

DNIT

Publicação IPR – 752

GUIA PARA MONITORAMENTO DE SEGMENTOS EM OPERAÇÃO – PRO-MeDiNa B

**1ª Edição
BRASÍLIA
2024**

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA-GERAL

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA

INSTITUTO DE PESQUISAS EM TRANSPORTES

MINISTRO DOS TRANSPORTES
José Renan Vasconcelos Calheiros Filho

DIRETOR-GERAL – DNIT
Fabrício de Oliveira Galvão

DIRETOR DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
Luiz Guilherme Rodrigues de Mello

COORDENADOR-GERAL DO IPR
Luiz Heleno de Albuquerque Filho

**GUIA PARA MONITORAMENTO DE SEGMENTOS EM
OPERAÇÃO – PRO-MeDiNa B**

PRIMEIRA EDIÇÃO – BRASÍLIA, 2024

EQUIPE TÉCNICA:

Engº Mario Sergio de Souza Almeida – (DNIT/SR BA)

Engº Nelson Wargha Filho – (DNIT/DPP/IPR)

Engº Alex Duarte de Oliveira – (Consórcio STE-SIMEMP)

Engª Emmanuelle Stefânia Holdefer Garcia – (Consórcio STE-SIMEMP)

Engº Henrique Petisco de Souza – (Consórcio STE-SIMEMP)

Geoª Amanda Menezes Ricardo – (Consórcio STE-SIMEMP)

COLABORADORES TÉCNICOS:

Design gráfico

Ana Luísa Ferreira Lacerda – (Consórcio STE-SIMEMP)

Revisão ortográfica e gramatical

Vanessa de Oliveira Pereira – (Consórcio STE-SIMEMP)

Revisão da editoração

Thália Raelly de Lima Romeiro Mattos – (Consórcio STE-SIMEMP)

COMISSÃO DE SUPERVISÃO:

Engª Simoneli Fernandes Mendonça – (DNIT/DPP/IPR)

Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria-Geral. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas em Transportes.

Guia para Monitoramento de Segmentos em Operação – PRO – MeDiNa B. 1ª Edição – Brasília - DF. – 2024. 81p. (IPR. Publicação – 752)

1. Pavimentação – Manuais. I. Série. II. Título.

Reprodução permitida desde que citado o DNIT como fonte.

Impresso no Brasil / *Printed in Brazil*

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA-GERAL
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
INSTITUTO DE PESQUISAS EM TRANSPORTES

Publicação IPR – 752

**GUIA PARA MONITORAMENTO DE
SEGMENTOS EM OPERAÇÃO –
PRO-MeDiNa B**

1ª Edição
Brasília
2024

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES – MT
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT
DIRETORIA-GERAL – DG
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA – DPP
INSTITUTO DE PESQUISAS EM TRANSPORTES – IPR

Setor de Autarquias Norte
Quadra 03 Lote A, Ed. Núcleo dos Transportes
CEP 70040-902 – Brasília – DF
Telefone: (61) 3315-4831
E-mail: ipr@dnit.gov.br

TÍTULO: GUIA PARA MONITORAMENTO DE SEGMENTOS EM OPERAÇÃO –
PRO-MeDiNa B

Elaboração: DNIT/IPR
Aprovado pela Diretoria Colegiada do DNIT em 19/11/2024 (Relato 180/2024)
Processo: 50600.036066/2024-22

APRESENTAÇÃO

O Guia para Monitoramento de Segmentos em Operação – PRO-MeDiNa B tem como objetivo orientar a escolha e o monitoramento de segmentos de rodovias em operação visando avaliar o comportamento do pavimento e o aperfeiçoamento da calibração do MeDiNa. O PRO-MeDiNa B representa uma variação do PRO-MeDiNa (Publicação IPR – 749), desenvolvido e implementado inicialmente por Almeida *et al.* (2022) no Estado da Bahia, sendo uma alternativa mais ágil para a ampliação da coleta de dados e o monitoramento de pavimentos em diferentes situações funcionais e estruturais.

Buscando padronizar os segmentos a serem monitorados, este Guia estabelece os passos a serem realizados, tanto nas etapas de planejamento quanto na etapa de monitoramento do pavimento ao longo de sua vida útil.

Pode-se dividir o programa PRO-MeDiNa B em três fases: definição do segmento, monitoramento e tratamento dos dados.

A primeira fase refere-se à escolha e caracterização do segmento experimental e é dividida em duas etapas: estudos preliminares, com a coleta de dados do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) do DNIT, e tipificação dos segmentos, com a abertura de janelas para coleta de material e a caracterização em laboratório.

A segunda fase, de monitoramento, consiste na avaliação periódica das condições funcional e estrutural do pavimento e da coleta de dados climáticos e de tráfego do segmento.

Por fim, na terceira fase, ocorre o tratamento dos dados coletados. A partir deles, são realizadas as análises dos resultados obtidos em campo, juntamente com aqueles gerados pelo MeDiNa.

A partir dessas premissas, será possível ampliar o banco de dados, composto pelas informações de caracterização dos materiais e pelos levantamentos de campo, fornecendo, assim, subsídios para o aprimoramento da calibração da função de transferência do MeDiNa.

Luiz Heleno de Albuquerque Filho
Coordenador-Geral do IPR

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

| | |
|------------|---|
| AASHTO | <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i> |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ASTM | <i>American Society for Testing and Materials</i> |
| AT (%) | Percentual de Área Trincada |
| ATR | Afundamento nas Trilhas de Roda |
| BBR | <i>Bending Beam Rheometer</i> |
| BGTC | Brita Graduada Tratada com Cimento |
| CA | Concreto Asfáltico |
| CAP | Cimento Asfáltico de Petróleo |
| CBR | <i>California Bearing Ratio</i> |
| CE | Trilha Central |
| CP | Corpo de Prova |
| CPs | Corpos de Prova |
| CV | Coefficiente de Variação |
| DNER | Departamento Nacional de Estradas de Rodagem |
| DNIT | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes |
| DP | Deformação Permanente |
| DPa | Desvio Padrão |
| DPP | Diretoria de Planejamento e Pesquisa |
| DSR | <i>Dynamic Shear Rheometer</i> |
| G_{mm} | Densidade Relativa máxima medida |
| G_{mb} | Densidade Relativa Aparente |
| FN | <i>Flow Number</i> |
| FWD | <i>Falling Weight Deflectometer</i> |
| HS | <i>Hauter au Sable</i> (profundidade média da mancha de areia) |
| INMET | Instituto Nacional de Meteorologia |
| IPR | Instituto de Pesquisas em Transportes |
| IRI | <i>International Roughness Index</i> |
| IGG | Índice de Gravidade Global |
| LAS | <i>Linear Amplitude Sweep</i> |
| MCV | <i>Moisture Condition Value</i> |
| MCT | Miniatura, Compactado, Tropical |
| MeDiNa | Método de Dimensionamento Nacional |
| MR, Mr | Módulo de Resiliência ou Módulo Resiliente |
| MSCR | <i>Multiple Stress Creep and Recovery</i> |
| NBR | Norma Brasileira |
| PAV | <i>Pressurized Aging Vessel</i> |
| PG | <i>Performance Grade</i> |
| PNCT | Plano Nacional de Contagem de Tráfego |
| RRT | Razão da Resistência à Tração Retida |
| RT | Resistência à Tração |
| RTFOT | <i>Rolling Thin-film Oven Test</i> |
| SIRGAS2000 | Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (2000) |
| SGP | Sistema de Gerência de Pavimentos |
| SSR | <i>Stress Sweep Rutting</i> |
| SUCS | Sistema Unificado de Classificação de Solos |
| S-VECD | <i>Simplified Viscoelastic Continuum Damage</i> |
| Tar | Temperatura do Ar |

| | |
|------|--|
| TPav | Temperatura da Superfície do Pavimento |
| TE | Trilha Externa |
| TI | Trilha Interna |
| TNM | Tamanho Nominal Máximo |
| TRB | <i>Transportation Research Board</i> |
| TRE | Trilha de Roda Externa |
| TRI | Trilha de Roda Interna |
| VMD | Volume Médio Diário |
| VRD | Valor de Resistência à Derrapagem |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Fluxograma das etapas do programa PRO-MeDiNa B | 15 |
| Figura 2 – Rodovia de pista simples por sentido..... | 19 |
| Figura 3 – Rodovia com mais de uma pista por sentido..... | 20 |
| Figura 4 – Placa modelo do PRO-MeDiNa B | 24 |
| Figura 5 – Localização dos pontos de coleta de material..... | 26 |
| Figura 6 – Modelo de janela de inspeção e coleta dos materiais das camadas do pavimento..... | 26 |
| Figura 7 – Modelo de etiqueta para coleta de material (exemplo)..... | 27 |
| Figura 8 – Modelo do método de armazenagem dos materiais coletados | 29 |
| Figura 9 – Recipiente para armazenamento de ligantes asfálticos (CAP) | 32 |
| Figura 10 – Pista simples – Estacas principais espaçadas a cada 20 m | 44 |
| Figura 11 – Pista simples – Marcações secundárias espaçadas a cada 2 m | 44 |
| Figura 12 – Pista dupla – Estacas principais espaçadas a cada 20 m..... | 45 |
| Figura 13 – Pista dupla – Marcações secundárias espaçadas a cada 2 m..... | 45 |
| Figura 14 – Pista simples – Levantamento na TRE com o FWD..... | 46 |
| Figura 15 – Pista dupla – Levantamento na TRE com o FWD | 46 |
| Figura 16 – Pista simples – Determinação de mancha de areia | 48 |
| Figura 17 – Pista dupla – Determinação de mancha de areia..... | 48 |
| Figura 18 – Pista simples – Determinação de AT pela DNIT 007/2003 – PRO..... | 50 |
| Figura 19 – Pista dupla – Determinação de AT pela DNIT 007/2003 – PRO | 50 |
| Figura 20 – Pista simples – Levantamento total de área trincada | 50 |
| Figura 21 – Pista dupla – Levantamento total de área trincada | 51 |
| Figura 22 – Execução do levantamento dos defeitos Fonte: Bueno (2019)..... | 52 |
| Figura 23 – Pista simples – Determinação de AT pela DNIT 433/2021 – PRO..... | 52 |
| Figura 24 – Pista dupla – Determinação de AT pela DNIT 433/2021 – PRO | 53 |
| Figura 25 – Pista simples – Determinação de AT pela DNIT 006/2003 – PRO..... | 53 |
| Figura 26 – Pista dupla – Determinação de AT pela DNIT 006/2003 – PRO | 54 |
| Figura 27 – Treliza para a medição do afundamento de trilha de rodas | 55 |
| Figura 28 – Pista simples – Determinação de ATR pela DNIT 007/2003 – PRO | 55 |
| Figura 29 – Pista dupla – Determinação de ATR pela DNIT 007/2003 – PRO | 56 |
| Figura 30 – Pista simples – Determinação de ATR pela DNIT 433/2021 – PRO | 56 |
| Figura 31 – Pista dupla – Determinação de ATR pela DNIT 433/2021 – PRO | 57 |

| | |
|--|----|
| Figura 32 – Pista simples – Determinação da ATR pela DNIT 006/2003 – PRO | 57 |
| Figura 33 – Pista dupla – Determinação da ATR pela DNIT 006/2003 – PRO | 58 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Características geométricas e de georreferenciamento do segmento monitorado (exemplo) | 25 |
| Tabela 2 – Caracterização dos solos (valores exemplificativos) | 34 |
| Tabela 3 – Caracterização dos materiais granulares (valores exemplificativos) | 34 |
| Tabela 4 – Caracterização dos materiais estabilizados quimicamente (valores exemplificativos)..... | 36 |
| Tabela 5 – Caracterização obrigatória das misturas asfálticas (valores exemplificativos)..... | 39 |
| Tabela 6 – Tabela resumo das condições estruturais com o FWD (valores exemplificativos)..... | 47 |
| Tabela 7 – Tabela resumo das condições funcionais (valores exemplificativos) | 49 |
| Tabela 8 – Tabela resumo das condições em termos de AT % e ATR (mm) (valores exemplificativos)..... | 58 |
| Tabela 9 – Resumo dos levantamentos de monitoramento | 60 |

SUMÁRIO

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 | DEFINIÇÕES..... | 19 |
| 3 | ESTUDOS PRELIMINARES | 22 |
| 3.1 | ESCOLHA DO SEGMENTO EXPERIMENTAL | 22 |
| 3.2 | CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E GEORREFERENCIAMENTO | 24 |
| 4 | CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO | 25 |
| 4.1 | COLETA DE AMOSTRAS | 25 |
| 4.1.1 | SOLOS E MATERIAIS GRANULARES..... | 27 |
| 4.1.2 | MATERIAIS ESTABILIZADOS QUIMICAMENTE | 28 |
| 4.1.3 | MISTURAS ASFÁLTICAS | 29 |
| 4.1.3.1 | ENSAIOS OBRIGATÓRIOS PARA O MEDINA | 30 |
| 4.1.3.2 | ENSAIOS DESEJÁVEIS PARA O MEDINA | 30 |
| 4.1.4 | LIGANTES ASFÁLTICOS (CAP)..... | 31 |
| 4.2 | ENSAIOS LABORATORIAIS | 32 |
| 4.2.1 | SOLOS E MATERIAIS GRANULARES – ENSAIOS OBRIGATÓRIOS.. | 32 |
| 4.2.2 | MATERIAIS ESTABILIZADOS QUIMICAMENTE – ENSAIOS OBRIGATÓRIOS | 35 |
| 4.2.3 | LIGANTES ASFÁLTICOS (CAP)..... | 36 |
| 4.2.3.1 | ENSAIOS OBRIGATÓRIOS | 36 |
| 4.2.3.2 | ENSAIOS COMPLEMENTARES | 37 |
| 4.2.4 | MISTURAS ASFÁLTICAS | 37 |
| 4.2.4.1 | ENSAIOS OBRIGATÓRIOS | 38 |
| 4.2.4.2 | ENSAIOS COMPLEMENTARES | 39 |
| 5 | MONITORAMENTO DO CLIMA | 42 |
| 6 | MONITORAMENTO DO TRÁFEGO | 42 |
| 7 | AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PISTA | 43 |
| 7.1 | DEMARCAÇÃO DO SEGMENTO EXPERIMENTAL | 43 |
| 7.1.1 | RODOVIA DE PISTA SIMPLES..... | 43 |
| 7.1.2 | RODOVIA DE PISTA DUPLA | 44 |
| 7.2 | AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO | 45 |
| 7.3 | AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO | 47 |
| 7.4 | LEVANTAMENTO DE DEFEITOS..... | 49 |

| | | |
|-------|---|----|
| 7.4.1 | DETERMINAÇÃO DA ÁREA TRINCADA (AT, %) | 49 |
| 7.4.2 | DETERMINAÇÃO DO AFUNDAMENTO NA TRILHA DE RODA (ATR, MM) | 54 |
| 7.4.3 | APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS | 58 |
| 7.5 | PERIODICIDADE DOS LEVANTAMENTOS | 59 |
| 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 64 |
| | ANEXO A. | 65 |
| | ANEXO B. | 68 |
| | ANEXO C. | 71 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 75 |

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Com a implementação do Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos e a oficialização do MeDiNa no âmbito do DNIT, a Diretoria de Planejamento e Pesquisa (DPP), com o apoio de Superintendências Regionais do DNIT, está realizando o monitoramento de segmentos de rodovias em operação, de forma a avaliar e aperfeiçoar a calibração do novo método, auxiliando projetistas no dimensionamento de pavimentos flexíveis, no contexto de uma visão mecanística-empírica. O novo programa foi desenvolvido e implementado inicialmente por Almeida *et al.* (2022) no Estado da Bahia, sendo os procedimentos descritos adotados como padrão para a implementação de novos segmentos.

O programa de monitoramento de segmentos em operação no DNIT, ora denominado PRO-MeDiNa B, assim como o programa de segmentos em implantação e restauração PRO-MeDiNa (Publicação IPR – 749), busca promover a avaliação do comportamento dos pavimentos ao longo dos anos, ampliando a condição de contorno da função de transferência, utilizando diferentes volumes de tráfego e estruturas de pavimento, em relação aos dados já existentes, que poderão ser utilizados para o aperfeiçoamento da calibração e da validação do método de dimensionamento nacional de pavimentos.

O DNIT, por meio do IPR, irá receber e organizar os dados gerados nos segmentos experimentais, que incluem a caracterização de materiais e levantamentos de campo.

O procedimento para monitoramento de segmentos em operação no âmbito do programa PRO-MeDiNa B se divide em três fases. A primeira fase refere-se à definição e caracterização do segmento, a segunda envolve o monitoramento do segmento ao longo da sua vida útil e a terceira diz respeito ao tratamento dos dados coletados. Tais fases subdividem-se nas seguintes etapas, como mostra o fluxograma apresentado na Figura 1.

