



**PROJETO DA VIA DE LIGAÇÃO ENTRE
A INTERSEÇÃO DO BAIRRO IPIRANGA E O
BAIRRO BELO HORIZONTE**

**RELATÓRIO TÉCNICO - PROJETO DE
PAVIMENTAÇÃO**

OUTUBRO DE 2021

Referências Cadastrais

Cliente	Prefeitura Municipal de Pouso Alegre
Localização	Pouso Alegre, Minas Gerais
Título	Projeto da Via de Ligação entre a Interseção do Bairro Ipiranga e o Bairro Belo Horizonte
Contato	Rinaldo Lima Oliveira
E-mail	rinaldololiveira@gmail.com
Líder do Projeto:	Felipe G. Alexandre
Coordenador:	Aloisio Caetano Ferreira
Projeto/centro de custo:	26/2019-01
Data do documento:	22/10/2021

Elaborador/Autor	Flávia Cristina Barbosa	Engenheira Civil
Verificador/aprovador	Aloisio Caetano Ferreira	Coordenador do projeto

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.

Este documento foi preparado pela Dac Engenharia com observância das normas técnicas de Pouso Alegre e em estrita obediência aos termos do pedido e contrato firmado com o cliente. Em razão disto, a Dac Engenharia isenta-se de qualquer responsabilidade civil e criminal perante o cliente ou terceiros pela utilização deste documento, ainda que parcialmente, fora do escopo para o qual foi preparado.

Equipe Técnica

Responsável Técnico – Projetos Cíveis

Flávia Cristina Barbosa Engenheira Civil	
Nº CREA: MG 187.842/D	Nº ART: MG20210597402

Coordenação

Aloisio Caetano Ferreira Engenheiro Hídrico	
Nº CREA: MG 97.132/D	Nº ART: MG20210597402

Equipe

TOPOGRAFIA	Jonas Guerreiro Gonçalves	Eng. Civil - Coordenação
	Anselmo Rafael Wasen	Técnico de Topografia
	Renan Henrique da Costa Santos	Assistente de Topografia
	Tiago Coli Cortes	Assistente de Topografia
	Gabriel Pereira	Auxiliar Eng. Civil
	Faicon	Auxiliar Eng. Civil

DRENAGEM	Igor Paiva Lopes	Eng. Hídrico - Coordenação
	Marcela Cabral	Auxiliar de Drenagem
	Thallis Eduardo Cabral	Auxiliar de Drenagem
	Bianca Baruk	Orçamentista

MEIO AMBIENTE	Reinaldo	Biólogo
	Luis Antônio	Engenheiro Ambiental
	Giulia Camerini	Auxiliar de Biologia
	Isabela Mota	Auxiliar de Meio Ambiente
	Nara Luiza Pedrezzini Silva	Auxiliar de Meio Ambiente

INFRAESTRUTURA	Felipe Guimarães Alexandre	Eng. Civil - Coordenação
	Abraão Ramos	Engenheiro Civil
	Gabriel Gomes	Auxiliar de Sinalização
	Érica de Souza	Auxiliar de Terraplenagem
	Tayla Yasmini	Auxiliar de Terraplenagem
	Letícia Bernardo	Auxiliar de Redes Hidráulicas
	Laura Souza	Auxiliar de Redes Hidráulicas

GESTÃO	Aloisio Caetano Ferreira	Diretor Comercial e Técnico
	Denis de Souza Silva	Diretor Comercial e Técnico
	Flávia Cristina Barbosa	Gerente de Projetos
	Pedro Henrique Justiniano	Subgerente de Projetos

Índice

1.	OBJETO	6
2.	DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO	7
2.1.	MÉTODO UTILIZADO	7
2.2.	PARÂMETROS DO DIMENSIONAMENTO	7
2.2.1.	Número "N"	7
2.2.2.	Índice de Suporte do Subleito (CBR)	8
2.3.	DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DOS PAVIMENTOS	8
2.3.1.	Especificações de Serviços	12

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Tráfego por Classificação Funcional da Via	7
Tabela 2 – Tipo de revestimento em função de tráfego	8
Tabela 3 – Coeficientes k	10

Lista de Figuras

Figura 1 – Via de Ligação entre a Interseção do Bairro Ipiranga e o Bairro Belo Horizonte.	6
Figura 2 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento	9
Figura 3 – Pavimento Flexível Tipo 02	11
Figura 4 – Pavimento Flexível Tipo 02	11
Figura 5 – Pavimento Flexível Acessos	11

1. OBJETO

A construção da via de ligação entre a interseção do bairro Ipiranga e o bairro Belo Horizonte no município de Pouso Alegre – MG deve-se a projeção do adensamento populacional na região e a interligação entre as indústrias ao centro de Pouso Alegre e as rodovias de grande importância para o escoamento de mercadoria, conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1 – Via de ligação entre a interseção do bairro Ipiranga e o bairro Belo Horizonte.

