



MUNICÍPIO DE PATO BRANCO
Secretaria de Engenharia e Obras
Rua Caramuru, 271 – Centro
85501-060 – Pato Branco – PR
Fone (46) 3223-2509
e-mail: engenharia@patobranco.pr.gov.br

MEMORIAL DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO

APRESENTAÇÃO

OBRA

Trata-se da execução de pavimentação asfáltica sobre um trecho de revestimento primário e um trecho em pedras poliédricas em via rural do Município de Pato Branco, iniciando a partir da BR 158 na Linha Duque de Caxias até a divisa da Linha Piacentini em direção a Comunidade Quebra. O projeto atende a extensão de 5.200,00m de extensão com largura média de 6,00m e uma área de 31.200m² de pavimentação.

PROPRIETÁRIO

Município de Pato Branco.

DIMENSIONAMENTO

Os estudos de dimensionamento de pavimentação asfáltica foram realizados seguindo o método do Engenheiro Murillo Lopes que é baseado no ensaio CBR e preconizado pelo DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

Como parâmetro para o dimensionamento da estrutura do pavimento foi utilizado o levantamento de tráfego realizado pela Secretaria de Agricultura. A solicitação diária é composta por:

- 120 veículos;
- 10 caminhões;

- 4 ônibus;
- 60 caminhões em período de safra*

VOLUME MÉDIO

Considerando que os períodos de safra ocorrem durante aproximadamente 3 meses do ano, o volume extra de solicitações de caminhões carregados foi diluído no período do ano inteiro, permitindo o cálculo do volume médio de tráfego diário.

$$Vm = \frac{V1[2 + (P - 1)t/100]}{2}$$

Onde:

- Vm = Volume médio diário no período;
- V1 = Volume médio diário de tráfego no ano de abertura;
- P = Período;
- t = Taxa de crescimento.

Assim:

$$Vm = \frac{149 * [2 + (10 - 1)5/100]}{2}$$

$$Vm = 182,525$$

VOLUME TOTAL DE TRÁFEGO

Em progressão aritmética, o volume total é dado pela expressão:

$$Vt = 365 * P * Vm$$

Onde:

- Vt = Volume total de tráfego durante o período;
- P = período;
- t = Taxa de crescimento anual

Assim:

$$Vt = 365 * 10 * 182,525$$

$$Vt = 666.216,25$$

FATOR DE EIXO

É dado pela expressão:

$$FE = \left(\frac{p2}{100}\right) * 2 + \left(\frac{p3}{100}\right) * 3 + \left(\frac{pn}{100}\right) * n$$

Onde:

- FE = Fator de Eixo;
- p2 = Porcentagem de veículos de 2 eixos;
- p3 = Porcentagem de veículos de 3 eixos;
- pn = Porcentagem de veículos de n eixos;

Assim:

$$FE = \left(\frac{10}{100}\right) * 2 + \left(\frac{30}{100}\right) * 3 + \left(\frac{60}{100}\right) * 4$$
$$FE = 3,5$$

FATOR DE CARGA

É dado pela expressão:

$$FC = \frac{\text{Equivalência de Operações}}{100}$$

As tabelas a seguir apresentam os valores considerados para o cálculo:

Equivalência Operacional				
Eixo Simples Carga por eixo (ton)	% veículos	nº Veículos	Fator de equivalência estrutural	Equivalência de operações
<5	10%	14,9	0,05	0,745
6				
Eixo Tandem Carga por eixo (ton)	% veículos	nº Veículos	Fator de equivalência estrutural	Equivalência de operações
12	30%	44,7	1,3	58,11
17	60%	89,4	7	625,8
Total	100%	149		684,655

Eixo Simples Carga por eixo (tf)	FEC - fator de equivalência estrutural (f)	Eixo em Tandem Carga por eixo (tf)	FEC - fator de equivalência estrutural (f)
1	0,0004	1	0,001
2	0,004	2	0,002
3	0,02	3	0,005
4	0,05	4	0,01
5	0,1	5	0,02
6	0,2	6	0,06
7	0,5	7	0,1
8	1	8	0,2
9	2	9	0,4
10	3	10	0,6
11	6	11	0,7
12	9	12	1,3
13	15	13	2
14	25	14	3,1
15	40	15	4
16	50	16	6
17	80	17	7
18	110	18	10
19	200	19	15
20	260	20	20
		21	30
		22	35
		23	45
		24	55
		25	70
		26	80
		27	100
		28	130
		29	160
		30	190

Os "Pesos Máximos por Eixo" conforme definição da Resolução nº 210/06 do CONTRAN são apresentados a seguir:

EIXO ou CONJUNTO DE EIXOS	RODAGEM	SUSPENSÃO	ENTRE-EIXOS (m)	CARGA (kg)	TOLERÂNCIA (7,5%)
Isolado	simples	direcional	-	⁽¹⁾ 6.000	6.450
Isolado	simples	direcional	-	^(2,3) 6.000	6.450
Isolado	dupla	-	-	10.000	10.750
Duplo	simples	direcional	-	12.000	12.900
Duplo	dupla	tandem	>1,20 ou ≤ 2,40	17.000	18.280
Duplo	dupla	não em tandem	>1,20 ou ≤ 2,40	15.000	16.130
Duplo	simples+dupla	especial	< 1,20	9.000	9.680
Duplo	simples+dupla	especial	>1,20 ou ≤ 2,40	13.500	14.520
Duplo	Extralarga ⁽⁴⁾	pneumática	>1,20 ou ≤ 2,40	17.000	18.280
Tripla ⁽³⁾	dupla	tandem	>1,20 ou ≤ 2,40	25.500	27.420
Tripla ⁽³⁾	Extralarga ⁽⁴⁾	pneumática	>1,20 ou ≤ 2,40	25.500	27.420

- (1) Para rodas com diâmetro inferior ou igual a 830 mm.
(2) observada a capacidade e os limites de peso indicados pelo fabricante dos pneumáticos e diâmetro superior a 830 mm.
(3) aplicável somente a semi-reboques.
(4) pneu single (385/65 R 22,5) aplicável somente a semi-reboques e reboques conforme a Resolução nº 62 de 22/05/98 do CONTRAN. A utilização de outros tipos de pneumáticos "single" estará sujeita à Autorização Provisória Experimental - APEX (art. 2º da Resolução Nº 62).

Assim:

$$FC = \frac{684,655}{100}$$

$$FC = 6,85$$

FATOR CLIMÁTICO

Para uma média anual de chuva maior que 1.500mm, adota-se o Fator Climático (FR) = 1,8.

CÁLCULO DO NÚMERO N

O número de operações de eixo padrão (N) é dado pela expressão:

$$N = Vt * FE * FC * FR$$

$$N = 666.216,25 * 3,5 * 6,85 * 1,8$$

$$N = 2,87E7$$

CÁLCULO DA ESPESSURA TOTAL DO PAVIMENTO

A altura total do pavimento pode ser determinada em função do número N e do CBR, através da equação:

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

O ensaio de CBR foi realizado em 3 locais distintos da via e para o dimensionamento do pavimento adotou-se o pior caso, CBR = 10,9%.

Assim:

$$H_n = 77,67 \times (2,87E7)^{0,0482} \times (10,9)^{-0,598}$$

$$H_n = 42,60 \text{ cm}$$

DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DO PAVIMENTO

REVSTIMENTO

Em função do número N determina-se a espessura mínima do revestimento betuminoso, conforme a tabela a seguir:

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

Neste dimensionamento o número N encontra-se na faixa $10^7 < N \leq 5 \times 10^7$. Sendo assim, a espessura mínima do revestimento betuminoso é de 10,0cm.

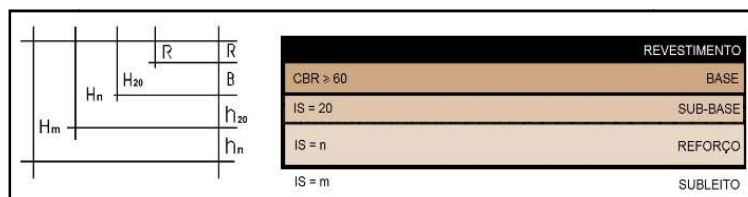
CAMADAS GRANULARES – BASE E SUB-BASE

Mesmo que o CBR das camadas de base e sub-base sejam maiores de 20%, a determinação das suas espessuras é realizada considerando que o CBR dos materiais seja igual a 20%, garantindo, assim, a integridade da camada de revestimento. Por esta razão, no ábaco que relaciona o número de operações de eixo padrão (N) com a espessura do pavimento, utiliza-se o CBR dos materiais granulares igual a 20%.

A determinação das espessuras das camadas granulares é feita pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$R*KR + B*KB \geq H_{20} \quad (\text{para base})$$

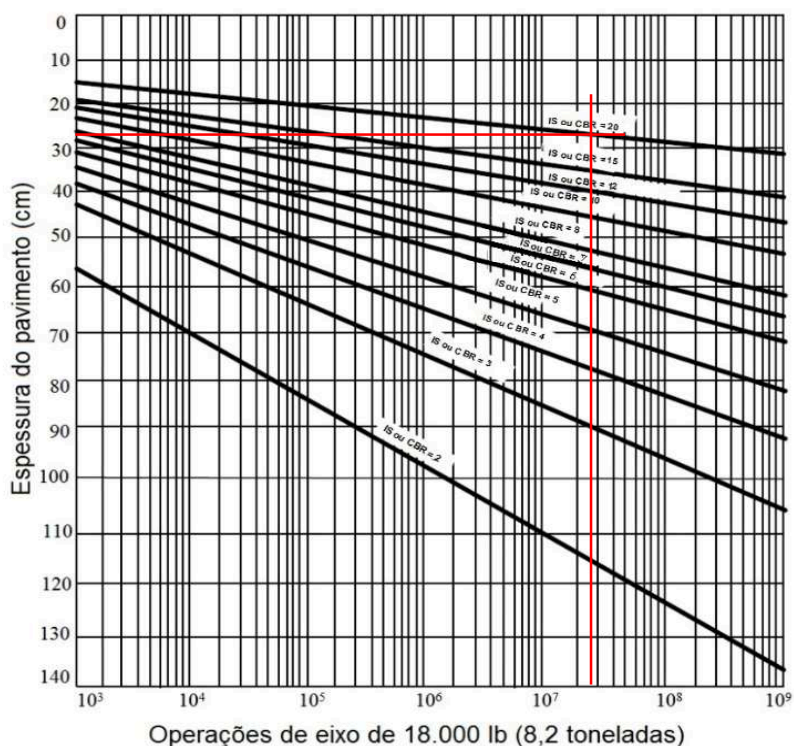
$$R*KR + B*KB + h_{20}*K_{SB} \geq H_n \quad (\text{para sub-base})$$