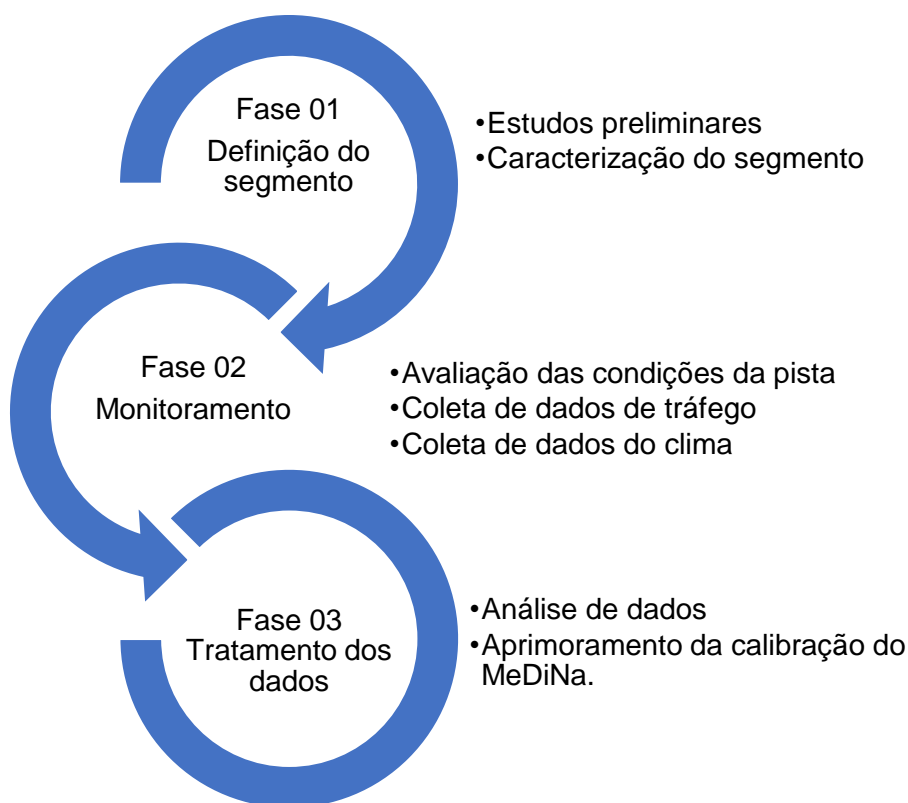


Figura 1 – Fluxograma das etapas do programa PRO-MeDiNa B

A **Fase 1 – Definição do segmento**, refere-se à escolha e caracterização do segmento em operação a ser monitorado e é dividida em duas etapas:

A Primeira etapa – Estudos preliminares, trata do levantamento das informações que irão embasar a escolha do segmento a ser monitorado. Serão coletados no Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) do DNIT os seguintes dados:

- Tempo de operação do trecho (liberação ao tráfego).
- Área trincada (AT) atual.
- Afundamento de trilhas de rodas (ATR) atual.
- Índice de gravidade global (IGG) atual.
- Outros levantamentos estruturais e funcionais.
- Dados do projeto como o tráfego, estrutura, materiais.
- Dados de clima da região.

Outro critério para seleção do segmento se dá pela presença de posto de contagem do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) e/ou vídeo registro.

A Segunda etapa – Caracterização, consiste na verificação dos materiais que compõem o pavimento, onde serão coletados os seguintes dados:

- Espessuras das camadas do pavimento.
- Massa específica aparente *in situ* das camadas granulares.
- Umidade *in situ* das camadas granulares.
- Módulo de resiliência (MR) das camadas granulares em laboratório.
- Deformação permanente (DP) das camadas granulares em laboratório.
- Extração de amostras do revestimento com sonda rotativa, para determinação do teor de CAP e da granulometria da mistura asfáltica e, se possível, a realização dos ensaios de Módulo Resiliente (MR) e resistência à tração (RT).
- Reconstituição da mistura asfáltica em laboratório, utilizando os mesmos materiais ou materiais equivalentes, para realização dos ensaios de Módulo Resiliente (MR), fadiga e *Flow Number* (FN).

A **Fase 2 – Monitoramento**, tem início após a etapa de caracterização do trecho. Realizar a avaliação das condições funcionais do pavimento pelo levantamento de macrotextura, microtextura e Irregularidade Longitudinal (IRI). Também deve ser realizada a avaliação estrutural do pavimento pela determinação das deflexões e levantamento de defeitos como área trincada (AT) e o afundamento de trilha de rodas (ATR). Se faz essencial o monitoramento do clima (temperatura e pluviosidade) e do tráfego por meio de dados do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) ou vídeo registro.

A **Fase 3 – Tratamento dos dados**, determina que os dados coletados em cada segmento experimental devem ser lançados em uma planilha eletrônica específica para o preenchimento do banco de dados. Para o tratamento, são realizadas as análises dos resultados obtidos e sua comparação com aqueles gerados pelo MeDiNa. A partir desta fase será possível aperfeiçoar a calibração da função de

transferência do método. A planilha eletrônica específica está disponível no seguinte endereço eletrônico:

<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/planilha-padrao-pro-medina>

Todas as normas e especificações técnicas do DNIT estão disponíveis no seguinte endereço eletrônico:

<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas>.

Cabe lembrar que os participantes do programa PRO-MeDiNa B devem estar atentos às atualizações das normas, adotando sempre a versão mais recente, no momento da implementação do segmento.

2 **DEFINIÇÕES**

2 DEFINIÇÕES

No desenvolvimento deste Guia busca-se difundir todos os conceitos e procedimentos aqui descritos, possibilitando sua compreensão pelos participantes do Programa PRO-MeDiNa B. Desta forma, para efeitos exclusivamente deste Guia, são adotadas as seguintes definições:

- Segmento experimental – Porção da via em operação que será monitorada.
- Trecho experimental – Sinônimo de segmento experimental, utilizado neste Guia para dar maior fluidez ao texto, quando necessário.
- Rodovia de pista simples por sentido – Quando há uma pista em cada sentido de tráfego da rodovia. Cada pista constituirá um segmento, conforme a Figura 2.

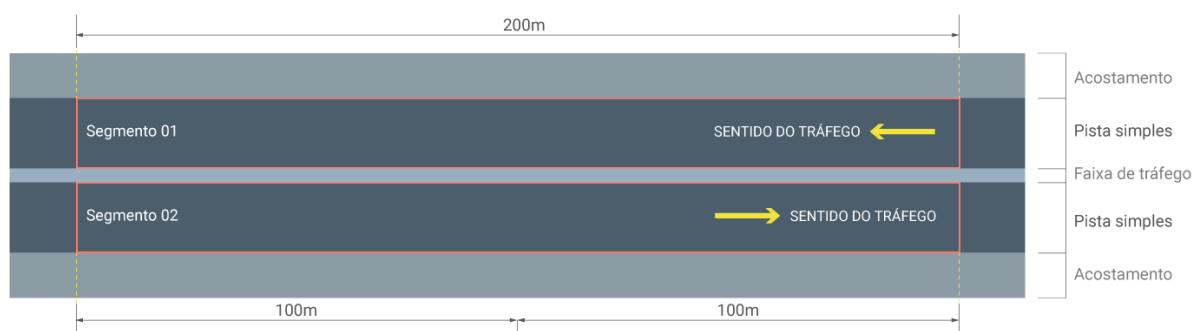


Figura 2 – Rodovia de pista simples por sentido

- Rodovia com mais de uma pista por sentido – Quando há mais de uma pista em cada sentido de tráfego da rodovia. Cada pista constituirá um segmento, conforme a Figura 3, devido à diferença de tráfego sobre elas. Assim, uma rodovia de pista dupla, poderá contar com até 4 (quatro) segmentos, quando os dois sentidos da via estiverem sendo monitorados.



Figura 3 – Rodovia com mais de uma pista por sentido

FASE 1 – DEFINIÇÃO DO SEGMENTO

A Fase 1 contempla a definição do segmento experimental monitorado, com descrição de suas duas etapas fundamentais, os estudos preliminares e a caracterização. Em cada uma destas etapas também são detalhados os ensaios e as normas que os regem e devem ser seguidos para completa identificação do segmento monitorado.

3 ESTUDOS PRELIMINARES

Para a seleção dos segmentos experimentais, sejam eles em rodovias implantadas ou reabilitadas, é essencial a coleta e análise de informações disponíveis nos bancos de dados do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) e a presença de um posto PNCT ou monitoramento por vídeo registro do segmento.

Esta fase visa a obtenção das informações gerais referentes ao segmento, tais como características geométricas, coordenadas geográficas, condições climáticas da localidade e o volume de tráfego considerado em projeto, bem como os resultados das avaliações estruturais e funcionais realizadas após a construção ou reabilitação. Para fins de calibração do MeDiNa, serão utilizados apenas pavimentos com revestimentos asfálticos.

Constitui um segmento experimental, no âmbito deste Guia, um trecho que apresente as condições estipuladas e que será acompanhado sistematicamente de acordo com o previsto nesta publicação. Em um mesmo local, segmentos com características distintas (estrutura e/ou materiais) podem ser monitorados, preferencialmente de forma sequencial, para que apresentem o mesmo tráfego e as mesmas condições climáticas. Cada um deles será avaliado como um segmento independente. Em casos de rodovias com mais de uma pista, devido à diferença no volume de tráfego, cada uma das pistas pode ser considerada como um segmento distinto.

3.1 ESCOLHA DO SEGMENTO EXPERIMENTAL

A partir da base de dados do SGP do DNIT, devem-se identificar segmentos de pavimentos asfálticos em operação, construídos ou restaurados, que apresentem preferencialmente as características seguintes:

- Segmentos em tangente, com 200 m de extensão, construídos em aterro, com relevo plano ao longo de toda a sua totalidade. A extensão indicada poderá ser alterada, quando devidamente justificada, e se for de interesse do DNIT.

- Segmentos sem a transposição de bueiros ou galerias ao longo da seção transversal ou longitudinal e que possuam sistema de drenagem constante.
- Segmentos em locais sem ramificações de fluxo de veículos ou pontos de paradas de veículos, pontos de ônibus, postos de pesagem, acessos, etc.
- Segmentos com IGG < 20.
- Segmentos com ATR < 10 mm.
- Segmentos com até 2 anos de operação e $AT \leq 1,0 \%$.
- Segmentos entre 2 anos e 4 anos de operação e $AT \leq 2,0 \%$.
- Segmentos entre 4 anos e 6 anos de operação e $AT \leq 4,0\%$.
- Segmentos com mais de 6 anos de operação e $AT \leq 5,0 \%$.

Para serem considerados adequados para o PRO-MeDiNa B, além das características anteriores, os segmentos devem possuir obrigatoriamente as seguintes informações:

- Avaliação de tráfego ao longo dos anos, via PNCT ou vídeo registro.
- Dados do projeto de dimensionamento do pavimento.
- Dados dos materiais utilizados nas camadas subjacentes.
- Projeto da mistura asfáltica utilizada.
- Tipo e origem do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) utilizado na mistura.
- Origem dos agregados da mistura asfáltica.
- Mês e ano de execução do revestimento asfáltico.
- Dados dos levantamentos estruturais e funcionais periódicos realizados no trecho.

Após a definição da localização do segmento experimental, este deverá ser, obrigatoriamente, identificado com placas de início e fim, as quais contarão com as seguintes informações: rodovia, extensão, empresa construtora, empresa supervisora e superintendência regional do DNIT responsável. O modelo da placa é apresentado

na Figura 4, o qual deverá ser solicitado ao IPR/DNIT para cada segmento experimental. A placa deverá possuir 3,2 m x 2,0 m, podendo ser ajustada a depender das especificidades da localização do segmento. As informações devem ser preenchidas conforme local de instalação.



Figura 4 – Placa modelo do PRO-MeDiNa B

O QR Code de cada placa fornecerá a ficha técnica o segmento. Além da identificação com as placas, o revestimento deverá ser demarcado conforme apresentado na subseção “7.1 DEMARCAÇÃO DO SEGMENTO EXPERIMENTAL”. A quantidade de pistas monitoradas deverá estar de forma clara na ficha técnica do segmento.

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E GEORREFERENCIAMENTO

Para completo entendimento das características geométricas do segmento monitorado, deve ser elaborado um croqui onde constem os seguintes itens:

- Tipo de seção: corte, aterro ou mista.
- Extensão do segmento monitorado, com estaqueamento conforme a subseção 7.1.
- Estacas e quilômetro do segmento experimental: inicial e final.
- Número de pistas da seção, com identificação da(s) acompanhada(s).
- Largura das pistas.

- Indicação da presença ou não de acostamento, sua largura e tipo de revestimento.
- Sentido do tráfego.
- Relatório fotográfico.

As coordenadas geográficas do segmento devem ser determinadas através do sistema SIRGAS2000, com o registro da latitude e longitude das estacas inicial e final e em graus (°), minutos (') e segundos ("). A Tabela 1 exibe, de maneira exemplificativa, as informações compiladas referentes às características geométricas e ao georreferenciamento de um segmento monitorado.

Tabela 1 – Características geométricas e de georreferenciamento do segmento monitorado (exemplo)

| | | |
|--|---|-------------------|
| Rodovia | BR-235/BA | |
| Município/Estado | Jeremoabo/BA | |
| Trecho da obra | BR-235/BA entre Jeremoabo e Brejo Grande | |
| Tipo de revestimento | Concreto Asfáltico | |
| Extensão (m) | 200 | |
| km | km 96, ao km 96,2 | |
| Velocidade diretriz da Via (km/h) | 80 | |
| Início | Latitude | 10°4'23,99" Sul |
| | Longitude | 38°28'2,54" Oeste |
| Fim | Latitude | 10°4'19,72" Sul |
| | Longitude | 38°28'7,40" Oeste |
| Número de pistas | 2 (Esquerda/Direita) | |
| Pista/sentido monitorado | Pista Simples / Sentido Crescente e Decrescente | |
| Largura da faixa (m) | 3,60 | |
| Largura do acostamento (m) | 1,60 | |

4 CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO

Na etapa de caracterização do segmento experimental cabe aos responsáveis, definidos pelo DNIT, realizar a representação “*as built*” do pavimento, conforme descrito ao longo desta seção.

4.1 COLETA DE AMOSTRAS

Para a coleta de amostras utilizadas na caracterização, deve-se realizar a abertura de janelas no segmento para determinar as espessuras das camadas, determinar a umidade e a massa específica *in loco* (DNER-ME 092/94) e coletar os materiais

empregados na composição estrutural do pavimento, os quais serão posteriormente caracterizados, por meio de ensaios de laboratório.

Devem ser abertas, no mínimo, duas janelas de inspeção no pavimento com dimensões mínimas de 1,0 m x 1,0 m, localizadas na borda da pista, ficando metade da janela dentro da pista e metade no acostamento.

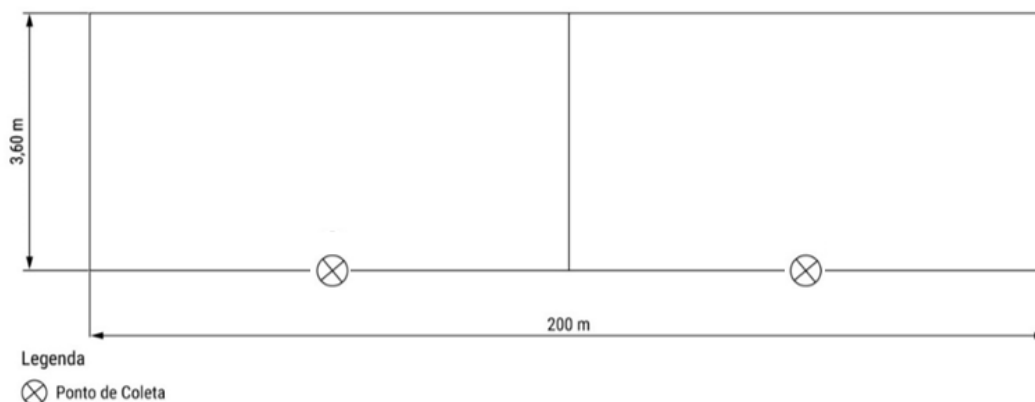


Figura 5 – Localização dos pontos de coleta de material

O corte na pista deve ser realizado, preferencialmente, com formato retangular, com equipamento adequado para que não danifique o restante da estrutura e os materiais de cada camada possam ser coletados, conforme modelo da Figura 6.



a) Abertura da janela de inspeção no segmento (Fonte: Almeida *et al.*, 2022)



b) Camadas do pavimento para a coleta de amostras

Figura 6 – Modelo de janela de inspeção e coleta dos materiais das camadas do pavimento

Os materiais coletados devem ser adequadamente identificados e armazenados em locais cobertos, evitando a alteração de suas propriedades devido às intempéries. Os recipientes das amostras com sua identificação devem conter, no mínimo, as informações relacionadas ao tipo, à procedência e à quantidade coletada do material. A identificação deverá estar protegida com plástico impermeável para evitar que seja danificada, devendo ser realizada de acordo com os modelos de etiqueta apresentados no Anexo A. Na Figura 7 é apresentado um exemplo de etiqueta preenchida para a coleta de um material proveniente da camada do subleito.


|  | |
|--|---|
| ETIQUETA PARA COLETA DE MATERIAL | |
| Segmento experimental: BR-235/BA | Data e hora: 19/02/2024 -10h30min |
| Camada do pavimento: Subleito | Tipo de material: Argila |
| Estaca: 43 | Temperatura: 25 °C |
| Quantidade: 75 kg | Responsável: Xx (Construtora XY) |
| Umidade ótima: 24,5 % | Densidade: 1,780 g/cm ³ |
| Observações: Material coletado em campo para análise do subleito. Trata-se de parte da quantidade coletada. | |

Figura 7 – Modelo de etiqueta para coleta de material (exemplo)

Os quantitativos dos materiais a serem coletados, assim como o recipiente de armazenamento, devem respeitar as diretrizes dos itens que se seguem.

