

**MEMORIAL DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO  
LOTEAMENTO SÍLVIO FRUCTUOSO DE MELLO COELHO  
VILA HERMÍNIA**

**RIBEIRÃO DO PINHAL – PR**

**MÊS: NOVENBRO  
ANO: 2021**

Prédio da Prefeitura Municipal de Ribeirão do Pinhal/PR, 23 de Novembro de 2021.

---

Eng. Civil João Vitor Siqueira Santos  
CREA: PR – 152.855/D

SUMÁRIO

1 – REQUERENTE.....01

2 – RESPONSÁVEL TÉCNICO.....01

3 – METODOLOGIA.....02

5 – DIMENSIONAMENTO.....10

## **1 – REQUERENTE**

Nome: Prefeitura Municipal de Ribeirão do Pinhal

Endereço: Rua Paraná, nº 983

Bairro: Centro

Estado: Paraná

CEP: 86.490-000

CNPJ: 76.968.064/0001-42

Fone: (43) 3551-8300

## **2 – RESPONSÁVEL TÉCNICO**

Nome: João Vitor Siqueira Santos

Cargo: Engenheiro Civil

Registro Profissional: CREA PR-152.855/D

Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) de projeto: nº 1720215130794

E-mail: pinhalengenharia@outlook.com

Fone: (43) 3551-8300

### **3 – METODOLOGIA**

Esta memorial de dimensionamento de pavimento asfáltico foi realizado em conformidade com o Art. 7º da Resolução nº 218, de 29 de Junho de 1973, do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia - CONFEA, que discrimina as atribuições do Engenheiro Civil.

#### **I – DO TIPO DE SOLO**

No que diz respeito ao tipo de solo do local da obra, trata-se da formação serra geral, constituída de solos basálticos (rochas eruptivas básicas de cor cinza escuro, granulação fina, intensamente fraturadas). Neste caso em específico, trata-se de latossolo vermelho escuro eutrófico, formado pela mistura, em proporções variadas, dos resíduos intemperizados do arenito botucatu e das rochas do derrame basáltico (basaltos). Caracteristicamente, são solos que podem ser considerados como os melhores para o uso agrícola pois são resistentes a erosão, não apresentam problemas de mecanização, possuem boa capacidade de armazenamento de água e fertilidade natural bastante favorável.

Tais informações são provenientes do estudo de tipos de solo do Município de Ribeirão do Pinhal, realizado quando da elaboração do Plano Diretor Municipal, referindo-se à prancha nº 03 elaborada pelo Arquiteto José Luís Faraco, CREA/SP 72.622/D, em 01/06/2006.

