TÍTULO

AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DE PAVIMENTO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Instrução. Avaliação. Pavimento

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

ÍNDICE

1 RESUMO 4
2 OBJETIVO 4
3 DEFINIÇÕES 4
3.1 Pavimento 4
3.2 Defeitos em Pavimento Flexíveis e Semirrígidos 5
3.3 Defeitos em Pavimentos Rígidos 7
3.4 Ruptura dos Pavimentos 10
3.5 Serventia do Pavimento 11
3.6 Avaliação Funcional 11
3.7 Avaliação Estrutural 12
4 AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS 12
4.1 Avaliação Funcional de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos 12
4.2 Avaliação Estrutural de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos 18
4.3 Avaliação Funcional de Pavimentos Rígidos 21
4.4 Avaliação Estrutural de Pavimentos Rígidos 22
5 PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO DE AVALIAÇÕES 23
5.1 Procedimentos a Serem Empregados nas Avaliações das Condições de Pavimentos 23
5.2 Procedimento a ser Empregado para a Divisão do Trecho Rodoviário em Segmentos Homogêneos 23
6 FORMA DE APRESENTAÇÃO 24
6.1 Avaliação Funcional dos Pavimentos 24
6.2 Avaliação Estrutural dos Pavimentos 24
6.3 Inventário da Avaliação Funcional e Estrutural dos Pavimentos 25
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 25
ANEXO A – MODELO DE INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMIRRÍGIDOS 28
ANEXO B – MODELO DE PLANILHA – CADASTRO CONTÍNUO DE REPAROS SUPERFICIAIS E PROFUNDOS 30
ANEXO C – GRÁFICO DE FATOR DE CORREÇÃO DA DEFLEXÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO 32
ANEXO D – MODELO DE GRÁFICOS DE AVALIAÇÕES FUNCIONAIS E ESTRUTURAIS 34

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

ANEXO E – MODELO DE FICHA RESUMO DE AVALIAÇÕES FUNCIONAIS E ESTRUTURAIS 37

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

1 RESUMO

Esta Instrução de Projeto apresenta os procedimentos, critérios e padrões a serem adotados, como os mínimos recomendáveis, para a execução de avaliação funcional e estrutural de pavimento do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 OBJETIVO

Padronizar os procedimentos a serem adotados para a execução de avaliação funcional e estrutural de pavimento no âmbito do DER/SP.

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta instrução de projeto, são adotadas as seguintes definições:

3.1 Pavimento

Estrutura constituída por diversas camadas superpostas, de materiais diferentes, construída sobre o subleito, destinada a resistir e distribuir ao subleito simultaneamente esforços horizontais e verticais, bem como melhorar as condições de segurança e conforto ao usuário.

3.1.1 Pavimento Flexível

Pavimento flexível é constituído por revestimento asfáltico sobre camada de base granular ou sobre camada de base de solo estabilizado granulometricamente. Os esforços provenientes do tráfego são absorvidos pelas diversas camadas constituintes da estrutura do pavimento flexível.

3.1.2 Pavimento Semirrígido

Pavimento semirrígido é constituído por revestimento asfáltico e camadas de base ou sub-base em material estabilizado com adição de cimento. O pavimento semirrígido é conhecido como pavimento do tipo direto quando a camada de revestimento asfáltico é executada sobre camada de base cimentada e do tipo indireto ou invertido quando a camada de revestimento é executada sobre camada de base granular e sub-base cimentada.

3.1.3 Pavimento Rígido

Pavimento rígido é constituído por placas de concreto de cimento *Portland* assentes sobre camada de sub-base granular ou cimentada. Quando a sub-base for cimentada pode, adicionalmente, haver uma camada inferior de material granular. Os esforços provenientes do tráfego são absorvidos principalmente pelas placas de concreto de cimento *Portland*, resultando em pressões verticais bem distribuídas e aliviadas sobre a camada de sub-base ou sobre a camada de fundação.

