

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

Introdução

O Projeto de Pavimentação tem por objetivo a definição da seção transversal do pavimento, em tangente e em curva, sua variação ao longo da diretriz de projeto, bem como o estabelecimento do tipo de pavimento, definindo geometricamente as diferentes camadas componentes e estabelecendo os materiais constituintes, especificando valores mínimos e/ou máximos das características físicas e mecânicas desses materiais, equipamentos, processos construtivos, controles de qualidades e outros.

De forma geral, a estrutura dimensionada deverá atender as seguintes características:

- Dar conforto ao usuário que irá trafegar pela rodovia;
- Resistir e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego;
- Resistir aos esforços horizontais; e,
- Ser impermeável, evitando que a infiltração das águas superficiais venha a danificá-la.

Considerações sobre o Dimensionamento do Pavimento

Para o dimensionamento do pavimento foi utilizado o Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER 1979 (Novo Método do Eng^o Murillo Lopes de Souza), apoiado em metodologia para conceituação e obtenção dos parâmetros envolvidos, conforme recomendações e/ou orientações contidas no Manual de Pavimentação de 2006 do DNIT.

Descrições do Método DNER

O Método do DNER, que está baseado no trabalho “Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume”, de autoria de W.J. Turnbull, C.R. Foster e R.G. Ahlvin, do Corpo de Engenheiros dos E.E.U.U. e conclusões obtidas na Pista Experimental da AASHTO.

Parâmetros envolvidos:

a) Índice de suporte

É utilizado no dimensionamento o ISC (ou CBR), sem preocupação de corrigi-lo em função do Índice de Grupo dos materiais representativos do subleito. O valor do ISC usado para o dimensionamento do pavimento é obtido através dos estudos geotécnicos.

b) Fator climático regional

O coeficiente FR = fator climático regional, que objetiva levar em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as várias estações do ano (o que se traduz pela variação de capacidade de suporte dos materiais), é tomado igual a 1 (FR = 1), conforme recomendações sugeridas pelo Manual de Pavimentação, baseadas nas pesquisas do IPR/DNIT.

c) Coeficiente de equivalência estrutural (K)

Adotam-se os seguintes coeficientes estruturais (K) para os diferentes materiais indicados para constituírem a estrutura do pavimento, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Coeficientes de Equivalência Estrutural (K)

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
Camadas Granulares	1,00

Utiliza-se, genericamente, para a designação dos coeficientes estruturais, a simbologia consagrada pelo uso de:

K_R = coeficiente estrutural do revestimento betuminoso;

K_B = coeficiente estrutural de base;

K_S = coeficiente estrutural de sub-base; e,

K_{Ref} = coeficiente estrutural do reforço do subleito.

d) Número de solicitações do eixo padrão – N_{8,2t}

Refere-se ao número de solicitações do eixo simples de roda dupla com 8,2 t ao longo do período de projeto. Este valor é obtido mediante estudos de tráfego.

e) Espessura mínima de revestimento betuminoso

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é de vital importância na “performance” do pavimento, quanto à sua duração em termos do período de projeto.

Os valores apresentados na Tabela 2, correspondem aos geralmente aceitos, resultado dos estudos e observações do IPR, e aplicam-se, especialmente, para bases de comportamento puramente granular.

