



MUNICÍPIO: Mercedes – PR
TRECHO: Estrada Municipal São Marcos
EXTENSÃO: 5.859,22 m

PROJETO DE ENGENHARIA PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NA ESTRADA MUNICIPAL SÃO MARCOS

VOLUME 1 – MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

FEVEREIRO/2026

Viamétrica Engenharia Ltda



SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	3
2. ESTUDOS E PROJETOS.....	5
2.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	6
2.2 PROJETO GEOMÉTRICO	16
2.3 PROJETO DE TERRAPLANAGEM.....	20
2.4 PROJETO DE DRENAGEM	26
2.5 PROJETO DE RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO	31
2.6 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	40
2.7 PROJETO DE SINALIZAÇÃO	58
3. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS	76
4. TERMO DE ENCERRAMENTO.....	79



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

1. APRESENTAÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

O projeto geométrico foi desenvolvido sobre a base topográfica dos Estudos Topográficos, orientado pelos Manuais e Normas do DER/PR e do DNIT, tal como o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, edição 1999, DNIT.

O objetivo principal deste projeto é a implantação de pavimentação asfáltica na Estrada Municipal Linha São Marcos, considerando as demandas atuais e futuras do tráfego.

O trecho está localizado em área rural, sentido comunidade São Marcos, contendo área total de 35.155,32 m², e extensão total de 5.859,22 m. Na Figura 1 é apresentado a localização do traçado.

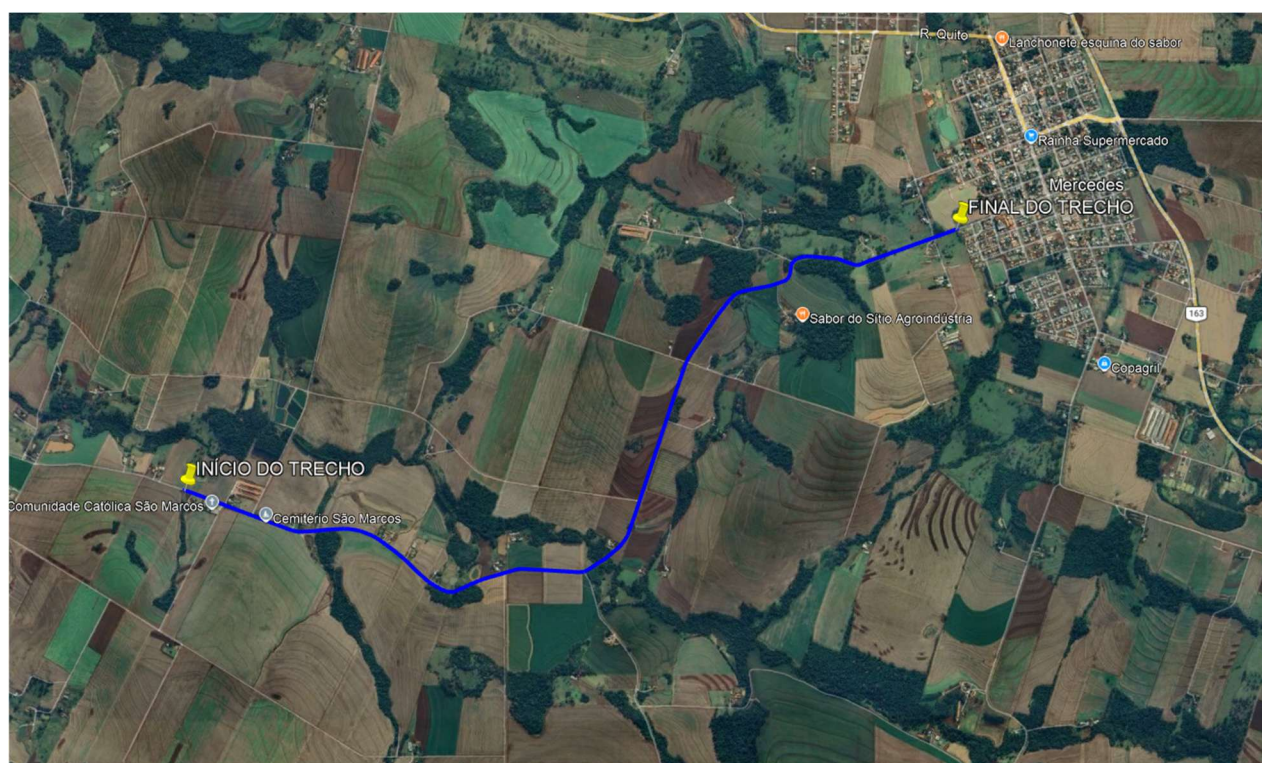


Figura 1 – Localização do Traçado



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

2. ESTUDOS E PROJETOS

SÃO MARCOS



2.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos com a finalidade de estabelecer a individualização climática, geomorfológica e pluviométrica da área de interesse bem como os elementos necessários ao estudo de suficiência das obras de drenagem existentes e ao dimensionamento de novas obras do sistema de drenagem, assim como, a análise das características das bacias hidrográficas e a estimativa das vazões de contribuição.

2.1.1 Serviços executados

Os estudos foram concentrados nos serviços de escolha e análise das estações hidrometeorológicas, coleta, análise, depuração e tratamento dos dados pluviométricos e climáticos e estudo estatístico.

Para o cálculo da intensidade de chuvas, foi adotada a equação IDF (intensidade – duração – frequência) do município de Mercedes PR, obtido por meio do software Pluvio 2.1, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa:

$$i_{máx} = \frac{2.611,343 * T_r^{0,127}}{(t + 22,878)^{0,904}}$$

2.1.2 Cálculo das Vazões

O cálculo da vazão das bacias de contribuição foi determinado através dos procedimentos citados a seguir:

As bacias com áreas inferiores a 4 km² a descarga foi determinada pelo método racional;

As bacias com áreas entre 4 a 10 km² a descarga foi determinada pelo método de racional corrigido;

As bacias com áreas superiores a 10 km² a descarga foi determinada pelo método de hidrograma unitário triangular.

O tempo de concentração das bacias foram avaliados por metodologia e modelos usuais, e que apresentem resultados compatíveis e considerando:

- Área da bacia;
- Comprimento e declividade do talvegue principal;
- Forma da bacia;
- Declividade do talvegue principal;



- Recobrimento Vegetal;
- Uso da terra; e
- Outros.

2.1.2.1 Método Racional:

Relaciona a precipitação com o deflúvio, considerando as principais características da bacia, tais como área, permeabilidade, forma, declividade média, sendo a vazão de dimensionamento calculada pela equação abaixo:

$$Q = \frac{C * I * A}{6}$$

Onde:

Q = vazão, em m³/s;

i = equação de chuva, em mm/min;

A = área de contribuição, em ha;

c = coeficiente de deflúvio, adimensional.

O volume excedente de chuva, com precipitação uniforme sobre a bacia, é determinado de acordo com o complexo solo-cobertura vegetal representado pelo coeficiente de escoamento ou Runoff.

O coeficiente de deflúvio foi arbitrado segundo a tabela apresentada pelo DNIT. Para áreas com urbanização fez-se a média ponderada considerando-se a área e o respectivo coeficiente. Para bacias sem urbanização, considerou-se a declividade da bacia e o tipo de solo da região conforme o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, 2005.

Tipo de Área de Drenagem	Coeficiente C
Áreas sem melhoramentos	
Solo arenoso, declividade baixa < 2%.	0,05-0,10
Solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%.	0,10-0,15
Solo arenoso com declividade alta > 7%	0,15-0,20
Solo argiloso, declividade baixa < 2%	0,13-0,17
Solo argiloso, declividade média entre 2% e 7%.	0,18-0,22
Solo argiloso com declividade alta > 7%	0,15-0,35
Áreas comerciais	
Áreas centrais	0,70-0,95
Áreas de bairros	0,50-0,70



<u>Áreas Residenciais</u>	
Residenciais isoladas	0,35-0,50
Unidades múltiplas, isoladas	0,40-0,60
Unidades múltiplas, conjugadas	0,60-0,75
Residencial suburbana	0,25-0,45
Area de apartamentos	0,50-0,700
Tipo de Área de Drenagem	Coeficiente C
<u>Áreas industriais</u>	
Áreas com ocupação esparsa	0,50-0,80
Área com ocupação densa	0,60-0,90
<u>Ruas</u>	
Revestimento asfáltico	0,70-0,95
Revestimento de concreto	0,80-0,95
Tijolos	0,70-0,85
Trajeto de acesso a calçadas	0,75-0,85
Telhados	0,75-0,95

Tabela 1 - Coeficiente de Deflúvio. Fonte: DNIT.

2.1.2.2 Método Racional Corrigido:

Para corrigir os efeitos de distribuição de chuvas nas bacias hidrográficas, consideradas uniformes no Método Racional, principalmente em bacias de médio porte, é introduzido um coeficiente redutor da intensidade de precipitação chamado coeficiente ou fator de distribuição, dado por:

$$n = A^{-0,1}$$

Onde:

n = fator de distribuição;

A = área de contribuição da bacia, em km²;

E, portanto, o cálculo da vazão, neste caso, resultará do produto da vazão calculada pelo Método Racional, como atrás indicado, multiplicado pelo fator de distribuição n. Esta correção foi aplicada para bacias com áreas de drenagem entre 4,0 e 10 km².

2.1.2.3 Método do Hidrograma Unitário Triangular:

De acordo com o Manual de Hidrologia do DNIT, o método *Soil Conservation Service* indica a utilização do hidrograma unitário adimensional, desenvolvido por Victor Mockus.



Este método, o tempo de concentração da bacia é igual ao tempo entre o fim da chuva e o ponto de inflexão no ramo descendente do hidrograma unitário. O atraso da onda ou “lag” é definido pelo tempo entre o centro da chuva unitária e o pico do hidrograma, valendo $0,6 T_c$ para condições médias de bacia hidrográfica e deflúvios com distribuição aproximadamente uniforme sobre a área.

O DNIT também recomenda a “duração unitária” da chuva, devendo esse valor estar entre $0,20 T_p$ e $0,25 T_p$.

O tempo de base do hidrograma triangular é igual a $8/3$ do tempo de pico (t_p). A forma mais simplificada da apresentação adimensional é obtida a partir do tempo de concentração e da duração unitária, dadas por:

$$q = \frac{2,08 * A}{t_p}$$

$$t_p = \frac{D_u}{2} + 0,6 * t_c$$

$$t_r = 1,67 * t_c$$

$$t_b = 2,67 * t_c$$

Onde:

q = vazão máxima do hidrograma unitário, em m^3/s ;

A = área de contribuição da bacia, em km^2 ;

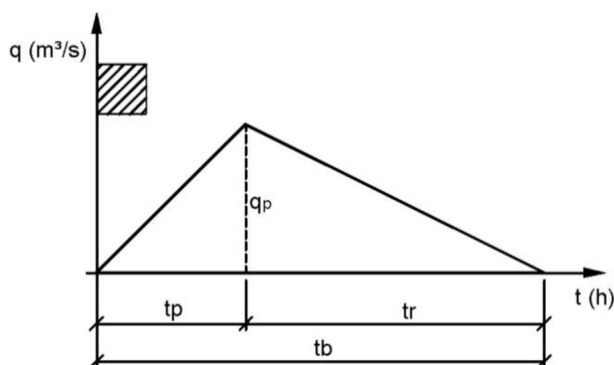
t_p = tempo de pico, em h;

D_u = Duração unitária, em h;

t_c = tempo de concentração, em h;

t_r = tempo de descida, em h;

t_b = tempo de base, em h.





A Curva de Mockus é uma representação gráfica que descreve como a vazão de um rio responde às variações na precipitação. Ela mostra a relação entre a intensidade e a duração da chuva e a resposta do escoamento de água em um determinado sistema hidrológico, sendo expressa em função da precipitação, através equação:

$$d = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S}$$

Onde, d é a precipitação efetiva acumulada, em mm;

P é a precipitação, em mm;

S é um índice que traduz a capacidade de infiltração máxima do solo, sendo:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN - 1} \right)$$

O coeficiente do número de deflúvio (CN) é variável de acordo com a permeabilidade do solo, a cobertura vegetal, a textura da superfície e a umidade antecedente do solo que fornecem a orientação para a escolha do CN, para diversos tipos de cobertura vegetal, tratamento agrícola e para diversos grupos hidrológicos de solos, classificados de acordo com a permeabilidade. Esse número é determinado após a definição do tipo de solo, sua utilização e as condições de superfície, conforme a Tabela 2.



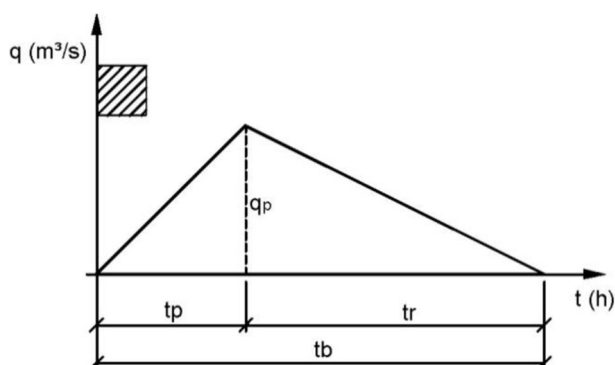
UTILIZAÇÃO DA TERRA	CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE	TIPOS DE SOLO			
		A	B	C	D
TERRENOS CULTIVADOS	Sulcos retilíneos Fileiras retas	77	86	91	94
		70	80	87	90
PLANTAÇÕES REGULARES	Em curvas de nível Terraceado em nível Fileiras retas	67	77	83	87
		64	73	79	82
		64	76	84	88
CEREAIS	Em curvas de nível Terraceado em nível Fileiras retas	62	74	82	85
		60	71	79	82
		62	75	83	87
LEGUMES OU CAMPOS CULTIVADOS	Em curvas de nível Terraceado em nível Pobres Normais Boas	60	72	81	84
		57	70	78	89
		68	79	86	89
		49	69	79	84
		39	61	74	80
PASTAGENS	Pobres, em curvas de nível Normais, em curvas de nível Boas, em curvas de nível	47	67	81	88
		25	59	75	83
		6	35	70	79
CAMPOS PERMANENTES	Normais Esparsas, de baixa transpiração Normais Densas, de alta transpiração	30	58	71	78
		45	66	77	83
		25	55	70	77
		25	55	70	77
CHÁCARAS	Normais	59	74	82	86
ESTRADAS DE TERRA	Más De superfície duro	72	82	87	89
		74	84	90	92

Tabela 2 - Número de deflúvio (CN). Fonte: Jabôr, 2022.

Na apostila de drenagem de rodovias, do Marcos Jabor (2022), é definido os quatro grupos hidrológicos do solo da seguinte maneira:

- **GRUPO A:** Baixo potencial de escoamento superficial e, portanto, alto coeficiente de permeabilidade, mesmo quando totalmente encharcado. Camadas profundas com pouca argila ou silte e mais areia e pedregulho limpo, com textura de boa drenagem. Coeficiente de permeabilidade aproximadamente igual a 10^{-1} .

- **GRUPO B:** Coeficiente de infiltração moderado quando totalmente encharcado. Inclui solos arenosos em camadas menos profundas que os do Tipo A, condições de drenagens médias, textura moderadamente fina e granular. Coeficiente de permeabilidade entre 10^{-1} a 10^{-3} .
- **GRUPO C:** Baixo coeficiente de infiltração quando totalmente encharcado composto por camadas com grande percentagem de argila e silte. Coeficiente de permeabilidade variando entre 10^{-1} a 10^{-5} .
- **GRUPO D:** Alto potencial de escoamento superficial e, consequentemente, baixo coeficiente de infiltração quando encharcado. É constituído por camadas de argila próximas à superfície e por solos superficiais sobre horizontes impermeáveis (rochosos). Coeficiente de permeabilidade compreendido entre 10^{-5} e 10^{-7} .



2.1.3 Bacias Hidrográficas

Nesta fase do projeto, foi analisado a bacia interceptada pelo traçado do projeto.

A bacia foi caracterizada pelos seguintes elementos:

- Fotografia aérea;
- Restituição aerofotogramétrica;
- Inspeção em campo.

Memória Justificativa
Estrada Municipal São Marcos



Para o cálculo utilizou-se a fórmula de Kirpich para bacias menores ou iguais a 100 ha e Kirpich Modificada no caso de bacias maiores que 100 ha, recomendada pelo “California Highways and Public Roads” expressa por:

$$tc = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad ou, \quad tc = 85,2 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

tc = Tempo de concentração, em minutos;

A = Área da bacia, em hectares;

L = Comprimento do talvegue principal, em km;

H = desnível (m).

Para obras de drenagem superficial será adotado o tempo de concentração igual a 5 minutos, e para as Obras de Arte Correntes, o tempo de 10 minutos como mínimo.