4.1.1 Solos e materiais granulares

Os solos e materiais granulares presentes no subleito ou empregados em camadas estruturais do pavimento devem ser coletados na janela de inspeção, com amostragem retirada em pista, para realização dos seguintes ensaios:

- Granulometria.

- Classificação MCT, TRB ou SUCS, se couber.
- Limites de consistência.
- Densidade das partículas.
- Compactação.
- Ensaio triaxiais de módulo de resiliência e de deformação permanente.

Quanto à quantidade de material, deve ser observada a seguinte diretriz:

- 350 kg: Para material totalmente passante na peneira de 25 mm (1”).
- 600 kg: Para material parcialmente passante na peneira de 25 mm (1”).
- Os solos e materiais granulares devem ser coletados em sacos plásticos recobertos por sacos de ráfia ou semelhantes, que garantam proteção adequada contra rasgos e intempéries (conforme modelo da Figura 8).

4.1.2 Materiais estabilizados quimicamente

Os insumos das camadas estabilizadas quimicamente utilizadas nos segmentos monitorados devem ser coletados, sempre que possível, na mesma fonte utilizada para a execução original. O material deve ser coletado nas proporções do projeto de dosagem (brita, pedrisco, pó de pedra, areia, etc.), para realização dos seguintes ensaios:

- Resistência à compressão simples.
- Resistência à tração por compressão diametral.
- Módulo de resiliência.
- Fadiga por compressão diametral.

Quanto à quantidade de material, deve ser observada a seguinte diretriz:

- 350 kg: Para solos e materiais granulares totalmente passante na peneira de 25 mm (1”).

- 600 kg: Para solos e materiais granulares parcialmente passante na peneira de 25 mm (1”).
- 100 kg (no mínimo): Do material estabilizante utilizado, conforme definido em projeto (cimento, cal e etc.), devendo ser armazenado em recipiente impermeável e alocado em local sem presença de umidade.

Os agregados utilizados nas misturas estabilizadas devem ser coletados e armazenados separadamente em sacos plásticos recobertos por sacos de ráfia ou semelhantes, que garantam proteção adequada contra rasgos e intempéries, conforme Figura 8.



Figura 8 – Modelo do método de armazenagem dos materiais coletados

4.1.3 Misturas asfálticas

Uma placa de revestimento, extraída com serra automática e dimensões de 1 m x 1 m, deve ser coletada para determinação do teor de CAP e da granulometria da mistura. Além da extração em campo, deve-se reconstituir a mistura asfáltica original em laboratório. Para isso, devem ser utilizados os agregados e ligantes com características semelhantes aos utilizados na época da execução do revestimento. A identificação dos materiais coletados deverá estar conforme a Figura 8 e com etiqueta apresentada no Anexo A. Os materiais devem ser coletados conforme as diretrizes apresentadas abaixo.

4.1.3.1 Ensaios obrigatórios para o MeDiNa

- 100 kg de mistura asfáltica extraída de campo, destinada aos seguintes ensaios:
 - Determinação de teor de ligante.
 - Granulometria.
 - Densidade máxima medida.

- 300 kg dos agregados da mistura, na proporção do projeto de dosagem, destinados aos seguintes ensaios:
 - Dano por umidade induzida.
 - Módulo de resiliência.
 - Resistência à tração por compressão diametral.
 - Fadiga por compressão diametral.
 - *Flow Number* (FN).

- 60 kg (no mínimo) do material de enchimento, se utilizado.

O projeto de dosagem da mistura asfáltica deve ser encaminhado ao IPR/DNIT, contendo todas as informações de traço da mistura e materiais utilizados.

4.1.3.2 Ensaios desejáveis para o MeDiNa

Para aproveitar os dados do segmento, podem ser também realizados outros ensaios não incluídos nos dados de entrada para o MeDiNa, mas relevantes para a avaliação detalhada da mistura asfáltica:

- 300 kg dos agregados da mistura, na proporção do projeto de dosagem, destinados aos seguintes ensaios:
 - Módulo dinâmico.
 - Fadiga por tração direta e triaxial de mistura asfáltica (*Stress Sweep Rutting – SSR*).

- 60 kg (no mínimo) do material de enchimento, se utilizado.

O projeto de dosagem da mistura asfáltica deve ser encaminhado ao IPR/DNIT, contendo todas as informações de traço da mistura e materiais utilizados.

4.1.4 Ligantes asfálticos (CAP)

Os ligantes asfálticos (CAP) utilizados nas misturas empregadas nos segmentos devem apresentar características semelhantes aos ligantes utilizados na época da execução do revestimento, conforme as seguintes diretrizes:

- 36 litros de ligante asfáltico para os seguintes ensaios:
 - Penetração.
 - Ponto de amolecimento.
 - Viscosidade.
 - Para os casos de ligantes modificados por polímeros: Recuperação elástica e estabilidade à estocagem.

- 36 litros de ligante asfáltico para os seguintes ensaios:
 - *Dynamic Shear Rheometer* (DSR).
 - *Multiple Stress Creep and Recovery* (MSCR).
 - *Linear Amplitude Sweep* (LAS).
 - *Bending Beam Rheometer* (BBR).

O ligante deve ser armazenado em latas de 18 litros com tampa, conforme Figura 9, e coletados com cautela para seu correto armazenamento. Recomenda-se, após a coleta, aguardar em média duas horas com o recipiente aberto, na temperatura ambiente, com adequada proteção da superfície. Após esse período, o recipiente poderá ser fechado, caso esteja na temperatura apropriada. É importante não vedar o recipiente enquanto o ligante ainda estiver quente, para evitar que o vapor d'água danifique o material. Caso possuam características e dimensões adequadas para o armazenamento e inserção na estufa, podem ser empregadas latas menores, desde que considerados os mesmos cuidados.



Figura 9 – Recipiente para armazenamento de ligantes asfálticos (CAP)

Devem ser verificadas as informações comerciais referentes ao material nos relatórios de obra e que preferencialmente incluam a refinaria, a empresa distribuidora, a data do carregamento, o número e a data da nota fiscal, o número e a data do certificado. Quando for o caso, se possível, obter cópia do certificado de controle de qualidade entregue pela distribuidora, bem como as recomendações da distribuidora acerca da utilização do ligante.

4.2 ENSAIOS LABORATORIAIS

Para a correta determinação da condição “*as built*” do segmento experimental, todas as amostras de solos, materiais granulares, misturas estabilizadas quimicamente, misturas e ligantes asfálticos devem ser preparadas em laboratório conforme as especificações do projeto original de pavimentação.

A realização dos ensaios laboratoriais com os materiais é parte essencial do processo de acompanhamento do Programa PRO-MeDiNa B e os itens que se seguem descrevem os ensaios obrigatórios para esta caracterização.

4.2.1 Solos e materiais granulares – Ensaios obrigatórios

No que se refere à avaliação laboratorial atinente aos solos e materiais granulares, deve-se atentar para os parâmetros oriundos da classificação MCT, ou da classificação rodoviária convencional (*Transportation Research Board – TRB* ou Sistema Unificado de Classificação de Solos – SUCS) e dos ensaios triaxiais de rigidez

e deformação permanente. Para a classificação dos solos, devem ser seguidas as seguintes diretrizes:

- Conforme a metodologia MCT, para solos finos com 95 % passante na peneira #10, deve-se proceder os seguintes ensaios (ou atualizações decorrentes):
 - DNIT 228/2023 – ME: Ensaio de compactação em equipamento miniatura.
 - DNIT 254/2023 – ME: Compactação em equipamento miniatura – Mini-CBR e expansão.
 - DNIT 258/2023 – ME: Compactação em equipamento miniatura – Ensaios Mini-MCV e perda de massa por imersão.
 - DNIT 259/2023 – CLA: Classificação de solos finos tropicais para finalidades rodoviárias utilizando corpos de prova compactados em equipamento miniatura.
- Conforme a TRB ou SUCS, deve-se proceder a classificação de acordo com o preconizado no Manual de Pavimentação do DNIT (Publicação IPR 719, 2006), com os seguintes ensaios (ou atualizações decorrentes):
 - Granulometria.
 - Limite de liquidez.
 - Limite de plasticidade.
- Para a avaliação da rigidez:
 - DNIT 134/2018 – ME: Determinação do módulo de resiliência.

Os resultados serão apresentados por meio de modelos que determinam o módulo resiliente em função da tensão confinante, da tensão desvio, modelo composto ou do invariante de tensões, relacionando os valores de rigidez com as tensões impostas durante o ensaio. O material ensaiado pode ser representado pelo modelo constitutivo que melhor representar seu comportamento, **devendo estar de acordo com o solicitado pelo MeDiNa.**

- Avaliação da deformação permanente:
 - DNIT 179/2018 – IE: Determinação da deformação permanente.

O processamento dos resultados obtidos no ensaio deve ser efetuado pelo modelo elaborado por Guimarães (2009), utilizado para a previsão da deformação permanente em solos tropicais e outros materiais que compõem as camadas de pavimentos.

A partir da norma do ensaio triaxial de deformação permanente citada, verificar a necessidade da quantidade de corpos de prova, dos pares de tensão e do número de ciclos de carga em cada corpo de prova. Toda e qualquer adequação deve ser realizada sem prejuízo ao ajuste do modelo de Guimarães (2009).

Após a realização dos ensaios, a caracterização dos materiais de subleito, sub-base e base deve ser apresentada conforme a Tabela 2 e a Tabela 3.

Tabela 2 – Caracterização dos solos (valores exemplificativos)

| Grupo MCT | LG' |
|--|------------|
| MCT – Coeficiente c' | 1,77 |
| MCT – Índice e' | 0,9 |
| Massa Específica Aparente Seca (g/cm^3) | 1,647 |
| Umidade Ótima (%) | 19,9 |
| Energia de Compactação | Normal |
| Módulo de Resiliência (MPa) | |
| Coeficiente de Regressão (k_1) | 484,390 |
| Coeficiente de Regressão (k_2) | 0,488 |
| Coeficiente de Regressão (k_3) | 0,065 |
| Coeficiente de Regressão (k_4) | 0,000 |
| Deformação Permanente | |
| Coeficiente de Regressão (k_1 ou ψ_1) | 0,869 |
| Coeficiente de Regressão (k_2 ou ψ_2) | 0,006 |
| Coeficiente de Regressão (k_3 ou ψ_3) | 1,212 |
| Coeficiente de Regressão (k_4 ou ψ_4) | 0,042 |

Tabela 3 – Caracterização dos materiais granulares (valores exemplificativos)

| Base de solo estabilizado granulometricamente | |
|--|----------------------------|
| Massa Específica Aparente seca (g/cm^3) | 2,202 |
| Umidade Ótima (%) | 7,7 |
| Energia de Compactação | Modificada |
| Faixa Granulométrica | Faixa A – DNIT 141/2022-ES |
| Módulo de Resiliência (MPa) | |
| Coeficiente de Regressão (k_1) | 1621,000 |
| Coeficiente de Regressão (k_2) | 0,535 |
| Coeficiente de Regressão (k_3) | 0,166 |
| Coeficiente de Regressão (k_4) | 0,000 |

| Deformação Permanente | |
|--|--------|
| Coeficiente de Regressão (k_1 ou ψ_1) | 0,040 |
| Coeficiente de Regressão (k_2 ou ψ_2) | -0,892 |
| Coeficiente de Regressão (k_3 ou ψ_3) | 1,311 |
| Coeficiente de Regressão (k_4 ou ψ_4) | 0,169 |

4.2.2 Materiais estabilizados quimicamente – Ensaio obrigatórios

No âmbito desse Guia, entende-se como camadas estabilizadas quimicamente os materiais que, a partir da inserção de um agente aglutinador, incorporem ligação cristalina entre as partículas da mistura (ex.: brita graduada tratada com cimento, concreto compactado por rolo, solo cimento, solo cal, etc.).

Os materiais estabilizados quimicamente empregados em camadas do pavimento devem ser caracterizados conforme as seguintes diretrizes:

- Para a resistência, conforme a mistura estabilizada:
 - DNER – ME 091/98: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.
 - DNER – ME 180/94: Determinação da resistência à compressão simples.
 - DNER – ME 201/94: Compressão axial de corpos de prova cilíndricos.
 - DNIT 136/2018 – ME: Determinação da resistência à tração por compressão diametral.
- Para rigidez:
 - DNIT 181/2018 – ME: Determinação do módulo de resiliência.
- Para o trincamento por fadiga:
 - DNIT 434/2022 – ME: Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada em camadas estabilizadas quimicamente.

O material deve ser avaliado por meio de uma equação de fadiga (ou “curva de fadiga”), obtida pelo ensaio. Os resultados devem ser processados conforme modelagem matemática exposta na norma.

Após a realização dos ensaios, a caracterização dos materiais estabilizados quimicamente deve ser apresentada conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Caracterização dos materiais estabilizados quimicamente (valores exemplificativos)

| Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) | |
|--|-------------------------------|
| Tipo de Cimento | CP IV 32 RS |
| Teor de Cimento (%) | 3,5 |
| Resistência à Tração por compressão diametral, 28 dias (MPa) | 0,578 |
| Resistência à Compressão Simples, 28 dias (MPa) | 3,45 |
| Faixa Granulométrica | ABNT NBR 11803:2013 - Faixa B |
| Massa Específica Aparente Seca (g/cm ³) | 2,545 |
| Umidade Ótima (%) | 6,9 |
| Energia de Compactação | Modificada |
| Módulo de Resiliência, 28 dias (MPa) | |
| Módulo Inicial (E _i , MPa) | 14000 |
| Módulo Final (E _f , MPa) | 400 |
| Constante A | -4,00 |
| Constante B | 14,00 |
| Fadiga do Material, 28 dias | |
| Coeficiente de Regressão (k_1 ou ψ_1) | 17,14 |
| Coeficiente de Regressão (k_2 ou ψ_2) | -19,61 |

4.2.3 Ligantes asfálticos (CAP)

A avaliação dos ligantes asfálticos (CAP) utilizados na mistura dos segmentos deve abranger tanto as características básicas do material (ensaios obrigatórios) e também alguns parâmetros avançados de caracterização (ensaios complementares). As informações contidas no SGP/DNIT devem fornecer informações para a identificação do ligante utilizado durante a execução da obra.

4.2.3.1 Ensaios obrigatórios

Os ensaios obrigatórios para caracterização dos ligantes asfálticos envolvem:

- DNIT 155/2010 – ME: Determinação da penetração.
- DNIT 131/2010 – ME: Determinação do ponto de amolecimento – Método do Anel e Bola.
- ABNT NBR 15184/2021: Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional.
- ABNT NBR 11341/2014: Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland.

- Quando a mistura asfáltica utilizar ligantes modificados, deve-se verificar também:
 - DNIT 384/2022 – ME: Estabilidade ao armazenamento de ligantes modificados por polímero.
 - DNIT 130/2010 – ME: Determinação da recuperação elástica de materiais asfálticos pelo ductilômetro.

4.2.3.2 Ensaios Complementares

Os ensaios complementares para caracterização dos ligantes asfálticos envolvem:

- ASTM D6373/2021 ou AASHTO M 320/2022: Classificação dos ligantes pelo *Performance Grade* (PG).
- ABNT NBR 15235/2009: Envelhecimento a curto prazo - Determinação do efeito do calor e do ar em uma película delgada rotacional, utilizando o *Rolling Thin-film Oven Test* (RTFOT).
- ASTM D6521/2022: Envelhecimento de longo prazo – Determinação utilizando o *Pressurized Aging Vessel* (PAV).
- AASHTO T 315/2022: Propriedades reológicas – Determinação utilizando o *Dinamic Shear Rheometer* (DSR).
- AASHTO T 313/2022: Rigidez pelo reômetro de fluência de viga – Determinação utilizando o *Bending Beam Rheometer* (BBR).
- DNIT 423/2020 – ME: Fluência e recuperação de ligantes asfálticos determinados sob tensões múltiplas – Determinação utilizando o *Multiple Stress Creep Recovery* (MSCR).
- DNIT 439/2022 – ME: Avaliação da resistência à fadiga de ligantes asfálticos usando varredura de amplitude linear (LAS – *Linear Amplitude Sweep*).

Um resumo dos ensaios necessários para cada tipo de material, as respectivas normas e a quantidade de material para coleta estão descritas no Anexo B. Destaca-se que é necessário considerar as atualizações das normas, quando existentes.

4.2.4 Misturas asfálticas

A avaliação das misturas asfálticas existentes nos segmentos experimentais deve abranger os parâmetros de dano e rigidez da mistura. Para fins desse Guia, optou-se

por dividir as necessidades laboratoriais em “Ensaio obrigatórios” e “Ensaio complementares”.