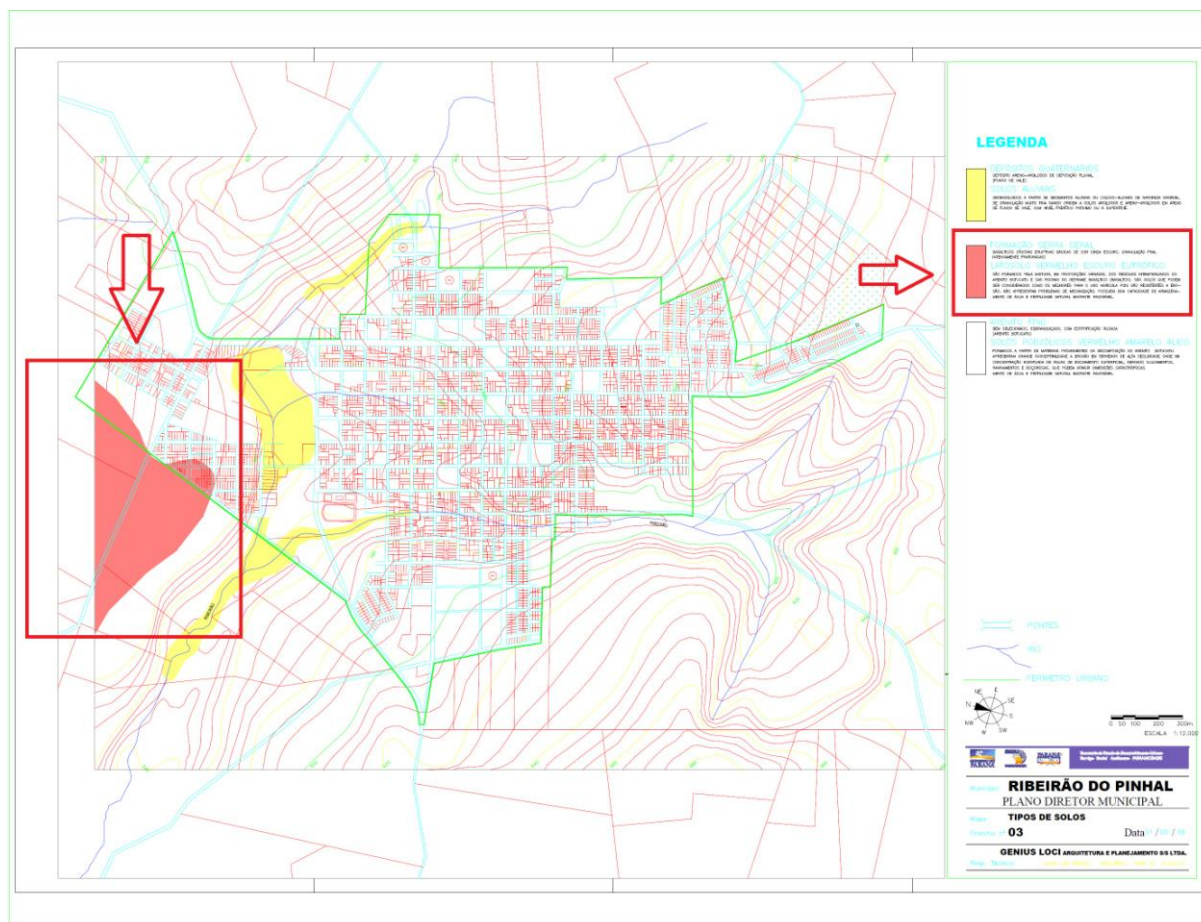


Figura 1 - Prancha 03 - Tipos de Solos - Plano Diretor Municipal, destacando a área correspondente ao Loteamento Sílvio Frutuoso de Mello Coelho.

## II – DO MÉTODO

O Manual de Pavimentação do DNIT apresenta 2 métodos de dimensionamento para pavimentos flexíveis, sendo:

*Método DNER;*

*e Análise Mecanística.*

Neste dimensionamento foi utilizado método do DNER, o qual tem como base o trabalho “Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume”, da autoria do USACE (United States of America Corps of Engineers) – Corpo de Engenheiros do Exército Americano e conclusões obtidas na pista experimental da AASHTO.

Este método adota coeficientes de equivalência estrutural, os quais também foram obtidos na pista experimental da AASHTO com algumas modificações que foram consideradas oportunas.

As camadas do pavimento flexível são dimensionadas em função do tipo de material constituinte e da sua respectiva capacidade de suporte e também do subleito.

Tal capacidade de suporte do subleito e dos materiais é definida pelo ensaio de CBR, o qual é preconizado pelo DNER e normatizado pelo Método de Ensaio ME 172/2016, onde corpos-de-prova são moldados em laboratório para as condições de massa específica aparente e umidade especificada para o serviço. Porém, tendo em vista que o Município de Ribeirão do Pinhal não disponha de dados provenientes do teste supramencionado, foram extraídas as informações necessárias do estudo de solo mencionado anteriormente, guardadas as devidas proporções.

Os materiais devem ser compactados de acordo com os valores fixados nas “Especificações Gerais”, sendo recomendado que em nenhum caso, o grau de compactação deve ser inferior a 100% do que for especificado.

O método também recomenda que solos granulares com granulação grossa, deve ser aplicada uma energia de compressão correspondente ao Proctor Modificado.

### CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

As características dos materiais por camadas devem ser as seguintes:

#### *Subleito:*

- CBR  $\geq 2\%$ ; e
- Expansão  $\leq 2\%$ . Reforço do Subleito:
- CBR maior que o do subleito; e Expansão  $\leq 1\%$ .

#### *Subbase:*

- CBR  $\geq 20\%$ ; e
- Expansão  $\leq 1\%$ . Base:

Quando o número “N”  $> 5 \times 10^6$ , então:

- CBR  $\geq 80\%$ ;
- Expansão  $\leq 0,5\%$ ;
- Limite de Liquidez (LL)  $\leq 25\%$ ; e Índice de Plasticidade (IP)  $\leq 6\%$ .