2.1.6 Declividade equivalente do Talvegue

No cálculo da declividade do talvegue, foram consideradas as características físicas das bacias hidrográficas. Informações como o comprimento das bacias e os desníveis foram necessárias para calcular a declividade efetiva do talvegue, conforme a equação abaixo:

$$i = \left[\frac{L}{\frac{L1}{\sqrt{i1}} + \frac{L2}{\sqrt{i2}} + \frac{L3}{\sqrt{i3}} + \dots + \frac{Ln}{\sqrt{in}}} \right]^2$$

Onde:

i = declividade efetiva (m/m)

L = comprimento total do talvegue (km)

$L1, L2, L3, Ln$ = comprimentos parciais do talvegue (km)

$i1, i2, i3, in$ = declividades parciais (m/m)

2.1.7 Resultados

No quadro abaixo é apresentado as vazões calculadas para as bacias de contribuição interceptadas pelo traçado selecionado, cuja vazões foram calculadas pelo



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

método racional, para tempos de recorrência de 10, 15, 25 e 50 anos. As quais, atendem a vazão adicional causada pela obra.

PLANILHA DE CÁLCULO - RESUMO ESTUDOS HIDROLÓGICOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E GEOMÉTRICAS DAS BACIAS									
Bacia	Área A (km ²)	Área A (ha)	Comprim. L (m)	Desnível H (m)	Decl. Equival. I eq (m/km)	TC	Tempo Conc. tc (min)	F	C
1	3,76	375,84	1.462,86	50,00	23,37	19,61	19,61	1,00	0,10
2	44,59	4.459,29	11.955,04	170,00	11,38	138,59	138,59	1,00	0,10

CÁLCULO DAS VAZÕES DE PROJETO

Bacia Nº	TR = 10	TR = 15	TR = 25	TR = 50	Método
	I (mm/h) Qp (m³/s)	I (mm/h) Qp (m³/s)	I (mm/h) Qp (m³/s)	I (mm/h) Qp (m³/s)	
1	117,996 12,319	124,232 12,970	132,970 13,839	144,756 15,113	Racional
2	35,299 43,724	37,164 46,035	39,655 49,120	43,304 53,641	Soil

Tabela 3 - Resultado do cálculo das vazões das bacias que interceptam o traçado.



2.2 PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico foi desenvolvido sobre a base topográfica dos Estudos Topográficos fornecido pelo município de Mercedes - PR, realizado pela empresa LJU Backes Planejamento e Assessoria Agropecuária, cujo responsável pelo levantamento topográfico é o Eng. Agrônomo Djoni Backes, CREA PR 100.021/D.

O projeto geométrico está orientado pelos Manuais e Normas do DER/PR e do DNIT, tal como o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, edição 1999, DNER.

2.2.1 Considerações Iniciais

Trata-se de uma estrada secundária, que interliga a zona rural a zona urbana, possuindo extrema relevância econômica, social e ambiental, caracterizando essa via como um dos principais agentes de inter e intrarregionais desempenhando um papel preponderante no progresso, bem-estar e desenvolvimento Rural Sustentável.

A complementação das estradas que estão sendo propostas tem por objetivo proporcionar melhores condições de tráfego para toda a população da comunidade São Marcos.

A estrada encontra-se com revestimento primário. O objetivo é tornar o acesso a comunidade São Marcos mais bem estruturada e organizada, proporcionando às famílias de agricultores, os benefícios socioeconômicos mínimos necessários à fixação do homem no campo.

Deste modo, o papel da infraestrutura rural e, por conseguinte, o investimento na mesma apontado como mais expressivo do que investimentos em outras formas de capital. Cabe ressaltar que a adequação da estrada, vai muito além, apresentando uma multiplicidade de fatores sociais e econômicos que se interligam em uma abordagem holística fundamental desenvolvimento sustentável, como:

- Fator de produção e escoamento da produção;
- Fator locacional;
- Geração de empregos e divisas;
- O acesso da população rural a serviços básicos como educação, saúde e lazer.



2.2.2 Características de Projeto

Sobre base cartográfica, obtida através do levantamento planialtimétrico cadastral, foi lançado o eixo de projeto em planta, calculado todos os elementos de curvas e tangentes relevantes e estaqueado de 20,00 m em 20,00 m. A partir deste eixo obtendo-se o perfil longitudinal do terreno para a elaboração do projeto em perfil. Estas operações foram executadas com auxílio de software específico para projeto geométrico e terraplenagem.

A seção efetivamente implantada possui, em geral, largura total de 8,00 m, sendo 6,00 m correspondentes à pista pavimentada.

Essa estrada rural possui função determinante de escoamento produção, na qual é classificada com classe IV, conforme as diretrizes do manual do DNIT.

Os elementos da seção e suas dimensões são apresentados a seguir:

1) Pista:

- Classe da Rodovia: IV;
- Velocidade diretriz: 50 km/h;
- Rampa máxima: 11,00% em 112,12 m;
- Pista de rolamento (2 x 3,00): 6,00 m.

2) Demais elementos da seção:

- Declividade transversal da pista 2%;
- Largura da faixa de serviços externa: 2 x 0,50 m;
- Largura da faixa de domínio da rodovia: 14,00 m
- Inclinação dos taludes de corte em solo 1V: 1H;
- Inclinação do talude de aterro: 2V: 3H;

2.2.3 Relatório Fotográfico

O ponto de partida do trecho está localizado nas coordenadas geográficas 24°28'11.16"S 54°12'50.67"W, segue com extensão total de 5.859,22 m até as coordenadas geográficas 24°27'21.68"S 54°10'10.09"W.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.



Figura 3 - Ponto de partida do trecho.



Figura 4 - Ponto final do trecho.



2.2.4 Nota de serviço da plataforma acabada

Apresentamos a seguir a nota de serviço da plataforma de terraplanagem acabada.

Sua função é permitir materializar em campo todos os pontos importantes da seção transversal a partir da locação do eixo de projeto em uma linha perpendicular a este.

Os pontos da seção transversal acabada estão detalhados quanto a sua posição em relação ao eixo do traçado (a direita ou a esquerda, e a distância deste), e sua cota.

Os seguintes pontos da seção transversal são apresentados na Nota de Serviço:

- Elementos do Projeto: ponto de curvatura, ponto de tangente, e ponto de interseção das curvas em planta e em perfil;
- Super elevação;
- Offset: ponto extremo da seção de terraplenagem, onde essa intercepta o terreno natural;
- Bd Pista: bordo da plataforma de pavimentação;
- Eixo: cotas do terreno natural e do greide previsto para a terraplanagem.



2.3 PROJETO DE TERRAPLANAGEM

O projeto de terraplenagem foi executado com base nos elementos dos estudos geotécnicos e no projeto geométrico.

A etapa tem por objetivo elaborar a planificação da movimentação de materiais de terraplenagem, quantificando-a e determinando as distâncias de transporte.

O greide calculado e apresentado no projeto geométrico é o de terraplanagem. O de pavimentação é obtido pela soma da espessura do pavimento.

As seções com as dimensões e segmentos onde serão implantados os melhoramentos estão apresentados nos itens Projeto de Terraplenagem e Projeto de Pavimentação do Volume 2: Projeto de Execução.

2.3.1 Considerações Iniciais

O trecho projetado, terá a sua seção transversal da plataforma em alguns pontos alterada. As movimentações de materiais destinam-se a implantação da pista de rolamento.

Os volumes de corte e aterro foram calculados a partir das seções transversais. Após definição do greide de projeto, as seções foram gabaritadas de acordo com a seção transversal tipo, possibilitando a planimetria das áreas correspondentes a corte e aterro, quantificando e determinando as distâncias de transporte, sendo utilizada as seguintes considerações:

- Utilizando as seções geradas pelo projeto geométrico, foram obtidos os volumes de terraplanagem pelo método da soma das áreas e pela semi-distância;
- Os materiais dos cortes foram classificados visualmente em vistoria a campo;
- Foi considerado o coeficiente de empolamento de 1,30 para os solos classificados em 1ª categoria;
- Os materiais utilizados da camada final de terraplenagem, ou seja, os últimos 60 cm devem ser executados com material com CBR igual ou superior ao adotado no projeto de pavimentação, expansão <2% e grau de compactação de 100% proctor normal;
- As camadas inferiores do aterro serão compactadas em toda a sua altura a 95% do grau de compactação PN;



- A distribuição dos volumes foi realizada buscando diminuir as distâncias de transporte, levando em consideração as características geotécnicas do material e a sua utilização;

- Os taludes foram projetados com inclinação 1(H) / 1(V) em cortes em solo e altura máxima de 6,00 m. As banquetas devem ser executadas no máximo a cada 6,00 m com largura mínima de 2,50 metros.

- Já os taludes de aterro foram projetados com inclinação 3(H) / 2(V) nos aterros.

- Nos locais onde a geometria encontra-se implantada sobre material de baixa capacidade de suporte, foi considerada a remoção do material inservível e posterior reposição com camada drenante em rocha. Os solos utilizados para aterro deverão ser isentos de matérias orgânicas e micáceas, turfas e argilas orgânicas.

- Os serviços de cortes e aterros deverão ser executados em acordo com as Especificações Gerais para Obras Rodoviárias do Departamento Estadual de Estradas de Rodagem - DER/PR.

2.3.1.1 Escavação de Cortes

Os cortes são segmentos que requerem escavação no terreno natural para se alcançar a linha do greide projetado, definindo assim transversal e longitudinalmente o corpo estradal. As operações de corte compreendem:

- Escavação dos materiais constituintes do terreno natural até a plataforma de terraplenagem definida pelo projeto;
- Escavação para rebaixamento do leito de terraplenagem, nos casos em que o subleito formado por materiais julgados inadequados. Neste caso, indica-se rebaixamento de 0,40 m. Após remoção do material, deverá ser executado serviço de tratamento do subleito abaixo da escavação de rebaixo, compreendendo escarificação do solo, tratamento de controle de umidade, remoção de raízes e compactação. Para determinação de quantidades, foi considerada espessura igual a 0,20 m, abaixo da operação de rebaixamento dos cortes em solo, com serviço de compactação 100% P.I. Após o tratamento do fundo, recompor o local, em camadas de 0,20 m, e compactar com a mesma energia. Também serão



escavados aterros com altura inferior a 0,60 m, proporcionando espaço suficiente para execução da camada final.

- Escavação nos terrenos de fundação de aterros com declividade excessiva (comuns nos alargamentos de aterros existentes) para que estes proporcionem condições para o trabalho dos equipamentos e estabilidade das camadas a serem sobrepostas. No presente projeto nos casos de execução de aterros em meia encosta, onde o terreno natural possui inclinação superior a 20%, foi considerado um reaterro em degraus com largura mínima de 1,0 m. O “denteamento” deverá ser considerado para engastamento do aterro, e para garantir a largura mínima de operação de equipamentos de terraplenagem (3,0 m);
- Transporte dos materiais escavados para aterros ou depósito de material excedente.

2.3.1.2 Compactação de Aterros

Os aterros constituem segmentos cuja implantação requer o depósito de materiais, para a composição do corpo estradal segundo os gabaritos de projeto. Os materiais de aterro se originam dos cortes e dos empréstimos.

As operações de aterro compreendem a descarga, o espalhamento, a correção da umidade e a compactação dos materiais escavados, para a confecção do corpo e da camada final dos aterros propriamente ditos, bem como para a substituição de volumes retirados nos rebaixamentos de plataforma em corte ou nos terrenos de fundação dos próprios aterros.

Os volumes de compactação de aterros foram obtidos através das informações das seções transversais gabaritadas e a mesma metodologia aplicada nos cortes. Importante observar que o serviço de tratamento do fundo dos rebaixos de cortes será quantificado em orçamento no serviço de compactação, com energia equivalente a 100% do Proctor Intermediário.

Os volumes apresentados estão separados em camada final e corpo do aterro. A camada final compreende os 0,60 m (mínimo, ou equivalente às características dos materiais) finais dos aterros e o reaterro dos rebaixos, onde a energia de compactação deverá ser equivalente a 100% do Proctor Intermediário.

O corpo do aterro compreende a porção inferior dos aterros, situada abaixo da camada final, e deverá receber compactação de 100% do Proctor Normal.

Os materiais empregados nos aterros são oriundos dos cortes e empréstimos e deverão atender as recomendações das especificações de serviço quanto aos aspectos qualitativos, ou seja, de CBR e de expansão, não sendo permitido o uso de solos de baixa capacidade ou com elevada expansão.

- Corpo de aterro: CBR > 2% e expansão < 4%;
- Camadas finais de terraplenagem (aterros e cortes): CBR $\geq$ 7,8% e expansão < 2%.

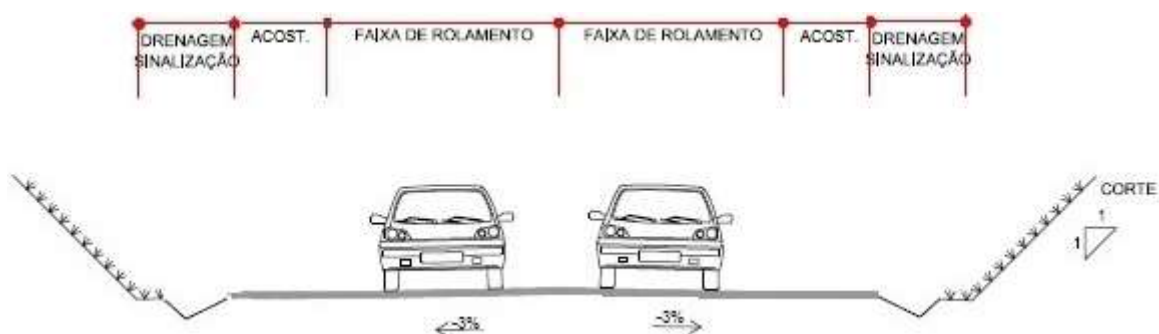
2.3.2 Seções Transversais e Notas de Serviço

As seções transversais foram obtidas com auxílio do software específico. As Notas de Serviço (NS) e os volumes de terraplanagem foram calculadas com base nas seções desenvolvidas.

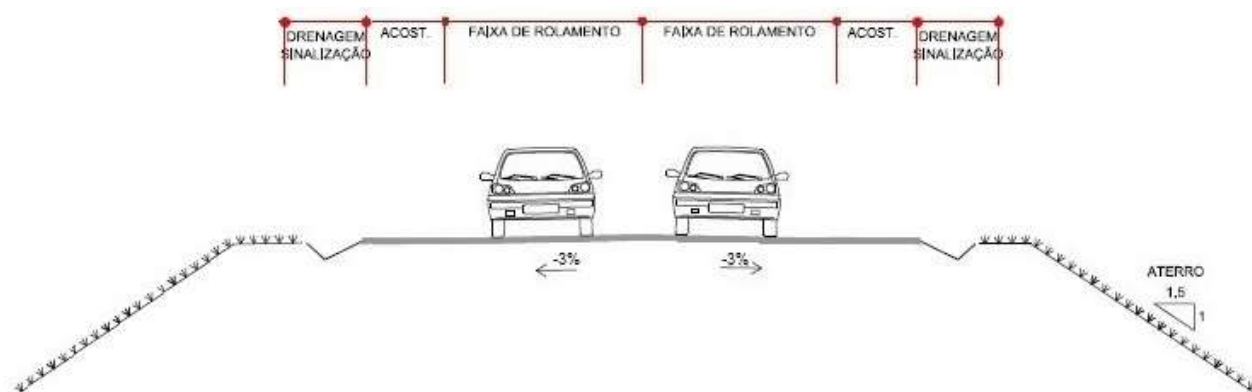
2.3.3 Seções Tipo

Todas as seções-tipo representadas foram desenhadas na escala 1:100 da horizontal e 1:200 da vertical. Indicam ainda, o detalhamento dos taludes de corte e aterro nas diversas situações.

- Seções tipo de corte:



- Seções tipo de aterro:



2.3.4 Seleção dos Materiais

Para seleção de materiais de terraplenagem, deve-se avaliar as características mecânicas e físicas através dos ensaios descritos na instrução para serviços geotécnicos.

O material de aterro pode ser solo, pedregulho ou solo contendo fragmentos de rochas. Os parâmetros de projeto são a capacidade de suporte do material e a expansão. Em princípio e salvo outra indicação, devem ser obedecidos os seguintes valores, conforme especificação técnica do item aterros de terraplenagem:

- aterro: no caso do corpo de aterro ser constituído por solos expansivos, SE, ou solos expansivos saturados, SES, os metros finais do aterro da plataforma e do talude devem ser executados por solos de comportamento laterítico e compactado na energia normal do ensaio de compactação, conforme indicação de projeto, de forma a envelopar o corpo de aterro. Caso não se disponha de volume suficiente deste material, os metros finais do aterro devem ser executados com solos que apresentem CBR maior ou igual a 6%, expansão menor do que 2% e os últimos 30 cm executados por solo selecionado de comportamento laterítico compactado na energia intermediária do ensaio de compactação;
- corte: no caso do subleito do pavimento apresentar solos expansivos, SE, ou solos expansivos saturados, SES, deve-se substituir o solo, na espessura mínima de 1,50 m, constituído por solos de comportamento laterítico e compactado na energia normal do ensaio de compactação. Caso não se disponha de volume suficiente deste material, a substituição deverá ser



executada por solos que apresentem CBR maior ou igual a 6%, expansão menor do que 1% e os últimos 30 cm executados por solo selecionado de comportamento laterítico compactado na energia intermediária do ensaio de compactação.