4.2.4.1 Ensaio obrigatórios

Os ensaios obrigatórios para caracterização das misturas asfálticas envolvem:

- Para determinação do teor de ligante para amostras extraídas (escolher uma das normas, devendo ser realizada calibração prévia do equipamento utilizado):
 - DNIT 158/2011 – ME: Determinação da porcentagem de betume em mistura asfáltica utilizando o extrator *Soxhlet*.
 - DNER-ME 053/94: Percentagem de betume.
 - ASTM D 6307/2019: Determinação do teor de ligante pelo método de Ignição.
 - ABNT NBR 14855/2015: Determinação da solubilidade em tricloroetileno, caso necessário.
- Para determinação da granulometria, após extração do ligante, deve-se proceder à determinação utilizando as peneiras que constam na faixa de projeto.
- Para os ensaios mecânicos a mistura de campo deve ser reconstruída utilizando informações sobre o tipo de agregados e ligante asfáltico da época da execução ou restauração do pavimento, obedecendo as características do projeto original da mistura. Após a moldagem dos corpos de prova em laboratório, devem ser realizados os seguintes ensaios:
 - DNIT 136/2018 – ME: Determinação da resistência à tração por compressão diametral.
 - DNIT 180/2018 – ME: Determinação do dano por umidade induzida.
 - DNIT 135/2018 – ME: Determinação do módulo de resiliência.
- Para a determinação do Módulo Resiliente (MR), deve ser realizada por retroanálise, com o uso do *software* BackMeDiNa, considerando a bacia deflectométrica determinada no projeto. Caso seja necessário, para auxiliar o critério de parada da retroanálise no BackMeDiNa, podem ser considerados os valores de MR das camadas de subleito, sub-base e base.

- Para análise do trincamento por fadiga:
 - DNIT 183/2018 – ME: Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada.

O material deve ser avaliado por meio de uma equação de fadiga (ou “curva de fadiga”), obtida pelo ensaio. Os resultados devem ser processados conforme modelagem matemática exposta na norma.

- Para avaliação do afundamento em trilha de rodas:
 - DNIT 184/2018 – ME: Ensaio uniaxial de carga repetida para determinação da resistência à deformação permanente (*Flow Number – FN*).

Após a realização dos ensaios obrigatórios, a caracterização das misturas asfálticas deve ser apresentada conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Caracterização obrigatória das misturas asfálticas (valores exemplificativos)

| | |
|---|-------------------------|
| Tipo de CAP | 50/70 |
| Densidade Relativa Máxima Medida (G_{mm}) | 2,491 |
| Densidade Relativa Aparente (G_{mb}) | 2,466 |
| Resistência à Tração (MPa) | 1,81 |
| Teor de Ligante (%) | 5,9 |
| Volume de Vazios (%) | 4,00 |
| Faixa Granulométrica | Faixa C – DNIT 031 - ES |
| Tamanho Nominal Máximo (TNM, mm) | 12,5 |
| Razão da Resistência à Tração Retida (RRT, %) | 82 |
| <i>Flow Number (FN)</i> | 158 |
| Módulo de Resiliência (MPa) | 4901 |
| Curva de Fadiga (Compressão Diametral) | |
| Nº de Amostras (CPs) Consideradas | 18 |
| Coeficiente de Regressão (k_1) | 4,00E-05 |
| Coeficiente de Regressão (k_2) | -1,999 |
| Coef. de Determinação do Ajuste (R^2) | 0,849 |

4.2.4.2 Ensaio complementares

Os ensaios complementares para caracterização das misturas asfálticas envolvem:

- DNIT 416/2019 – ME: Determinação do módulo dinâmico.

- AASHTO T 400/2022: Ensaio uniaxial cíclico de fadiga por tração direta. Modelo *Simplified Viscoelastic Continuum Damage* (S-VECD).
- AASHTO TP 134/2022: Deformação por varredura por tensões *Stress Sweep Rutting* (SSR).

Destaca-se que é necessário considerar as atualizações das normas, quando existentes.

FASE 2 – MONITORAMENTO

Esta etapa, realizada após a seleção e caracterização dos segmentos experimentais em operação, tem por objetivo monitorar as condições do pavimento, por meio do acompanhamento de indicadores de tráfego, estruturais, funcionais e de defeitos presentes na superfície.

Devem ser considerados os dados de levantamentos do SGP/DNIT de recebimento de obra, realizados após o término da construção do pavimento, visando à verificação das condições iniciais do trecho antes da liberação ao tráfego.

Para a execução desta fase, são necessárias atualizações periódicas das informações relativas ao trecho monitorado. Em situações excepcionais, como no caso de segmentos experimentais realizados para pesquisas em parceria com universidades, a periodicidade do monitoramento pode ser modificada, devendo-se avaliar tal situação junto ao IPR/DNIT.

Os itens a seguir descrevem as atividades necessárias ao cumprimento da rotina de monitoramento dos segmentos experimentais.

5 MONITORAMENTO DO CLIMA

Ao longo dos anos de acompanhamento do segmento experimental, devem ser coletados os dados climáticos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), organizando-se as informações em séries históricas mensais, partindo da data de início da operação do segmento, após a execução dos serviços de reabilitação ou implantação.

Também devem ser coletadas informações de temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa do ar na cidade mais próxima. Estas informações devem ser compiladas e estruturadas de forma anual para compor o banco de dados dos segmentos experimentais.

6 MONITORAMENTO DO TRÁFEGO

Para o monitoramento do tráfego, devem ser considerados os dados do PNCT ou do vídeo registro da rodovia que se encontra o segmento, sendo esta uma condição eliminatória para a seleção do segmento. Em casos excepcionais, quando não há

estação PNCT nas proximidades, a instalação de vídeo registro deve ser avaliada conjuntamente ao IPR/DNIT para validação do segmento.

A contabilização dos veículos deve ser efetuada em cada uma das faixas de tráfego que constituem o segmento na rodovia. Caso a rodovia contenha fluxo de veículos em sentidos distintos, deve ser adotado o modelo de contagem bidirecional, com identificação do fator de sentido da rodovia. Estas informações serão utilizadas para obtenção do volume médio diário (VMD) do tráfego e dos tipos de eixos que circulam pela rodovia, capazes de gerar informações volumétricas e classificatórias do tráfego. A pesagem dos veículos comerciais deve ser realizada sempre que possível, com o objetivo de determinar o espectro de carga por eixo solicitante na estrutura. Recomenda-se que a pesagem seja realizada através de posto móvel, pelo menos, uma vez por ano, durante a etapa de monitoramento (pós-execução), atendendo à subseção 6.6 do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (DNIT, 2006).

7 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PISTA

A avaliação das condições da pista diz respeito às condições estruturais e funcionais do pavimento, além da determinação dos defeitos da superfície. O Anexo C apresenta um modelo de tabela com as condições identificadas para a realização da avaliação das condições da pista. Para a determinação de cada uma destas condições, devem ser seguidas as recomendações apresentadas a seguir.

7.1 DEMARCAÇÃO DO SEGMENTO EXPERIMENTAL

Para a realização dos ensaios, o segmento experimental deve ser inicialmente demarcado para que os ensaios sigam o padrão determinado por este Guia. As demarcações devem ser realizadas conforme o tipo de pista da rodovia.

7.1.1 Rodovia de pista simples

Conforme apresentado na seção 2, as rodovias em pista simples, onde os dois sentidos de tráfego são segmentos experimentais, têm-se dois segmentos e estes devem ser demarcados da seguinte forma:

- a) Estacas principais: demarcadas a cada 20 metros em ambos os lados do segmento, conforme a Figura 10.

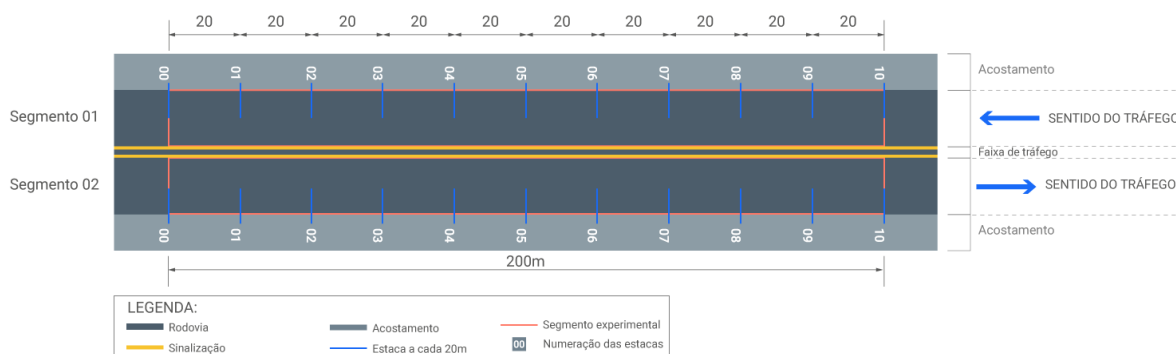


Figura 10 – Pista simples – Estacas principais espaçadas a cada 20 m

b) Marcações secundárias: demarcadas a cada 2 metros em ambos os lados do segmento, conforme a Figura 11.

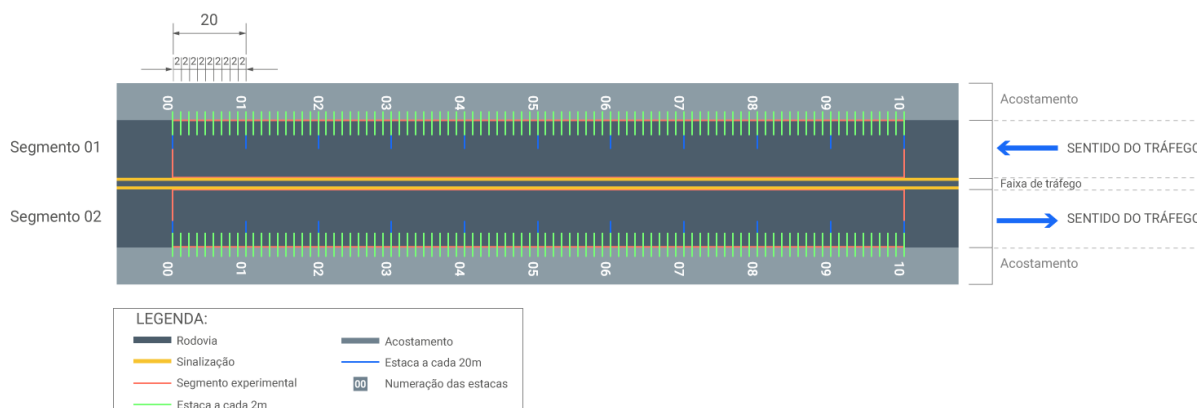


Figura 11 – Pista simples – Marcações secundárias espaçadas a cada 2 m

7.1.2 Rodovia de pista dupla

Conforme apresentado na seção 2, as rodovias em pista dupla, onde os dois sentidos de tráfego podem ser segmentos experimentais, pode-se ter até quatro segmentos e estes devem ser demarcados da seguinte forma:

a) Estacas principais: demarcadas a cada 20 metros em ambos os lados do segmento, conforme a Figura 12.

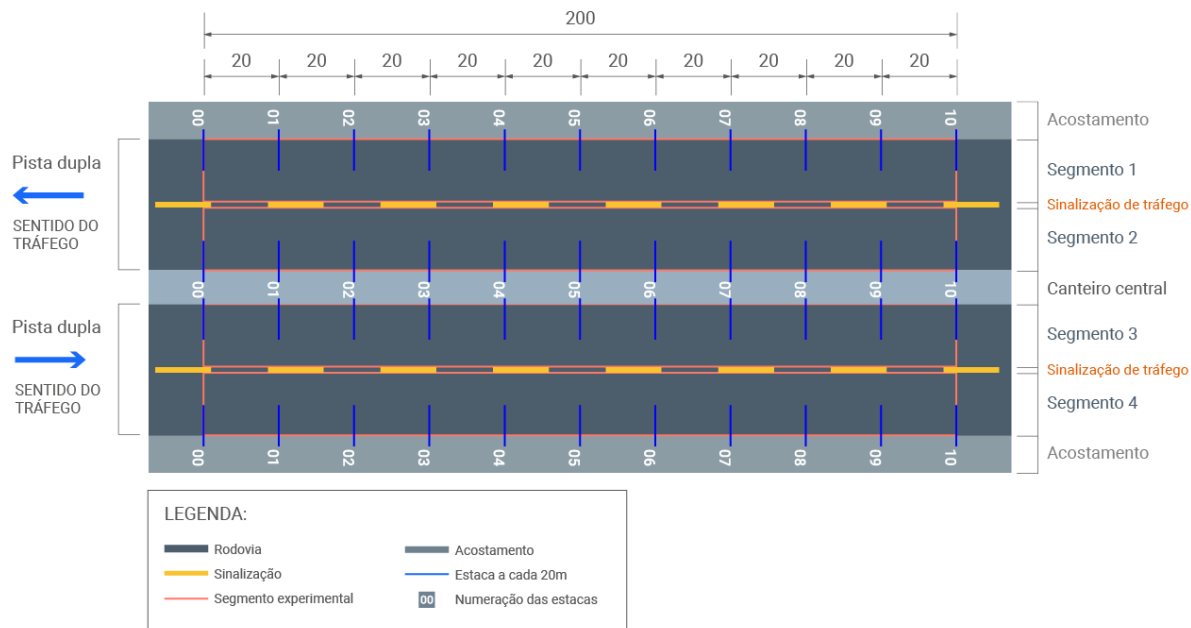


Figura 12 – Pista dupla – Estacas principais espaçadas a cada 20 m

b) Marcações secundárias: demarcadas a cada 2 metros em ambos os lados do segmento, conforme a Figura 13.

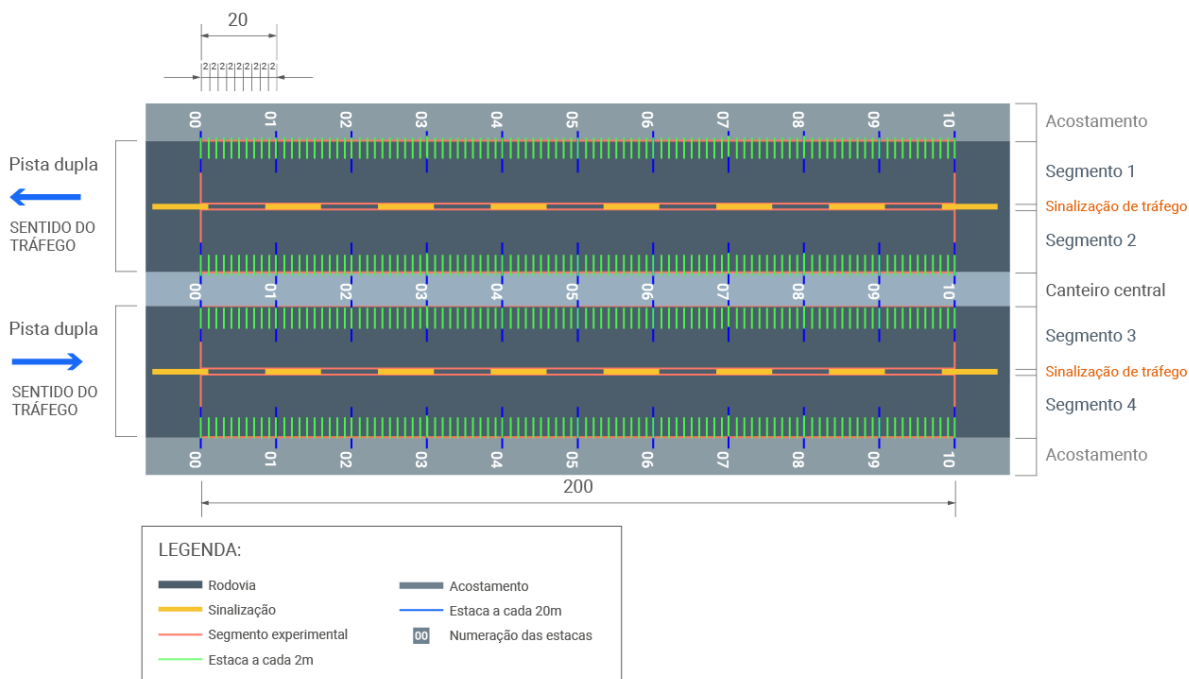


Figura 13 – Pista dupla – Marcações secundárias espaçadas a cada 2 m

7.2 AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO

- DNER – PRO 273/1996: Determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo “*Falling Weight Deflectometer – FWD*”.

O ensaio deve ser efetuado na Trilha de Roda Externa (TRE) de todas as estacas da pista monitorada, ou seja, a cada 20 metros, empregando-se no mínimo sete (7) sensores para quantificar as deflexões espaçadas em relação ao prato de aplicação de carga.

Como forma de representação do espaçamento entre os levantamentos, a Figura 14 apresenta a demarcação em uma rodovia em pista simples e a Figura 15, uma rodovia em pista dupla.