Quando o número “N”  $\leq 5 \times 10^6$ , então:

- CBR  $\geq 60\%$ ; e
- Faixas Granulométricas > E e F.

## METODOLOGIA

Além dos materiais, o dimensionamento do pavimento também leva em consideração o efeito destrutivo do tráfego que é representado pelo número equivalente de operações de um eixo tomado como padrão, durante o período de projeto escolhido.

De posse das informações das camadas constituintes e do número “N”, o próximo passo é determinar os coeficientes de equivalência estrutural para as diferentes camadas que irão constituir o futuro pavimento. De acordo com o tipo de material é possível determinar o coeficiente através da tabela da Figura 1, tal

coeficiente varia de 2 para bases ou revestimento com material betuminoso até 1 para as camadas granulares.

Figura 1 – Coeficientes de Equivalência Estrutural



Componentes do pavimento	Coeficiente K
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

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT, os coeficientes estruturais são designados por:

- Revestimento: KR;
- Base: KB;
- Sub base: KS;
- Reforço: KRef.

## SEQUÊNCIA DE CÁLCULOS

O primeiro passo para definição das camadas é escolher o tipo de revestimento, o qual está diretamente relacionado com o esforço do tráfego indicado



pelo número “N”. A Figura 2 apresenta a tabela na qual o tipo e a espessura mínima do revestimento são definidos.

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

Figura 2 – Definição do Tipo e Espessura do Revestimento

Tentando ser o mais didático possível para facilitar o entendimento, o próximo passo para dimensionamento do pavimento é definir as espessuras das camadas utilizando inequações pré-definidas no método (Figura 3) e pelas curvas indicadas na Figura 5, as quais determinam a espessura de material que deve estar sobre uma camada considerando parâmetros de tráfego e de suporte dos materiais constituintes.

$$\begin{aligned}
 RK_R + BK_B &\geq H_{20} \\
 RK_R + BK_B + h_{20} K_s &\geq H_n \\
 RK_R + BK_B + h_{20} K_s + h_n K_{Ref} &\geq H_m
 \end{aligned}$$

Figura 3 – Inequações para determinação das Espessuras das Camadas

Onde,

- R = Espessura do revestimento;
- B = Espessura da camada de base;
- H20 = Espessura sobre a camada de sub base;
- h20 = Espessura da camada de sub base;

- $H_n$  = Espessura sobre a camada de reforço do subleito;
- $h_N$  = Espessura da camada de reforço do subleito;
- $H_M$  = Espessura sobre a camada de subleito;

A figura 4 ajuda no melhor entendimento dos índices apresentados.