2.3.5 Categorias de escavação

Os materiais escavados foram classificados de acordo com especificação DER/PR ES-T 02/23, com apoio de estudos preliminares. Porém, durante a execução do contrato fica por responsabilidade do órgão contratante a classificação dos solos, em material de 1ª, 2ª e 3ª categoria.

O perfil geotécnico apresentado no projeto geotécnico representa as estacas com as prováveis presenças das categorias de escavação, bem como indicação dos ensaios de campo e laboratório que ajudaram a caracterizar o material.

2.3.6 Distribuição de Materiais

A distribuição teórica do material escavado deve definir a origem e o destino dos materiais envolvidos na terraplenagem, considerando seus volumes, as classificações e as distâncias médias de transporte, através da elaboração do diagrama de Bruckner, sendo estabelecidas a partir dos centros de massa, definidos com base no cálculo dos volumes acumulados e as compensações foram indicadas com o objetivo de minimizar as distâncias. Destacam-se:

- Camada vegetal de 0,20 m: remoção e espalhamento medidos como item de limpeza, em área de planta;
- Camada vegetal excedente aos 0,20 m: atividades de remoção medidas em operações convencionais de corte, em m³. Espalhamento e conformação medidos como item específico para bota-fora;
- Execução de camadas finais de aterro: aproveitando situação de greide com maior porção em aterro, optou-se por utilizar material de área de empréstimo. Tal premissa reduz custos com bota-espera, uma vez que já se é esperado utilização das áreas de empréstimo para outras camadas.



2.4 PROJETO DE DRENAGEM

O Projeto de Drenagem, faz parte do Projeto de Engenharia Rodoviária para a implantação de pavimentação asfáltica, numa extensão de 5.859,22 m. Foi constituído pela definição, detalhamento e posicionamento dos dispositivos a serem implantados no sistema de drenagem, considerando-se a captação das águas que possam atingir a rodovia, conduzindo-as a situações que assegurem o seu afastamento natural do corpo estradal.

O Projeto está sendo executado de acordo com as recomendações das Instruções de Serviço proposta pelo Departamento Estadual de Estradas de Rodagem do Paraná (DER-PR).

2.4.1 Projeto de Drenagem Superficial

Destina-se a interceptar as águas que chegam ao corpo da estrada, provenientes de áreas adjacentes, e a captar a água pluvial que incida diretamente sobre ela, conduzindo-as para local de deságue seguro, sem causar danos.

Os dispositivos de drenagem adotados para o projeto são:

- Sarjetas de captação;
- Dissipadores de energia.

Os dispositivos utilizados seguiram o padrão DER, apresentados no Álbum de Projetos – Tipo de Dispositivos de Drenagem.

2.4.1.1 Drenagem Superficial

O sistema de drenagem superficial tem por objetivo captar e interceptar as águas que precipitam sobre o corpo estradal, taludes e áreas que a eles convergem, conduzindo as para locais de deságue seguro, sem causar erosão nas áreas vizinhas ou comprometer a estabilidade do maciço.

As vazões de contribuição foram determinadas através do método racional, adotando-se os parâmetros a seguir:

- Asfalto e concreto: $C = 0,90$;
- Talude gramado: $C = 0,70$;
- Área entre offset e valeta de coroamento: $C = 0,50$;



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

- Canteiro gramado: $C = 0,40$;
- Velocidade Máxima Revestimento de concreto: $V = 4,5\text{m/s}$;
- Velocidade Máxima Revestimento em grama: $V = 2,4\text{m/s}$;
- Período de recorrência para bueiros tubulares: 50 anos;
- Período de recorrência para os demais dispositivos: 10 anos
- Tempo de concentração: 10 minutos.

Para proceder o ao dimensionamento hidráulico das valetas, há necessidade de estimar a descarga de contribuição, utilizando-se o método racional, onde a área de drenagem é limitada pela própria valeta e pela linha do divisor de águas da vertente a montante. A expressão da fórmula racional é:

$$Q = \frac{C * i * A}{36 * 10^4}$$

- Q = descarga de contribuição em m^3/s ;
- c = coeficiente de escoamento, adimensional, fixado de acordo com o complexo solo cobertura vegetal e declividade do terreno;
- i = intensidade de precipitação, em cm/h para a chuva de projeto, fixada no estudo hidrológico;
- A = área de contribuição, em m^2 , determinada através de levantamentos topográficos aerofotogramétricos ou expeditos;

Fixada a vazão de contribuição, passa-se para a determinação da capacidade de vazão, utilizando-se a fórmula de Manning, aliada à equação da continuidade.

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * \sqrt{i_L}$$

- N = coeficiente de rugosidade de Manning, adimensional;
- R = raio hidráulico, em m ; e,
- IL = declividade longitudinal, em m/m .

$Q = V * A$ (equação da continuidade), onde:

- Q = vazão afluyente, em m^3/s ;
- V = velocidade, em m/s ;
- A = área da seção molhada, em m^2



Para considerar o aumento da rugosidade, com o passar dos anos, decidiu-se adotar coeficiente de rugosidade $n = 0,015$, tanto para superfícies revestidas em concreto quanto asfaltadas.

No dimensionamento da Velocidade Máxima Permissível cada dispositivo de drenagem está condicionado ao fator velocidade, o qual não deve ultrapassar os valores pré-estabelecidos, em função do tipo de revestimento utilizado.

Todos os dispositivos de drenagem superficial devem receber revestimento adequado, conforme os estudos e verificação em função das velocidades máximas admissíveis.

- Sarjetas de Captação:

As sarjetas triangulares de concreto (STC tipo 2) serão instaladas ao lado da faixa, nos locais indicados em projeto, com a finalidade de captar e canalizar as águas pluviais. Sua função é direcionar a água proveniente da plataforma e dos taludes para pontos de saída adequados no terreno natural. O dimensionamento hidráulico foi elaborado com o emprego da fórmula de Manning, associada à Equação da Continuidade. Consistindo na determinação da extensão máxima admissível sem que ocorra o transbordamento, ou seja, o comprimento crítico. Assim, para extensões maiores que o limite admissível deve ser implantado uma saída ou um dispositivo de captação para esgotamento das valetas e sarjetas. Com base nas características físicas das seções das valetas, sarjetas e banquetas de condução e considerando uma largura de contribuição, calculou-se a capacidade (vazão máxima de escoamento), a velocidade e comprimento crítico para várias inclinações longitudinais.

a) de corte

Ao longo dos cortes, para drenar as águas precipitadas sobre a plataforma, foram projetadas sarjetas revestidas em concreto STC tipo 2.

Os comprimentos máximos admissíveis desse dispositivo foram calculados para a situação mais desfavorável, ou seja, com contribuição de todo corpo estradal. A Figura 5 apresenta uma seção tipo, esquematizando a contribuição para a sarjeta, as características físicas das sarjetas e os consumos médios por metro linear, descritas pelo álbum de dispositivos de drenagem do DER/PR.

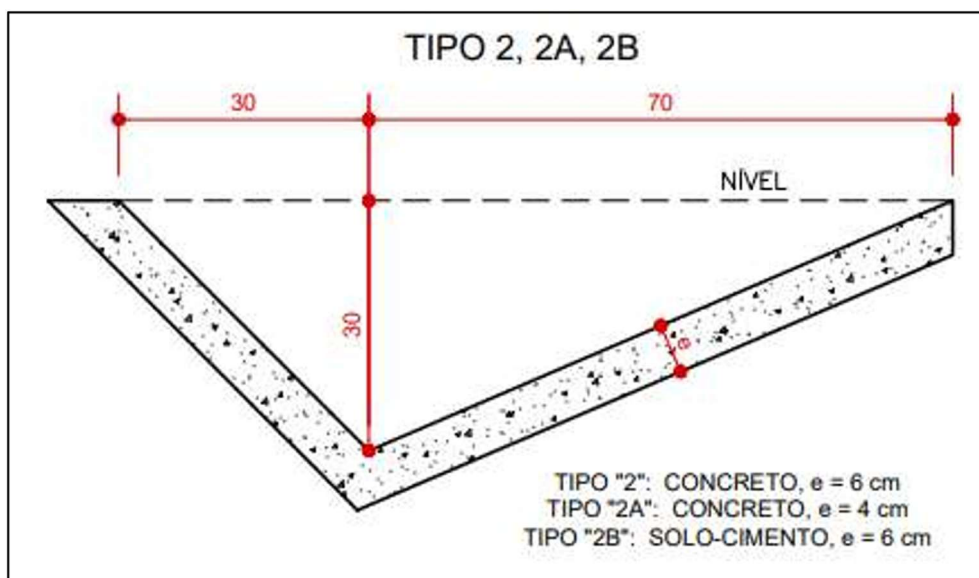


Figura 5 - Sarjeta Triangular em Concreto (STC 2).

Para proceder o ao dimensionamento hidráulico das sarjetas, há necessidade de estimar a descarga de contribuição, utilizando-se o método racional, onde a área de drenagem é limitada pela própria valeta e pela linha do divisor de águas da vertente a montante. A expressão da fórmula racional é:

$$Q = \frac{C * i * A}{3,6}$$

- Q = descarga de contribuição em m3/s;
- c = coeficiente de escoamento, adimensional, fixado de acordo com o complexo solo cobertura vegetal e declividade do terreno;
- i = intensidade de precipitação correspondente ao tempo de recorrência considerado;
- A = área de contribuição, em km2.

A área de contribuição “A” é obtida em função da seção transversal da rodovia supra descrita. Sendo formada pela superfície de diferentes coeficientes de escoamento (C) o qual, é obtido através da média ponderada de seus valores, usando-se como peso as respectivas larguras dos implúvios, utilizando a expressão:

$$Q = \frac{L_{pista} * C_{pista} + L_{sarjeta} * C_{sarjeta} + L_{talude} * C_{talude} + L_{externa} * C_{externa}}{L_t}$$



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

Os materiais provenientes da demolição das sarjetas serão transportados por empresas coletoras de resíduos de construção civil, realizando o descarte do modo correto.

Na Tabela 4 é apresentado o dimensionamento das sarjetas de captação.

SARJETA DE PÉ DE CORTE																								
TRECHO	ESTACA				POS. REL.	ÁREAS (ha)				C pond.	TEMPO DE CONC. tc (min)	INTENS. PLUV. I (mm/min)	VAZÃO Q (m³/s)	DECLIV. I (m/m)	COMPR. L (m)	DIMENSIONAMENTO							REVEST. C	TIPO DE SARJETA
	INICIAL		FINAL			A1 PISTA	A2 SARJ	A3 TAL.	A3 EXT.							VELOC. (m/s)	RAIO HIDR Rh (m)	ÁREA MOLHADA (m²)	PERÍMETRO MOLHADO (m)	VAZÃO Qadm (m³/s)	ALTURA D'ÁGUA (m)			
	EST. FRAC.	EST. FRAC.																						
Via Projetada	263	8,00	275	0,00	LD	0,093	0,023	0,023	0,696	0,34	5,00	2,03	0,096	0,1139	232,00	5,69	0,13	0,15	1,18	0,853	0,176	0,015	STC-02	

Tabela 4 - Dimensionamento das Sarjetas de Captação.

- Dissipadores de Energia:

Os dissipadores de energia, como o nome indica, são dispositivos destinados a dissipar energia do fluxo d'água, reduzindo consequentemente sua velocidade, quer no escoamento através do dispositivo de drenagem, quer no deságue para o terreno natural.

O dimensionamento hidráulico será função da velocidade de escoamento d'água a montante e da altura do fluxo afluente.

Segundo experiências elaboradas pelo Bureau of Reclamation – USA, o ressalto hidráulico que ocorre na bacia de amortecimento é função da variação do número de Froude. E a determinação deste ressalto hidráulico permitirá o dimensionamento do dispositivo.



2.5 PROJETO DE RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO

O Projeto de Restauração da Estrada Municipal São Marcos tem por objetivo definir, de forma técnica e economicamente viável, a metodologia de avaliação e dimensionamento necessária para restabelecer a capacidade estrutural e funcional da rodovia existente.

As soluções de restauração propostas foram desenvolvidas com base no diagnóstico das condições funcionais e estruturais do pavimento, nos resultados dos ensaios de campo e laboratório, na avaliação do tráfego de projeto e nas condições geotécnicas do subleito e das camadas existentes.

Todos os procedimentos adotados no projeto seguem as recomendações do Termo de Referência e das publicações técnicas aplicáveis, dentre as quais destacam-se:

- Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos – DNIT;
- Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – DNIT (2006);
- PRO-11 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis – DNER.

Com base nessas informações, definiu-se o conjunto de intervenções necessárias para a restauração do pavimento, realizou-se o dimensionamento da solução proposta e elaboraram-se os respectivos detalhes e memoriais de cálculo que compõem o projeto executivo.

2.5.1 Cálculo do número N

A carga de tráfego, isto é, o número de solicitações equivalentes do eixo padrão de 8,2 t atuante no 10º ano após a abertura do pavimento. O número N foi fornecido pela secretaria de obras do município de Mercedes – PR, sendo este: **1 x 10⁶**.

2.5.2 Avaliação Estrutural do Pavimento

A avaliação estrutural verifica a capacidade de carga do pavimento, compreendendo o estudo das características de resistência e de deformabilidade de suas



camadas. Os resultados deste levantamento recebem tratamentos estatísticos fornecendo assim, a real condição de cada camada constituinte da estrutura do pavimento existente, em cada segmento homogêneo analisado.

Na mecânica dos pavimentos convencionou-se chamar de deflexão a deformação elástica, ou recuperável, de estruturas de pavimentos sob a ação de cargas repetidas.

Desta maneira, a deformação resiliente deixa de existir assim que a carga se desloca para outro ponto da superfície podendo ser mensurada pelos deflectômetros.

Já as deformações permanentes, ou plásticas, são o somatório de deformações que ocorre no pavimento ao longo dos anos com a passagem do tráfego, ou seja, uma parcela da estrutura do pavimento que se deformou, não retorna ao seu estado natural e se acumula durante os anos com a passagem do tráfego.

A deflexão recuperável máxima é um parâmetro importante para avaliação estrutural de pavimentos flexíveis, pois possibilita a aferição do comportamento da estrutura como um todo e permite a partir da previsão de tráfego futuro e das características do subleito, avaliar as necessidades estruturais do trecho para o período de projeto.

O método utilizado para avaliação do pavimento foi utilizado o método não destrutivo, através do levantamento deflectométrico da estrutura com o emprego da Viga Benkelman, relativo à carga no pavimento devido a ação do tráfego atuante.

O procedimento utilizado seguiu as normativas do DNER-ME-24/94 e NBR 8547.

O caminhão padronizado para este tipo de levantamento tem suas rodas duplas traseiras com pneus calibrados à pressão de 0,55 Mpa (5,6 kgf/cm² ou 80 lb/pol²) e carga de 80 KN (8,2 tf) no eixo traseiro simples.

No gráfico apresentado na Figura 6, são apresentados os resultados do levantamento deflectométrico, fornecidos pelo município de Mercedes, os quais, foram realizados pela empresa Consolotec Controle Tecnológico, cujo responsável técnico é o sr. Fernando Guth.

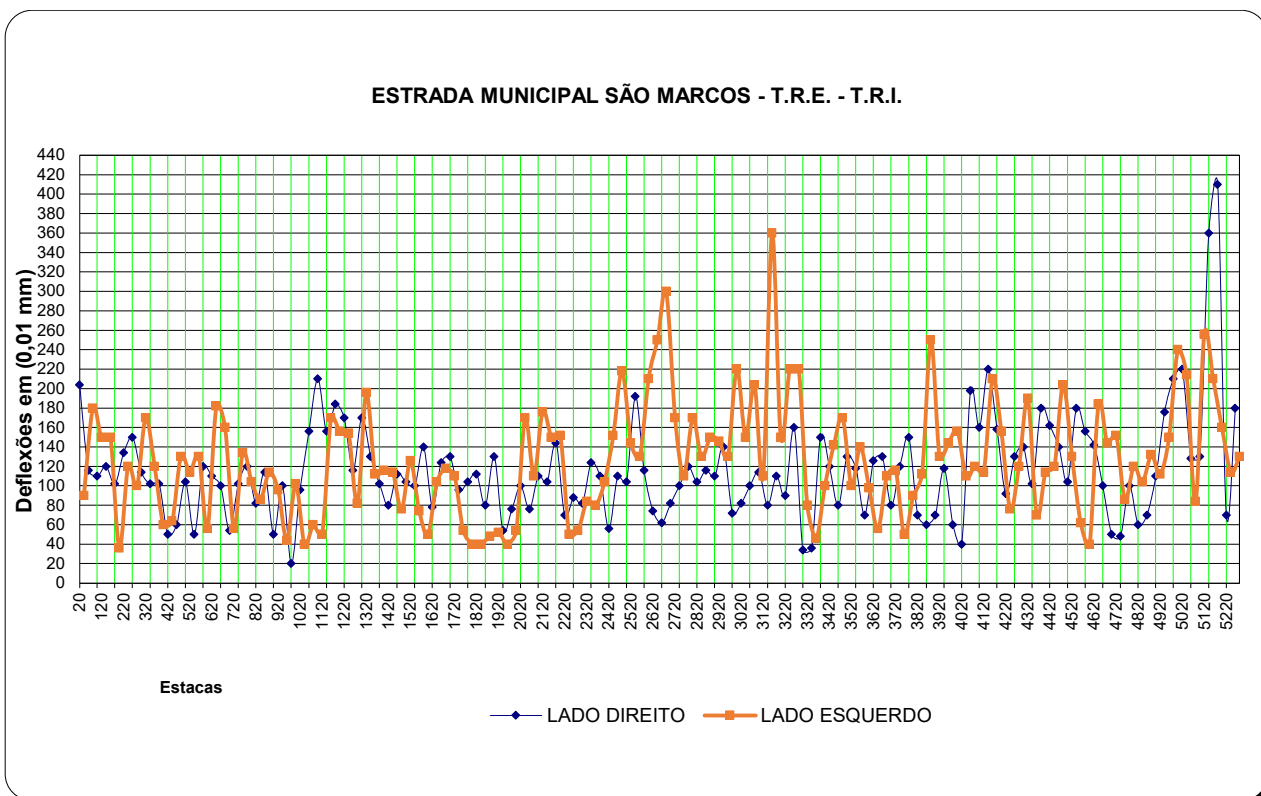


Figura 6 - Gráfico do levantamento deflectométrico.