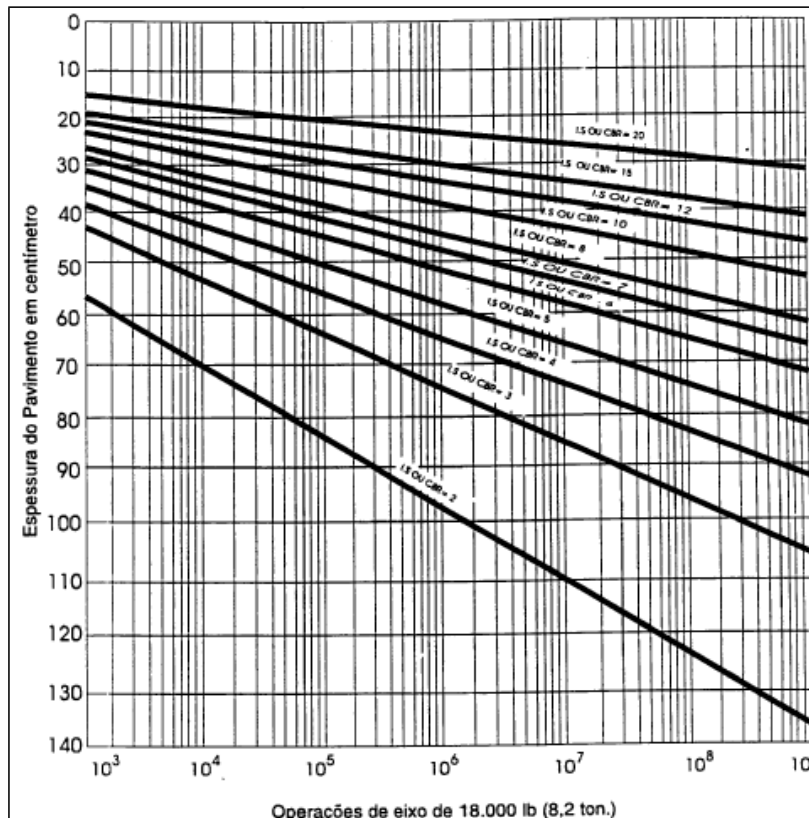
Tabela 2 - Espessura mínima de revestimento betuminoso em função do N_{8,2t}.

N	ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO
$N \leq 106$	Tratamento superficial betuminoso
$106 < N \leq 5 \times 106$	Revestimento betuminoso com 5cm de espessura
$5 \times 106 < N \leq 107$	Concreto asfáltico com 7,5cm de espessura
$107 < N \leq 5 \times 107$	Concreto asfáltico com 10cm de espessura
$N > 5 \times 107$	Concreto asfáltico com 12,5cm de espessura

O Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do Eng. Murilo Lopes de Souza, adotado pelo DNIT, vale-se de gráfico com auxílio do qual se obtém a

espessura total do pavimento, em função de $N_{8,2t}$ e do ISC, apresentado na Figura 1. Tal espessura total, refere-se à espessura em termos de $K = 1,00$, ou seja, de camada granular. Para outros constituintes, há que se multiplicá-los pelos respectivos valores de K .

Figura 1 – Espessura total do pavimento em termos de material granular ($K=1,0$).



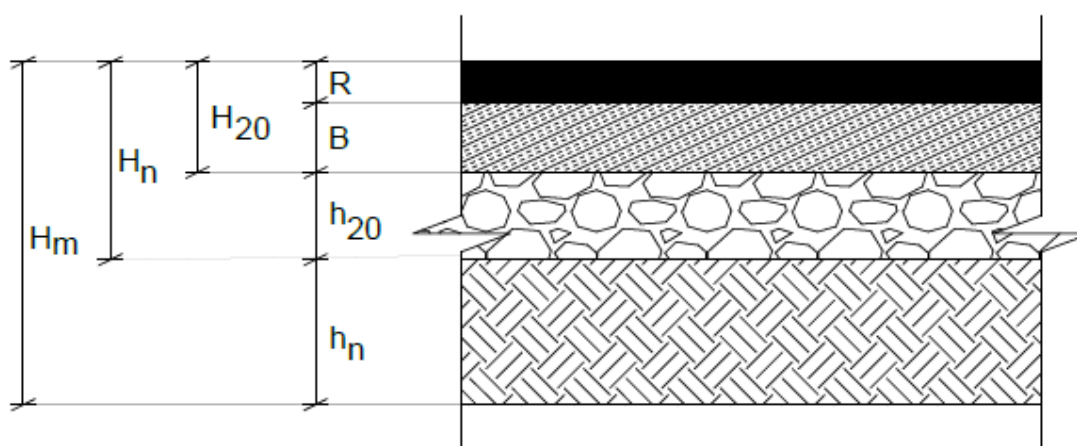
Mesmo que o ISC do material de sub-base seja maior que 20%, a espessura do pavimento necessário para protegê-lo é determinada adotando ISC máximo de 20%.