FONTE: Google Earth Pro, 2021

No desenvolvimento do projeto procurou-se dimensionar a via com pavimentação adequada ao volume de veículos que nela trafegarão. O presente relatório descreve as características e dimensões da via e materiais que devem ser utilizados na execução do pavimento, observando e detalhando as etapas de construção.

2. 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.

2.1. MÉTODO UTILIZADO

No dimensionamento do pavimento flexível, foi utilizado o método do DNER, edição 1996, do Eng^o 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.

2.2. PARÂMETROS DO DIMENSIONAMENTO

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

2.2.1. Número “N”

O pavimento é dimensionado considerando a vida útil de projeto de 10 anos. E o número “N” utilizado para o dimensionamento do pavimento é estabelecido de acordo com a função predominante da via, conforme a Tabela 8.1 apresentado abaixo:

Tabela 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	$2,7 \times 10^4$ a $1,4 \times 10^5$	10^5
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1.500	21 a 100	1,50	$1,4 \times 10^5$ a $6,8 \times 10^5$	5×10^5
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1.501 a 5.000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	2×10^6
	PESADO	12	5.001 a 10.000	301 a 1.000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	2×10^7

	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 após a pavimentação, foi considerado o tráfego de Vias Coletoras e Estruturais (MEIO PESADO). O valor obtido para o período e especificações de projeto citados acima foi de $N = 2 \times 10^6$.

2.2.2. Índice de Suporte do Subleito (CBR)

Para o dimensionamento do pavimento da Via de Ligação entre a Interseção do Bairro Ipiranga e o Bairro Belo Horizonte, foi obtido o valor de CBR de 11%. Dados obtidos a partir do relatório dos ensaios realizados pelo laboratório de solos da FEPI, onde foram realizados os ensaios de Limite de Consistência, Granulometria por Peneiramento, Compactação e Índice de Suporte Califórnia, conforme Anexo I.

2.3. 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 8.2 que se segue.

Tabela 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 2×10^6 , como aponta a estimativa de tráfego, portanto será utilizado uma camada de Revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura.

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

$$R \times KR + B \times KB \geq h20 \quad (1)$$

$$R \times KR + B \times KB + h20 \times Ks \geq Hn \quad (2)$$

$$R \times KR + B \times KB + h_{20} \times K_s + h_n \times K_{REF} \geq H_m \quad (3)$$

Onde:

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

As espessuras H_m, H_n, e H₂₀ são obtidas através do ábaco apresentado na Figura 8.1, onde a espessura é função do número "N" e do valor do CBR do subleito, da sub-base ou do reforço do subleito.