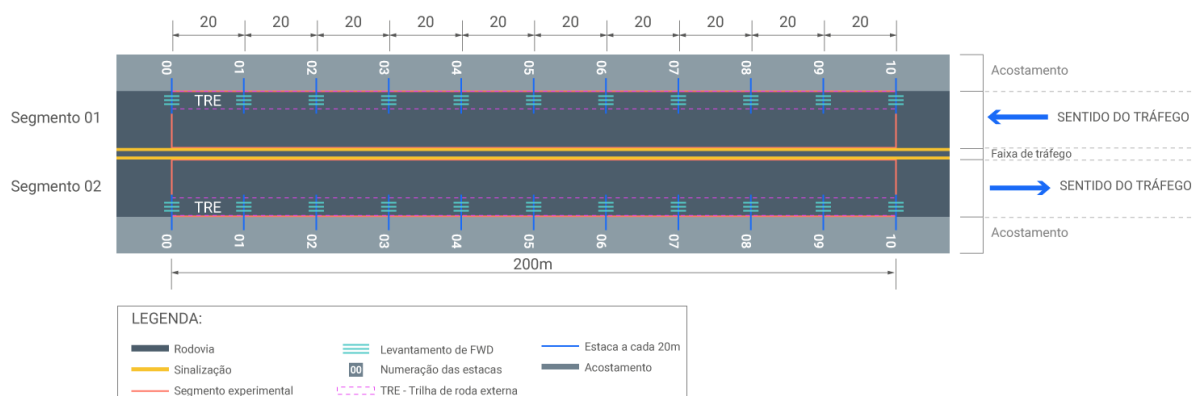


Figura 14 – Pista simples – Levantamento na TRE com o FWD

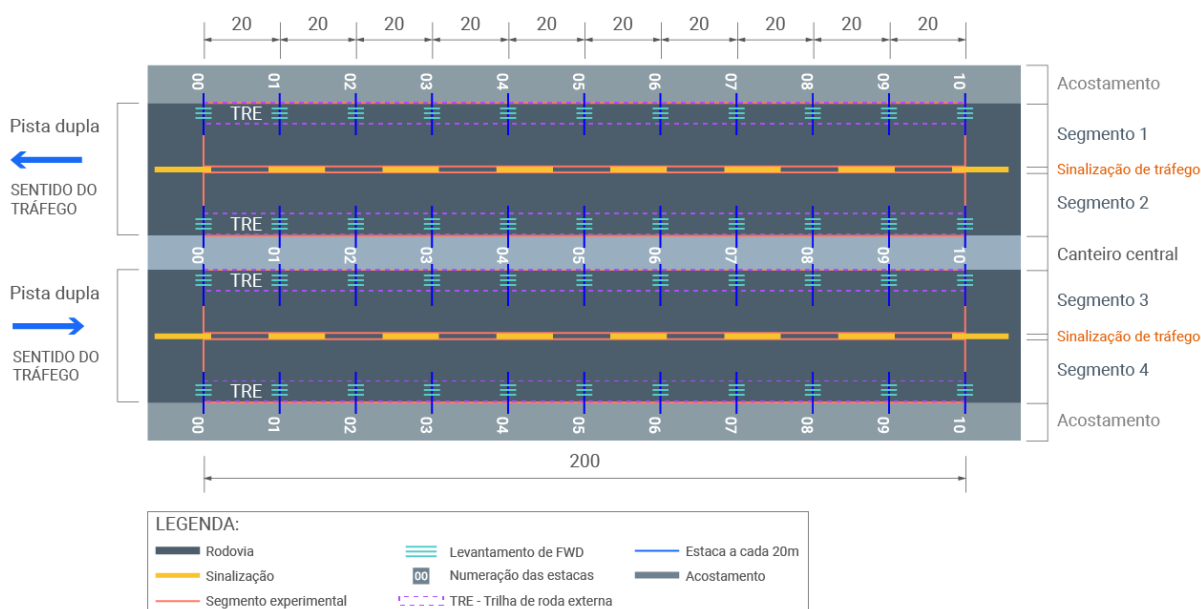


Figura 15 – Pista dupla – Levantamento na TRE com o FWD

- Recomendações para o levantamento:
 - Carga específica aplicada no pavimento em torno de 40 kN.
 - Determinação da temperatura da superfície do pavimento (TPav).

- Determinação da temperatura do ar (Tar).
- Não realizar o levantamento deflectométrico durante ou após a ocorrência de precipitações, devendo-se efetuá-lo após período mínimo de 48 horas de tempo seco.
- Simultaneamente ao FWD, deve-se proceder a determinação das deflexões pela Viga Benkelman, conforme a norma DNIT 133/2010 – ME.
- A leitura da bacia de deflexão com a Viga Benkelman, nos mesmos pontos onde foram realizadas as leituras com o FWD. Ambos os levantamentos deverão ser realizados no mesmo dia, sob as mesmas condições. A série histórica de cada trecho deve ser feita, preferencialmente, com os mesmos equipamentos.

A Tabela 6 exibe, o resumo das informações referentes à condição estrutural dos segmentos experimentais, oriundos de um levantamento com o FWD.

Tabela 6 – Tabela resumo das condições estruturais com o FWD (valores exemplificativos)

| Deflexões (0,01 mm) | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-------------|--------------|
| Distâncias de Leitura (cm) | Carga (kN) | 0 | 20 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | Tar (°C) | TPav (°C) |
| Estacas | | | | | | | | | | |
| 0 | 40,01 | 42,5 | 28,0 | 19,1 | 11,3 | 7,5 | 4,5 | 2,4 | 30 | 41 |
| 1 | 40,09 | 41,3 | 27,2 | 18,4 | 10,9 | 7,3 | 4,5 | 2,4 | 30 | 41 |
| 2 | 39,97 | 39,1 | 27,3 | 19,4 | 12,2 | 8,0 | 4,7 | 2,7 | 31 | 42 |
| 3 | 39,95 | 38,4 | 26,9 | 19,2 | 12,1 | 7,9 | 4,7 | 2,6 | 31 | 42 |
| 4 | 39,69 | 46,2 | 30,7 | 21,5 | 13,4 | 8,9 | 5,6 | 3,1 | 31 | 42 |
| 5 | 39,80 | 45,2 | 30,1 | 21,1 | 13,1 | 8,8 | 5,6 | 3,1 | 31 | 42 |

7.3 AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO

Para a avaliação da condição funcional do pavimento dos segmentos monitorados, devem ser realizados os seguintes ensaios:

- DNIT 442/2023 – PRO: Levantamento do perfil longitudinal de pavimentos com perfilômetro inercial.

Os valores médios são obtidos dentro do segmento experimental em termos de IRI (*International Roughness Index*), obtidos em m/km, resultantes da trilha de roda interna (TRI) e trilha de roda externa (TRE) da faixa de tráfego avaliada.

- ABNT NBR 16504/2016 ou ASTM E965/2015: Determinação da profundidade média da macrotextura superficial de pavimentos asfálticos por volumetria – Método da mancha de areia.

Para o ensaio, deve-se espaçar no segmento 25 metros de seu início e fim, internamente, as determinações de mancha de areia devem estar equidistantes em 50 metros. Deve ser apresentado o resultado médio de HS para cada segmento. Como forma de representação, a Figura 16 apresenta os pontos para realização do ensaio uma rodovia de pista simples, e a Figura 17 uma rodovia de pista dupla.

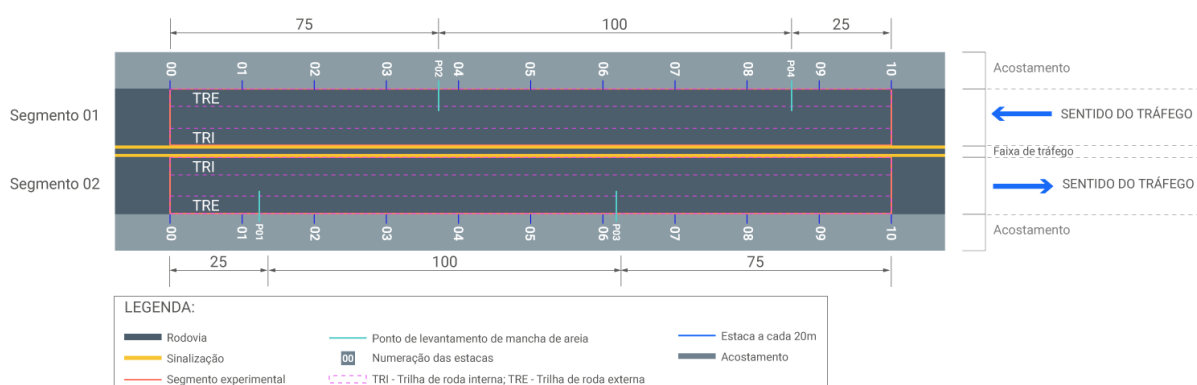


Figura 16 – Pista simples – Determinação de mancha de areia

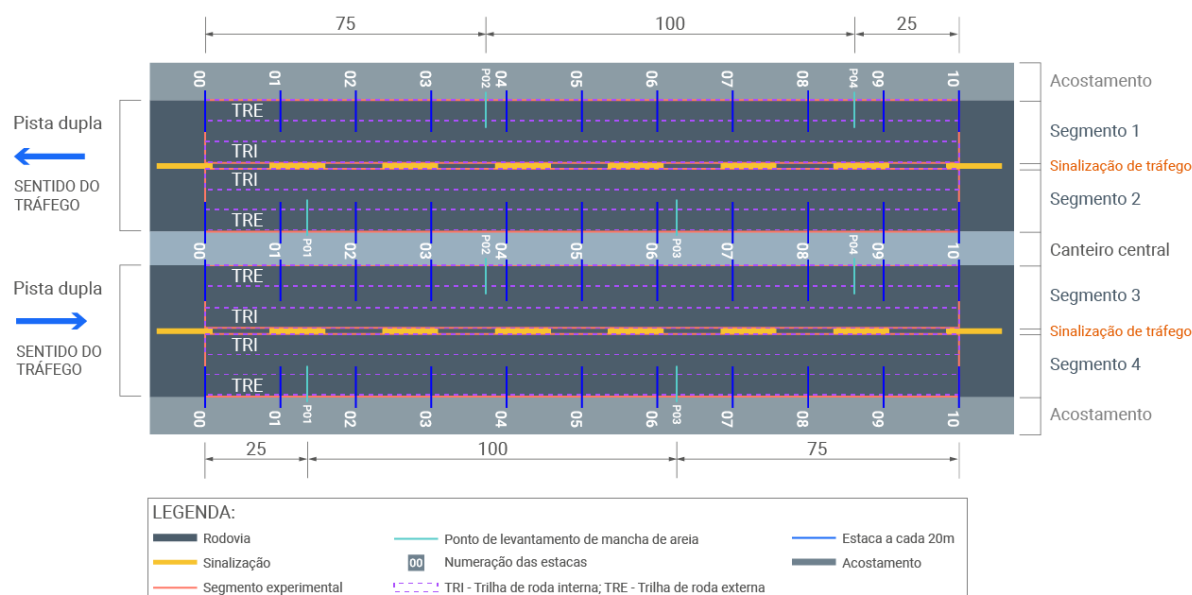


Figura 17 – Pista dupla – Determinação de mancha de areia

- ASTM E303/2022: Determinação microtextura pelo emprego Pêndulo Britânico.

O ensaio apresenta como resultado a resistência à derrapagem (VRD). Este ensaio deve ser realizado em local próximo ao da avaliação da macrotextura. Deve-se

respeitar o mesmo espaçamento da Figura 16 para realização do ensaio uma rodovia de pista simples, e da Figura 17 para uma rodovia de pista dupla. Deve ser apresentado o resultado médio de VRD para cada segmento.

- Para caracterização do segmento e apresentação das informações também devem ser calculados o desvio padrão (σ) da amostra e o coeficiente de variação (CV, %). A Tabela 7 apresenta um exemplo com o resumo das informações necessárias.

Tabela 7 – Tabela resumo das condições funcionais (valores exemplificativos)

| Parâmetro | Irregularidade Longitudinal | | | Macrotextura | | | Microtextura | | |
|-----------|-----------------------------|------------|-----------------|--------------|---------|---------------|--------------|-----|----------------|
| | Levantamento | IRI (m/km) | σ (m/km) | CV (%) | Hs (mm) | σ (mm) | CV (%) | VRD | σ (VRD) |
| Ano 1 | 1,90 | 0,54 | 28 | 0,57 | 0,05 | 9 | 84 | 13 | 15 |
| Ano 2 | 2,08 | 0,79 | 38 | 0,40 | 0,02 | 5 | 61 | 4 | 6 |
| Ano 3 | 2,25 | 0,65 | 29 | 0,44 | 0,04 | 9 | 30 | 3 | 10 |

7.4 LEVANTAMENTO DE DEFEITOS

No levantamento de defeitos do pavimento, o foco será na determinação do percentual de área trincada (AT %) e nos afundamentos em trilha de roda (ATR, mm). O operador deve percorrer a pé toda a extensão do segmento monitorado e utilizar a norma DNIT 005/2003 – TER para identificação dos tipos de defeitos e sua classificação.

7.4.1 Determinação da área trincada (AT, %)

Para esta determinação devem ser consideradas duas normas, visto o interesse na calibração da função transferência do MeDiNa e sua associação com o campo. Assim, devem ser seguidas as seguintes diretrizes:

- DNIT 007/2003 – PRO: Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semirrígidos.
 - Inicialmente deve-se realizar o levantamento utilizando as estacas principais e marcações secundárias como norteadoras, ao longo de todo o segmento e em cada pista, considerando quatro levantamentos.
 - Os levantamentos serão relacionados com as estacas principais 00, 05 e 10 e distantes 6 metros destas. A Figura 18 representa a demarcação em rodovia de pista simples e a Figura 19 para rodovia de pista dupla.

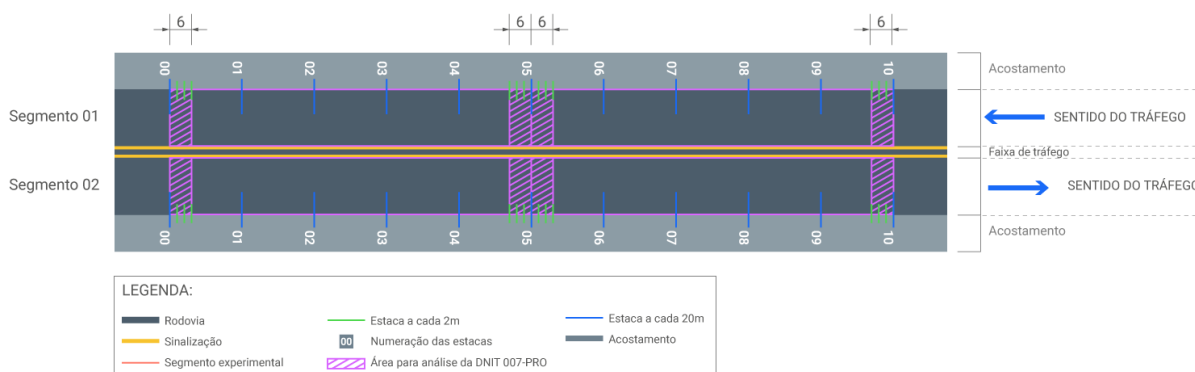


Figura 18 – Pista simples – Determinação de AT pela DNIT 007/2003 – PRO

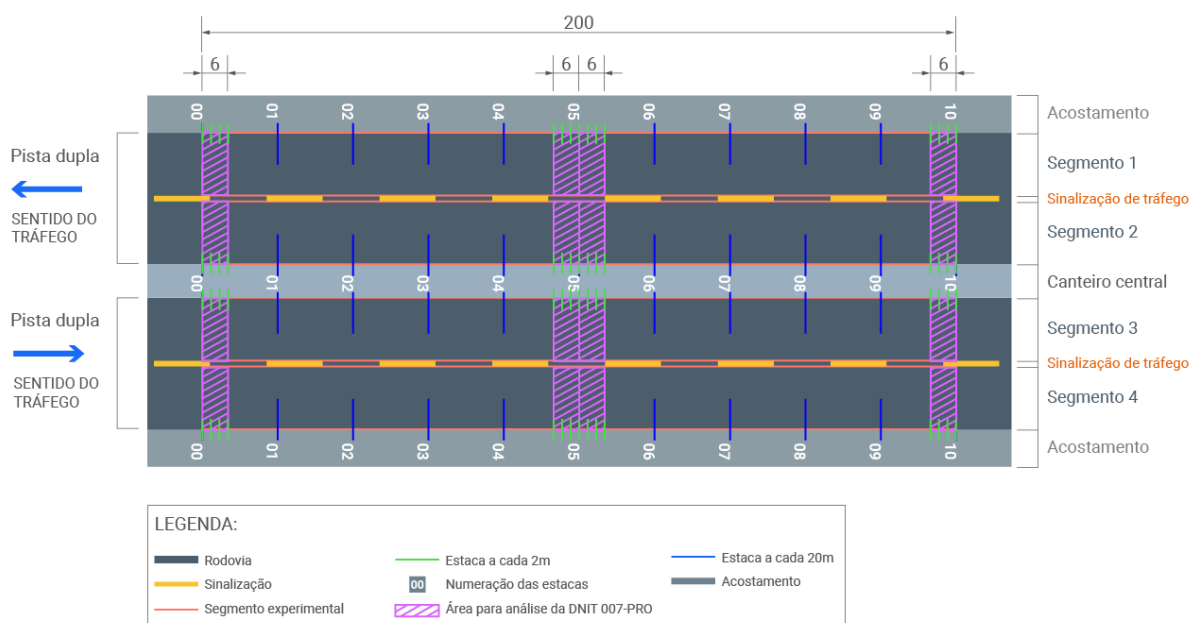


Figura 19 – Pista dupla – Determinação de AT pela DNIT 007/2003 – PRO

- Uma segunda análise deve ser realizada, pelo levantamento contínuo total de área trincada do segmento, conforme a Figura 20 para rodovia de pista simples e Figura 21 para a rodovia de pista dupla.