2.5.3 Dimensionamento da Restauração do Pavimento – Método 011/079

As deformações são partes do caráter elástico do material dos pavimentos quando sobre eles atua uma carga, mas se tem que considerar que também intervêm esforços plásticos nesse processo. Os primeiros (elásticos) desaparecem quando se remove a carga enquanto os segundos (plásticos) são permanentes e a repetição das cargas produz distorções e trilhas na superfície do pavimento.

O método de cálculo de espessura de reforço estrutural descrito a seguir foi extraído da norma técnica DNER-PRO 11/79. Os procedimentos preconizados por esta norma foram desenvolvidos baseados no critério de deformabilidade dos pavimentos flexíveis, expressos na prática pela medida de deflexões recuperáveis, uma vez que a experiência tem demonstrado que existe uma correlação entre a magnitude das deflexões (e do raio de curvatura correspondente) e o aparecimento de falhas nos pavimentos flexíveis.

A análise considera o comportamento de um pavimento bem construído, que ao longo de sua vida é solicitado não só pelo tráfego, que o submete a esforços diversos de compressão, cisalhamento e flexão, como também pelos fatores climáticos, como precipitações pluviométricas e mudanças de temperatura, causando a fadiga de toda a estrutura.

2.5.3.1 Raio de Curvatura

A deflexão recuperável máxima é um parâmetro importante para a compreensão do comportamento da estrutura. Quanto maior seu valor, mais elástica ou resiliente é a estrutura, e maior o seu comprometimento estrutural. No entanto, a análise isolada de seu valor pode não esclarecer completamente a questão, já que nas estruturas de pavimentos distintas podem apresentar a mesma deflexão máxima, porém com arqueamentos diferenciados na deformada. A forma da deformada é de extrema importância numa avaliação estrutural.

O raio de curvatura é um parâmetro indicativo do arqueamento da deformada na sua porção mais crítica, considerada a 25 cm do centro da carga. A Figura 7 apresenta o arco parabólico.

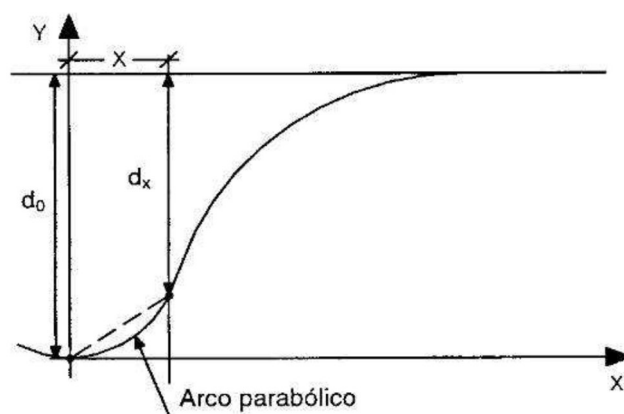


Figura 7 - Arco Parabólico.

A expressão de cálculo utilizada para a determinação do raio de curvatura é:

$$R = \frac{6250}{2 * (D_0 - D_{25})}$$

Onde:

- Raio de curvatura da bacia de deformação, em m;
- Deslocamento vertical recuperável junto à ponta de prova carga, em 10-2 mm;



- Deslocamento vertical recuperável à 25 cm da ponta de prova carga, em 10-2 mm;

Um raio de curvatura baixo é indicativo de um severo arqueamento da deformada, denotando uma condição estrutural crítica.

2.5.3.2 Cálculo das Deflexões Características

As deflexões foram medidas com o emprego da Viga Benkelman, e compatibilizadas com o emprego das equações constantes no manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos DNIT 2006 IPR 720.

Podem distinguir-se, com respeito à deflexão, as seguintes fases da vida do pavimento:

- Fase de Consolidação:

Fase que sucede imediatamente à construção, sendo caracterizada por um decréscimo desacelerado do valor da deflexão, decorrente da consolidação adicional pelo tráfego nas diversas camadas do pavimento. O valor da deflexão tende a se estabilizar ao fim desta primeira fase.

- Fase Elástica:

Fase que sucede à de consolidação e ao longo da qual o valor da deflexão do pavimento, a menos das variações sazonais, se mantém aproximadamente constante ou cresce ligeiramente. Essa fase define a vida útil do pavimento, tendendo a se alongar na proporção da diferença verificada entre a deflexão admissível e a deflexão suportada pelo pavimento.

- Fase de Fadiga:

Fase que sucede à elástica, caracterizando-se por um crescimento acelerado do valor de deflexão do pavimento na medida em que a estrutura começa a exteriorizar os efeitos da fadiga, representados por fissuras, trincas e acúmulo de deformações permanentes sob cargas repetidas. Caso não sejam tomadas medidas para reforço e recuperação do pavimento, observa-se, geralmente, um processo de degradação do pavimento.

A Figura 8 ilustra as fases da vida do pavimento descritas anteriormente.

Para efeito de cálculo a deflexão D passa a ser expressa pelo valor de D_c (Deflexão característica) que é calculado pela equação a seguir.

$$D_c = D + s$$

onde D e s representam, respectivamente, a média aritmética e o desvio-padrão dos valores de deflexão sob a ação da carga do segmento analisado.

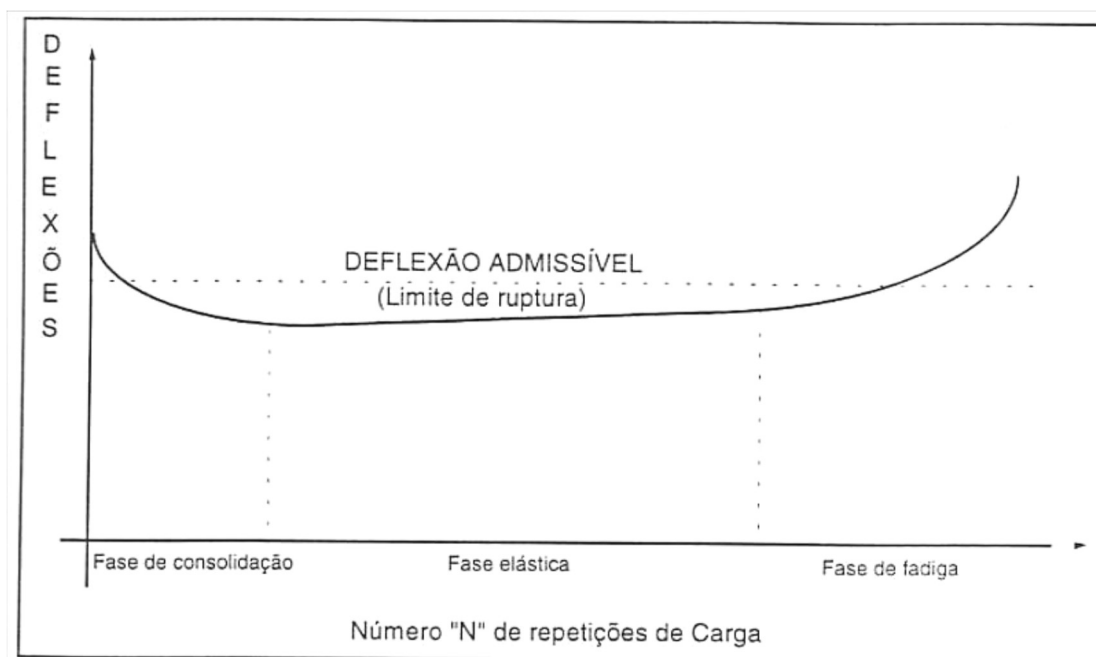


Figura 8 - Fases da vida do pavimento.

Para que não surjam trincas no revestimento, é necessário manter a deflexão, D, abaixo de um valor máximo, Dadm (Deflexão admissível), e o raio de curvatura, R, do pavimento, acima de um certo valor mínimo. Isto garante que a tensão de tração σ_t , correspondente à deformação σ_t , na face inferior do revestimento, não ultrapasse um determinado valor, acima do qual o revestimento betuminoso romper-se-á por fadiga.

O valor da deflexão admissível depende dos materiais constituintes do revestimento e da base do pavimento, bem como do número N de solicitações de eixos equivalentes ao eixo padrão de 80 kN.

Para pavimentos flexíveis, constituídos de revestimento de concreto betuminoso executado sobre base granular, o valor da deflexão admissível (Dadm) em 0,01 mm é dado pela seguinte expressão, correspondente a deflexões medidas com a carga padrão de 80 kN em eixo simples de roda dupla:

$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,176 * \log N$$



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

Para o cálculo da espessura de reforço estrutural simples utilizando a norma técnica DNER-PRO 11/79 deve-se conhecer os seguintes parâmetros, por segmentos homogêneos.

A Tabela 5 apresenta os critérios para a avaliação estrutural:

<i>Hipótese</i>	<i>Dados Deflectométricos obtidos</i>	<i>Qualidade Estrutural</i>	<i>Necessidade de Estudos Complementares</i>	<i>Critério para cálculo de Reforço</i>	<i>Medidas Corretivas</i>
I	Dc ≤ Dam R ≥ 100	Boa	NÃO	-	Apenas correção superfície
II	Dc > Dam R ≥ 100	Se Dp ≤ 3 Dam Regular	NÃO	Deflectométrico	Reforço
		Se Dp > 3 Dam Má	SIM	Deflectométrico e resistência	Reforço ou reconstrução
III	Dc ≤ Dam R < 100	Regular para má	SIM	Deflectométrico e resistência	Reforço ou reconstrução
IV	Dc > Dam R < 100	Má	SIM	Resistência	Reforço ou reconstrução
V	-	Má (IGG > 180).	SIM	Resistência	Reconstrução

Tabela 5 - Critérios da Avaliação Estrutural.

2.5.3.3 Dimensionamento do Reforço em Concreto Asfáltico

Para calcular a espessura do reforço do pavimento, H_{ref} , em termos de concreto betuminoso, utiliza-se a expressão a seguir:

$$h_{ref} = 40 * \log \frac{D_p}{D_{adm}}$$

Onde:

- h_{ref} = Espessura do reforço do pavimento, em cm;
- D_p = Deflexão de projeto determinada para o sub-trecho homogêneo, objeto do dimensionamento, em 10-2 mm;
- D_{adm} = Deflexão admissível após a execução do reforço do pavimento, em 10-2 mm;

Face as considerações feitas sobre a divisão dos segmentos homogêneos em função das informações fornecidas pelos levantamentos das deflexões, das porcentagens



de trincamento e da confirmação realizada em campo, serão adotadas as seguintes soluções:

SEGMENTO HOMOGÊNEO			AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO		DNER PRO 11/79			SOLUÇÃO ADOTADA		
SH	ESTACA		Extensão (m)	Dc Benkelman	TRÁFEGO	Dad _m (0,01 mm)	D _p > Dad _m ~	Espessura do Reforço hCB LE (cm)	Medida Corretiva	Espessura - CA (cm)
	Inicial	Final								
01	0+00	72+00	1.440,00	127	1,00E+06	90	SIM	5,98	Reforço	6,00
02	72+00	100+00	560,00	70	1,00E+06	90	NÃO	-	-	-
03	100+00	111+00	220,00	152	1,00E+06	90	SIM	9,10	Reconstrução	9,50
04	111+00	120+00	180,00	67	1,00E+06	90	NÃO	-	-	-
05	120+00	264+00	2.880,00	161	1,00E+06	90	SIM	10,10	Reconstrução	12,00

Tabela 6 - Resumo do dimensionamento pelo método PRO 11/79.

2.5.4 Análise Técnica de Alternativas

Em alguns segmentos verificou-se insuficiência da capacidade de suporte da camada de base frente às solicitações do tráfego atual. Dessa forma, a solução de restauração deve considerar que a base existente não pode ser mantida, sendo necessária sua substituição, sua reciclagem ou a execução de uma nova camada de base, de modo a garantir a adequada sustentação das camadas de revestimento projetadas e a vida útil do pavimento.

Alguns desses segmentos apresentam, adicionalmente, raios de curvatura críticos, o que demanda intervenções geométricas e a execução de TCI – Tratamento das Camadas Inferiores, contemplando sub-base e subleito, para restabelecimento da capacidade estrutural e geométrica da via.

Por outro lado, alguns segmentos apresentam condições estruturais satisfatórias, permitindo a manutenção do revestimento e da base existentes.

Adicionalmente, considerando que o traçado existente não se encontra integralmente em conformidade com os parâmetros geométricos recomendados, bem como que a pista, em grande parte de sua extensão, não apresenta capacidade estrutural compatível com as solicitações de tráfego, foi prevista a correção do traçado horizontal e vertical, visando à melhoria das condições de segurança e conforto operacional da via.



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

Diante desse cenário, a solução adotada consiste, predominantemente, na **reconstrução do pavimento**, de modo a garantir desempenho estrutural adequado e atendimento aos critérios geométricos vigentes.



2.6 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

O Projeto de Pavimentação, faz parte do Projeto de Engenharia Rodoviária para Implantação da Pavimentação Asfáltica na comunidade São Marcos, em uma extensão de 5,85 Km.

Essa etapa tem por objetivo a determinação da metodologia de dimensionamento da estrutura mais adequada para a restauração da rodovia, do ponto de vista técnico e econômico. Sendo apresentado os seguintes tópicos:

- Resultado das sondagens realizadas;
- Disponibilidade de materiais locais com potencialidade para a composição de camadas estruturais de base e sub-base;
- Disponibilidade de ligantes para a formação de pinturas asfálticas e das misturas asfálticas;
- Período de projeto;
- Carga de tráfego;
- Metodologia de dimensionamento do pavimento; e
- Processo construtivo mais adequado.

As soluções de pavimentação propostas foram desenvolvidas com base nos estudos geotécnicos do subleito e da avaliação da solicitação de tráfego futura.

Todos os procedimentos adotados no projeto seguem às recomendações de Termo de Referência e das seguintes publicações:

- Manual de Pavimentação, DNIT – 2006;
- Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – 2006;
- IS-211 – Projeto de Pavimentos Flexíveis.

Inicialmente, foi efetuada a análise dos dados obtidos nos levantamentos realizados na fase de estudos, que são:

- Tratamento e análise dos parâmetros de tráfego necessários para o dimensionamento das estruturas de pavimento;
- Investigações geotécnicas obtidas nos Estudos Geotécnicos do subleito;



Com base nestas informações, definiu-se a concepção estrutural para os pavimentos, efetuou-se o seu dimensionamento e detalhou-se o projeto em todos os seus principais aspectos.

2.6.1 Estudo Geotécnico

A capacidade de suporte do subleito pode ser determinada diretamente por uma prova de carga estática ou por meio de correlação entre o Índice de Suporte Califórnia (CBR ou ISC). Portanto, os materiais do subleito devem apresentar uma expansão, medida no ensaio de CBR, menor ou igual a 2% e um CBR maior ou igual a 2%.

Na Tabela 7, é apresentado o resumo das sondagens que foram disponibilizadas pelo município de Mercedes, o qual, foi realizado pela empresa Consolotec Controle Tecnológico, cujo responsável técnico é o sr. Fernando Guth.