Onde:

- R = Espessura do revestimento;
- B = Espessura da base;
- h₂₀ = Espessura da sub-base;
- H₂₀ = Espessura das camadas de revestimento e base;
- H_n = Espessura das camadas de revestimento, base e sub-base;
- KR = Coeficiente de equivalência estrutural do revestimento;
- KB = Coeficiente de equivalência estrutural da base;
- KSB = Coeficiente de equivalência estrutural da sub-base.

Componentes do pavimento	Coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,0
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,7
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,4
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,2
Camadas granulares	1,0
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm ²	1,7
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm ² e 28 kg/cm ²	1,4
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm ² e 21 kg/cm ²	1,2



Assim, para a camada de base:

$$R*KR + B*KB \geq H20$$

$$10,0*2 + B*1 \geq 28$$

$$B \geq 8,0\text{cm}$$

Para base de brita graduada, se obtém espessura de 8,00cm. Já para a camada de sub-base:

$$R*KR + B*KB + h20*KSB \geq Hn$$

$$10,0*2 + 8,0*1 + h20*1 \geq 42,6$$

$$h20 \geq 14,6$$

Para sub-base de rachão com preenchimento, adota-se uma espessura de 15,0cm. Assim, a espessura total das camadas seria 10,0cm de revestimento betuminoso, 8,0cm de base de brita graduada e 15,0cm de sub-base de rachão.

ADEQUAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO

Levando em consideração os detalhes executivos da pavimentação, as espessuras obtidas no dimensionamento tornam-se inviáveis. Sendo assim, será aumentada a espessura da camada de sub-base de 15,0cm para 20,0cm, o que representa um aumento de 5,0cm. Já no que diz respeito à camada de base será aumentada de 8,0cm para 15,0cm, o que representa um acréscimo de 7,0cm de espessura.

Devido ao aumento das espessuras de base e sub-base, admite-se o redimensionamento da camada de revestimento respeitando as espessuras mínimas exigidas.

$$R*KR + B*KB + h20*KSB \geq Hn$$

$$5,0*2 + 15,0*1 + 20,0*1 \geq 42,6$$

$$45,0\text{cm} \geq 42,6\text{cm}$$

Assim, a camada de revestimento betuminoso teria espessura de 5,0cm, a camada de base de brita graduada de 15,0cm e a camada de sub-base de rachão teria espessura de 20,0cm.

A estrada a ser asfaltada foi dividida em 2 trechos, o primeiro de calçamento e o segundo de terra. Assim, devido à existência de calçamento poliédrico no primeiro trecho, o mesmo será utilizado como material de sub-base, composta por 15,0 cm do calçamento e 25,0cm de brita graduada como base. Já o segundo trecho manteve-se o dimensionamento.

Desta forma, adotou-se a seguinte estrutura para o pavimento do primeiro trecho:

Camada do Pavimento	Material	Espessura (cm)
Revestimento	C.B.U.Q.	5,0
Base	Brita Graduada	25,0
Sub-Base	Calçamento existente	15,0
Espessura Total		45,0

Já para o segundo trecho (de terra), adotou-se a seguinte estrutura para o pavimento:

Camada do Pavimento	Material	Espessura (cm)
Revestimento	C.B.U.Q.	5,0
Base	Brita Graduada	15,0
Sub-Base	Rachão com travamento	20,0
Espessura Total		40,0

Pato Branco, 13 de junho de 2024.

Gustavo Henrique Veronese
Engenheiro Civil
CREA-PR 165.174/D



VERIFICAÇÃO DAS ASSINATURAS



Código para verificação: 14E3-DBB7-F0C2-9570

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:

- ✓ VANESSA CASIRAGHI ZANON (CPF 942.XXX.XXX-20) em 26/06/2024 07:53:17 (GMT-03:00)
Papel: Parte
Emitido por: Sub-Autoridade Certificadora 1Doc (Assinatura 1Doc)

- ✓ GUSTAVO HENRIQUE VERONESE VIEIRA (CPF 093.XXX.XXX-33) em 26/06/2024 08:26:03 (GMT-03:00)
Papel: Parte
Emitido por: Sub-Autoridade Certificadora 1Doc (Assinatura 1Doc)

Para verificar a validade das assinaturas, acesse a Central de Verificação por meio do link:

<https://patobranco.1doc.com.br/verificacao/14E3-DBB7-F0C2-9570>