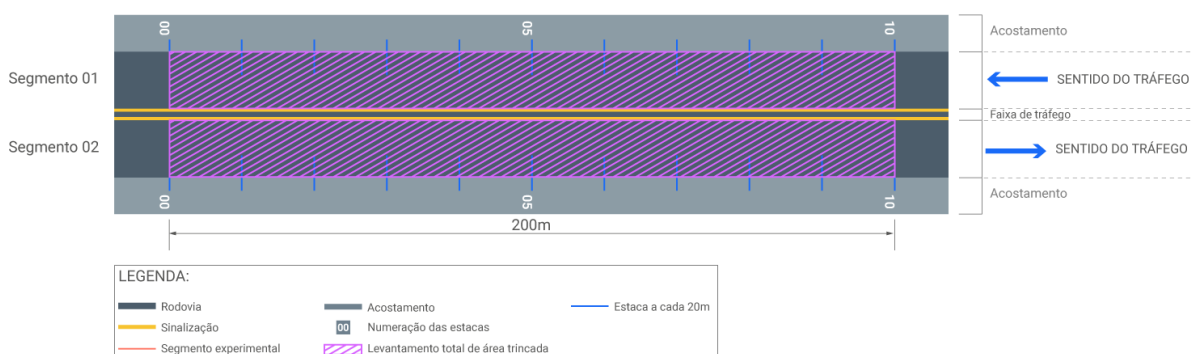


Figura 20 – Pista simples – Levantamento total de área trincada

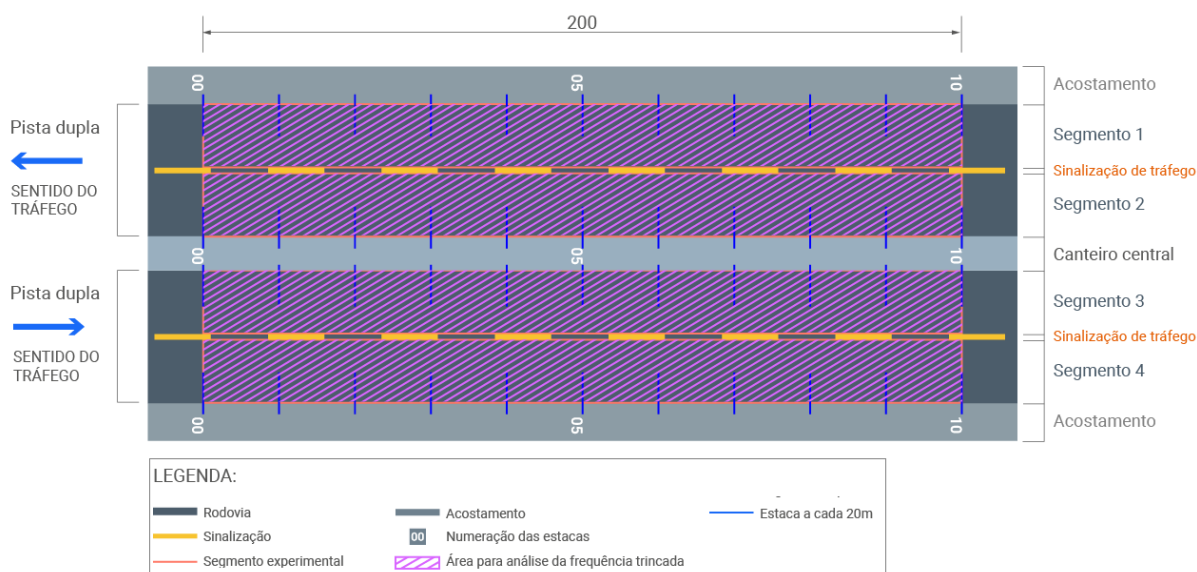


Figura 21 – Pista dupla – Levantamento total de área trincada

- Identificação e contabilização da área trincada média (AT, %) do segmento.
- Para auxílio do levantamento de defeitos em campo, planilhas auxiliares são apresentadas no Anexo C.
- Os defeitos indicados na norma devem ser descritos e codificados após análise do segmento, devendo ser inventariados e transcritos na planilha eletrônica específica, disponível no seguinte endereço eletrônico:

<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/planilha-padrao-pro-medina>
- DNIT 433/2021 – PRO: Levantamento do percentual de área trincada e de afundamento de trilha de roda de pavimento asfáltico.
 - Transversalmente, os defeitos serão locados por faixa de rolamento, sendo que cada faixa terá 3 subdivisões transversais nomeadas: trilha interna (TI), centro (CE) e trilha externa (TE), considerando como referência o sentido do tráfego de veículos.
 - A locação dos defeitos em cada segmento consistirá na divisão em células de 2 metros de comprimento por 1/3 da largura da faixa de rolamento, conforme modelo da **Erro! Fonte de referência não encontrada.** O gabarito utilizado pode ser executado com 1 metro de comprimento, para facilitar a marcação e transporte, mas a avaliação das células deve ser feita conforme recomenda a norma.



Figura 22 – Execução do levantamento dos defeitos

Fonte: Bueno (2019)

- De acordo com o procedimento definido por Nascimento (2015), para o cálculo do percentual de área trincada avaliada (AT %), qualquer defeito associado ao trincamento observado na localidade do retângulo compromete sua área total, sendo a região considerada completamente trincada.
- Realização dos levantamentos ao longo de todo o segmento, com resolução longitudinal de 2 metros, e conforme a Figura 23 para rodovia de pista simples e Figura 24 para a rodovia de pista dupla.

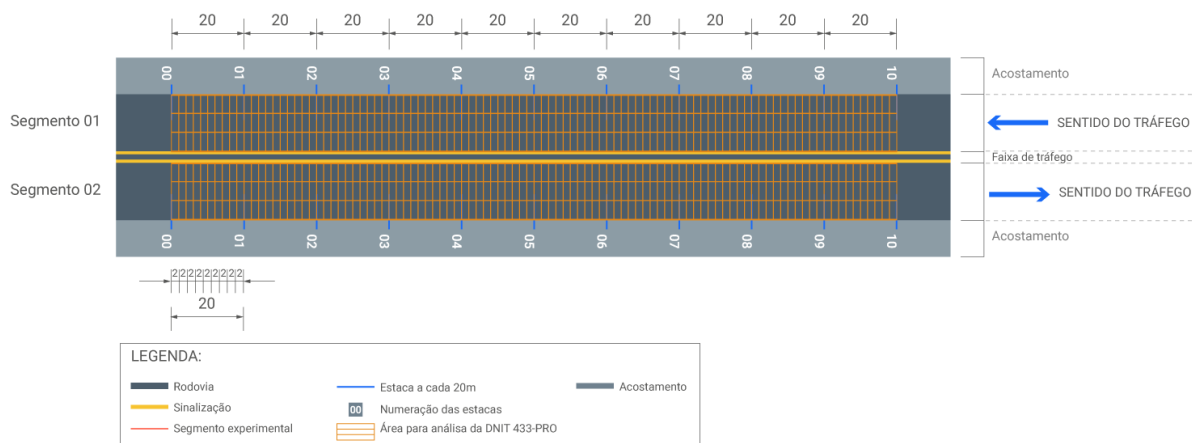


Figura 23 – Pista simples – Determinação de AT pela DNIT 433/2021 – PRO

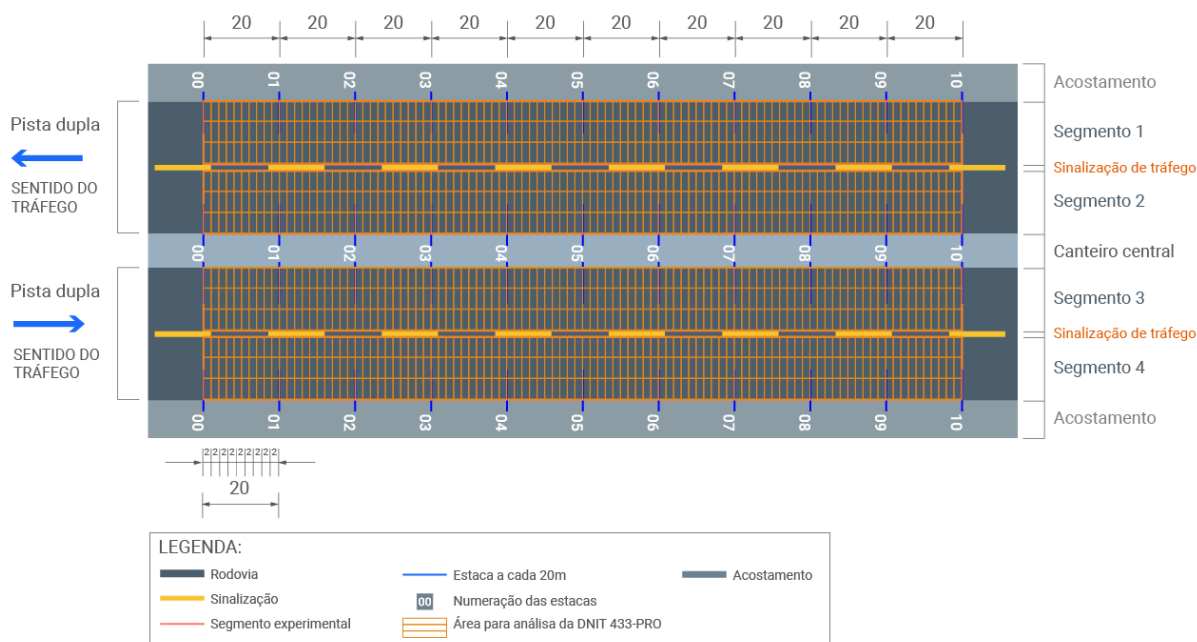


Figura 24 – Pista dupla – Determinação de AT pela DNIT 433/2021 – PRO

- Para auxílio do levantamento de defeitos em campo, planilhas auxiliares são apresentadas no Anexo C.
- DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos.
 - Utilizando as estacas principais como norteadoras, o levantamento ocorrerá de forma alternada nas duas pistas e distante em 40 metros. A área de cada levantamento deverá ser de 3 metros, com posição entre as estacas secundárias, conforme a Figura 25 para rodovia de pista simples e Figura 26 para rodovia de pista dupla.

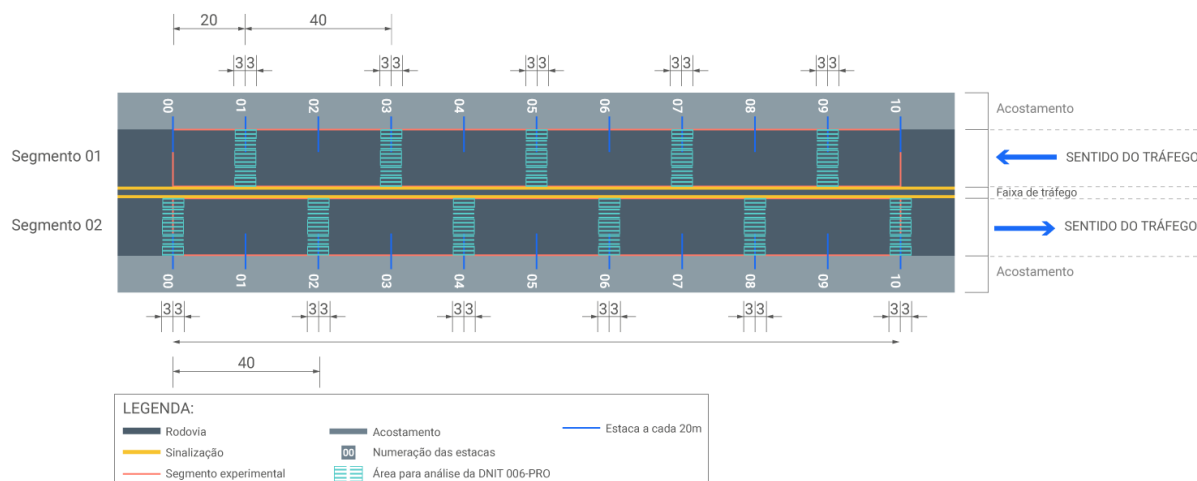


Figura 25 – Pista simples – Determinação de AT pela DNIT 006/2003 – PRO

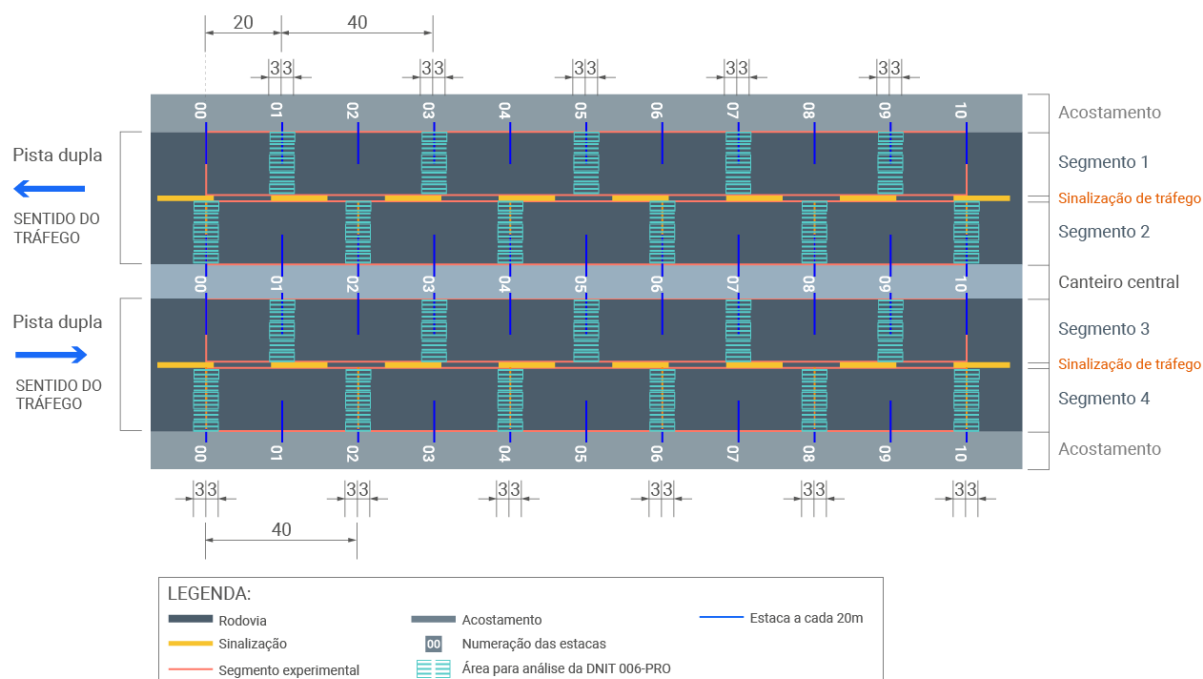


Figura 26 – Pista dupla – Determinação de AT pela DNIT 006/2003 – PRO

- Para auxílio do levantamento de defeitos em campo, planilhas auxiliares são apresentadas no Anexo C.

7.4.2 Determinação do Afundamento na Trilha de Roda (ATR, mm)

A quantificação dos afundamentos de trilha de roda deve ser efetuada pela treliça de alumínio, padronizada pelas normas DNIT 006/2003 – PRO e DNIT 433/2021 – PRO. O equipamento e a realização do levantamento devem considerar as seguintes diretrizes:

- A treliça de alumínio, tendo 1,20 m de comprimento na base, dotada de régua móvel instalada em seu ponto médio e que permite medir, em milímetros, as flechas da trilha de roda, conforme Figura 27.
- Os levantamentos devem ser executados nas trilhas de roda interna (TRI) e trilha de roda externa (TRE) do segmento. Os resultados finais são definidos pela média do ATR, porcentagem, de cada uma das trilhas de roda.

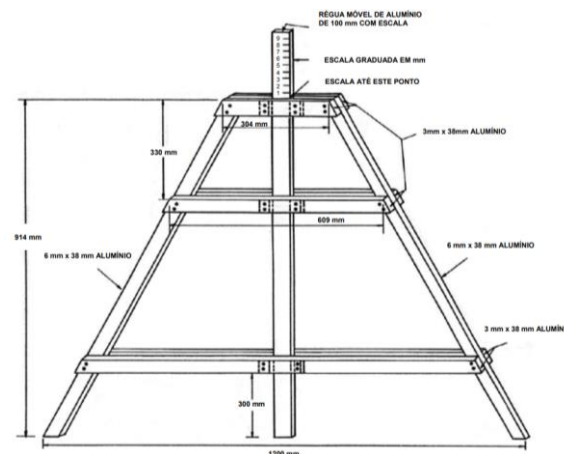


Figura 27 – Treliça para a medição do afundamento de trilha de rodas

- DNIT 007/2003 – PRO: Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semirrígidos.
 - Os levantamentos de ATR devem ser realizados no meio do levantamento da área trincada, ou seja, distantes 3 metros das estacas principais denominadas 00, 05 e 10. Conforme a Figura 28 para rodovia de pista simples e Figura 29 para rodovia de pista dupla.