Amostra	Dens. Aparente Máxima (g/cm³)	Umidade Ótima (%)	I.S.C. (%)	Expansão (%)
2R017COL	1,548	27,60	8,50	0,00
2R018COL	1,634	23,60	8,00	0,20
2R019COL	1,586	26,20	8,00	0,00
2R020COL	1,560	25,90	6,80	0,00
2R021COL	1,633	26,20	6,90	-0,10
2R022COL	1,620	26,30	7,60	0,10
2R023COL	1,586	26,20	7,80	0,00
2R024COL	1,573	25,90	8,80	0,00
2R025COL	1,640	26,10	7,30	0,10
2R026COL	1,552	26,50	7,20	-0,10
2R027COL	1,604	26,50	6,70	0,00
2R028COL	1,584	26,60	6,30	0,20
2R029COL	1,595	25,30	6,80	0,00
2R030COL	1,624	26,00	8,70	0,00
2R031COL	1,640	25,30	8,10	0,10
2R032COL	1,604	25,10	7,70	0,20
2R033COL	1,630	26,00	7,50	0,00
2R034COL	1,610	25,50	8,40	-0,10
2R035COL	1,591	25,30	7,00	0,10
2R036COL	1,557	26,00	7,30	0,00
2R037COL	1,629	26,00	8,10	0,00
2R038COL	1,642	26,30	7,30	0,00
2R039COL	1,599	26,30	8,00	-0,10
2R040COL	1,577	25,60	7,90	-0,10
2R041COL	1,603	26,40	7,30	-0,10
2R042COL	1,619	26,00	8,40	0,20



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

Amostra	Dens. Aparente Máxima (g/cm ³)	Umidade Ótima (%)	I.S.C. (%)	Expansão (%)
2R043COL	1,569	26,20	7,90	0,20
2R044COL	1,627	26,40	7,20	0,20
2R045COL	1,638	26,20	9,00	0,10
2R046COL	1,629	26,00	7,80	0,10
2R047COL	1,621	26,20	8,70	0,20
2R048COL	1,647	26,20	8,70	-0,10
2R049COL	1,618	26,00	7,90	0,10
2R050COL	1,643	26,00	9,00	0,00
2R051COL	1,621	26,20	8,10	0,10
2R052COL	1,585	26,30	8,40	-0,10
2R053COL	1,552	26,00	8,50	0,20
2R054COL	1,575	26,40	9,20	0,00
2R055COL	1,644	26,50	8,30	0,10
2R056COL	1,648	26,20	6,40	0,20
2R057COL	1,593	26,10	7,30	0,00
2R058COL	1,596	26,10	8,20	0,20
2R059COL	1,578	26,30	7,10	0,40
2R060COL	1,635	26,30	7,30	0,00
2R061COL	1,628	26,00	8,30	0,00
2R062COL	1,625	26,50	7,60	0,00
2R063COL	1,590	26,10	8,50	-0,10
2R064COL	1,599	26,10	8,00	0,10
2R065COL	1,645	26,20	7,80	0,20
2R066COL	1,640	26,50	8,50	0,10
2R067COL	1,623	26,30	8,00	0,20
2R068COL	1,561	26,20	6,70	0,00
2R069COL	1,606	26,30	7,90	0,20
2R070COL	1,648	26,50	9,20	0,00
2R071COL	1,539	28,40	8,80	0,10
2R072COL	1,554	25,80	8,90	0,30
2R073COL	1,629	26,30	7,00	0,10
2R074COL	1,558	26,10	6,60	0,20
2R075COL	1,550	26,20	6,70	0,10

Tabela 7 - Resumo dos resultados por amostra.

2.6.1.1 Análise Estatística dos Resultados

Para a análise estatística dos resultados dos ensaios será utilizado o plano de amostragem indicado no Manual de Pavimentação de 2006 do DNIT, conforme a equação abaixo:



$$ISC_{Proj} = ISC_{med} \pm \frac{1,29 \sigma}{\sqrt{N}} \pm 0,68 \sigma$$

Efetuada a análise estatística, determinou-se o valor do Índice de Suporte de Califórnia de Projeto (ISC Proj), conforme apresentado a seguir:

$$ISC_{Projeto} = 7,83 \pm \frac{1,29 * 0,75}{\sqrt{59}} \pm 0,68 * 0,75$$

$$ISC_{máx} = 8,46 \quad | \quad ISC_{min} = 7,19$$

A fim de uma maior segurança, a norma recomenda utilizar o Índice de Suporte (I.S.), que é o CBR corrigido em função do Índice de Grupo (IG), conforme expressão a seguir:

$$IS_{Projeto} = \frac{IS_{ISC} + IS_{IG}}{2}$$

Onde:

IS ISC: índice de suporte numericamente igual ao Índice de Suporte Califórnia (CBR – obtido em ensaio e dado em %),

IS IG: índice de suporte derivado do índice de grupo, correspondendo praticamente a uma inversão de escala, fazendo com que solos de boa qualidade tenham os maiores valores de I.S.IG.

Índice de Grupo (IG)	Índice de Suporte (IS IG)
0	20
1	18
2	15
3	13
4	12
5	10
6	9
7	8
8	7
9 a 10	6
11 a 12	5
13 a 14	4
15 a 17	3
18 a 20	2

O método impõe a condição de que o Índice de Suporte máximo seja igual ao valor do CBR; isto significa que quando o I.S. for maior que o CBR, o valor adotado para o I.S. será o do próprio CBR.



Deste modo, temos:

$$IS_{Projeto} = \frac{IS_{ISC} + IS_{IG}}{2} = \frac{7,83 + 8}{2} = 7,91\%$$

$$ISC_{adotado} = 7,80 \%$$

2.6.2 Período de Projeto

O espaço de tempo para o qual o pavimento da rodovia está sendo projetado, ou seja, período de projeto foi definido como sendo de 10 anos após a abertura do tráfego no pavimento.

2.6.3 Carga de Tráfego

A carga de tráfego, isto é, o número de solicitações equivalentes do eixo padrão de 8,2 t atuante no 10º ano após a abertura do pavimento.

O número N foi fornecido pela secretaria de obras do município de Mercedes – PR, sendo este: 1×10^6 .

2.6.4 Dimensionamento dos Pavimentos pelo método do Eng. Murillo Lopes de Souza (DNER 1979)

As espessuras das camadas total mínima necessária dos pavimentos novos (H), resulta da soma de todas as camadas que compõe o pavimento, considerando-se que a camada deve ter a sua espessura convertida através da aplicação de um coeficiente de equivalência (K) que é a relação entre a resistência do material realmente empregado.

Foram dimensionadas de acordo o método do Eng. Murillo Lopes de Souza (DNER 1979), onde adotou-se para subleito, o Índice de Suporte Califórnia de projeto (ISCp) igual a 7,80% e para o número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 t (N) o valor de $1,0 \times 10^6$, utilizando:

- Equação do método:

$$H = 77,67 * N^{0,0482} * CBR^{-0,598}$$

- Inequações de equivalências estruturais:

$$R * Kr + B * Kb \geq H_{20}$$

$$R * Kr + B * Kb + Sb * Ks \geq H_n$$



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

Onde:

H = espessura do pavimento (cm);

N = número de operações equivalente ao eixo padrão (8,2t)

R = espessura do revestimento;

Kr = coeficiente estrutural do revestimento (para CAUQ, Kr = 2);

B = espessura da base;

Kb = coeficiente estrutural da base (para Base Granular, Kb = 1).

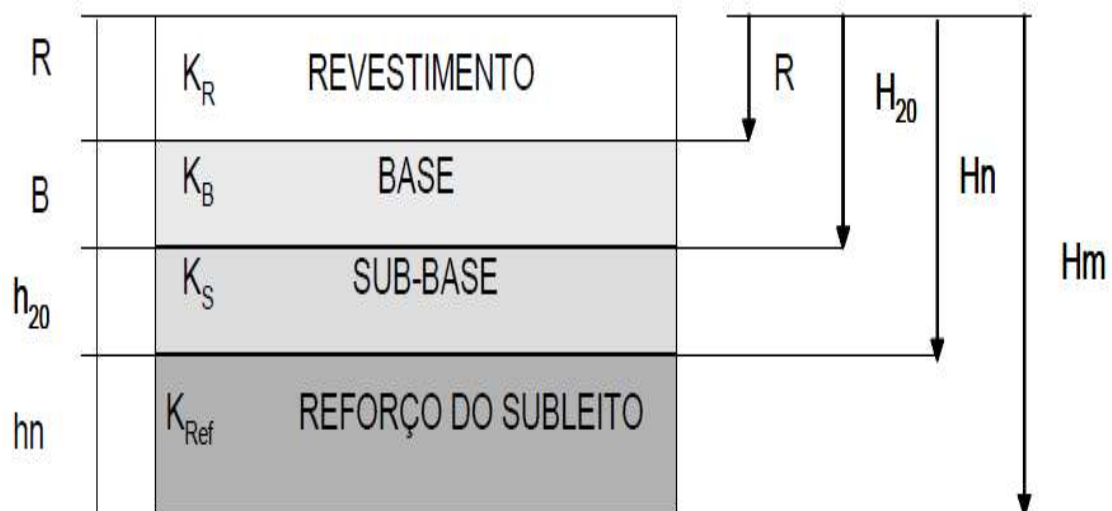
Sb = espessura da sub-base / preparo-de-subleito;

Ks = coeficiente estrutural da camada subjacente a base (para Sub-leito, Ks = 0,77)

CBR = coeficiente estrutural de suporte $\leq 20\%$;

H20 = espessura equivalente para CBR = 20%;

Hn = espessura equivalente para sub-leito.





PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

Componentes dos pavimentos	Coefficiente de equivalência estrutural (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 por penetração	1,20
Base granular	1,00
Sub-base granular	0,77(1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 Kg/cm ²	1,70
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 Kg/cm ² e 28 Kg/cm ²	1,40
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 Kg/cm ² e 21 Kg/cm ²	1,20
Bases de Solo-Cal	1,20

O cálculo da espessura total do pavimento (Hm) é:

$$Hm = 77,67 * (1,00 \times 10^6)^{0,0482} * 7,80^{-0,598} = 44 \text{ cm}$$

O H₂₀ a se adotar é encontrado no ábaco ilustrado na publicação 667/22 (DNER, 1981), ou submetendo os dados à mesma equação acima, alterando apenas o CBR para 20%.

O cálculo do H₂₀ é:

$$H_{20} = 77,67 * (1,00 \times 10^6)^{0,0482} * 20^{-0,598} = 25 \text{ cm}$$

Definidos os valores de R, Hm e H₂₀, iniciam-se as inequações para calcular as espessuras.

- Espessura do revestimento:

Adotado **h_R = 5,0 cm**

- Espessura da Base de Brita Graduada:

Do Ábaco → h₂₀ = 25,0 cm

$$h_R \times K_R + h_B \times K_B \geq h_{20}$$

$$5,0 \times 2,0 + h_B \times 1,0 \geq 25,0$$

$$h_B = 15,0$$

Espessura adotada **h_B = 15,0 cm**

- Determinação da sub-base de Macadame Seco:

Do Ábaco → $h_g = 44,0$ cm

$$h_R \times K_R + h_B \times K_B + h_S \times K_S \geq h_n$$

$$5,0 \times 2,0 + 15,0 \times 1,0 + h_S \times 1,0 \geq 44,0$$

$$h_S = 19,0$$

Espessura adotada $h_S = 20,0$ cm

- Verificação:

$$h_R \times K_R + h_B \times K_B + h_S \times K_S \geq h_m$$

$$5,0 \times 2,0 + 15,0 \times 1,0 + 20,0 \times 1,0 \geq 44,0$$

$$45,0 \geq 44,0 - \text{OK!}$$

Assim, a estrutura do pavimento será composta por uma sub-base de rachão com 20 cm de espessura, uma base de brita graduada simples de 15 cm de espessura e um revestimento de concreto asfáltico de 5 cm de espessura. Conforme a ilustração da Figura 9.

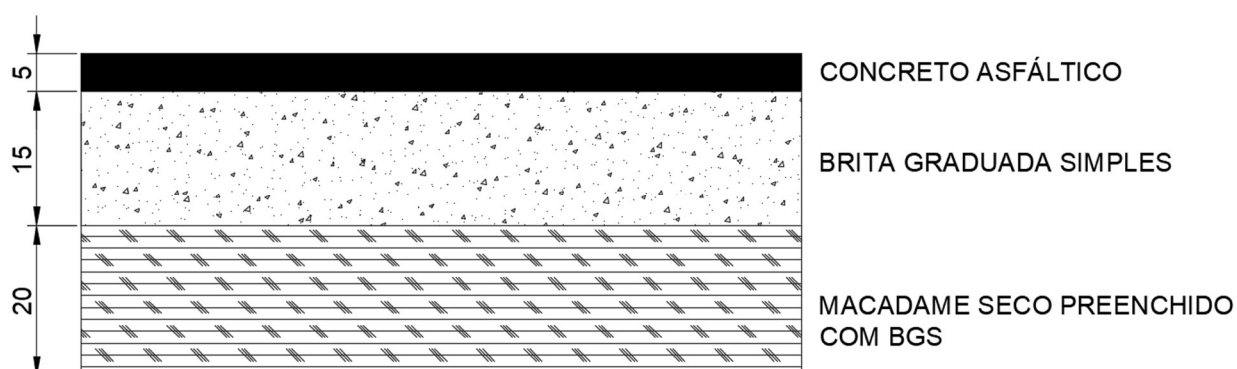


Figura 9 - Estrutura do pavimento dimensionado.



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

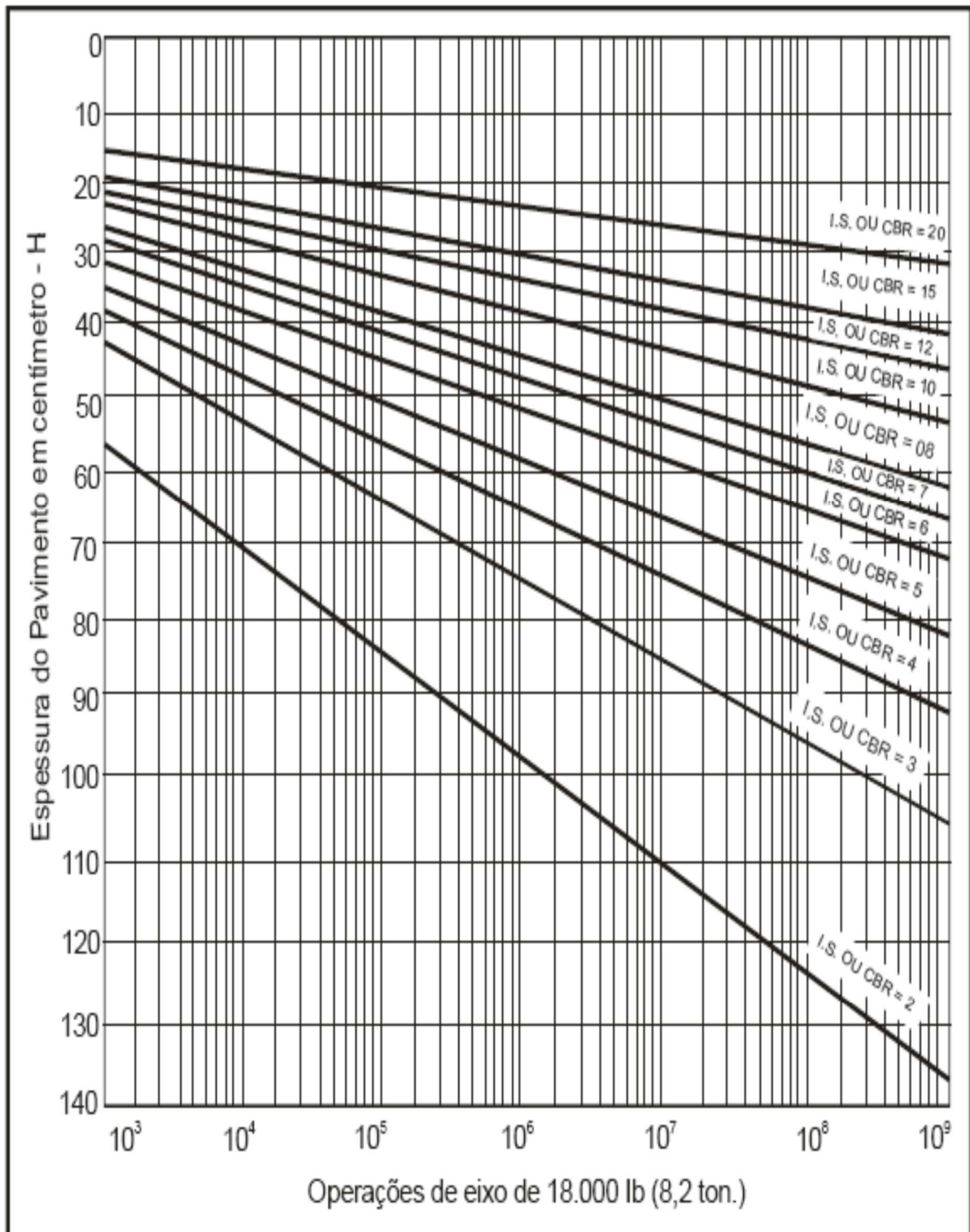


Figura 10 - Ábaco para dimensionamento.



2.6.5 Solução Adotada

Após ser apresentada a análise dos estudos executados, foram definidas as soluções finais para a implantação do pavimento existente, ficando constituídas da seguinte maneira:

CAMADA	MATERIAL	ESPESSURA (cm)
Revestimento	CAUQ	5,00
Base	Brita Graduada	15,00
Sub-base	Macadame seco	20,00

Tabela 8 - Solução adotada para o pavimento a implantar na comunidade São Marcos.

2.6.6 Taxas dos ligantes

As taxas referentes ao revestimento de CAUQ deverão ser determinadas no local da obra antes do início de cada etapa, respeitando as normas.

Para fins deste projeto foi considerada uma faixa de trabalho C do DER PR e utilizada uma taxa de CAP 50/70 para a camada de rolamento de 5,25%. Para a pintura de ligação foram utilizadas as taxas de 0,5 l/m² respectivamente de RR-1C e para imprimação foi considerada uma taxa de 1,2 l/m² de EAI.

