



MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PAVIMENTAÇÃO

DUPLICAÇÃO AVENIDA IRENE SILVEIRA COSTA

JUNHO DE 2023

REFERÊNCIAS CADASTRAIS

Cliente	Prefeitura Municipal de Pouso Alegre
Localização	Pouso Alegre, Minas Gerais
Título	Duplicação Viária da Avenida Irene Silveira Costa
Contato	Augusto Hart
E-mail	obrasmpamg@gmail.com
Líder do projeto	Felipe Guimarães Alexandre
Coordenador	Denis de Souza Silva
Projeto/centro de custo	167/2021
Data do documento	16/06/2023

Responsável Técnico – Coordenação

Denis de Souza Silva Engenheiro Hídrico	
Nº CREA: MG-127.216 /D	Nº ART:

Responsável Técnico – Projeto Civil e hídrico

Aloísio Caetano Ferreira Engenheiro Civil e Hídrico	
Nº CREA: MG-97.132 /D	Nº ART:

Isenção de Responsabilidade:

Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
1.1. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO	4
1.1.1. MÉTODO UTILIZADO	4
1.1.2. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO	4
1.1.3. DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DOS PAVIMENTOS 5	
1.1.4. ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇOS	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
ANEXO I – RELATÓRIO DE SONDAGEM.....	12

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1-2 – Determinação da Espessura da Camada de Base.....	6
Equação 1-3 – Determinação da Espessura sobre o Reforço do Sub-Leito.....	6
Equação 1-4 – Determinação da Espessura Total do Pavimento	6

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento.....	7
Figura 1-2 – Pavimento Flexível da Via.....	9
Figura 1-2 – Pavimento Intertravado da Canteiro Central Transponível.....	10
Figura 1-5 – Pavimento Concreto dos Passeios.....	10
Figura 1-5 – Pavimento Concreto dos Passeios.....	10

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-1 – Tráfego por Classificação Funcional da Via	5
Tabela 1-2 – Tipo de Revestimento em Função de Tráfego.....	6
Tabela 1-3 – Coeficientes k	8

1. INTRODUÇÃO

1.1. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

O Projeto de Pavimentação foi desenvolvido com o objetivo de fornecer o detalhamento e o dimensionamento de uma estrutura que possa suportar economicamente as repetições de eixo padrão em condições de conforto e segurança para o usuário da via projetada.

O dimensionamento das espessuras das camadas do pavimento foi determinado em conformidade com as condições gerais indicadas pelo Manual de Pavimentação do DNIT.

1.1.1. MÉTODO UTILIZADO

No dimensionamento do pavimento flexível, foi utilizado o método do DNER, edição 1996, do Eng. Murilo Lopes Souza, baseado nas características de resistência dos solos de fundação, dos materiais de constituição do pavimento e do volume e do tipo do tráfego solicitante.

Segundo tal procedimento, determina-se a espessura total necessária para o pavimento, em função do material granular, como os dados geotécnicos e das características do tráfego solicitante, este último parâmetro também é utilizado para a determinação da espessura mínima do revestimento betuminoso.

Um projeto de pavimento flexível deve atender limitações de tensões que possam provocar ruptura por cisalhamento, deformações permanentes e deformações recuperáveis ou elásticas.

1.1.2. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

Na aplicação do método citado, é necessária a obtenção dos seguintes parâmetros:

1.1.2.1. NÚMERO “N”

O pavimento é dimensionado considerando a vida útil de projeto de 12 anos. E o número “N” utilizado para o dimensionamento do pavimento é estabelecido de acordo com a função predominante da via, conforme a Tabela 1-1 apresentada abaixo:

Tabela 1-1 – Tráfego por Classificação Funcional da Via

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial (faixa mais carregada)		Equivalente/Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/Ônibus			
Via Local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	2,7x10 ⁴ a 1,4x10 ⁵	10 ⁵
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1.500	21 a 100	1,50	1,4x10 ⁵ a 6,8x10 ⁵	5x10 ⁵
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1.501 a 5.000	101 a 300	2,30	1,4x10 ⁶ a 3,1x10 ⁶	2x10 ⁶
	PESADO	12	5.001 a 10.000	301 a 1.000	5,90	1,0x10 ⁷ a 3,3x10 ⁷	2x10 ⁷
	MUITO PESADO	12	> 10.000	1,001 a 2.000	5,90	3,3x10 ⁷ a 6,7x10 ⁷	5x10 ⁷
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3x10 ⁶	10 ⁷
	VOLUME PESADO	12		> 500		5x10 ⁷	5x10 ⁷

Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2004.

A partir da projeção futura de utilização da via, foi considerado o tráfego de Vias Coletoras e Estruturais (PESADO). O valor obtido para o período e especificações de projeto citados acima foi de $N = 2 \times 10^7$.

1.1.2.2. ÍNDICE DE SUPORTE DO SUBLEITO (CBR)

Para o dimensionamento do pavimento foi utilizada a sondagem apresentada no Anexo I. Onde foram analisadas as amostras 01 e 02, para a verificação das condições da camada do subleito da via projetada. Outro fator analisado foi o nível de água, visto que, é importante que o pavimento esteja a 1,5 m do nível de água para garantir sua maior durabilidade.

Observando os ensaios na camada de subleito da via projetada, adotou-se assim, um CBR mínimo de 6,80%.

1.1.3.DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DOS PAVIMENTOS

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é um dos pontos ainda em aberto na engenharia rodoviária, quer se trate de proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, quer se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão.

O método do DNIT recomenda as espessuras mínimas apresentadas na Tabela 1-2 que se segue.

Tabela 1-2 – Tipo de Revestimento em Função de Tráfego

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

Fonte: DNIT, 2006.

As espessuras mínimas do revestimento são obtidas em função do número “N”. Conforme apresentado anteriormente, para o número “N” igual a 2×10^7 , como aponta a estimativa de tráfego, portanto serão necessárias duas camadas de Revestimento betuminoso com 10,0 cm de espessura.

A determinação das espessuras das demais camadas constituintes do pavimento se faz pelas seguintes inequações:

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

Equação 1-1 – Determinação da Espessura da Camada de Base

$$R \times KR + B \times KB + h20 \times Ks \geq Hn$$

Equação 1-2 – Determinação da Espessura sobre o Reforço do Sub-Leito

$$R \times KR + B \times KB + h20 \times Ks + hn \times KREF \geq Hm$$

Equação 1-3 – Determinação da Espessura Total do Pavimento

Onde:

- R = espessura do revestimento;
- B = espessura da camada de base;
- H20 = espessura sobre a sub-base;
- h20 = espessura da sub-base;
- Hn = espessura sobre o reforço do subleito;
- hn = espessura do reforço do subleito;
- Hm = espessura total do pavimento;
- KR, KB, KS, KREF = coeficientes de equivalência estrutural.

As espessuras H_m , H_n , e H_{20} são obtidas através do ábaco apresentado na Figura 1-1, onde a espessura é função do número “N” e do valor do CBR do subleito, da sub-base ou do reforço do subleito.