A espessura de base (B), sub-base (h_{20}) e reforço do subleito (h_n) são obtidas pela resolução sucessiva das inequações (1), (2) e (3):

$$(1) \quad R \cdot K_R + B \cdot K_B \leq H_{20}$$

$$(2) \quad R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S \leq h_n$$

$$(3) \quad R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S + h_n \cdot K_{Ref} \leq H_m$$



Quando o ISC da sub-base for igual ou maior que 40 e para $N < 10^6$, admite-se substituir na inequação (1), H_{20} por $0,8 \times H_{20}$. Para $N > 10^7$, na inequação (1), H_{20} por $1,2 \times H_{20}$.

Ensaio dos materiais coletados nas sondagens

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Obra PREF. DE JARAGUA DO SUL
Trecho RUA RENO SCHWARZ

Contrato

Medição

Registro

Data

19/02/2023

Km

Posição

Relatório

Camada

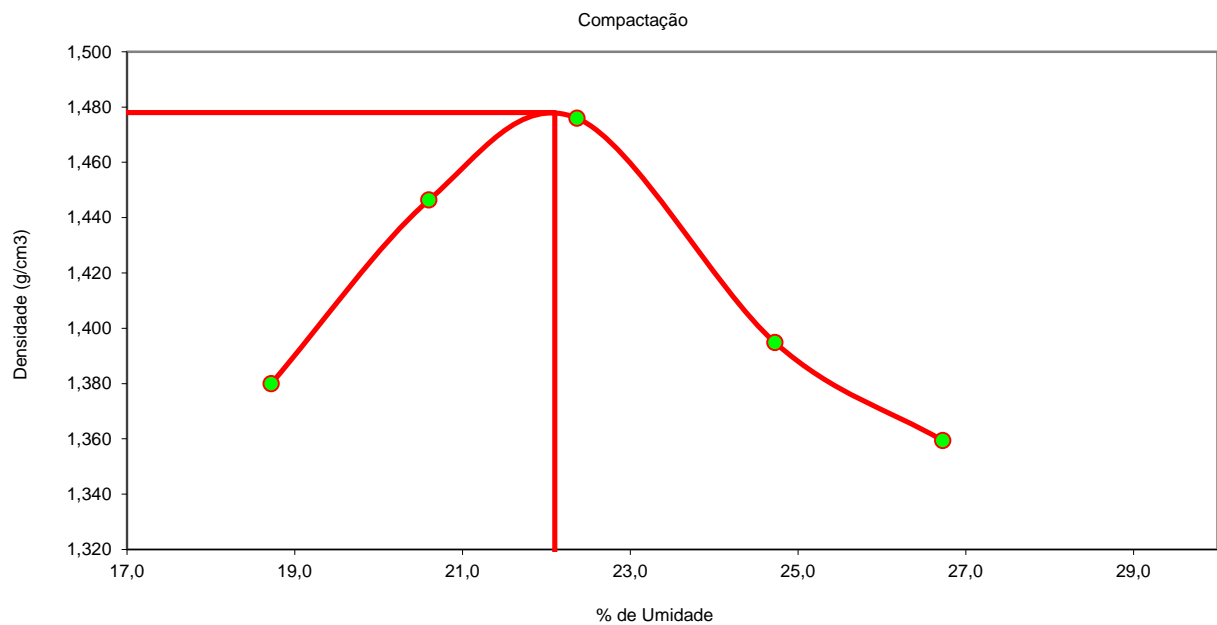
Fiscal

Lab.

