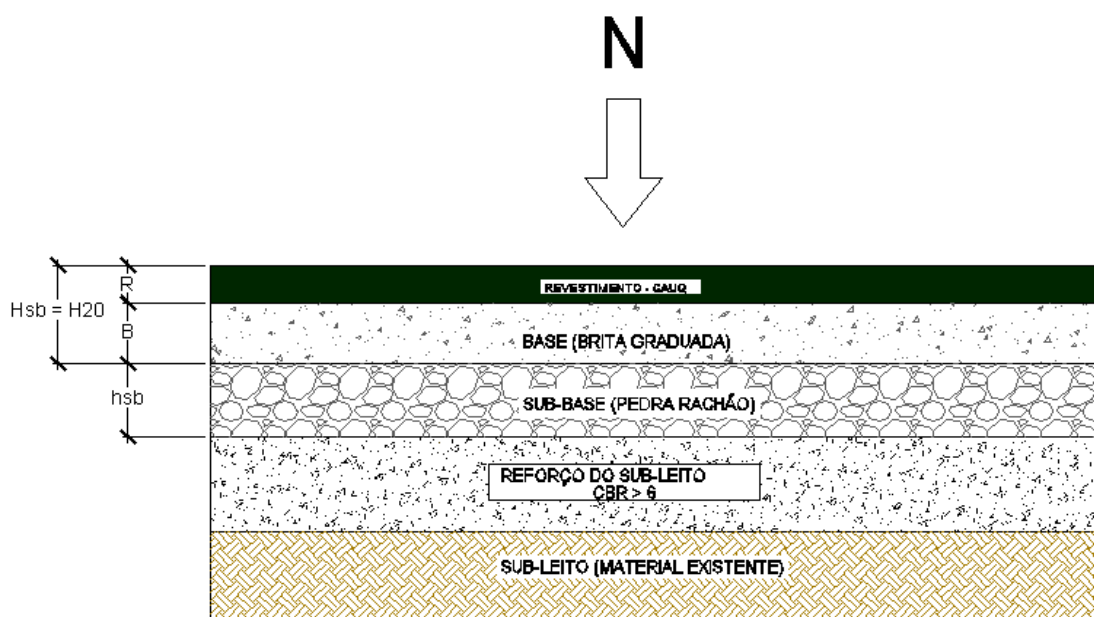


Figura 1 –Camadas do leito de rodagem

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.



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

- 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 esta no quadro final.

***e) Estudo de tráfego***

Para a estimativa de tráfego de pavimentação da Rua Rodolfo Vieira Pamplona foi utilizado o volume de tráfego estimado para o trecho anterior (Rua Fernando Krauss /Avenida Santa Catarina) considerando que parte deste fluxo será desviado para o Anel de Contorno Viário Urbano, pela futura ligação da Avenida Santa Catarina passando pela Rua Rodolfo Vieira Pamplona até a Rua Fernando Krauss.

Para a taxa de crescimento foi utilizado o Relatório de Frota de veículo para o Município de Gaspar disponível no site [http://consultas.detranet.sc.gov.br/Estatistica/Veiculos/winVeiculos.asp?lst\\_municipio=8117&nome\\_munic=GASPAR&lst\\_ano=0&lst\\_mes=3](http://consultas.detranet.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		





ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
 SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

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%

TAXA CRESCIMENTO (5 ANOS) 4,89%

- Símbolos utilizados:

P = Período, vida útil 10 anos

V1 = Volume médio diário de tráfego no ano de abertura;

Vm = Volume médio durante a vida útil;

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

**Previsão de solicitações por veículos**

Solicitações	Veículo				
	Auto	Cam Leve	Cam Médio	Cam Pesado	Ônibus
Semanais	2.065	84	35	21	49
Semanas por ano	52	52	52	52	52
Período Projeto (anos)	10	10	10	10	10
<b>Total</b>	1.073.800	43.680	18.200	10.920	25.480

Ano	Carro passeio (v/d)	Ônibus (v/d)	Caminhões leves (v/d)	Caminhões médios (v/d)	Caminhões pesados (v/d)
2018	295	7	12	5	3
	91,61%	3,73%	1,55%	0,93%	2,17%

$$V_t = 365 * V_1 * \left[ \frac{\left( 1 + \frac{t}{100} \right)^P - 1}{\left( \frac{t}{100} \right)} \right]$$

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

Dados = Volume Atual de Veículo dia (V1=322), Pior situação.