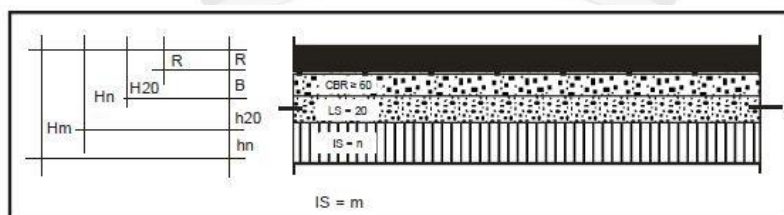


Figura 4 – Definição das espessuras das camadas

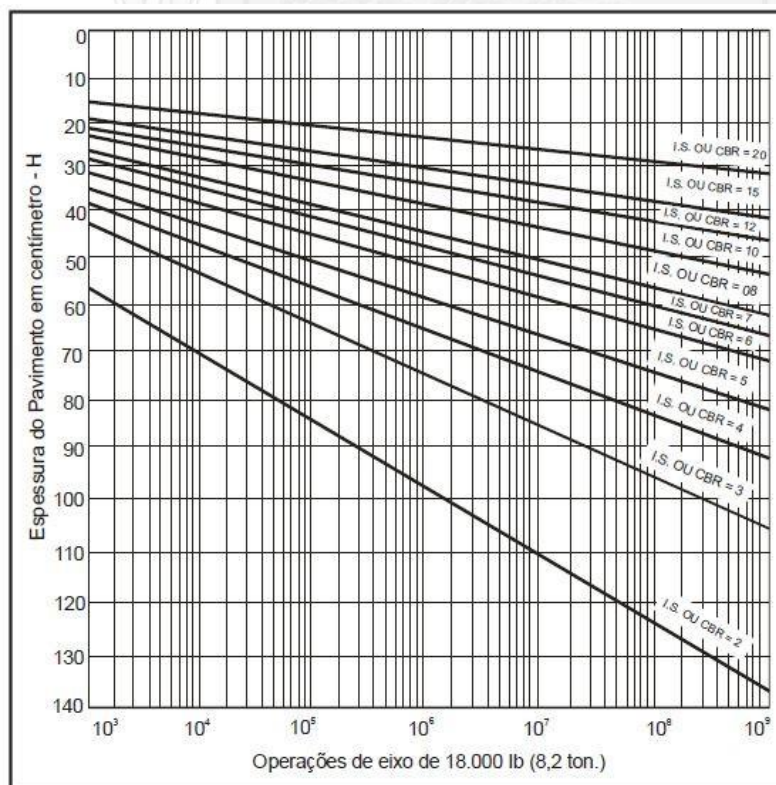


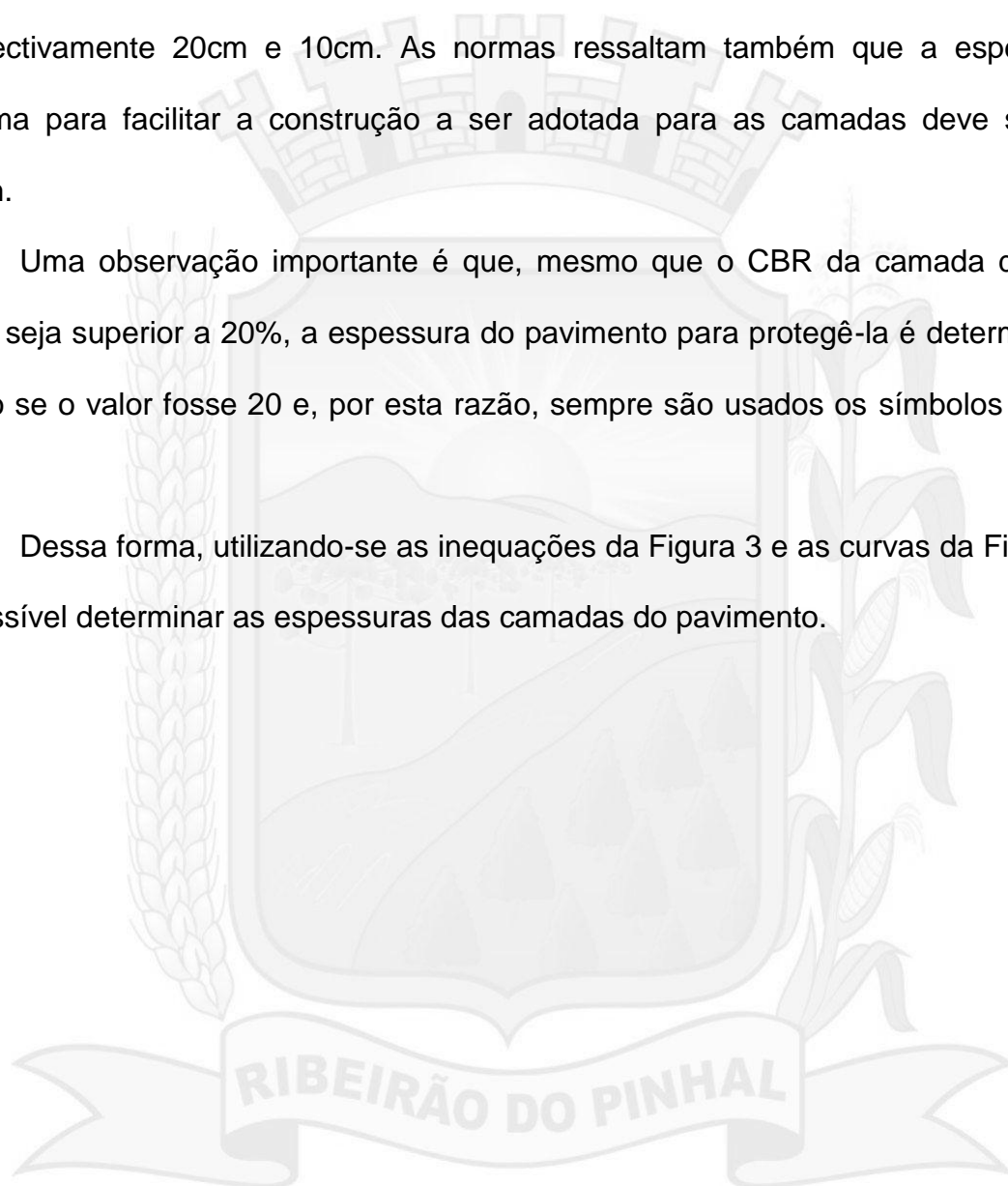
Figura 5 – Curvas para determinação das espessuras das camadas