2.6.7 Processo Construtivo Mais Adequado

Após as investigações de tráfego, geológicas e geotécnicas, foi dimensionada a estrutura do pavimento a ser implantado a ser utilizado, seguindo as seguintes considerações:

- Os materiais indicados para a camada final de terraplenagem, ou seja, os últimos 60 cm deverão ser executados com material com CBR igual ou superior ao adotado no projeto de pavimentação, expansão <2% e grau de compactação de 100% proctor normal;
- As camadas inferiores do aterro deverão ser compactadas em toda a sua altura a 95% do grau de compactação PN;
- Os taludes foram projetados com inclinação 1(H)/1(V) em cortes em solo e 1,5(H)/1(V) nos aterros;



- Nas seções mistas (corte e aterro) foram previstos denteamentos, com o intuito de melhorar a solidarizarão da parte projetada com a existente;
- Durante a fase de obra no caso de ser encontrado locais onde a geometria encontra-se projetada sobre material de baixa capacidade de suporte, será considerada a remoção do material inservível e posterior reposição com camada drenante em rocha;
- Os serviços de cortes e aterros deverão ser executados em acordo com as Especificações Gerais para Obras Rodoviárias do Departamento de Estradas de Rodagem - DER/PR.

2.6.8 Especificações e Aspectos Executivos

REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DO SUBLEITO

Para a execução da obra, primeiramente deve ser realizada a regularização do subleito, conformando a camada final de terraplanagem, mediante cortes ou aterros em até 20 cm, conferindo-lhe condições adequadas em termos geométricos e de compactação a 100% do PN. O subleito representa o terreno de fundação do pavimento acabado, inclinação transversal de 3% em duas rampas opostas.

Os materiais a serem empregados deverão apresentar as seguintes características:

- Diâmetro Máximo de partículas igual ou inferior a 76 mm.
- Índice Suporte Califórnia – ICS igual ou superior ao considerado para o subleito no dimensionamento do pavimento.

- O grau de compactação mínimo a ser atingido será de 100% do PN.

São indicados os seguintes tipos de equipamentos:

- Motoniveladora pesada, com escarificador;
- Carro tanque distribuidor de água;
- Rolos compactados tipo pé-de-carneiro, liso-vibratório e pneumático;
- Grade de disco;
- Pulvimisturador.

Os equipamentos de compactação e misturas são escolhidos de acordo com o tipo de material empregado.



Execução:

- Toda a vegetação e material orgânico porventura existente no leito serão removidos.
- Após a execução de cortes, aterros e adição do material necessário para atingir o greide de projeto, procede-se a escarificação geral na profundidade de 20 cm, seguida de pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento.

SUB-BASE MACADAME SECO PREENCHIDO COM BGS

Após esta etapa, será executado a sub-base sobre o subleito em macadame seco preenchido com brita graduada, devidamente regularizado, cuja estabilidade é obtida por ação mecânica de compactação, composta por produtos resultantes de britagem primária de rocha sã, enquadrados em uma composição granulométrica do macadame preenchido com brita graduada.

São indicados os seguintes equipamentos para execução de base granular:

- Rolos compactadores tipo, liso, liso vibratório e pneumático.

A execução da sub-base compreende as operações de espalhamento, compactação e acabamento, realizadas na pista devidamente preparada, na largura desejada, nas quantidades que permitam, após compactação, atingir a espessura projetada.

BASE EM BRITA GRADUADA

A base em brita graduada, será executada sobre a sub-base, composta por produtos resultantes de britagem primária de rocha sã, enquadrados em uma composição granulométrica satisfazendo a faixa III DER/PR, que assegura estabilidade a camada depois de adequadas operações de espalhamento e compactação.

Equipamentos:

São indicados os seguintes equipamentos para execução de base granular para recomposição de pavimento.

- Carro tanque distribuidor de água.
- Rolos compactadores tipo, liso, liso vibratório e pneumático.
- Central de mistura.

Execução:

A execução da base compreende as operações de mistura de pulverização, umedecimento ou secagem dos materiais, realizada na pista ou em central de mistura,



bem como o espalhamento, compactação e acabamento na pista devidamente preparada na largura desejada, nas quantidades que permitam, após compactação, atingir a espessura projetada.

IMPRIMAÇÃO

Aplicação de uma camada de material betuminoso, emulsão asfáltica tipo EAI, sobre a superfície de base granular concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso qualquer, objetivando conferir coesão superficial, impermeabilizar e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado.

A taxa de aplicação “T” é aquela que pode ser absorvida pela base em 24 horas, devendo ser determinada experimentalmente, no canteiro da obra. As taxas de aplicação usual são da ordem de 0,8 a 1,20/m², conforme o tipo e a textura da base e do ligante betuminoso escolhido.

Equipamento:

- Para a varredura da superfície da base, usam-se, de preferência, vassouras mecânicas rotativas, podendo, entretanto, a operação ser executada manualmente. O jato de ar comprimido poderá também ser usado.
- A distribuição do ligante deve ser feita por carros equipados com bomba reguladora de pressão e sistema completo de aquecimento que permitam a aplicação do ligante betuminosos em quantidades uniforme.
- Os carros distribuidores do ligante betuminoso, especialmente construídos para este fim, devem ser providos de dispositivos de aquecimento, dispo de tacômetro, observação e, ainda, possuir aspersor manual para tratamento de pequenas superfícies com dispositivo de ajustamentos verticais e larguras variáveis de espalhamento uniforme do ligante.
- O depósito do ligante betuminoso, quando necessário, deve ser equipado com dispositivos que permita o aquecimento adequado e uniforme do conteúdo do recipiente.
- O depósito deve ter uma capacidade tal que possa armazenar a quantidade de ligante betuminoso a ser aplicado em, pelo menos, um dia de trabalho.



Execução:

- Após a perfeita conformação geométrica da base, proceder a varredura da superfície, de modo a eliminar todo e qualquer material solto antes da aplicação do ligante betuminoso.
- Aplica-se, a seguir, o ligante betuminoso adequado, na temperatura compatível com o seu tipo, na quantidade certa e da maneira mais uniforme. A temperatura de aplicação do ligante betuminoso deve ser fixada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura x viscosidade, escolhendo-se a temperatura que proporcione a melhor viscosidade, escolhendo-se a temperatura que proporciona a melhor viscosidade para espalhamento. A faixa recomendada para asfaltos diluídos 20 a 60 segundos, “Saybol-Furol” (DNER-ME 004).

A tolerância admitida para a taxa de aplicação do ligante betuminoso ajustada experimentalmente no campo, variando-se de 0,5l/m² a 0,7 l/m² de emulsão, acrescentando-se proporcionalmente água variando de 0,5 l/m² a 0,3 l/m², de forma que a taxa total de emulsão e água seja sempre igual a 1,0 l/m².

- Deve-se imprimir a pista inteira em um mesmo turno de trabalho e deixa-lá, sempre que possível, fechada ao tráfego. Quando isto não for possível, trabalha-se em meia pista, executando a imprimação da adjacente, assim que a primeira for permitida ao tráfego.

PINTURA DE LIGAÇÃO

Pintura de ligação é a pintura asfáltica executada com a função básica de promover a aderência ou ligação da superfície da camada pintada com a camada asfáltica a ser sobreposta. É aplicável em camadas de base, em camadas de ligação ou intermediárias de duas ou mais camadas asfálticas na construção de pavimentos flexíveis e ainda, sobre antigos revestimentos asfálticos, previamente à execução de um reforço, recapeamento e reperfilagens com misturas asfálticas a frio ou a quente, neste projeto será executada uma pintura de ligação sobre a base imprimada.

Pintura de ligação é a pintura asfáltica executada com função básica de promover a aderência ou ligação da superfície da camada pintada com a camada asfáltica a ser sobreposta.

A pintura de ligação da camada de brita graduada deve ser realizada após a conclusão da compactação, tão logo se constate a evaporação do excesso de material



superficial. Antes da aplicação da pintura betuminosa, a superfície deve ser perfeitamente limpa, mediante emprego de processos e equipamentos adequados.

A superfície a ser pintada deve ser varrida, eliminando o pó e todo e qualquer material solto, podendo também, ser necessário, o emprego de jato de ar comprimido.

Antes da aplicação do ligante betuminoso, no caso de bases de solo coesivos, tratados ou não, a superfície da base deve ser umedecida. Nas demais superfícies a serem pintadas são permitidas o ligeiro umedecimento, visando facilitar a penetração do ligante.

A temperatura de aplicação do ligante asfáltico deve ser fixada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura versus viscosidade correspondente. A faixa de viscosidade recomendada para espalhamento do ligante, no caso da emulsão asfáltica é de 20 a 100 segundos Saybolt-furol (DNER-ME 004/84).

A fim de evitar a superposição de ligante nas juntas, devem ser colocadas faixas ou tiras de papel transversalmente à pista, de modo que o início e o término da aplicação se situem sobre estas faixas ou tiras de papel, as quais devem a seguir ser retiradas e removidas para local ambientalmente correto.

Havendo falha na aplicação do ligante, deve ser imediatamente corrigido com o emprego do Espargidor manual (“caneta”), ou em alguns casos, até mesmo com o refazimento da pintura asfáltica.

Após a aplicação do ligante deve-se esperar o escoamento da água e a evaporação em decorrência da ruptura.

A diluição em água da emulsão asfáltica utilizada na pintura de ligação deve ser feita no caminhão distribuidor, tomando-se os necessários cuidados para assegurar a correta proporção entre os dois componentes e a sua necessária homogeneização.

O tempo de cura do serviço é função do tipo de ligante asfáltico empregado, das condições climáticas e da natureza da superfície da camada. Assim sendo, a determinação do tempo necessário à liberação da pintura é definida, em cada caso, em função das condições particulares vigentes.

O preço cotado inclui o fornecimento de mão de obra, materiais e equipamentos necessários para a execução dos serviços.



A medição para pagamento será feita por metro quadrado (m²) de pintura asfáltica efetivamente realizada.

REVESTIMENTO EM CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE

Concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ) é uma mistura asfáltica em usina apropriada, composta de agregados minerais e cimento asfáltico de petróleo, espalhada e comprimida a quente.

Para a execução do revestimento em CAUQ para a camada da capa asfáltica de rolamento deverá ser observada a Especificação de Serviços Rodoviários do DER/PR.

A mistura empregada deve apresentar estabilidade e flexibilidade compatíveis com o funcionamento elástico da estrutura e condições de rugosidade que proporcionem segurança ao tráfego.

Antes do início dos trabalhos a empresa vencedora deverá apresentar o projeto da composição da massa asfáltica, devendo satisfazer aos requisitos do quadro apresentado abaixo, e seguir ao percentual do ligante betuminoso no projeto.

Para este projeto, é indicado:

- Capa de Rolamento: Faixa “C” DER/PR.

Peneira de malha quadrada		Percentagem passando, em peso					
ABNT	Abertura, mm	Faixa A	Faixa B	Faixa C	Faixa D	Faixa E	Faixa F
1 ½"	38,1	100	100	–	–	–	–
1"	25,4	95 – 100	90 – 100	100	–	–	–
¾"	19,1	80 – 100	–	90 – 100	100	100	–
½"	12,7	–	56 – 80	–	80 – 100	90 – 100	–
⅜"	9,5	45 – 80	–	56 – 80	70 – 90	75 – 90	100
n.º 4	4,8	28 – 60	29 – 59	35 – 65	50 – 70	45 – 65	75 – 100
n.º 10	2,00	20 – 45	18 – 42	22 – 46	33 – 48	25 – 35	50 – 90
n.º 40	0,42	10 – 32	8 – 22	8 – 24	15 – 25	8 – 17	20 – 50
n.º 80	0,18	8 – 20	–	–	8 – 17	5 – 13	7 – 28
n.º 200	0,075	3 – 8	1 – 7	2 – 8	4 – 10	2 – 10	3 – 10
Utilização como		Ligação		Rolamento		Reperfilagem	
Variação do teor de ligante		4,0 – 5,5		4,5 – 6,0		5,0 – 6,5	
Espessura máx., cm		6,0		5,0		3,0	

Tabela 9 - Requisitos de composição da mistura. Fonte: DER/PR - ESP PA 21/23.

A usina deve estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador capaz de produzir uma mistura uniforme e provida de



coletor de pó. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90°C a 210°C (precisão $\pm 1^\circ\text{C}$), deve ser fixado no dosador de ligante ou na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga do misturador. A usina deve ser equipada, além disso, com pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador, com dispositivos para registrar a temperatura dos agregados, com precisão de $\pm 5^\circ\text{C}$.

Não é permitida a execução deste revestimento sem o preparo prévio da superfície, caracterizado por sua limpeza e preparo preliminar, quando a temperatura ambiente for igual ou inferior a 10°C e em dias de chuva.

Todo carregamento de ligante betuminoso, que chegar à obra, deve apresentar o certificado de resultados de análise correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento e transporte para o canteiro de serviço. Deve trazer também a indicação clara da procedência, do tipo, da quantidade do seu conteúdo e da distância de transporte entre a fonte de produção e o canteiro de obras.

É recomendado o emprego de cimento asfáltico de petróleo tipo, CAP 50-70.

A superfície deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais.

A temperatura da mistura, no momento da distribuição, não deve ser inferior a 140°C.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada acabada, estas devem ser corrigidas de imediato, pela adição manual de massa, sendo o espalhamento desta efetuado por meio de ancinhos e/ou rodos metálicos. Esta alternativa deve ser, no entanto, minimizada, já que o excesso de reparo manual é nocivo à qualidade do serviço.

A compressão da mistura asfáltica tem início imediatamente após a distribuição da mesma.

As coberturas dos equipamentos de compressão utilizados devem atender às seguintes orientações gerais:

- A compressão deve ser executada em faixas longitudinais, sendo sempre iniciada pelo ponto mais baixo da seção transversal, e progredindo no sentido do ponto mais alto;
- Em cada passada, o equipamento deve recobrir, ao menos, a metade da largura rolada na passagem anterior.



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

O processo de execução das juntas transversais e longitudinais deve assegurar adequadas condições de acabamento.

A camada de concreto asfáltico recém-acabada somente deve ser liberada ao tráfego após o seu completo resfriamento.

O preço cotado inclui o fornecimento de mão de obra, materiais e equipamentos necessários para a execução dos serviços.

A medição para pagamento será feita por tonelada (t) de revestimento asfáltico em CAUQ efetivamente realizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-SENÇO, W., Manual de Técnicas de Pavimentação. Ed. Pini: São Paulo, 2001.
Vol. 02

-SOUZA, Murilo Lopes. Pavimentação Rodoviária, Ed. DNER: Rio de Janeiro, 1976. Vol. 01

-CONTRAN: Resoluções nº. 210 e 211/06.



2.7 PROJETO DE SINALIZAÇÃO

O Projeto de Sinalização foi desenvolvido com base no Código de Trânsito Brasileiro, Resoluções do CONTRAN, Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT e Instrução de Serviço para Projeto de Sinalização do DNIT IS-215.

O projeto de sinalização compreendeu a concepção e o detalhamento dos sistemas de sinalização horizontal e vertical, complementados por dispositivos de segurança, de maneira a proporcionar ao usuário um desempenho seguro no fluxo de tráfego.

Adotou-se a velocidade de projeto de 60 Km/h obedecendo aos requisitos de engenharia de trânsito, de forma a regulamentar o uso da via, advertir sobre perigos potenciais e orientar os usuários através de informações necessárias durante seu deslocamento, de forma a assegurar atenção, compreensão e resposta necessária às mensagens, através de padronização de símbolos, cores, formas e dimensões adequadas e simplicidade de legendas.

O projeto de sinalização é dividido em projeto de sinalização horizontal, composto por marcas longitudinais, transversais ou diagonais e por inscrições no pavimento; projeto de sinalização vertical, que contém indicações, localização, dimensões e tipos de suporte.

2.7.1 Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal caracterizou-se pelo uso de marcas viárias (linhas longitudinais) e de dispositivos auxiliares implantados sobre o revestimento do pavimento, os quais servem de eficiente meio de comunicação entre o usuário e a pista de rolamento, que devem ter visibilidade diurna e noturna por meio da refletorização, obedecendo critérios específicos para atender às condições de segurança e conforto do usuário.

Apesar de sua durabilidade ser comprometida pela ação das condições climáticas e do desgaste provocado pelo tráfego, a sinalização horizontal tem a vantagem de transmitir informações e advertências aos motoristas, sem que estes desviem sua atenção da rodovia.

Tem como função organizar e canalizar o fluxo de veículos e pedestres; controlar e orientar os deslocamentos em situações com problemas de geometria, topografia ou frente a obstáculos; complementar a sinalização vertical.



A seleção e aplicação da sinalização obedeceram aos seguintes requisitos:

- Atender a real necessidade;
- Chamar a atenção dos usuários;
- Transmitir mensagem clara e simples;
- Orientar o usuário para boa fluência e segurança de tráfego;
- Possibilitar tempo adequado para ação correspondente;
- Disciplinar o uso da rodovia.