Arildo

Operador Silvano

Água adicionada									
Cilindro números		8	9	11	28	16			
Peso do cilindro (g)	A	5,000	5,267	4,997	5,367	5,098			
volumen do cilindro (cm)	B	2,029	2,038	2,050	2,032	2,030			
Peso do cilindro + solo úmido (g)	C	8,324	8,822	8,699	8,902	8,595			
Peso do solo úmido (g)	D	3,324	3,555	3,702	3,535	3,497			
Massa Esp. Ap. úmido (g/dm³)	E	1,638	1,744	1,806	1,740	1,723			
Cápsula nº	F	15	24	18	4	8			
Peso da cápsula + solo úmido (g)	F	128,39	131,12	129,48	132,85	129,74			
Peso da cápsula + solo seco (g)	G	109,96	110,75	107,95	108,89	104,96			
Peso da cápsula (g)	H	11,50	11,87	11,68	11,99	12,24			
Peso da água (g)	I	18,43	20,37	21,53	23,96	24,78			
Peso do solo seco (g)	J	98,46	98,88	96,27	96,90	92,72			
Teor de umidade (%)	L	18,72	20,60	22,36	24,73	26,73			
Umidade média (%)	M	18,72	20,60	22,36	24,73	26,73			
Massa Esp. Ap. seca (g/dm³)	N	1,380	1,446	1,476	1,476	1,359			
Umidade média (%)		18,7	20,6	22,4	24,7	26,7	Normal	Intermediario	Modificado
Massa Esp. Ap. seca (g/dm³)		1,380	1,446	1,476	1,395	1,359	X		



Umidade ótima (%)	22,10	22,10	Umidade ótima (%)	-	22,10
Densidade máxima (g/dm³)	-	1,478	Densidade máxima (g/dm³)	1,478	1,478
Resumo	Densidade máxima (g/dm³)	1,478	Umidade ótima (%)	22,10	
Km	-	Furo	-	Profundidade	-
Amostra	-		-		-
Observação					

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

Obra PREF. DE JARAGUA DO SUL
Trecho RUA RENO SCHWARZ
Medição - Registro
Km - Posição
Camada
Operador Silvano