3.1.4 Pavimento de Peças Pré-Moldadas de Concreto

Pavimento de peças pré-moldadas de concreto é constituído por revestimento em blocos pré-moldados de concreto de cimento *Portland* assentes sobre camada de base granular ou

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

cimentada. Pode ou não apresentar camada de sub-base granular quando a base for cimentada.

3.1.5 Pavimento Composto

Pavimento composto é constituído por revestimento asfáltico esbelto sobre placas de concreto de cimento *Portland* ou placas de concreto de cimento *Portland* sobre camada asfáltica.

3.2 Defeitos em Pavimento Flexíveis e Semirrígidos

3.2.1 Fenda

São denominadas de fendas quaisquer descontinuidades na superfície do pavimento, podendo assumir a feição de fissuras, trincas isoladas longitudinais ou transversais e trincas interligadas tipo couro de jacaré ou em bloco.

3.2.2 Fissura

Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinalmente, transversalmente ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada a distâncias inferiores a 1,5 m, com abertura inferior a 1 mm.

3.2.3 Trinca

Fenda existente no revestimento, facilmente visível à vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

3.2.3.1 Trinca isolada

a) trinca transversal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente perpendicular ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 1 m, é denominada trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 1 m, denomina-se trinca transversal longa.

b) trinca longitudinal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 1 m, é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 1 m, denomina-se trinca longitudinal longa.

c) trinca de retração

Trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado.

3.2.3.2 Trincas interligadas

a) trincas tipo bloco

Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

b) trincas tipo couro de jacaré

Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Estas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas.

3.2.4 Afundamento

Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de pequena elevação do revestimento asfáltico, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

3.2.4.1 Afundamento plástico

Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de pequena elevação do revestimento asfáltico. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda ou flecha na trilha de roda.

3.2.4.2 Afundamento de consolidação

Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de pequena elevação do revestimento asfáltico. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda ou flecha na trilha de roda.

3.2.4.3 Afundamento na trilha de roda

Deformação permanente constituída de uma depressão longitudinal na superfície do pavimento no local da trilhas dos pneus dos veículos.

3.2.5 Ondulação ou Corrugação

Deformação caracterizada por pequenas irregularidades longitudinais, com pequenos comprimentos de onda e amplitude irregular, acompanhadas ou não de escorregamentos, resultando em sensíveis vibrações para os veículos em movimento.

3.2.6 Irregularidade Longitudinal

Desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via.

3.2.7 Escorregamento

Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de trincas em forma de meia-lua.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

3.2.8 Exsudação

Excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento.

3.2.9 Desgaste

Efeito do arrancamento progressivo do ligante e do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais.

3.2.10 Panela

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o desplacamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento e provocar a desagregação dessas camadas.

3.2.11 Remendo

É a correção, em área localizada, de defeito do pavimento. Considera-se remendo superficial quando houver apenas correção do revestimento; ou profundo quando, além do revestimento são corrigidas uma ou mais camadas inferiores, podendo atingir o subleito.

3.3 Defeitos em Pavimentos Rígidos

3.3.1 Alçamento das Placas

Desnivelamento das placas nas juntas ou nas fissuras transversais e, eventualmente, na proximidade de canaletas de drenagem ou de intervenções realizadas no pavimento.

3.3.2 Fissura de Canto

Fissura que intercepta as juntas à distância menor ou igual à metade do comprimento das bordas ou juntas longitudinais e transversais do pavimento, medindo-se a partir do seu canto. A fissura geralmente atinge toda a espessura da placa.

3.3.3 Placa Dividida

Placa que apresenta fissuras dividindo-se em quatro ou mais partes.

3.3.4 Escalonamento ou Degrau nas Juntas

Caracteriza-se pela ocorrência de deslocamentos verticais diferenciados e permanentes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta.

3.3.5 Falha da Selagem das Juntas

Avaria no material selante que possibilita o acúmulo de material incompressível na junta ou que permite a infiltração de água. As principais falhas observadas no material selante são:

- rompimento, por tração ou compressão;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

- extrusão do material;
- crescimento de vegetação;
- endurecimento, oxidação do material;
- perda de aderência às placas de concreto;
- quantidade deficiente de selante nas juntas.