2.7.1.1 Classificação

A sinalização horizontal é classificada em quatro grandes grupos:

- a) Marcas longitudinais: formam um conjunto de linhas longitudinais à pista, que estabelecem as regras de ultrapassagem e dos deslocamentos laterais dos veículos, tendo as marcas contínuas poder de regulamentação, enquanto as seccionadas, apenas ordenam os movimentos veiculares.
- b) Marcas de canalização: possuem a característica de transmitir ao condutor uma mensagem de fácil entendimento em situações que exijam uma reorganização de seu caminhamento natural. Basicamente, orienta o fluxo de tráfego em situações específicas como interseções, variação de larguras, obstáculos na pista, etc.
- c) Marcas transversais: ordenam os deslocamentos frontais dos veículos, compatibilizando-os com os cruzamentos de outros veículos e dos pedestres.
- d) Marcas de delimitação e controle de parada e/ou estacionamento: usadas em associação à sinalização vertical, para delimitar e controlar as áreas onde o estacionamento ou a parada de veículos é proibida ou regulamentada.
- e) Inscrições no pavimento: atuam aumentando o grau de percepção dos usuários para as condições de operação da rodovia, possibilitando a tomada de decisão adequada, no tempo apropriado. São compostas por setas direcionais, símbolos e legendas.

As linhas ou marcas viárias podem ser:

- Contínuas: sem interrupção no segmento podendo ser longitudinais ou transversais à via. Estão associadas à proibição ao movimento de veículos,



quando separarem fluxos de trânsito, à delimitação das faixas destinadas à circulação de veículos, ao controle de estacionamentos e paradas de veículo;

- Tracejadas ou seccionada: seccionadas com espaçamento de extensão igual ou maior que o traço. Estão associadas à permissão de movimento de veículos, quando separarem fluxos de trânsito e à delimitação das pistas destinadas à circulação de veículos;

2.7.1.2 Dimensões

As marcas longitudinais mais comumente encontradas nas rodovias têm a função de definir os limites da pista de rolamento, de orientar a trajetória dos veículos, ordenando-os por faixas de tráfego, de regulamentar as possíveis manobras de mudança de faixa ou de ultrapassagem.

Além dessas funções, podem regulamentar as faixas de uso exclusivo ou preferencial de espécie de veículos (ônibus ou bicicleta) e faixas reversíveis. De acordo com sua função, as Marcas Longitudinais classificam-se em:

- Linhas de divisão de fluxos opostos (LFO);
- Linhas de borda (LBO);
- Linhas de continuidade (LCO);
- Marcas longitudinais específicas.

As linhas longitudinais possuem largura variável, em função da velocidade regulamentada na rodovia, conforme mostra a tabela a seguir:

Velocidade - V(km/h)	Largura da Linha (cm)
$V < 80$	10
$V \geq 80$	15

Tabela 10 - Largura das linhas longitudinais em função da velocidade.

Para este projeto, foram adotados os seguintes critérios:

- a) Linha Simples Seccionada (LFO-2): localizadas no eixo da pista, dividem fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e indicando os trechos em que a ultrapassagem e os deslocamentos laterais são

permitidos, neste projeto será utilizado: linha simples seccionada na cor amarela, com 10 cm de largura (ℓ), traço (t) com 2 m e espaçamento (e) 4 m.

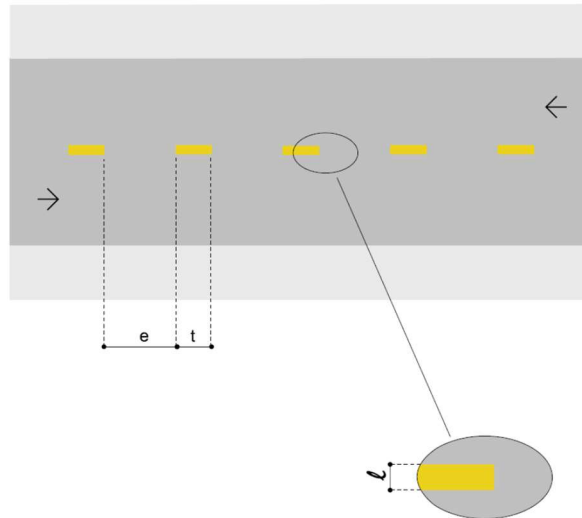


Figura 11 - Linha Simples Seccionada (LFO-2).

O CONTRAN regulamenta as medidas de traço e espalhamento definidas em função da velocidade regulamentada na via, de acordo com a Tabela 11 a seguir:

VELOCIDADE v (km/h)	LARGURA DA LINHA – ℓ (m)	CADÊNCIA $t : e$	TRAÇO t (m)	ESPAÇAMENTO e (m)
$v < 60$	0,10*	1 : 2*	1*	2*
	0,10	1 : 2	2	4
		1 : 3	2	6
$60 \leq v < 80$	0,10**	1 : 2	3	6
		1 : 2	4	8
		1 : 3	2	6
		1 : 3	3	9
$v \geq 80$	0,15	1 : 3	3	9
		1 : 3	4	12

(*) situações restritas às ciclovias.

(**) Pode ser utilizada largura maior em casos que estudos de engenharia indiquem a necessidade, por questões de segurança.

Tabela 11 - Definição do traço e espaçamentos em função da velocidade da via.

- b) Linha dupla contínua (LFO-3): localizadas no eixo da pista, a fim de separar os fluxos opostos de circulação, indicando os segmentos em que a ultrapassagem

é totalmente proibida em ambos os sentidos de tráfego: linha contínua dupla, na cor amarela, com 10 cm de largura (ℓ), distanciadas em 10 cm (d);

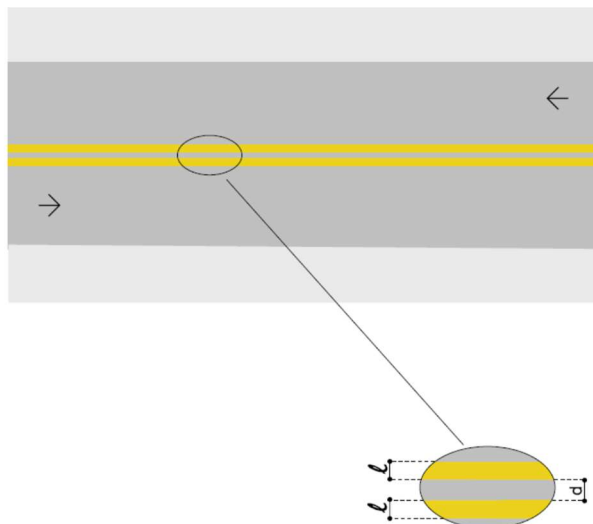


Figura 12 - Linha dupla contínua (LFO-3)

- a) Linha dupla contínua/tracejada (LFO-4): É a linha de divisão de fluxos opostos aplicada sobre o eixo da pista de rolamento para delimitar o espaço de circulação de cada um dos fluxos de veículos e regulamentar a permissão de ultrapassagem de um sentido e proibição do outro sentido de circulação, na cor amarela, com 10 cm de largura (ℓ), distanciadas em 10 cm (d);

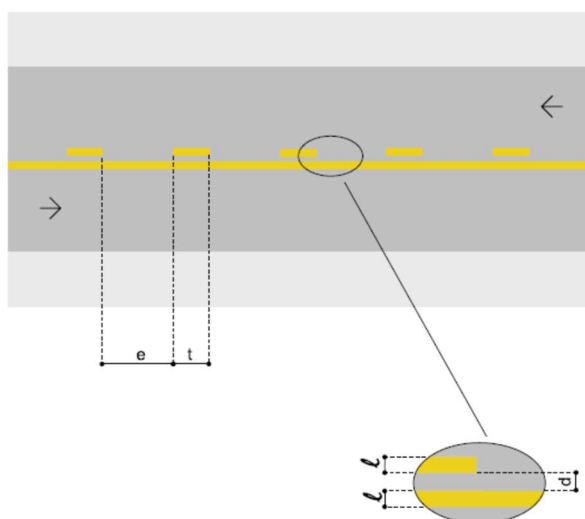


Figura 13 - Linha contínua/seccionada (LFO-4)

- b) Linha de bordo (LBO): localizadas nos bordos a fim de delimitar a pista destinada ao deslocamento dos veículos estabelecendo seus limites laterais: linha contínua, na cor branca, com 10 cm de largura;

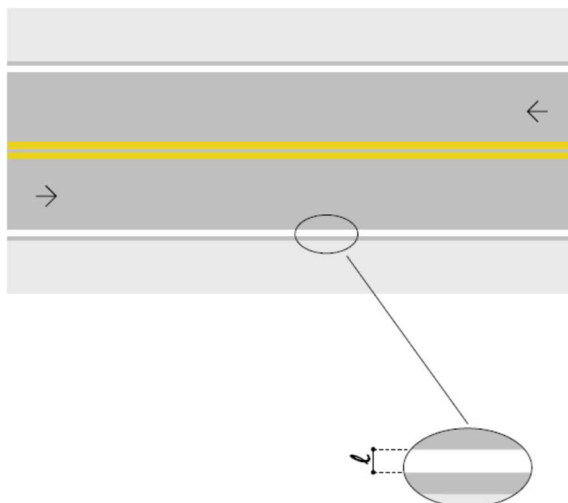


Figura 14 - Linha de Bordo (LBO).

2.7.1.3 Materiais especificados

Segundo a Instrução de Segurança no Tráfego rodoviário para Implantação de Sinalização Horizontal do DNIT, o volume médio diário anual de tráfego (VMDa), aliado à composição dos veículos da frota, é um dos principais fatores que determina a escolha do material a ser empregado na pista, em função do desgaste que sofre.

VMD	Material DNIT	Espessura (mm)	Garantia (meses) ⁽¹⁾
Até 5.000	EM-368/2000	0,6	18
5.000 – 10.000	EM-276/2000	0,5	30
10.000 – 20.000	NBR 13731	0,6	24
Acima de 10.000(2)	Termoplástico Alto Relevo NBR 15.543/07	2,0 (base) 8,0 (relevo)	36
20.000 – 30.000	Termoplástico - EM-372/00	1,5	36
Acima de 30.000(3)	Termoplástico – EM-372/00	1,5	24
Acima de 10.000(4)	Termoplástico Preformado ou elastoplástico – NBR 15.741/09	1,0	24

(1) Essa garantia fica condicionada aos valores mínimos de retrorrefletividade definidos na Tabela 12.

(2) Em trechos críticos ou especiais.

(3) Ou em trechos de menor VMD, mas que apresentem na composição do tráfego grande quantidade de veículos comerciais (caminhão, ônibus) ou com larguras de faixa de rolamento inferiores a 3,5 metros.

(4) Para sinalização de pequenos trechos em tangente, faixas de retenção, faixas de pedestres, símbolos, legendas.

Tabela 12 - Tipo de material e espessura de aplicação em função do VMDa.

Desse modo, temos para faixa de VDM da rodovia (até 5.000 veículos unidirecional) foi escolhida a utilização de tinta à base de resina acrílica emulsionada em água, com espessura de 0,5 mm, excetuando as inscrições no pavimento que serão realizadas em termoplástico pré-formado, com espessura de 1,0 mm.

As cores principais são:

- Amarela: utilizada para regulamentação do tráfego; na regulamentação de fluxos de sentidos opostos, na delimitação de espaços proibidos para estacionamento e/ou parada e na marcação de obstáculos;
- Branca: utilizada para balizamento e canalizações; na regulamentação de fluxos de mesmo sentido; na delimitação de espaços especiais de segmentos da via; na pintura de símbolos e legendas.

2.7.2 Sinalização Vertical

A sinalização vertical é um subsistema da sinalização viária cujo meio de comunicação está na posição vertical, normalmente em placas fixadas ao lado ou suspensas sobre a pista transmitindo mensagens de caráter permanente e, eventualmente, variáveis, através de legendas e/ou símbolos pré-reconhecidos e legalmente instituídos, com as seguintes características:

- Posicionamento dentro do campo visual do usuário;
- Legibilidade das mensagens e símbolos;
- Mensagens simples e claras; e
- Padronização.

As placas de sinalização de indicação devem ser colocadas na posição vertical, fazendo um ângulo de 93° a 95° em relação ao fluxo de tráfego, voltadas para o lado externo da via (figura abaixo). Esta inclinação tem por objetivo assegurar boa visibilidade e legibilidade das mensagens, evitando o reflexo especular que pode ocorrer com a incidência de luz dos faróis ou de raios solares sobre a placa.

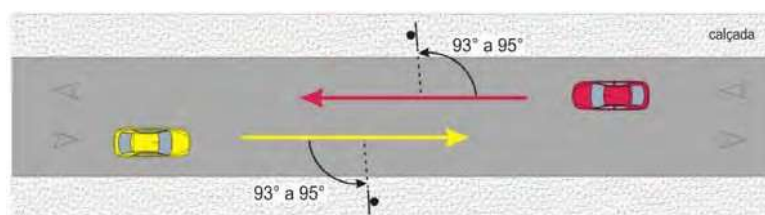


Figura 15 - Posicionamento horizontal da sinalização.

Pelo mesmo motivo, os sinais são inclinados em relação à vertical, para frente ou para trás, conforme a rampa seja ascendente ou descendente, também no valor de $\pm 3^{\circ}$.

Na elaboração do projeto foram obedecidas as seguintes condições básicas:

- A real necessidade;
- Chamar a atenção dos usuários;
- Transmitir mensagem clara e simples;
- Orientar o usuário para a boa fluência e segurança de tráfego;
- Fornecer tempo adequado para ação correspondente.

2.7.2.1 Vias Rurais

A borda inferior da placa colocada lateralmente à via deve ficar a uma altura livre mínima de 1,20 m em relação à superfície da pista. Para as placas suspensas sobre a pista de regulamentação, e altura livre mínima de 1,50 m, para placas de advertência e indicativas e a altura livre mínima deve ser de 5,50 m em relação à superfície da pista, a contar da borda inferior.

A borda inferior da placa com mensagem para pedestres deve ficar a uma altura livre de 1,50 m em relação ao solo.

O afastamento lateral deve ser no mínimo de 1,20 m e no máximo de 3,00 m, medido entre a borda lateral da placa e a borda externa do acostamento ou da pista, quando não existir acostamento.



Figura 16 - Afastamento lateral

A classificação da sinalização vertical, segundo sua categoria funcional, é a seguinte:

- Sinais de Regulamentação – Vermelho;
- Sinais de Advertência – Amarelo;
- Sinais de Indicação – Verde;
- Sinais de Serviços Auxiliares – Azul; e
- Sinais de Educação – Branco.

2.7.2.2 Sinais de Regulamentação

Os sinais de regulamentação possuem formato circular, com fundo na cor branca e uma borda vermelha.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

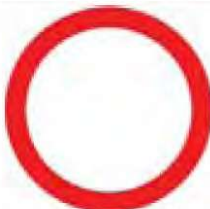
Forma		Cor	
 OBRIGAÇÃO/ RESTRIÇÃO	 PROIBIÇÃO	Fundo	Branca
		Símbolo	Preta
		Tarja	Vermelha
		Orla	Vermelha
		Letras	Preta

Figura 17 - Sinais de regulamentação.

Têm por objetivo notificar o usuário sobre as restrições, proibições e obrigações que governam o uso da via e cuja violação constitui infração prevista no Código Brasileiro de Trânsito.

Devem ser sempre observadas as dimensões mínimas estabelecidas por tipo de via conforme tabelas a seguir:

SINAIS DE REGULAMENTAÇÃO	  
Para $V \leq 60\text{km/h}$	$\varnothing = 0,80 \text{ m}$
Para $60\text{km/h} < V \leq 100\text{km/h}$	$\varnothing = 1,00 \text{ m}$
Para $V > 100\text{km/h}$	$\varnothing = 1,20 \text{ m}$
Perímetro Urbano	$\varnothing = 0,50 \text{ m (rua lateral)}$

Tabela 13 - Dimensões recomendadas.

Além da forma e cores mencionadas, os sinais de regulamentação possuem o símbolo ou legenda na cor preta e, ainda, uma tarja diagonal vermelha quando indicar proibição.

As exceções são o sinal de Parada Obrigatória que, além da forma octogonal e fundo na cor vermelha, possui legenda em letras brancas, e o sinal de *Dê a Preferência*, que se destaca pela forma triangular.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

Sinal		Cor	
Forma	Código		
	R-1	Fundo	Vermelha
		Orla interna	Branca
		Orla externa	Vermelha
		Letras	Branca
	R-2	Fundo	Branca
		Orla	Vermelha

Tabela 14 - “Parada obrigatória” e “Dê a Preferência”.

As dimensões dos sinais são ditadas principalmente pela velocidade de operação da via, de forma a possibilitar ao usuário a percepção, legibilidade e compreensão das mensagens neles incutidas. Desta forma, o usuário consegue realizar a manobra em um tempo hábil e com segurança.

SINAIS DE REGULAMENTAÇÃO	
Para $V \leq 60\text{km/h}$	Lado Octogonal = 0,40 m
Para $60\text{km/h} < V \leq 100\text{km/h}$	Lado Octogonal = 0,40 m
Para $V > 100\text{km/h}$	Lado Octogonal = 0,50 m
Perímetro Urbano	Lado Octogonal = 0,250 m(rua lateral)

Tabela 15 - Dimensões recomendadas: sinal de forma octogonal – R1.