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

P(período de projeto) = 10 anos.

VT (volume total de veículos) =1.177.890veículos.



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

### ***Cálculo do fator veículo (Fv)***

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		0,099	5,97		5,97	12,039
Traseiro Duplo	17				8,549		8,549
<b>Fatores de Veículo (FV)</b>			0,105	6,486	9,065	6,486	

### ***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>	$\Sigma(VMDA \times FV)$	N <sub>Anual</sub>	N <sub>Acumulado</sub>
1	43.680	18.200	10.920	25.480	386.885	3,87E+05	3,87E+05
2	43.680	18.200	10.920	25.480	386.885	3,87E+05	7,74E+05
3	43.680	18.200	10.920	25.480	386.885	3,87E+05	1,16E+06
4	43.680	18.200	10.920	25.480	386.885	3,87E+05	1,55E+06
5	43.680	18.200	10.920	25.480	386.885	3,87E+05	1,93E+06
6	43.680	18.200	10.920	25.480	386.885	3,87E+05	2,32E+06
7	43.680	18.200	10.920	25.480	386.885	3,87E+05	2,71E+06
8	43.680	18.200	10.920	25.480	386.885	3,87E+05	3,10E+06
9	43.680	18.200	10.920	25.480	386.885	3,87E+05	3,48E+06
10	43.680	18.200	10.920	25.480	386.885	3,87E+05	<b>3,87E+06</b>

$$N = 3,87 \times 10^6.$$

### ***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>	$\Sigma(VMDA \times FV)$	N <sub>Anual</sub>	N <sub>Acumulado</sub>
1	43.680	18.200	10.920	25.480	386.885	3,87E+05	3,87E+05
2	45.816	19.090	11.454	26.726	405.803	4,06E+05	7,93E+05
3	48.056	20.023	12.014	28.033	425.647	4,26E+05	1,22E+06
4	50.406	21.003	12.602	29.404	446.461	4,46E+05	1,66E+06
5	52.871	22.030	13.218	30.842	468.293	4,68E+05	2,13E+06
6	55.457	23.107	13.864	32.350	491.193	4,91E+05	2,62E+06
7	58.168	24.237	14.542	33.932	515.212	5,15E+05	3,14E+06
8	61.013	25.422	15.253	35.591	540.406	5,40E+05	3,68E+06
9	63.996	26.665	15.999	37.331	566.832	5,67E+05	4,25E+06



10	67.126	27.969	16.781	39.157	594.550	5,95E+05	<b>4,84E+06</b>
----	--------	--------	--------	--------	---------	----------	-----------------

$$N = 4,84 \times 10^6.$$

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

## **7. 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  $\geq 6\%$
  - Expansão  $\leq 2 \%$
- Para camada de reforço do subleito:
  - Utilizar material cujo CBR seja maior do que o CBR do material do Subleito – CBR  $\geq 8\%$ .
  - Expansão  $\leq 1 \%$
- 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  $\geq 80$  (para  $N \geq 5 \times 10^6$ );
  - IS ou CBR  $\geq 60$  (para  $N < 5 \times 10^6$ );
  - Expansão menor que 0,5%;
  - Limite de liquidez menor do que 25%;



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

- 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 do eixo padrão que no caso deste trabalho o valor  $N_{projeto} = 8,8 \times 10^6$ .

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.



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

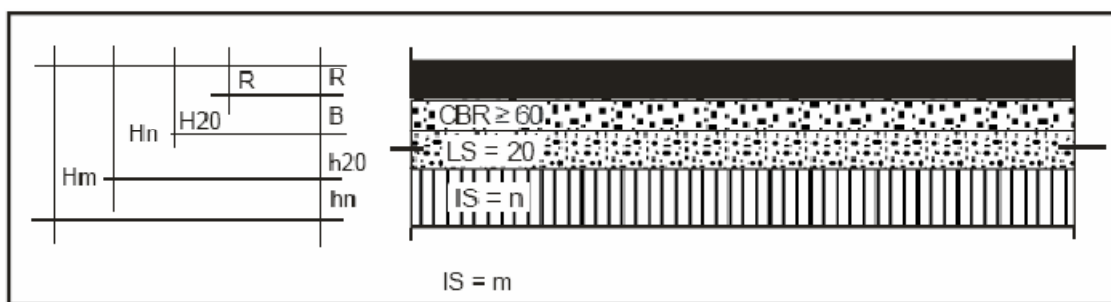


Figura 2 – Simbologia das camadas

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:



ESTADO DE SANTA CATARINA  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR**  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

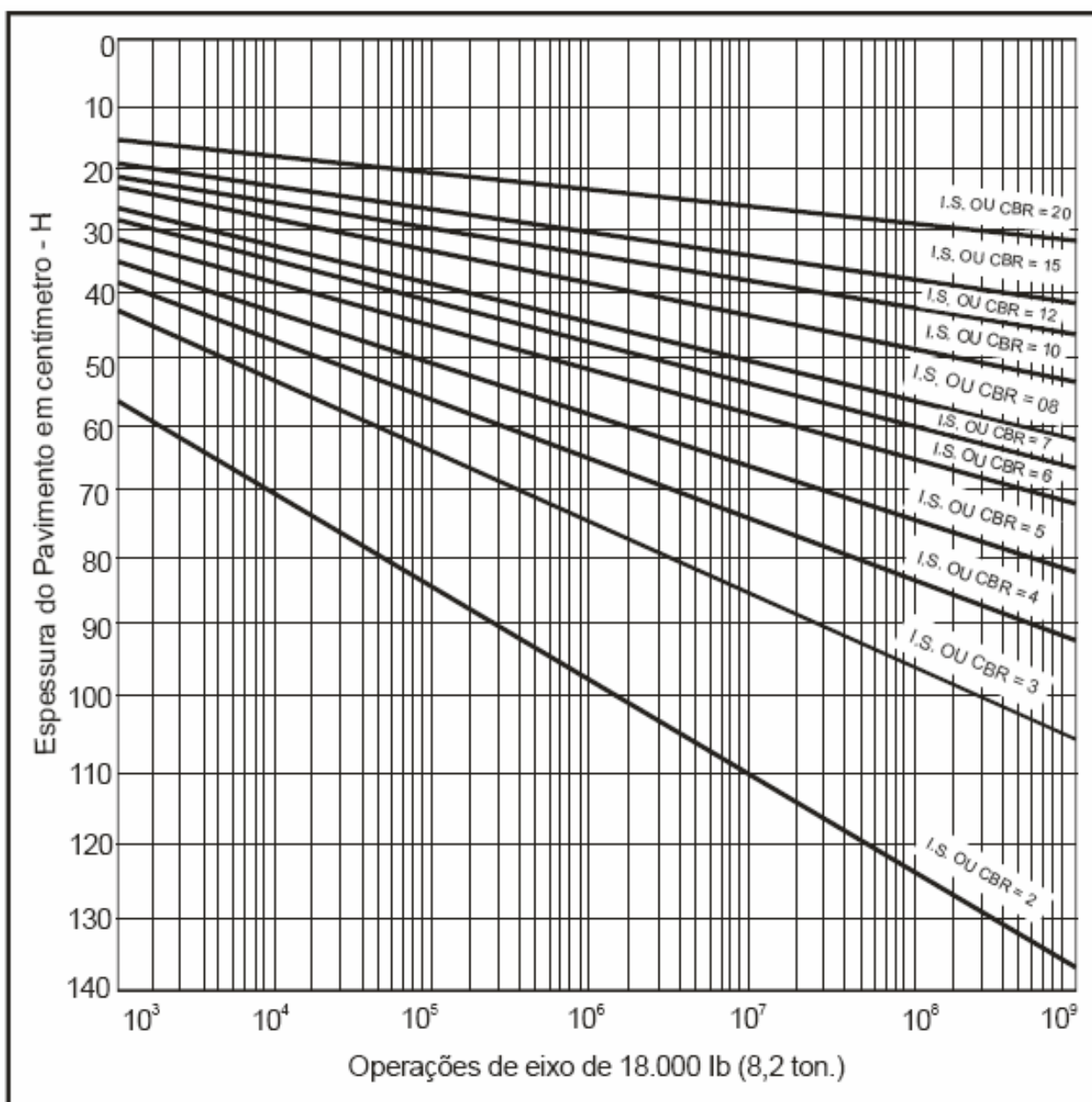


Figura 3 - Âbaço para dimensionamento

- **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:

$$R_{CAUQ} \times K_R + B \times K_B \geq H_{20}$$
$$5,0 \times 2,0 + B \times 1,1 \geq 23$$
$$B = 11,8 \text{ cm} \therefore \mathbf{B_{ADOTADO} = 15,0 \text{ cm}}$$