Para facilitar o entendimento, na Figura 5 o eixo das abscissas apresenta a potência de 10 do número “N” e o eixo das ordenadas apresenta a espessura máxima que deve existir sobre a camada estudada.

É importante ressaltar que as normas apresentam que as espessuras máximas e mínimas que devem ser adotadas para cada camada são respectivamente 20cm e 10cm. As normas ressaltam também que a espessura mínima para facilitar a construção a ser adotada para as camadas deve ser de 15cm.

Uma observação importante é que, mesmo que o CBR da camada de sub base seja superior a 20%, a espessura do pavimento para protegê-la é determinada como se o valor fosse 20 e, por esta razão, sempre são usados os símbolos H20 e h20.

Dessa forma, utilizando-se as inequações da Figura 3 e as curvas da Figura 5 é possível determinar as espessuras das camadas do pavimento.



## 4 – DO DIMENSIONAMENTO

No dimensionamento do pavimento flexível em questão, foram considerados os seguintes parâmetros pré-estabelecidos: as camadas de base e sub base devem ser consideradas como granulares.

VALORES DE "N" TABELADOS POR TIPO DE VIA							
Tipo de Via	Tipo de Tráfego Previsto	Período de Projeto (anos)	Volume Diário Médio (VDM)		Equivalente / Veículo	Faixa para "N"	"N" Característico
			Veículos Leves	Caminhão ou Ônibus			
Via Local	Leve	10	100 a 400	4 a 20	1,5	2,70x10 <sup>4</sup>	1,0x10 <sup>5</sup>
						a	
						1,40x10 <sup>5</sup>	
Via Local e coletora secundária	Médio	10	401 a 1.500	21 a 100	1,5	1,40x10 <sup>5</sup>	7,0x10 <sup>5</sup>
						a	
						1,00x10 <sup>6</sup>	
Vias coletoras e estruturais	Meio Pesado	10	1.500 a 5.000	101 a 300	2,3	1,40x10 <sup>6</sup>	2,0x10 <sup>6</sup>
						a	
						3,10x10 <sup>6</sup>	
	Pesado	12	5.001 a 10.000	301 a 1.000	5,9	1,0x10 <sup>7</sup>	2,0x10 <sup>7</sup>
						a	
						3,30x10 <sup>7</sup>	
	Muito Pesado	12	>10.000	1.001 a 2.000	5,9	3,30x10 <sup>7</sup>	5,0x10 <sup>7</sup>
						a	
						6,70x10 <sup>7</sup>	
Faixa Exclusiva de Ônibus	Volume Médio	12	-	<500		3,0x10 <sup>6</sup>	1,0x10 <sup>7</sup>
	Volume Pesado	12	-			5,0x10 <sup>7</sup>	5,0x10 <sup>7</sup>

OBS: De acordo com estudo realizado pela equipe Técnica da Prefeitura Municipal o Volume Diário Médio de Tráfego se Enquadra com "N" = 10<sup>6</sup>

ESPESSURA DE REVESTIMENTO POR FAIXA DE NUMERO "N"					
N			Tipo do Revestimento	Esp.mínima (cm)	
N	≤	10 <sup>6</sup>	Tratamentos Superficiais Betuminosos	de 1,5 à 3,5	
10 <sup>6</sup>	< N ≤	5x10 <sup>6</sup>	Concreto Betuminoso	5	
5x10 <sup>6</sup>	< N ≤	10 <sup>7</sup>	Concreto Betuminoso	7,5	
10 <sup>7</sup>	< N ≤	5x10 <sup>7</sup>	Concreto Betuminoso	10	
N	>	5x10 <sup>7</sup>	Concreto Betuminoso	12,5	
ESPESSURA PARA REVESTIMENTO SUPERFICIAIS					
Tipo	Descrição		Esp. Mín. Tratam. (cm)	Esp.mín de Capa Selante (cm)	Espessura Total (cm)
TSS	Tratamento Superficial Simples		1	0,5	1,5
TSD	Tratamento Superficial Duplo		2	0,5	2,5
TST	Tratamento Superficial Triplo		3	0,5	3,5