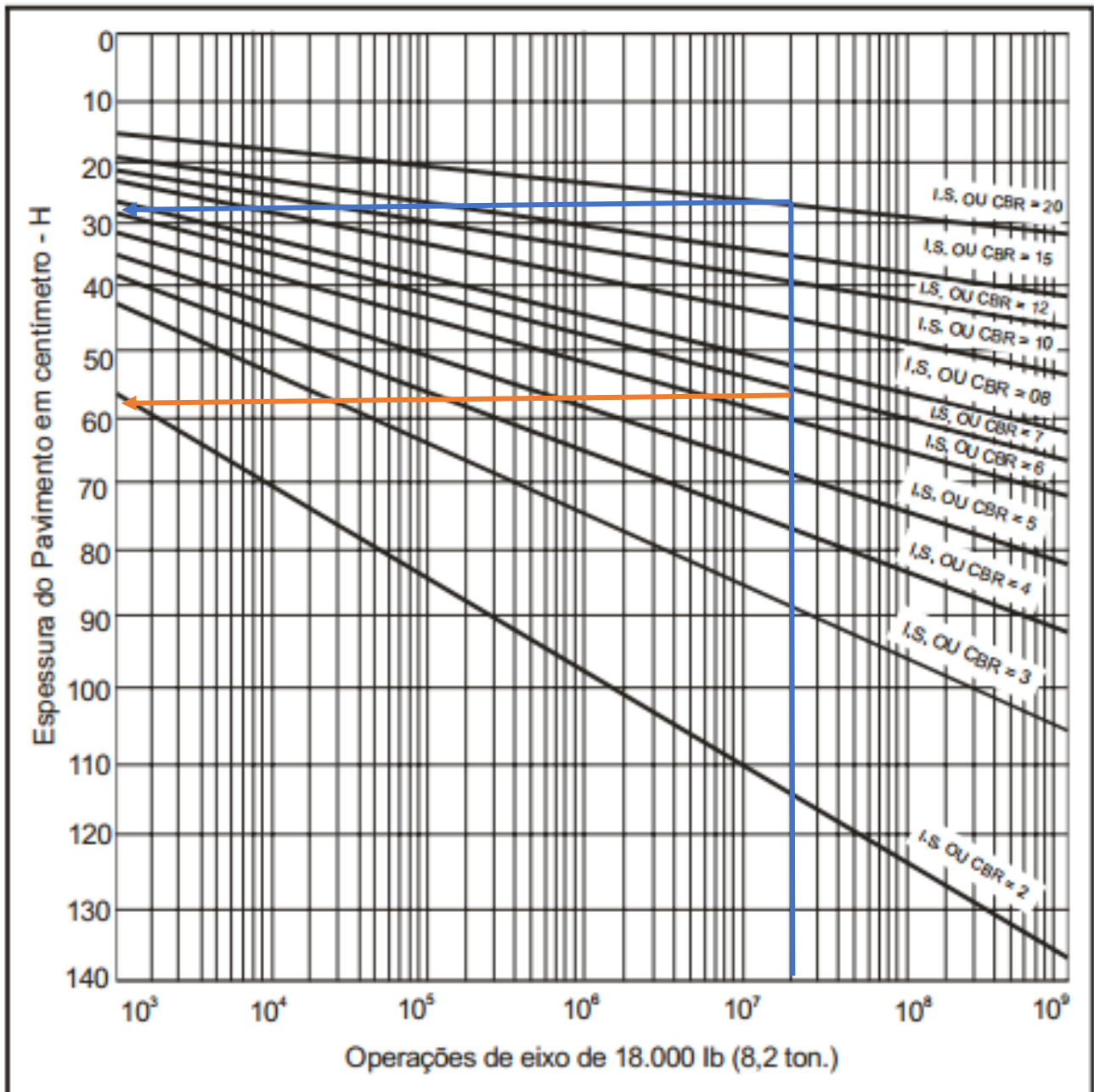


Figura 1-1 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento

Fonte: DNIT, 2006.

O método de dimensionamento do DNIT faz algumas recomendações quanto aos coeficientes de equivalência estrutural dos materiais e quanto às espessuras mínimas de revestimento betuminoso. Os coeficientes estruturais dos materiais utilizáveis nas camadas do pavimento são apresentados na Tabela 1-3 que se segue.

Tabela 1-3 – Coeficientes k

Componentes do Pavimento	Coeficiente k
Base ou revestimento do concreto betuminoso	2
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
Solo cimento com resistência a compressão a 7 dias superior a 45 kg/cm ²	1,7
Idem, com resistência a compressão a 7 dias entre 45 e 28 kg/cm ²	1,4
Idem, com resistência a compressão a dias entre 28 e 21 kg/cm ²	1,2
Bases de Solo-Cal	1,2

Fonte: DNIT, 2006.