Contrato
Data 19/02/2023

Constante
 Exemplo: 0,1051
0,1952

Relatório

Lab. Arildo

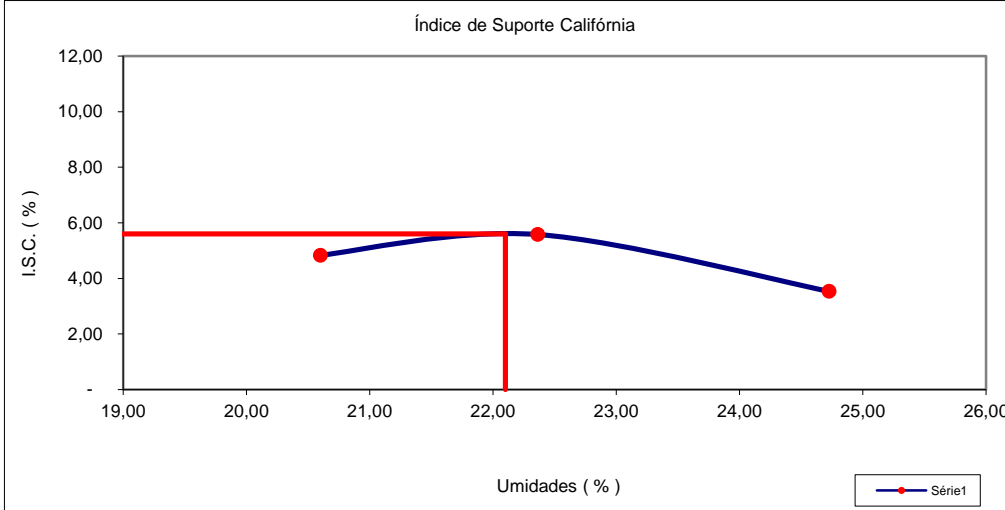
Ensaio de I.S.C

		9	Alt.	11,44	11	Alt.	11,44	28	Alt.	11,42
Expansão / Penetração										
Data	Hora	Let.	Dif.	%	Let.	Dif.	%	Let.	Dif.	%
19/02/2023		1,00	-		1,00	-		1,00	-	
20/02/2023										
21/02/2023										
22/02/2023										
23/02/2023		4,40	3,40	2,97	4,05	3,05	2,67	3,55	2,55	2,23
Pen.	Tempo Min.	Leitura			Leitura			Leitura		
0,63	0,50	Anel	Calc.	I.S.C	Anel	Calc.	I.S.C	Anel	Calc.	I.S.C
1,27	1,00	3	0,59		5	0,98		2	0,39	
1,90	1,50	6	1,17		9	1,76		4	0,78	
2,54	2,00	10	1,95		13	2,54		6	1,17	
3,81	3,00	14	2,73	3,9	17	3,32	4,7	9	1,76	2,5
5,08	4,00	20	3,90		24	4,68		14	2,73	
7,62	6,00	26	5,07	4,8	30	5,86	5,6	19	3,71	3,5
10,16	8,00	36	7,03		41	8,00		28	5,47	
12,70	10,00	45	8,78		50	9,76		36	7,03	
		52	10,15		58	11,32		44	8,59	

Umidades (Pontos moldados)

Penetração em (mm)

20,60	22,36	24,73
4,8	5,6	3,5
Umidade	I.S.C.	
22,10	22,10	22,10
-	5,60	5,60



Resumo do I.S.C.
Ponto ótimo

5,60

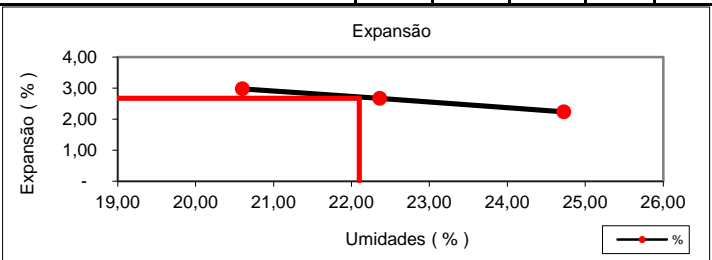
Resumo (Expansão %)
Ponto ótimo

2,67

Energia de compactação

Normal	X
Intermediário	-
Modificado	-

Umidade 20,60 22,36 24,73



Observação

Umidade	Expansão(%)	
22,10	22,10	22,10
-	2,67	2,67

GRAN.(Lavada) e ENSAIO FÍSICO

Obra PREF. DE JARAGUA DO SUL
Trecho RUA RENO SCHWARZ
Medição - Registro
Km - Posição
Camada
Operador Silvano

Contrato
Data 19/02/2023

Relatório
Lab. Arildo

Fiscal

Granulometria via umidade					Umidade Higroscópica		
Constante am. Total		Constante am. Pacial		0,5620	Cápsula número		27
0,0769		Porc.	Porc.	% Que passa	Peso do solo úmido + cápsula		131,73
Peneiras	Peso em gr.	Am. Total	Am. Acum.	da am. Total	Peso do solo seco + cápsula		115,37
2''				100,00	Peso da cápsula		10,13
1.1\2				100,00	Peso da água		16,37
1"				100,00	Peso do solo seco		105,24
3\4				100,00	Teor de umidade (%)		15,55
1\2				100,00	Teor de umidade médio (%)		15,55
3\8		-	-	100,00	Amostra		Total
Nº 4		-	-	100,00	Recipiente		Parcial
Nº 10	9,00	0,69	0,69	99,31	Peso do solo úmido		1.500,50
Nº 30					Peso ret. Na Pen. Nº10 acima		9,00
Nº 40	26,00	14,61	15,30	84,70	Peso úmido pass. peneira Nº10		1.491,50
Nº 80					Peso seco pass. peneira Nº10		1.290,77
Nº 200	95,00	53,39	68,70	31,30	Peso da amostra seca		1.299,77
							176,70