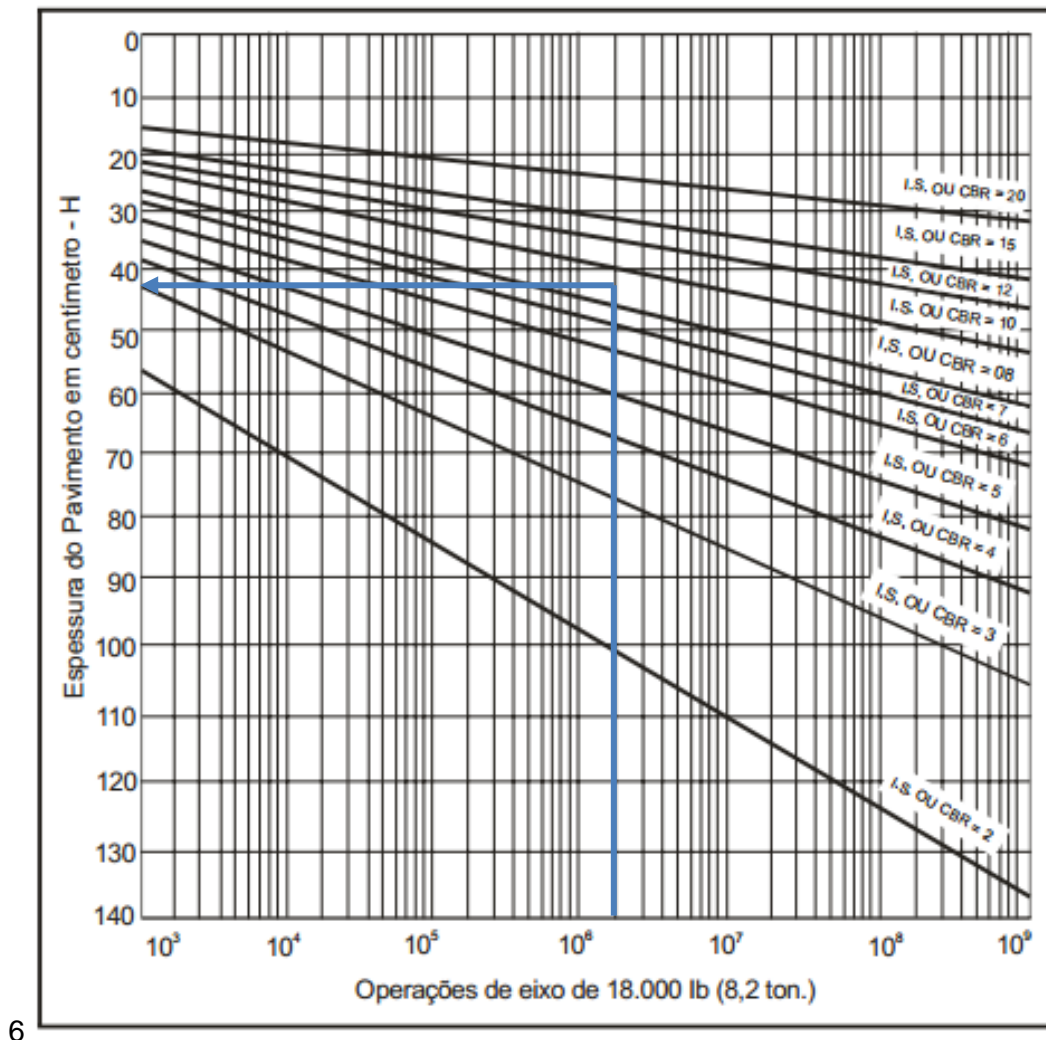


Figura 2 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento

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 2.3 que se segue.

Tabela 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 betuminoso: $K = 2,00$;
- Base granular: $K = 1,0$;
- Sub-base granular: $K = 1,0$;
- CBR do subleito = 11,00%.

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.

Base: 15 cm de Bica Corrida (CBR \geq 60%, Expansão \leq 0,5%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

Sub-Base: 15 cm de Bica Corrida (CBR \geq 30%, Expansão \leq 1,0%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

Reforço Subleito: 40 cm Rachão, conforme projeto executivo de pavimentação.

A seguir apresentam-se as camadas da Seção Transversal Tipo do pavimento projetado:

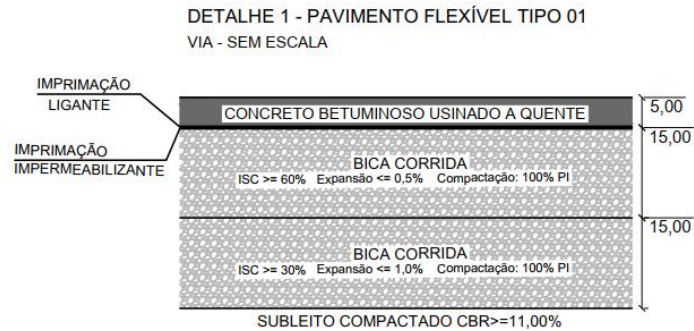


Figura 3 – Pavimento Flexível Tipo 02.

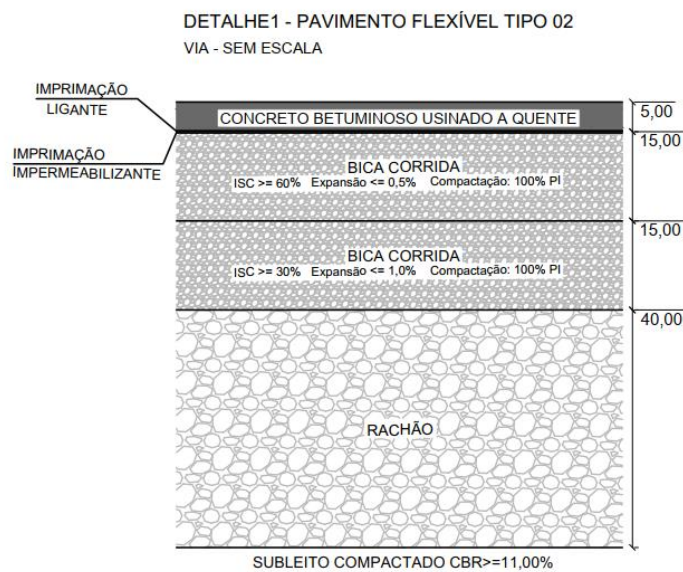


Figura 4 – Pavimento Flexível Tipo 02.

Nos acessos as residências existentes e vias de interligação foi instalado sarjetão, visando manter o escoamento pluvial. Para a seção transversal do pavimento foi utilizado apenas à mesma camada de base da pista de rolamento, com uma camada de CBUQ de 3 cm, visando projeto o dispositivo de drenagem que será instalado. A seguir apresentam-se as camadas que deverão ser executadas no pavimento do acostamento.

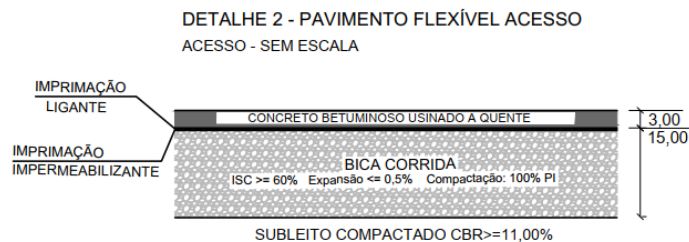


Figura 5 – Pavimento Flexível Acessos.

2.3.1. Especificações 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;
- Reforço do Subleito – DNIT – ES 138/10;

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

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

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

ANEXO I