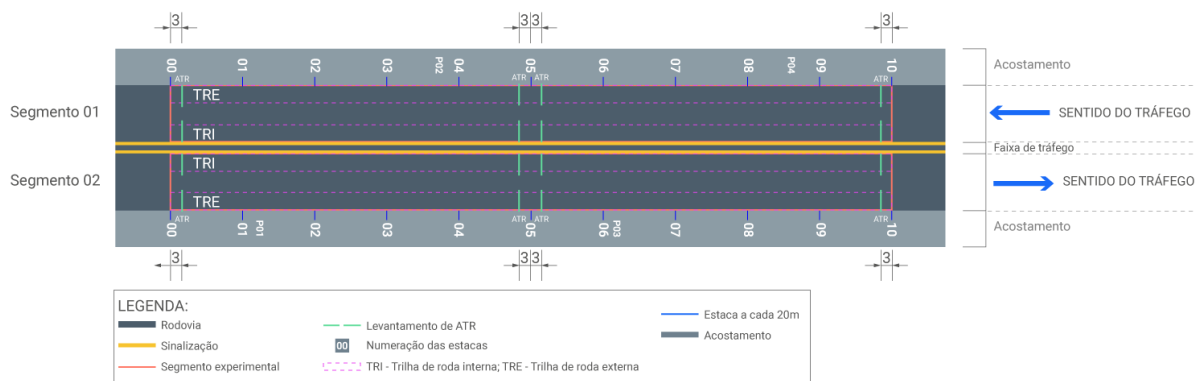


Figura 28 – Pista simples – Determinação de ATR pela DNIT 007/2003 – PRO

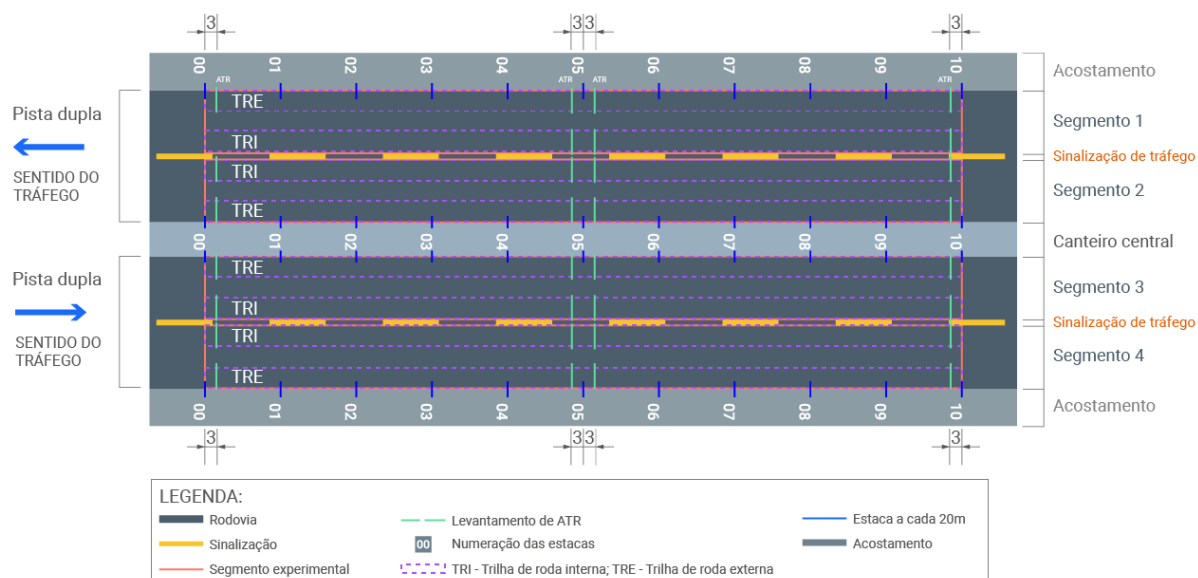


Figura 29 – Pista dupla – Determinação de ATR pela DNIT 007/2003 – PRO

- Para auxílio do levantamento de defeitos em campo, planilhas auxiliares são apresentadas no Anexo C.
- DNIT 433/2021 – PRO: Levantamento do percentual de área trincada e de afundamento de trilha de roda de pavimento asfáltico.
 - Utilizando as estacas principais como norteadoras, o levantamento ocorrerá de forma sequencial nas duas pistas e distante em 10 metros, conforme a Figura 30 para rodovia de pista simples e Figura 31 para rodovia de pista dupla.

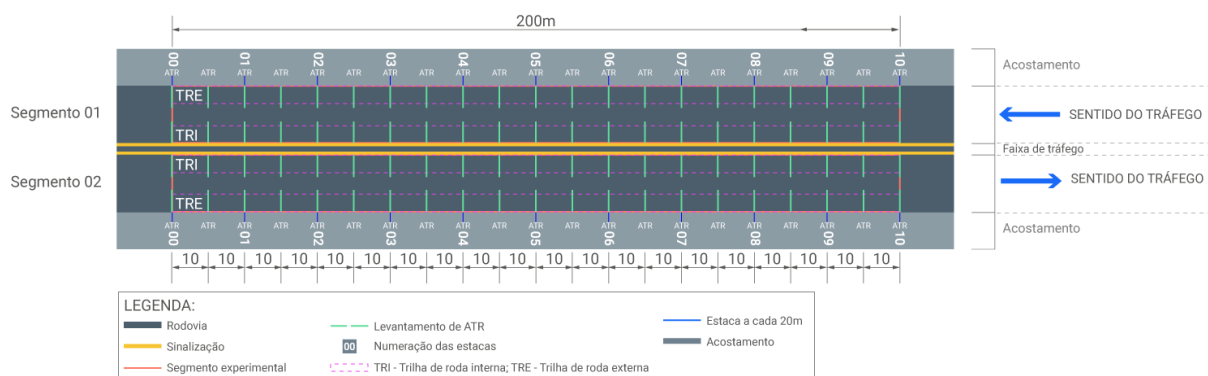


Figura 30 – Pista simples – Determinação de ATR pela DNIT 433/2021 – PRO

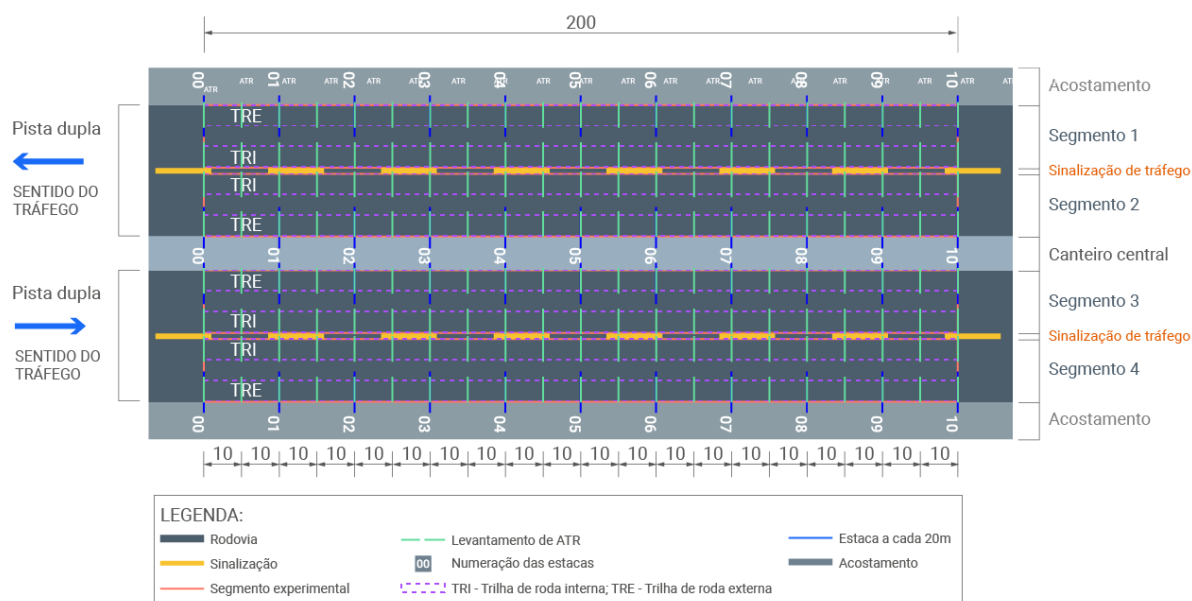


Figura 31 – Pista dupla – Determinação de ATR pela DNIT 433/2021 – PRO

- Para auxílio do levantamento de defeitos em campo, planilhas auxiliares são apresentadas no Anexo C.
- DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígido.
 - Utilizando as estacas principais como norteadoras, o levantamento ocorrerá de forma alternada nas duas pistas e distante 3 metros de cada lado do eixo da estaca. Conforme a Figura 32 para rodovia de pista simples e Figura 33 para rodovia de pista dupla.

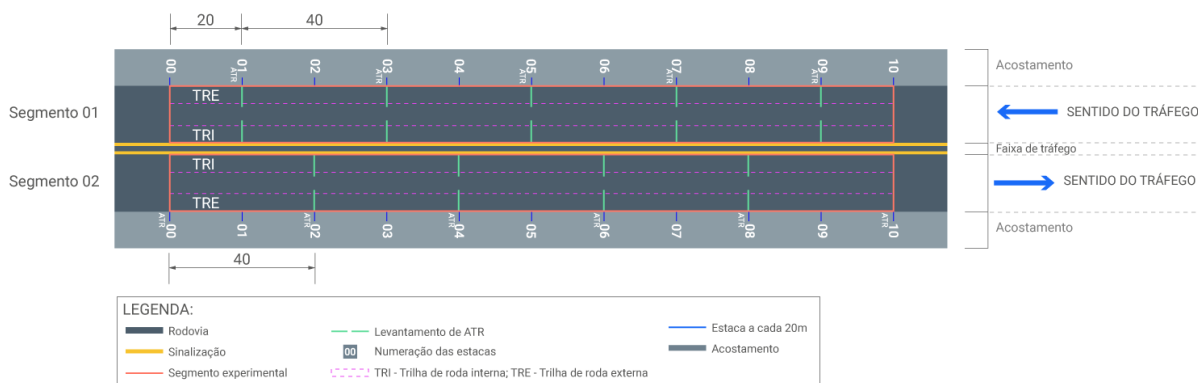


Figura 32 – Pista simples – Determinação da ATR pela DNIT 006/2003 – PRO

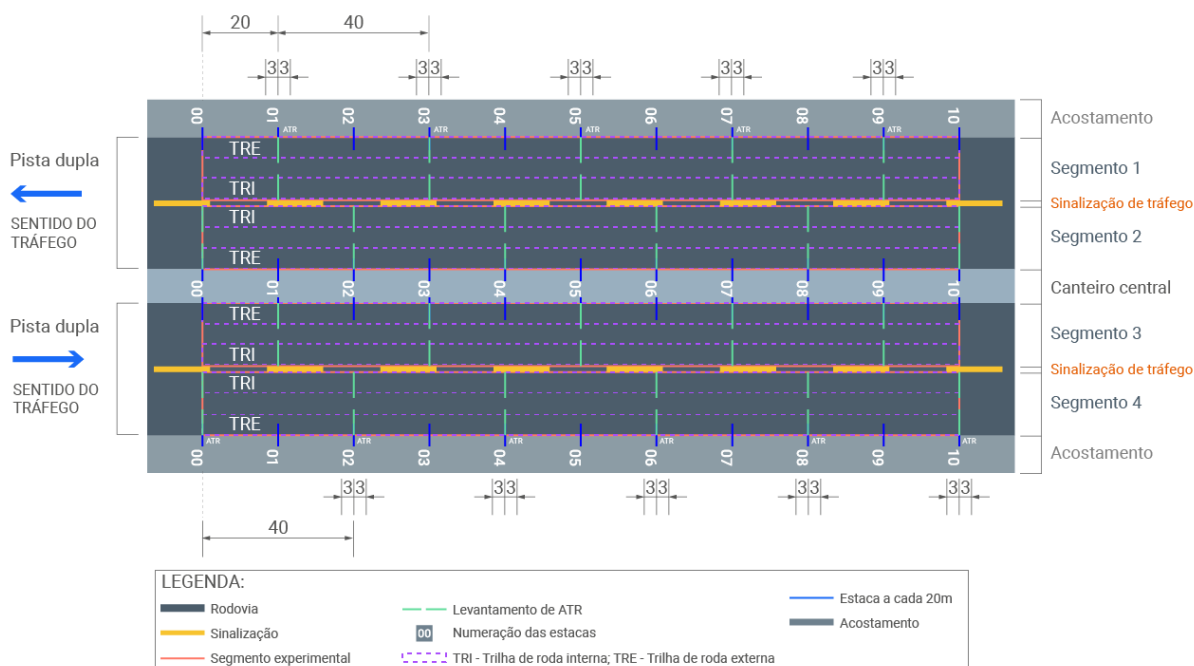


Figura 33 – Pista dupla – Determinação da ATR pela DNIT 006/2003 – PRO

- Para auxílio do levantamento de defeitos em campo, planilhas auxiliares são apresentadas no Anexo C.

7.4.3 Apresentação dos resultados

Para o monitoramento dos defeitos ao longo do tempo, a Tabela 8 exibe um resumo da condição de superfície do segmento experimental, em termos de área trincada (AT %) e afundamentos em trilha de roda (ATR, mm). Os valores apresentados correspondem às médias das estacas.

Tabela 8 – Tabela resumo das condições em termos de AT % e ATR (mm) (valores exemplificativos)

| Levantamento (meses) | Área Trincada (%) | ATR Trilha Interna (mm) | ATR Trilha Externa (mm) |
|----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| Ano 1 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| Ano 2 | 13,6 | 0,00 | 0,00 |
| Ano 3 | 24,2 | 0,00 | 0,00 |

Os dados coletados devem ser continuamente lançados em planilha que pode ser encontrada no site do IPR/DNIT:

<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/planilha-padrao-pro-medina>.

7.5 PERIODICIDADE DOS LEVANTAMENTOS

Diante de todos os levantamentos indicados para a avaliação das condições da pista, na Tabela 9 é apresentado um resumo da periodicidade do monitoramento pós-execução dos segmentos experimentais. Para sua interpretação, consideram-se as seguintes diretrizes:

- **Periodicidade fixa, ensaios realizados anualmente:**
 - DNER – PRO 273/1996: Determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo “*Falling Weight Deflectometer – FWD*”.
 - DNIT 133/2010 – ME: Determinação das deflexões pela Viga Benkelman.
 - DNIT 442/2023 – PRO: Levantamento do perfil longitudinal de pavimentos com perfilômetro inercial.
 - ABNT NBR 16504/2016 ou ASTM E965/2015: Determinação da profundidade média da macrotextura superficial de pavimentos asfálticos por volumetria – Método da mancha de areia.
 - ASTM E303/2022: Determinação microtextura pelo emprego Pêndulo Britânico.

- **Periodicidade variável, dependendo do desempenho do segmento:**
 - DNIT 007/2003 – PRO: Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semirrígidos.
 - DNIT 433/2021 – PRO: Levantamento do percentual de área trincada e de afundamento de trilha de roda de pavimento asfáltico.
 - Treliça de Alumínio, padronizada pelas normas DNIT 006/2003 – PRO e DNIT 433/2021 – PRO.

Para estes levantamentos, a periodicidade está diretamente relacionada com a progressão da área trincada (AT, %) e do afundamento da trilha de rodas (ATR, mm). O critério de ruptura adotado pelo MeDiNa é relacionado à área trincada máxima do pavimento de 30 % e afundamento da trilha de rodas, variável em função do tipo de via. Com base nestes limites, os levantamentos no PRO-MeDiNa B devem ser realizados da seguinte forma:

- **AT (%) ≤ 10 %: Levantamentos anuais.**

- **AT (%) ≥ 10 %: Levantamentos a cada 90 dias.**
- **Observações:**
 - Caso 1: Além da determinação da periodicidade indicada, recomenda-se uma inspeção visual mensal dos segmentos. Caso o fiscal verifique que a AT (%) se encontra próximo de 10 %, o levantamento deve ser realizado imediatamente, independente do período. A partir de então, a periodicidade estipulada é retomada.
 - Caso 2: Caso a progressão da AT (%) ocorra de forma acelerada, ocasionando abruptas alterações de situação no prazo de 90 dias, novas periodicidades, com menor espaçamento, devem ser consultadas junto ao IPR/DNIT.

A realização dos ensaios a cada 90 dias, não exclui a necessidade de monitoramento anual para os demais ensaios.

Destaca-se que, em situações excepcionais, a periodicidade do monitoramento pode ser modificada, desde que justificada e autorizada pelo IPR/DNIT.

Tabela 9 – Resumo dos levantamentos de monitoramento

| Descrição | Definição do segmento | Anual | A Cada 90 dias AT (%) ≥ 10 % | Características do levantamento |
|--------------------------------------|-----------------------|-------|---------------------------------|---|
| Deflexão com FWD e Viga Benkelman | x | x | - | TRE a cada 20 m. |
| Irregularidade Longitudinal (IRI) | x | x | - | Valor médio - Levantamento contínuo no segmento. |
| Mancha de areia (macrotextura) | x | x | - | TRE a cada 50 m equidistante no segmento, no mínimo 4 pontos. |
| Pêndulo Britânico (microtextura) | x | x | - | TRE a cada 50 m equidistante no segmento, no mínimo 4 pontos. |
| Área Trincada (AT) | x | x | x | A cada 20 metros, conforme especificidade das normas DNIT 433/2021-PRO e DNIT 007/2003-PRO. |
| Afundamento de Trilha de Rodas (ATR) | x | x | x | TRE e TRI, a cada 10m. |

FASE 3 – TRATAMENTO DE DADOS

Decorrida a fase de monitoramento dos segmentos experimentais, todos os dados obtidos devem ser encaminhados ao IPR/DNIT para que seja realizado seu tratamento. Para o correto uso, os dados coletados devem ser continuamente lançados em planilha que pode ser encontrada no site do IPR/DNIT:

<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/planilha-padrao-pro-medina>.