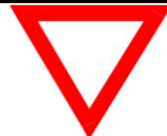
SINAIS DE REGULAMENTAÇÃO	
Para $V \leq 60\text{km/h}$	Lado Triangular = 0,90 m
Para $60\text{km/h} < V \leq 100\text{km/h}$	Lado Triangular = 1,00 m
Para $V > 100\text{km/h}$	Lado Triangular = 1,20 m
Perímetro Urbano	Lado Triangular = 0,80 m (rua lateral)

Tabela 16 - Dimensões recomendadas: sinal de forma triangular – R2.



2.7.2.2.1 Posicionamento transversal

Quanto ao posicionamento transversal, os sinais de regulamentação estão posicionados à margem direita da rodovia, a uma distância segura, porém dentro do cone visual do motorista e frontais ao fluxo de tráfego.

2.7.2.2.2 Posicionamento longitudinal

O posicionamento longitudinal dos sinais de regulamentação ao longo da via, depende da distância de visibilidade necessária para sua visualização e pelo tipo de situação que se está regulamentando, onde cada caso é estudado separadamente.

Por sua vez, a distância de visibilidade necessária para a visualização do sinal é composta pela distância percorrida na velocidade de operação da rodovia, correspondente ao tempo de percepção e reação, acrescida da distância que vai desde o ponto limite do campo visual do motorista até o sinal.

A tabela apresentada a seguir relaciona distâncias de visibilidade para as velocidades de operação mais adotadas, considerando um tempo de percepção e reação de 3,0 segundos.

Velocidade de Operação (km/h)	Distância Mínima de Visibilidade (m)
40	140
60	180
80	245
100	320
110	355

Tabela 17 - Distâncias de visibilidade.

Os sinais de regulamentação são classificados de acordo com suas características funcionais:

- Obrigação;
- Restrição;
- Proibição; e
- Permissão.

Os sinais de regulamentação empregados no presente projeto, no que se refere à forma geométrica, composição gráfica e, principalmente, condição de aplicação ao longo da rodovia, seguem rigorosamente as regras de uso constantes no Manual Brasileiro de

Sinalização de Trânsito – CONTRAN/DENATRAN, 2007 e no Manual de Sinalização Rodoviária – DNIT, 2010.

2.7.2.3 Sinais de Advertência

Os sinais de advertência possuem forma quadrada e estão dispostos com uma das diagonais na vertical. A cor de fundo é o amarelo com o símbolo ou legenda na cor preta.

Forma	Cor	
	Fundo	Amarela
	Símbolo	Preta
	Orla interna	Preta
	Orla externa	Amarela
	Legenda	Preta

Tabela 18 - Sinais de advertência.

Os sinais de advertência são utilizados para informar o usuário sobre situações adiante que requeiram maior atenção de sua parte. As medidas a serem tomadas, vão desde um estado de alerta, para uma situação eventual, a uma operação mais complexa de direção, redução de velocidade ou até uma parada do veículo.

Entre as situações permanentes que requerem cuidados especiais, e, neste Projeto, são sinalizadas com placas de advertência, estão as seguintes:

- Curvas;
- Ocorrência de locais onde há redução de velocidade.

As dimensões dos sinais de advertência dependem das características da via, principalmente da velocidade de operação, de forma a possibilitar ao usuário a percepção, legibilidade e compreensão das mensagens.

SINAIS DE ADVERTÊNCIA	  
Para $V \leq 60\text{km/h}$	0,80 x 0,80 m
Para $60\text{km/h} < V \leq 100\text{km/h}$	1,00 x 1,00 m
Para $V \leq 100\text{km/h}$	1,20 x 1,20 m
Perímetro Urbano	0,50 x 0,50 m (rua lateral)

Tabela 19 - Dimensões recomendadas.

Quanto ao posicionamento lateral e longitudinal as condições são similares aos sinais de regulamentação. Uma característica importante é quanto à distância mínima do sinal até o local da advertência, para o qual se está chamando a atenção do usuário, e varia conforme as seguintes condições:

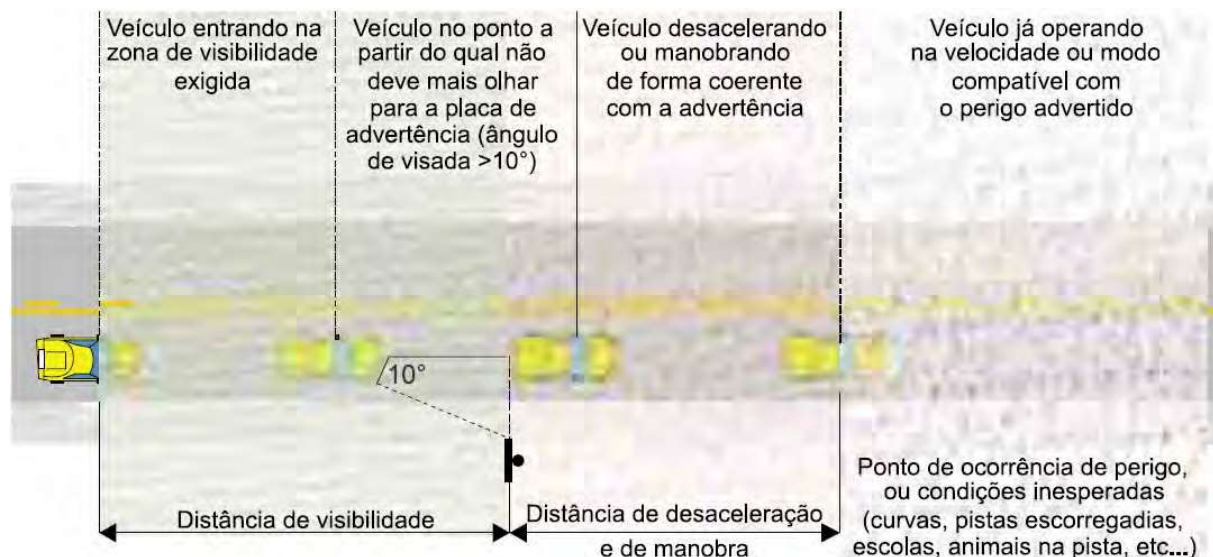


Figura 18 - Distância de visibilidade.

- **Condição A** – necessidade de um tempo extra para avaliação e julgamento da situação que está sendo advertida e que normalmente envolvem manobras mais complexas de direção, não só individuais, como em conjunto com outros veículos;
- **Condição B** – necessidade de desaceleração até uma determinada velocidade que permita a passagem em segurança pelo local da advertência;
- **Condição C** – necessidade de parada do veículo.

Na tabela a seguir, estão apresentados os valores mínimos de distância em metros, entre o sinal e o local de advertência para cada uma das três condições citadas:



Velocidade Aproximação (km/h)	Distância de desaceleração e/ou manobra – (m):												
	Veloc. km/h	zero	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
40	Distância (m)	31	29	23	14	-							
50		48	46	41	31	17	-						
60		69	68	62	52	39	21	-					
70		95	93	87	77	64	46	25	-				
80		123	122	116	106	93	75	54	29	-			
90		156	154	149	139	125	108	87	62	33	-		
100		193	191	185	176	162	145	123	98	69	37	-	
110		232	231	226	216	203	185	164	139	110	77	41	-
120		278	276	270	260	247	230	208	183	154	122	85	44

Tabela 20 - Distância de desaceleração e manobra.

2.7.2.4 Sinais de Indicação

Os sinais de indicação têm como finalidade principal orientar os usuários da via no curso de seu deslocamento, fornecendo-lhes as informações necessárias para a definição das direções e sentidos a serem por eles seguidos, bem como as informações quanto às distâncias a serem percorridas.

Os sinais de indicação informam, ainda, quanto à existência de serviços ao longo da via e mensagens educativas ligadas à segurança rodoviária.

Quanto ao formato e cores utilizadas as placas indicativas são geralmente retangulares com o lado maior na horizontal, sendo em fundo verde e as legendas, setas e diagramas na cor branca. As exceções são os sinais de identificação de rodovia, que possuem forma própria e os sinais de serviços auxiliares em fundo azul, com o lado maior do retângulo normalmente na vertical.

As placas são compostas pelos seguintes elementos:

- Legendas
- Orlas e tarjas
- Setas
- Pictogramas

- Símbolos
- Diagramas

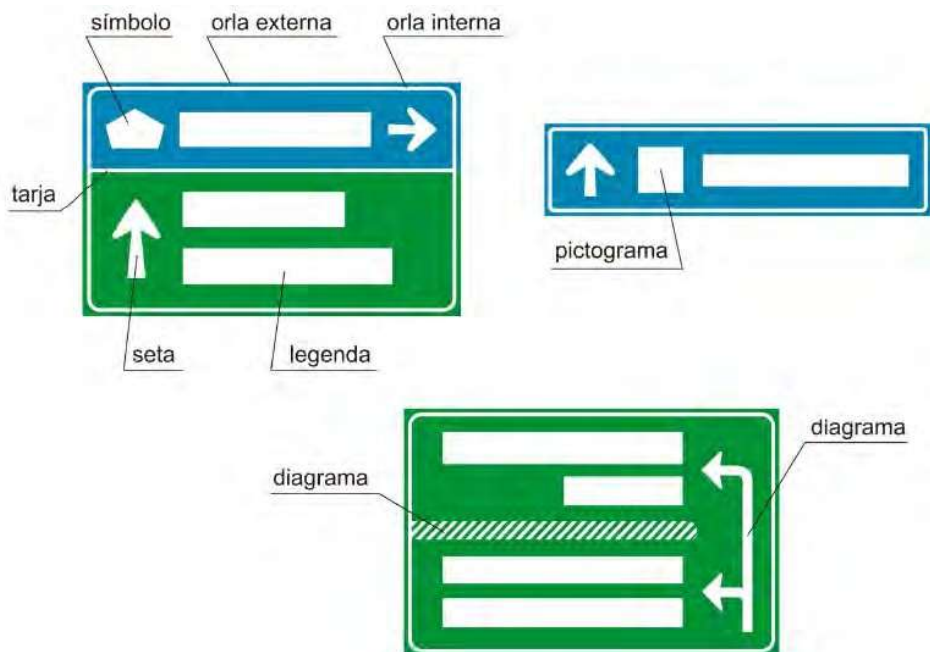


Figura 19 - Diagramação das placas.

2.7.2.4.1 Posicionamento Transversal

O posicionamento transversal dos sinais de indicação segue as mesmas regras aplicadas aos sinais de regulamentação e advertência. Diante de circunstâncias especiais são adotados os pórticos e semipórticos.

As placas de identificação quilométrica devem ser implantadas com no mínimo 0,50m e no máximo 1,00 m de altura, a contar da borda inferior da placa à superfície da pista.



Figura 20 - Posicionamento transversal



2.7.2.4.2 Dimensionamento dos sinais de indicação

Os sinais de indicação devem ter boa visibilidade, letras e símbolos de forma, tamanho e espaçamentos adequados e mensagens curtas, assegurando a necessária distância para percepção, leitura e rápida compreensão das mensagens por parte dos motoristas (distância de legibilidade).

O dimensionamento dos sinais de indicação é função do tamanho das mensagens e símbolos neles contidos. O dimensionamento das mensagens, por outro lado, depende basicamente do tamanho de letra a ser adotado, bem como da quantidade de caracteres relativos a cada mensagem a ser transmitida.

O tamanho de letra a ser usado é função das características da via, principalmente no tocante à sua velocidade de operação. Ainda que a distância de legibilidade de qualquer sinal varie essencialmente com a velocidade de aproximação, a padronização das letras (tamanho, forma, espaçamento) deve também levar em conta as características físicas e principalmente operacionais da rodovia, tais como tráfego intenso (com bloqueio de visão do sinal por outros veículos) e sucessão de interseções próximas. Dessa forma, rodovias com a mesma velocidade de operação, porém com condições operacionais diversas, poderão necessitar de sinais com maior ou menor legibilidade e, por consequência, com maior ou menor altura de letras.

As letras e números adotados nos projetos de sinalização obedecem aos padrões Série D e Série E do *Standard Alphabets for Highway Signs and Pavement Markings – FHWA e Arial Rounded MT Bold*.

O alfabeto na Série D deve ser utilizado para compor mensagens em letras maiúsculas, como Retorno, Pedágio, Saída, Ônibus, mensagens operacionais e institucionais. Nas demais mensagens, associadas a nomes de estados, localidades e atrativos turísticos devem-se utilizar os caracteres relativos à Série E.

A exceção fica por conta das unidades métricas “km” e “m”, usadas em vários tipos de placas indicativas, que também são apresentadas em caracteres da Série E.

Os espaçamentos mínimos horizontais e verticais entre a orla interna da placa e os elementos (legendas, setas, pictogramas e símbolos), e entre elementos, devem ser iguais a “d”, conforme tabela a seguir.



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

ALTURA DA LETRA MAIÚSCULA – h (mm)	ESPAÇAMENTO – d (mm)
50	30
75	45
100	60
125	80
150	100
170	115
200	130
250	170
300	200
350	230
400	270
450	300

Tabela 21 - Espaçamento entre os elementos (mm).



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

3. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS



3. QUADRO DE ESPECIFICAÇÕES DOS SERVIÇOS RODOVIÁRIOS

Na sequência são apresentadas as Especificações de Serviços Rodoviários, de acordo com o DER/PR.

SERVIÇO	ESPECIFICAÇÃO
TERRAPLENAGEM	DER/PR ES-TE
Serviços preliminares	DER/PR ES-TE 01/23
Cortes	DER/PR ES-TE 02/23
Aterros	DER/PR ES-TE 06/23
Caminhos de Serviço	DER/PR ES-TE 08/23
PAVIMENTAÇÃO	DER/PR ES-PA
Regularização do subleito	DER/PR ES-PA 01/23
Preenchimento de rebaixos de cortes em rocha	DER/PR ES-PA 02/23
Macadame Seco	DER/PR ES-PA 03/23
Brita graduada	DER/PR ES-PA 05/23
Camadas estabilizadas granulometricamente	DER/PR ES-PA 07/23
Pinturas asfálticas	DER/PR ES-PA 17/23
Concreto Asfáltico Usinado à Quente	DER/PR ES-PA 21/23
Demolição de Pavimentos	DER/PR ES-PA 27/23
Fresagem à Frio	DER/PR ES-PA 31/23
Tratamento Superficiais	DER/PR ES-PA 36/23
SERVIÇOS DE DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTES	DER/PR ES-DR
Sarjetas e valetas	DER/PR ES-DR-01/23
Transposição de Segmentos de Sarjetas	DER/PR ES-DR-02/23
Entradas e Descidas d'Água	DER/PR ES-DR-03/23
Dissipadores de Energia	DER/PR ES-DR-04/23
Bocas e Caixas para Bueiros Tubulares	DER/PR ES-DR-05/23
Drenos longitudinais profundos	DER/PR ES-DR-06/23
Bueiros Tubulares de Concreto	DER/PR ES-DR-09/23
Bueiros Celulares de Concreto	DER/PR ES-DR-10/23
Demolição de Dispositivos de Concreto	DER/PR ES-DR-11/23



Dispositivos de Drenagem Pluvial Urbana	DER/PR ES-DR-12/23
Restauração de dispositivos de drenagem danificados	DER/PR ES-DR-13/23
Limpeza e desobstrução de dispositivos de drenagem	DER/PR ES-DR-14/23
SERVIÇOS DE OBRAS COMPLEMENTARES	DER/PR ES-OC
Meio-fios	DER/PR ES-OC-13/23
Proteção Vegetal	DER/PR ES-OC-15/23
Abrigos para paradas de ônibus	DER/PR ES-OC 17/23
SERVIÇO PARA OBRAS DE ARTE	DER/PR ES-OA
Serviços preliminares	DER/PR ES-OA 01/23
Concretos e argamassas	DER/PR ES-OA 02/23
Armaduras para concreto armado	DER/PR ES-OA 03/23
Armaduras para concreto protendido	DER/PR ES-OA 04/23
Fôrmas	DER/PR ES-OA 05/23
SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA VIÁRIA	DER/PR ES-SV
Sinalização horizontal com tinta à base de resina acrílica emulsionada em água, retrorrefletiva	DER/PR ES-SV-02/23
Tachas refletivas	DER/PR ES-SV 06/23
Tachões refletivos	DER/PR ES-SV 08/23
Fornecimento e implantação de placas laterais para sinalização vertical	DER/PR ES-SV 09/23
Pórticos e semipórticos de sinalização vertical	DER/PR ES-SV 10/23
Ondulações Transversais e Sonorizadores	DER/PR ES-SV 16/23



PREFEITURA MUNICIPAL DE MERCEDES
Rua Dr. Osvaldo Cruz, nº 555 – Centro – Fone (45) 3256-8000 – CEP 85.998-000 – Mercedes – PR.

4. TERMO DE ENCERRAMENTO



4. TERMO DE ENCERRAMENTO

Este volume, denominado **Volume 1: Memória Justificativa** apresenta os serviços realizados para o **Projeto Executivo de Engenharia para a restauração de pavimento asfáltico** na Estrada Municipal São Marcos, localizada no município de Mercedes – PR.

A empresa Viamétrica Engenharia, aqui representada pela sua responsável técnica, a Eng^a Poliana Toniato Cittadella, declaram que o presente documento foi elaborado conforme os critérios e normas técnicas pertinentes.

POLIANA TONIATO CITTADELLA
Engenheira Civil
CREA PR 162.706/D