Ensaio físicos

Limite de liquidez				FORMULA (LL)			
Números da cápsula	29	16	19	FATOR	0,16		
Números de golpes	29	25	20	CONST. = $\left\{ \frac{\text{Nº GOLPES}}{25,00} \right\} 0,156$			
Peso do solo úmido + cápsula	23,15	22,47	21,96	FORMULA (IG)			
Peso do solo seco + cápsula	18,96	19,00	18,55	Equivalente de areia			
Peso da cápsula	10,14	11,81	11,70	Leitura no T. da argila			
Peso da água	4,19	3,47	3,41	Leitura no T. da areia			
Peso do solo seco	8,82	7,19	6,85	Equivalente de areia			
Teor de umidade (%)	47,51	48,26	49,78	Média			
Constante (Fator de correção)	1,0234	1,0000	0,9658	Média			
Limite de liquidez calculado	48,62	48,26	48,08	Média			
Média		48,62	48,26	Média			
Resumo	3	48,32		Média			
LL	48,32	Limite de Plasticidade					
LP	31,57	Números da cápsula	27	19	25	18	27
IP	16,75	Peso do solo úmido + cápsula	16,92	17,11	18,25	16,84	17,26
Eq. De areia		Peso do solo seco + cápsula	15,28	15,82	16,91	15,59	15,57
IG	1,1	Peso da cápsula	10,13	11,70	12,68	11,68	10,13
Classf.-TRB		Peso da água	1,64	1,29	1,34	1,25	1,69
Classf.-SUCS	SM	Peso do solo seco	5,15	4,12	4,23	3,91	5,44
Escala Granulometrica utilizada pelo - SUCS		Teor de umidade (%)	31,84	31,31	31,68	31,97	31,07
Cascalho grosso	-	Media	5	31,84	31,31	31,68	31,97
Cascalho fino	-			31,57			
Areia grossa	0,69	Observação					
Areia média	14,61						
Areia fina (limo ou mó)	53,39						
Finos (silte e argila)	31,30						
Somatória	100,00						

Dimensionamento do Pavimento

Coeficientes Estruturais:

Para as camadas constituintes do pavimento, de acordo com o método, foram adotados os coeficientes estruturais a seguir relacionados.

- Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) Faixa "C": Coeficiente Estrutural de 2,0;
- Brita Graduada (BG): Coeficiente Estrutural de 1,0;
- Macadame Seco ou Rachão (MS): Coeficiente Estrutural de 1,0.

Parâmetros de Tráfego

A rodovia a ser pavimentada foi classificada de acordo com a Instrução de Projeto IP-02 – Classificação das Vias da SIURB/PMSP, disponibilizada pela Prefeitura Municipal de São Paulo.

A classificação viária precede o método de dimensionamento adotado pela PMSP, sugerindo um tráfego tipo "leve". Esse tipo de tráfego corresponde a ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou ônibus em número menor que 21 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de 1×10^5 solicitações do eixo simples padrão (80kN), para o período de 10 anos.

Este tráfego está em acordo com outras ruas de Jaraguá do Sul, onde o volume de veículos é semelhante ao que foi utilizado no projeto.

Índice de Suporte de Projeto

O Índice de Suporte de Projeto (ISCp), foi definido nos estudos geotécnicos e apresenta o seguinte valor:

ISCp = 5,60%

Espessuras das Camadas

Conforme a Tabela 2, considerando que o município não pretende executar tratamento superficial, o “N” adotado para revestimento betuminoso com 5 cm de espessura foi de 1×10^5 . Lançando o valor de “N” de 1×10^5 no ábaco apresentado na Figura 1, tem-se a espessura do pavimento = 48,00 cm.