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:

$$R_{CAUQ} \times K_R + B \times K_B + h_{SB} \times K_{SB} \geq H_{SB}$$
$$5 \times 2,0 + 15 \times 1,1 + h_{SB} \times 1,0 \geq 50$$
$$h_{SB} = 23,50 \text{ cm} \therefore \mathbf{h_{SB ADOTADO} = 25,0 \text{ cm}}$$

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

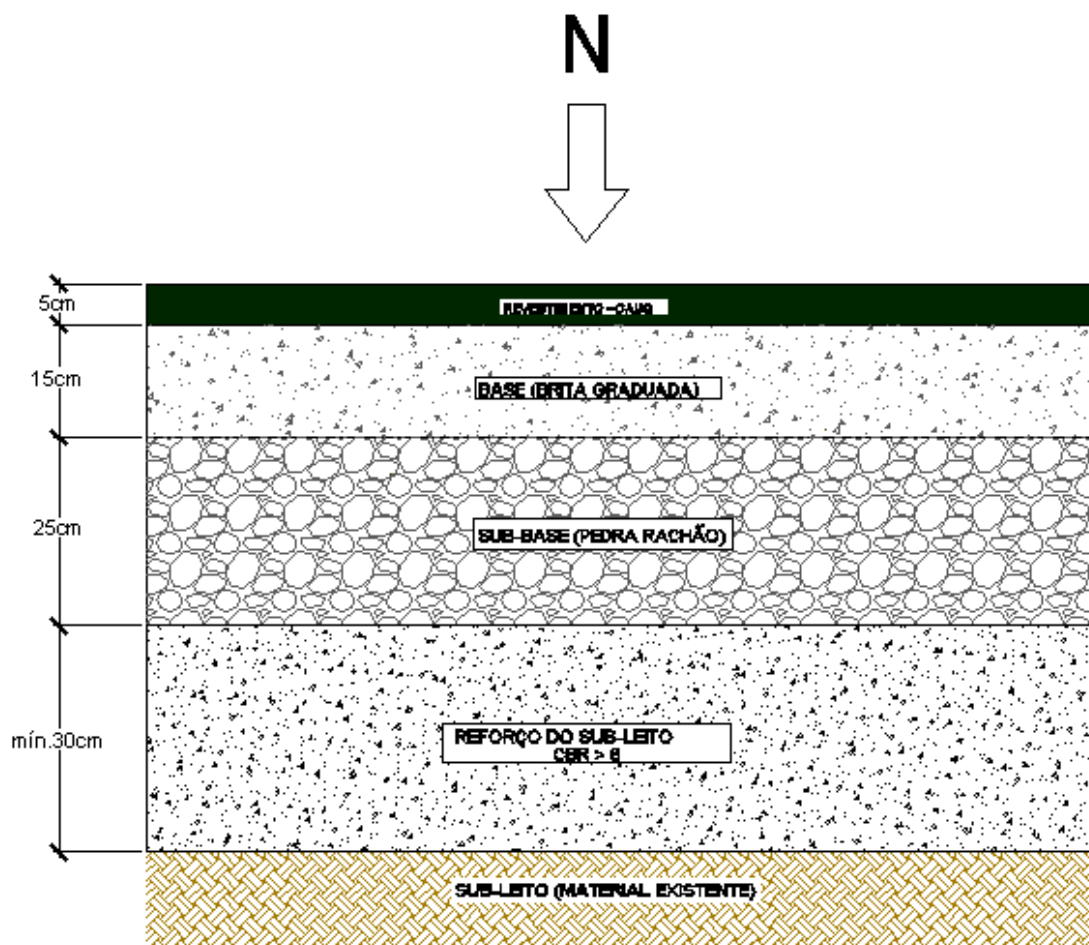
Equação 3:

$$R_{CAUQ} \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_s + h_n \times K_{ref} \geq H_m$$
$$5 \times 2,0 + 15 \times 1,1 + 25 \times 1,0 + h_n \times 0,7 \geq 72$$
$$h_n \geq 29,2 \text{ cm} \therefore \mathbf{h_{reforço ADOTADO} = 30,0 \text{ cm}}$$

OBS.: “H<sub>m</sub>” foi tirado do gráfico apresentado pelo autor em função de N.



## DIMENSIONAMENTO FINAL



Gaspar, 25 junho de 2018.

**Mariana Andreazza Bernardi Diehl**

Engenheira Civil – Crea-SC 092.398-9