Esta fase segue em desenvolvimento e não será contemplada de forma detalhada nesta versão do Guia.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista as orientações apresentadas nesse Guia, os responsáveis pelo monitoramento dos segmentos experimentais em operação, PRO-MeDiNa B, devem manter os resultados atualizados e organizados conforme as necessidades expostas.

É fundamental a manutenção das equipes de monitoramento, dos equipamentos utilizados e dos protocolos de teste empregados, tanto em campo quanto em laboratório, para que a integridade dos dados gerados nos trechos seja mantida em sua totalidade.

Os dados coletados nas pistas devem ser continuamente lançados em planilha que pode ser encontrada no site do IPR:

<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/planilha-padrao-pro-medina>.

A referida planilha deverá ser encaminhada ao IPR, para o e-mail: promedina@dnit.gov.br. O envio deve ser realizado após a caracterização dos materiais e após os períodos previstos de monitoramento. Dessa forma, serão realizadas as ações necessárias para que os dados possam ser utilizados no aperfeiçoamento da calibração do novo método de dimensionamento nacional.

ANEXO A

ANEXO A – MODELOS DE ETIQUETAS

| | |
|--|--------------------------|
|  | |
| ETIQUETA PARA COLETA DE AMOSTRAS | |
| Segmento experimental: | Data e hora: |
| Camada do pavimento: | Tipo de material: |
| Estaca: | Temperatura: |
| Quantidade: | Responsável: |
| Umidade ótima: | Densidade: |
| Observações: | |

Figura A1 – Modelo de etiqueta para coleta de material granular ou solo

| | |
|--|------------------------------|
|  | |
| ETIQUETA PARA COLETA DE MATERIAL | |
| Segmento experimental: | Data e hora: |
| Camada do pavimento: | Tipo de material: |
| Estaca: | Temperatura ambiente: |
| Quantidade: | Responsável: |
| Observações: | |

Figura A2 – Modelo de etiqueta para coleta de misturas asfálticas

ANEXO B

ANEXO B – RESUMO DOS ENSAIOS, NORMAS E QUNATIDADE DE COLETA DE MATERIAIS

Tabela B1 – Resumo dos ensaios, normas e quantidade de coleta de materiais


| Material | Ensaio | Norma | Quantidade de coleta |
|---|---|--|---|
| Solos e Materiais Granulares | Classificação MCT, TRB ou SUCS | DNIT 228/2023 – ME; DNIT 254/2023 – ME; DNIT 258/2023 – ME; DNIT 259/2023 ou Manual de Pavimentação (2006) | 350 kg: totalmente passante na #25 mm. 600 kg: parcialmente passante na #25 mm. |
| | Módulo de Resiliência | DNIT 134/2018 – ME | |
| | Deformação Permanente | DNIT 179/2018 – IE | |
| Materiais Estabilizados Quimicamente | Resistência à tração por compressão diametral | DNIT 136/2018 – ME | 350 kg: totalmente passante na #25 mm. 600 kg: parcialmente passante na #25 mm. + 100 kg de material estabilizante. |
| | Resistência à compressão simples | DNER – ME 091/98, DNER – ME 201/94 ou DNER – ME 180/94 | |
| | Módulo de Resiliência | DNIT 181/2018 – ME | |
| | Fadiga | DNIT 434/2022 – ME | |
| Misturas asfálticas - Obrigatórias | Teor de ligante e granulometria da mistura | DNIT 158/2011 – ME, DNER – ME 053/94 ou ASTM D 6307/2019 | 100 kg de mistura + 300 kg dos agregados na proporção de dosagem + 60 kg material de enchimento. |
| | Dosagem (G_{mb} e G_{mm}) | DNIT 428/2022 – ME e DNIT 427/2020 – ME | |
| | Resistência à tração por compressão diametral | DNIT 136/2018 – ME | |
| | Dano por umidade induzida | DNIT 180/2018 – ME | |
| | Módulo de Resiliência | DNIT 135/2018 – ME | |

| Material | Ensaio | Norma | Quantidade de coleta |
|---|---|--|--|
| | Fadiga | DNIT 183/2018 – ME | |
| | Deformação Permanente (<i>Flow Number</i>) | DNIT 184/2018 – ME | |
| Misturas asfálticas - Desejáveis | <i>Stress Sweep Rutting (SSR)</i> | AASTHO TP 134/2022 | 300 kg dos agregados na proporção de dosagem + 60 kg material de enchimento. |
| | Módulo Dinâmico | DNIT 416/2019 – ME | |
| | Fadiga por tração direta (S-VECD) | AASTHO T 400/2022 | |
| Ligantes asfálticos - Obrigatórios | Penetração | DNIT 155/2010 – ME | 36 litros |
| | Ponto de amolecimento | DNIT 131/2010 – ME | |
| | Viscosidade rotacional (<i>Brookfield</i>) | ABNT NBR 15184:2021 | |
| | Recuperação elástica (para ligantes modificados) | DNIT 130/2010 – ME | |
| | Estabilidade à estocagem | DNIT 384/2022 – ME | |
| Ligantes asfálticos - Complementares | Determinação do <i>Performance Grade (PG)</i> | ASTM D 6373/2021a ou AASHTO M 320/2022 | 36 litros |
| | <i>Rolling Thin-film Oven Test (RTFOT)</i> | ABNT NBR 15235:2009 | |
| | <i>Pressurized Aging Vessel (PAV)</i> | ASTM D 6521/2022 | |
| | <i>Dinamic Shear Rheometer (DSR)</i> | AASTHO T 315/2022 | |
| | <i>Multiple Stress Creep and Recovery (MSCR)</i> | DNIT 423/2020 – ME | |
| | <i>Linear Amplitude Sweep (LAS)</i> | DNIT 439/2022 – ME | |
| | <i>Bending Beam Rheometer (BBR);</i> | AASHTO T 313/2022 | |

ANEXO C

ANEXO C – MODELOS DE FICHAS PARA AVALIAÇÃO

Tabela C1 – Modelo de ficha para avaliação da área trincada e afundamento da trilha de roda do segmento pela norma DNIT 433/2021 – PRO

| | | | | |
|---|--|-------|------------|--|
|  | LEVANTAMENTO NORMA DNIT 433/2021 - PRO | | | |
| | RODOVIA: | | OPERADOR: | |
| | TRECHO: | | SUBTRECHO: | |
| | UF: | | TEMPO: | |
| | SNV: | | DATA: | |
| REVESTIMENTO: | | HORA: | | |

| Área Trincada (AT) Direita | | | | | Área Trincada (AT) Esquerda | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------|----|----|-----------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|--|--|
| Estaca | | TE | CE | TI | Estaca | | TE | CE | TI | | | | | | | |
| ATRE (mm) | 2 m | | | | ATRE (mm) | 2 m | | | | | | | | | | |
| | 4 m | | | | | ATRI (mm) | 4 m | | | | | | | | | |
| | 6 m | | | | | | ATRE (mm) | 6 m | | | | | | | | |
| | 8 m | | | | | | | ATRI (mm) | 8 m | | | | | | | |
| | 10 m | | | | | | | | ATRE (mm) | 10 m | | | | | | |
| | 12 m | | | | | | | | | ATRI (mm) | 12 m | | | | | |
| | 14 m | | | | | | | | | | ATRE (mm) | 14 m | | | | |
| | 16 m | | | | | | | | | | | ATRI (mm) | 16 m | | | |
| | 18 m | | | | | | | | | | | | ATRE (mm) | 18 m | | |
| 20 m | | | | ATRI (mm) | 20 m | | | | | | | | | | | |
| ATRE (mm) | 2 m | | | | | ATRE (mm) | | | | | | | | 2 m | | |
| | 4 m | | | | | | ATRI (mm) | | | | | | | 4 m | | |
| | 6 m | | | | | | | ATRE (mm) | | | | | | 6 m | | |
| | 8 m | | | | | | | | ATRI (mm) | | | | | 8 m | | |
| | 10 m | | | | | | | | | ATRE (mm) | | | | 10 m | | |
| | 12 m | | | | | | | | | | ATRI (mm) | | | 12 m | | |
| | 14 m | | | | | | | | | | | ATRE (mm) | | 14 m | | |
| | 16 m | | | | | | | | | | | | ATRI (mm) | 16 m | | |
| | 18 m | | | | ATRE (mm) | | | | | | | | | 18 m | | |
| 20 m | | | | ATRI (mm) | | 20 m | | | | | | | | | | |

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- a) ALMEIDA, M.S.S.; SÃO MATEUS, M.S.C.; LIMA, C.D.A.; COSTA, W.G.S.; ACHY, A.R.A. **PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA CALIBRAÇÃO DO MeDiNa UTILIZANDO SEGMENTOS EXPERIMENTAIS IMPLEMENTADOS EM RODOVIAS EM OPERAÇÃO**. 47ª RAPv, 2022.
- b) AMERICAN ASSOCIATION OF HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO TP 134/2022 - **Standard Method of Test for Stress Sweep Rutting (SSR) Test Using Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT)**. Washington (EUA), 2022
- c) _____. AASHTO T 400/2022. **Standard Method of Test for Determining the Damage Characteristic Curve and Failure Criterion Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT) Cyclic Fatigue Test**. Washington (EUA), 2022.
- d) _____. AASHTO M 320/2022. **Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder**. Washington (EUA), 2022.
- e) _____. AASHTO T 313/2022. **Standard Method of Test for Determining the Flexural Creep Stiffness of Asphalt Binder Using the Bending Beam Rheometer (BBR)**. Washington (EUA), 2022.
- f) _____. AASHTO T 315/2022. **Standard Method of Test for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)**. Washington (EUA), 2022.
- g) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E303/2022. **Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester**. West Conshohocken, PA, 2022.
- h) _____. ASTM D 6307/2019. **Standard Test Method for Asphalt Content of Asphalt Mixture by Ignition Method**. West Conshohocken (EUA), 2019.
- i) _____. ASTM D6373/2021a. **Standard Specification for Performance Graded Asphalt Binder**. West Conshohocken (EUA), 2021a.
- j) _____. ASTM E965/2015 (2019). **Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique**. West Conshohocken (EUA), 2015 (2019).
- k) _____. ASTM D6521/2022. **Standard Practice for Accelerated Aging of Asphalt Binder Using a Pressurized Aging Vessel (PAV)**. West

- Conshohocken (EUA), 2022.
- l) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 11341:2014 – **Derivados de petróleo – Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland**. Rio de Janeiro/RJ, 2014.
 - m) _____. ABNT NBR 11803:2013 – **Materiais para base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento – Requisitos**. Rio de Janeiro/RJ, 2013.
 - n) _____. ABNT NBR 14855:2015 – **Ligantes asfálticos – Determinação da solubilidade em tricloroetileno**. Rio de Janeiro/RJ, 2015.
 - o) _____. ABNT NBR 15184:2021– **Materiais betuminosos – Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional**. Rio de Janeiro/RJ, 2021.
 - p) _____. ABNT NBR 15235:2009 – **Materiais asfálticos – Determinação do efeito do calor e do ar em uma película delgada rotacional**. Rio de Janeiro/RJ, 2009.
 - q) _____. ABNT NBR 16504:2016 – **Misturas asfálticas – Determinação da profundidade média da macrotextura superficial de pavimentos asfálticos por volumetria – Método da mancha de areia**. Rio de Janeiro/RJ, 2016.
 - r) BUENO, L. D. **Contribuição para a previsão empírico-mecanicista da irregularidade longitudinal e seus desdobramentos econômicos em pavimentos asfálticos**. 370 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2019.
 - s) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER – ME 010/94: **Cimentos asfálticos de petróleo – determinação do teor de betume – Método de ensaio**.
 - t) _____. DNER – ME 053/94: **Mistura betuminosas – Percentagem de betume – Método de ensaio**.
 - u) _____. DNER – ME 091/98: **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos – Método de ensaio**.
 - v) _____. DNER – ME 092/94: **Solo – Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia – Método de ensaio**.
 - w) _____. DNER – ME 180/94: **Solos estabilizados com cinza volante e cal hidratada – Determinação da resistência à compressão simples – Método de ensaio**.

- x) _____. DNER – ME 201/94: **Solo-cimento – Compressão axial de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio.**
- y) _____. DNER – PRO 273/96: **Determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer” (FWD) – Procedimento.**
- z) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 005/2003 – TER: **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia.**
- aa) _____. DNIT 006/2003 – PRO: **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento.**
- bb) _____. DNIT 007/2003 – PRO: **Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semirrígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos – Procedimento.**
- cc) _____. DNIT 031/2024 – ES: **Pavimentação – Concreto asfáltico – Especificação de serviço.**
- dd) _____. DNIT 130/2010 – ME: **Determinação da recuperação elástica de materiais asfálticos pelo ductilômetro – Método de Ensaio.**
- ee) _____. DNIT 131/2010 – ME: **Materiais asfálticos – Determinação do ponto de amolecimento – Método do Anel e Bola – Método de ensaio.**
- ff) _____. DNIT 133/2010 – ME: **Pavimentação asfáltica – Delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da viga Benkelman – Método de ensaio.**
- gg) _____. DNIT 134/2018 – ME: **Pavimentação – Solos – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio.**
- hh) _____. DNIT 135/2018 – ME: **Pavimentação asfáltica – Misturas Asfálticas – Determinação do Módulo de Resiliência – Método de ensaio.**
- ii) _____. DNIT 136/2018 – ME: **Pavimentação asfáltica – Misturas Asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio.**
- jj) _____. DNIT 141/2022 – ES: **Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço.**
- kk) _____. DNIT 155/2010 – ME: **Material asfáltico – Determinação da**

penetração – Método de ensaio.

- ll) _____. DNIT 158/2011 – ME: **Mistura asfáltica – Determinação da porcentagem de betume em mistura asfáltica utilizando o extrator Soxhlet – Método de ensaio.**
- mm) _____. DNIT 179/2018 – IE: **Pavimentação – Solos – Determinação da deformação permanente – Instrução de ensaio.**
- nn) _____. DNIT 180/2018 – ME: **Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação do dano por umidade induzida – Método de ensaio.**
- oo) _____. DNIT 181/2018 – ME: **Pavimentação – Material Estabilizado Quimicamente – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio.**
- pp) _____. DNIT 183/2018 – ME: **Pavimentação asfáltica – Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada – Método de ensaio.**
- qq) _____. DNIT 184/2018 – ME: **Pavimentação – Misturas asfáltica – Ensaio uniaxial de carga repetida para determinação da resistência à deformação permanente – Método de ensaio.**
- rr) _____. DNIT 228/2023 – ME: **Solos – Ensaio de compactação em equipamento miniatura – Método de ensaio.**
- ss) _____. DNIT 254/2023-ME: **Solos – Compactação em equipamento miniatura – Mini-CBR e expansão – Método de ensaio.**
- tt) _____. DNIT 258/2023 – ME: **Solos – Compactação em equipamento miniatura – Ensaio Mini MCV e perda de massa por imersão – Método de ensaio.**
- uu) _____. DNIT 259/2023 – CLA: **Solos – Classificação de solos finos tropicais para finalidades rodoviárias utilizando corpos de prova compactados em equipamento miniatura – Classificação.**
- vv) _____. DNIT 384/2022 – ME: **Pavimentação – Estabilidade ao armazenamento de ligantes modificados por polímero – Método de ensaio.**
- ww) _____. DNIT 416/2019 – ME: **Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação do módulo dinâmico – Método de ensaio.**
- xx) _____. DNIT 423/2020 – ME: **Pavimentação – Ligante asfáltico – Fluência e recuperação de ligantes asfálticos determinados sob tensões múltiplas**

(MSCR) – Método de ensaio.

- yy) _____. DNIT 427/2020 – ME: **Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa máxima medida e da massa específica máxima medida em amostras não compactadas – Método de ensaio.**
- zz) _____. DNIT 428/2022 – ME: **Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados – Método de ensaio.**
- aaa) _____. DNIT 433/2021 – PRO: **Pavimentação – Levantamento do percentual de área trincada e de afundamento de trilha de roda de pavimento asfáltico em trechos experimentais, monitorados ou trechos homogêneos de curta extensão – Procedimento.**
- bbb) _____. DNIT 434/2022 – ME: **Pavimentação – Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada em camadas estabilizadas quimicamente – Método de ensaio.**
- ccc) _____. DNIT 439/2022 – ME: **Pavimentação – Ligante asfáltico – Avaliação da resistência à fadiga de ligantes asfálticos usando varredura de amplitude linear (LAS – *Linear Amplitude Sweep*) – Método de ensaio.**
- ddd) _____. DNIT 442/2023 – PRO: **Pavimentação – Levantamento do perfil longitudinal de pavimentos com perfilômetro inercial – Procedimento.**
- eee) _____. Publicação IPR 719: **Manual de Pavimentação.**
- fff) _____. Publicação IPR 749: **Guia para Execução de Segmentos Experimentais – PRO-MeDiNa – 2ª edição.**
- ggg) GUIMARÃES, A. C. R. **Um método mecanístico-empírico para previsão da deformação permanente em solos tropicais constituintes de pavimentos. 367 p. Tese de Doutorado.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2009.
- hhh) INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET. **Rede de dados.** <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>.
- iii) NASCIMENTO, L. A. H. **Implementation and Validation of the Viscoelastic Continuum Damage Theory for Asphalt Mixture and Pavement Analysis in Brazil.** 335p. Tese de Doutorado. North Carolina State University. North Carolina (EUA), 2015.