Para determinação das espessuras do pavimento das vias serão adotados os seguintes coeficientes:

- Revestimento: $K = 2,00$;
- Base granular: $K = 1,0$;
- Sub-base granular: $K = 1,0$;
- CBR da base = 80,0%.
- CBR da sub-base = 30,0%.
- CBR do subleito = 6,80%.

Assim, com a resolução das inequações e atentando-se para as espessuras mínimas das camadas indicadas pelas instruções de execução em vigor, têm-se as espessuras das camadas do pavimento dimensionado:

Revestimento: 5,0 cm de Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ (CAPA).

Pintura de Ligação: RR 2-C 1,0 l/m² (Proporção de 20% de água e 80% de RR-2C).

Revestimento: 5,0 cm de Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ (BINDER).

Pintura de Ligação: RR 2-C 1,0 l/m² (Proporção de 20% de água e 80% de RR-2C).

Imprimação Impermeabilizante: CM-30 1,3 l/m².

Base: 20,0 cm de Bica Corrida (CBR \geq 80%, Expansão \leq 0,5%, Compactação a 100% Proctor Modificado).

Sub-Base: 20,0 cm de Bica Corrida (CBR \geq 30%, Expansão \leq 1,0%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

Regularização do Subleito: 20,0 cm de escarificação do terreno projetado (CBR \geq 6,80%, Expansão \leq 2,0%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

A seguir na Figura 1-2 apresenta-se a camada da Seção Transversal Tipo do pavimento projetado:

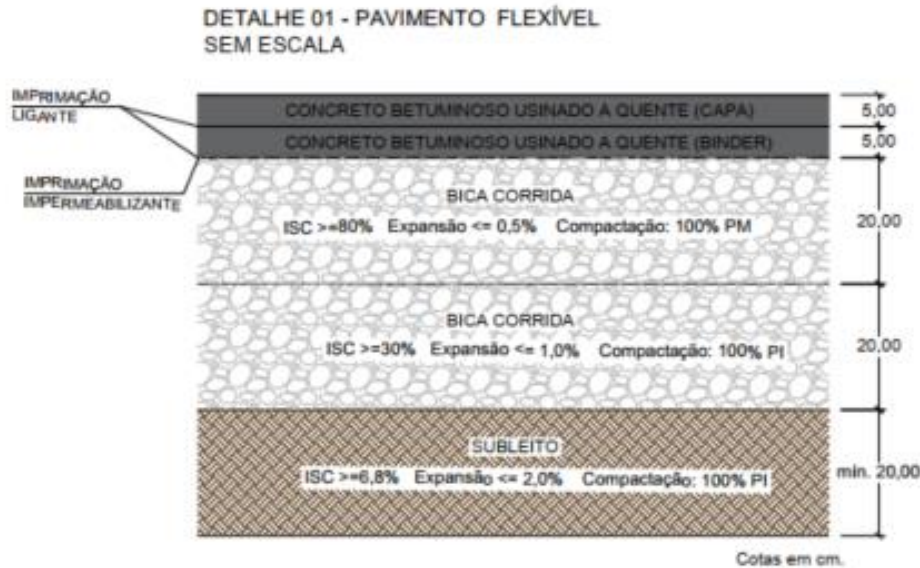


Figura 1-2 – Pavimento Flexível da Via

Fonte: autoria própria

No pavimento do canteiro central transponível foi mantido as camadas de suporte do pavimento, havendo a alteração apenas no tipo de revestimento. Por tratar-se de um limite físico regulador foi considerado em pavimento intertravado, visando melhorar o contraste com o pavimento flexível implantado, a seguir na Figura 1-3 são apresentadas as camadas do pavimento projetado.