Considerando tratar-se de um latossolo vermelho escuro, isto é, um solo argiloso de resistência média, conforme tabela da NBR 7250 abaixo:

**Tabela dos estados de compactidade e de consistência**

Solo	Índice de resistência à penetração N	Designação <sup>1)</sup>
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	> 40	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	> 19	Dura (o)

<sup>1)</sup> As expressões empregadas para a classificação da compactidade das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos.

Assim, adotando-se um número de SPT médio de aproximadamente 6,76, aplicando-se nas fórmulas de equivalência abaixo, obteremos um CBR para o sub-leito:

$$\log \text{CBR} = -5.13 + 6.55 (\log \text{SPT})^{-0.26}$$

$$\text{CBR} = 10^{(-5.13 + 6.55 (\log \text{SPT})^{-0.26})}$$

**1 - DADOS DE ENTRADA**

- CBR SUB-LEITO:

**55,60**

- ESPESSURA MÍNIMA DO REVESTIMENTO(cm):

**2,50**

- OPERAÇÃO DE EIXO PADRÃO (N):

**1.000.000,00**

- COEFICIENTES

Kr Tratamento Superficial Duplo  
Kref Reforço de Subleito com material granular  
Ksb Sub-Base com material granular  
Kb Base com material granular

**2 - DIMENSIONAMENTO**

- ALTURA TOTAL DO PAVIMENTO

$$H_{20} = 77,67 \times N^{0,0482} \times (-0,598) = 20$$

$$H_{20} = 25,20 \text{ cm}$$



$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482 - 0,598} \times CBRH_t = 13,67 \text{ cm}$$

- ESPESSURA DA BASE

$$R \times K_r + B \times K_b \geq H_{20B} = 22,20 \text{ cm}$$

- ESPESSURA DA SUB-BASE

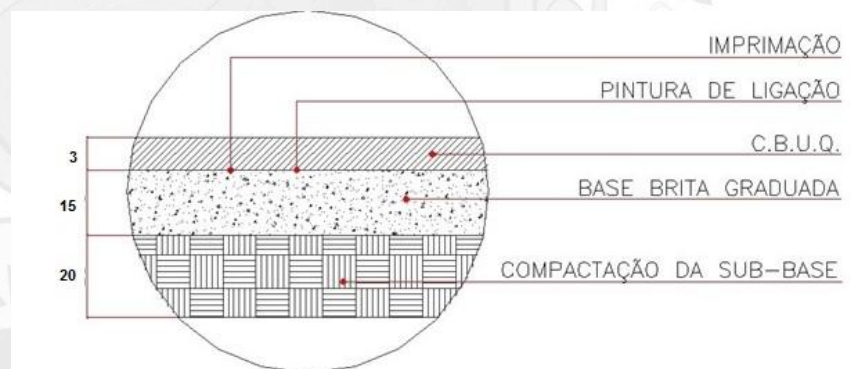
$$R \times K_r + B \times K_b + h_{20} \times K_{sb} \geq H_{th20} = -11,66 \text{ cm}$$

- ESPESSURA DO REFORÇO DE SUB-LEITO

$$R \times K_r + B \times K_b + h_{20} \times K_{sb} + h_n \times K_{ref} \geq H_{thn} = -13,14 \text{ cm}$$

ESPESSURA DA BASE DO PAVIMENTO **20,00 cm**

Portanto, adotou-se uma espessura ideal de 20,00 cm para a base do pavimento, devendo apresentar no mínimo **15,00 cm**, e uma espessura média de **3,00 cm** para o revestimento asfáltico (espessura mínima de 2,50 cm), conforme figura abaixo. Ainda que, em virtude do baixo volume de tráfego das vias locais, seria bastante o Tratamento Superficial Duplo (TSD), optou-se pela aplicação de cimento betuminoso usinado à quente (CBUQ), haja vista sua comprovada maior durabilidade e melhor desempenho.



Ribeirão do Pinhal, 23 de Novembro de 2021.

Eng. Civil João Vitor Siqueira Santos  
CREA: PR – 152.855/D