Com base na espessura do pavimento encontrada na Figura 1, considera-se a resolução das inequações apresentadas anteriormente, onde temos:

$$(1) \quad R.K_R + B.K_B \geq H_{20}$$

$$5 \times 2 + 15 \times 1 \geq 20$$

$$(2) \quad R.K_R + B.K_R + h_{20} \cdot K_S \geq H_n$$

$$5 \times 2 + 15 \times 1 + 25 \times 1 \geq 48$$

$$(3) \quad R.K_R + B.K_B + h_{20} \cdot K_S + h_n \cdot K_{Ref} \geq H_m$$

$$5 \times 2 + 15 \times 1 + 25 \times 1 + 0 \times 1 \geq 48$$

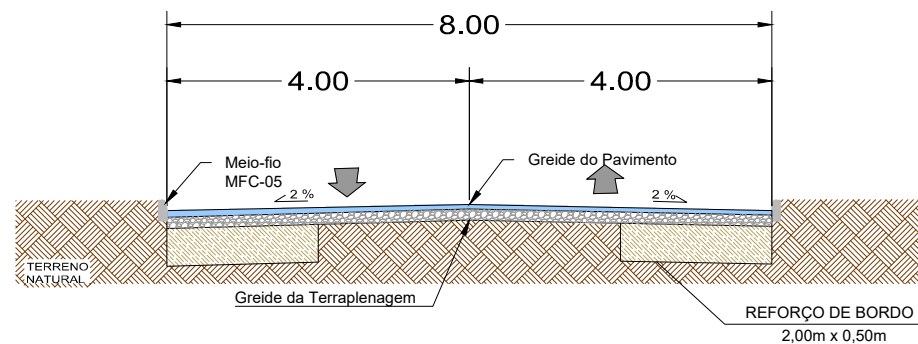
*Conforme solicitado pela equipe técnica da Prefeitura Municipal de Jaraguá do Sul, a camada do leito da pista existente será utilizada no lugar do Macadame Seco ou Rachão, sendo realizado apenas o reforço de bordos com a camada de 50 cm.

Para tanto, conclui-se que a estrutura do pavimento, a partir dos parâmetros adotados, fica constituída conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Dimensionamento do Pavimento – Método do DNER

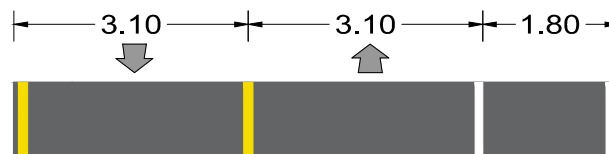
Número N ($\times 10^5$)	ISC %	Reforço do subleito (cm)	Estrutura (cm)		
			CBUQ Faixa “C”	Brita Graduada	Macadame Seco ou Rachão
5,0	5,60	0,0	5,0	15,0	*

SEÇÃO TIPO - PAVIMENTAÇÃO



SINALIZAÇÃO

FAIXA DE ROLAMENTO FAIXA DE ROLAMENTO ESTACIONAMENTO



LEGENDA - PAVIMENTAÇÃO	
ESTRUTURA	ESPESSURA (cm)
	5,0
	15,0
	50,0 (bordos)

PROJETISTA:



PREFEITURA MUNICIPAL DE JARAGUÁ DO SUL



PREFEITURA
JARAGUÁ DO SUL

PREFEITURA MUNICIPAL DE JARAGUÁ DO SUL
SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS

LOCAL: RUA: RENO SCHWARZ

CONTEUDO: SEÇÃO TIPO DATA: 01/2023

ESCALA: S/E TAM.FOLHA: A4= 297 x 210 PRANCHA: 01/01