DETALHE 02 - PAVIMENTO INTERTRAVADO - RÓTULA SEM ESCALA

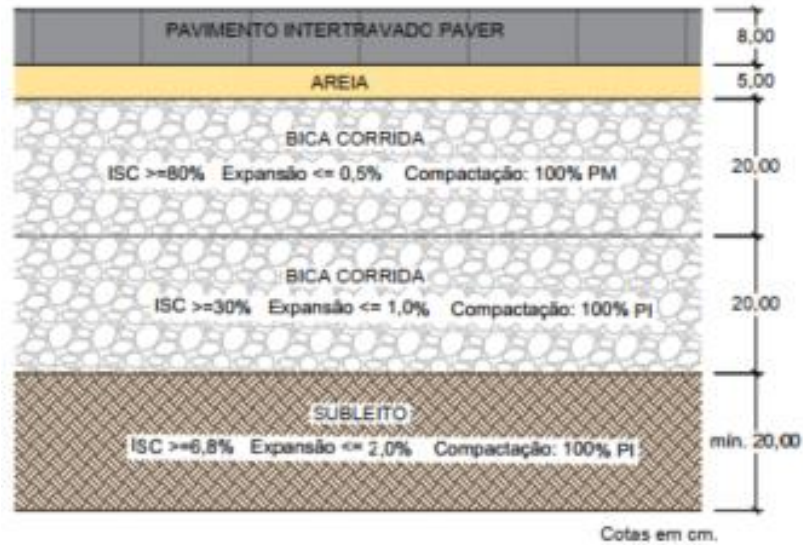


Figura 1-3 – Pavimento Intertravado da Canteiro Central Transponível

Fonte: autoria própria

Também foram projetados os pavimentos dos Passeios e Canteiro central, que por se tratarem de vias exclusivas para pedestres, o tráfego é considerado leve. Sendo assim foram dimensionadas as espessuras pavimentos com características apresentada nas figuras a seguir.

DETALHE 03 - PASSEIO DE CONCRETO SEM ESCALA

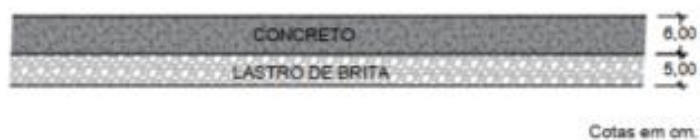


Figura 1-4 – Pavimento Concreto dos Passeios

Fonte: autoria própria

DETALHE 04 - PAVIMENTO INTERTRAVADO - CANTEIRO SEM ESCALA

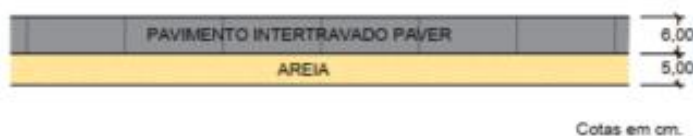


Figura 1-5 – Pavimento Concreto dos Passeios

Fonte: autoria própria

1.1.4.ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇOS

Para a execução das camadas, devem-se seguir atentamente as seguintes especificações de serviço:

- Pavimento Flexível: Mistura Asfálticas a Quente – DNER – ES 031/06;
- Imprimação Impermeabilizante – DNIT – ES 144/14;
- Pintura de Ligação Impermeabilizante – DNIT – ES 145/12;
- Base ou Sub-Base Bica Corrida – ET-DE-P00/010_A;
- Preparo do Subleito – DNIT – ES 299/97;
- Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento – ABNT – NBR 14.931.

Obs.: A Especificação de Serviço ET-DE-P00/010 indicada para a execução da camada de Bica Corrida pertence ao Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo. Esta especificação foi escolhida devido ao fato de que a revisão da especificação de serviço desse material no DNIT ainda não está aprovada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14.931. Execução de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.953. Pavimento Intertravado com Peças de Concreto. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Especificação de Serviço Ministério dos Transportes. 2006.

ANEXO I – RELATÓRIO DE SONDAGEM