3.3.6 Desnível entre Pista de Rolamento e Acostamento

Degrau formado entre o acostamento e a borda do pavimento da pista de rolamento, geralmente acompanhado de uma separação dessas bordas.

3.3.7 Fissuras Lineares

Fissuras que atingem toda a espessura da placa de concreto, dividindo-a em duas ou três partes. Quando as fissuras dividem a placa em quatro ou mais partes, o defeito é denominado de placa dividida.

Como fissuras lineares enquadram-se:

- fissuras transversais que ocorrem na direção da largura da placa, perpendicularmente ao eixo longitudinal do pavimento;
- fissuras longitudinais que ocorrem na direção do comprimento da placa, paralelamente ao eixo longitudinal do pavimento;
- fissuras diagonais, que são fissuras inclinadas que interceptam as juntas do pavimento à distância maior do que a metade do comprimento dessas juntas ou bordas.

3.3.8 Reparo Grande

Entende-se como reparo grande a correção da área do pavimento original maior do que 0,45 m².

3.3.9 Reparo Pequeno

Entende-se como reparo grande a correção da área do pavimento original menor ou igual a 0,45 m².

3.3.10 Desgaste Superficial

Caracteriza-se pelo descolamento da argamassa superficial, fazendo com que os agregados aflorem na superfície do pavimento e, com o tempo, fiquem com a sua superfície polida.

3.3.11 Bombeamento

Consiste na expulsão de finos plásticos existentes no solo de fundação do pavimento, através das juntas, bordas ou trincas, quando da passagem das cargas solicitantes. Os finos bombeados têm a forma de lama fluida, identificados pela presença de manchas terrosas ao longo das

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

juntas, bordas ou trincas.

3.3.12 Quebras Localizadas

Áreas das placas que se mostram trincadas e partidas em pequenos pedaços, tendo formas variadas, situando-se geralmente entre uma trinca e uma junta ou entre duas trincas próximas entre si.

3.3.13 Fissuras Superficiais e Escamação

Fissuras capilares que ocorrem apenas na superfície da placa, tendo profundidade entre 6 mm e 13 mm, que apresentam a tendência de se interceptarem, formando ângulos de 120º.

A escamação caracteriza-se pelo descolamento da camada superficial fissurada, podendo, no entanto, ser proveniente de outros defeitos, tal como o desgaste superficial.

3.3.14 Fissuras de Retração Plástica

Fissuras superficiais de pequena abertura, inferior a 0,5 mm, e de comprimento limitado. Sua incidência costuma ser aleatória e se desenvolvem formando ângulo de 45º a 60º com o eixo longitudinal da placa.

3.3.15 Esborcinamento ou Quebra de Canto

Quebra que aparece no canto da placa, tendo forma de cunha, que ocorre em distância não superior a 60 cm do canto da placa.

Este defeito difere da fissura de canto, pelo fato de interceptar a junta em um determinado ângulo, quebra em cunha, ao passo que a fissura de canto ocorre verticalmente em toda a espessura da placa.

3.3.16 Esborcinamento de Juntas

O esborcinamento de juntas se caracteriza pela quebra das bordas da placa de concreto, quebra em cunha nas juntas, com o comprimento máximo de 60 cm, não atingindo toda a espessura da placa.

3.3.17 Placa Bailarina

Placa cuja movimentação vertical é visível sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas.

3.3.18 Assentamento

Caracteriza-se pelo afundamento do pavimento, originando ondulação superficial de grande extensão, podendo ocasionar permanência da integridade do pavimento.

3.3.19 Buracos

Reentrâncias côncavas observadas na superfície da placa, provocadas pela perda de concreto

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

no local, apresentando área e profundidade bem definidas.

3.4 Ruptura dos Pavimentos

Os pavimentos rodoviários podem apresentar diversos mecanismos de ruptura na sua estrutura que são considerados quando da elaboração de projeto de restauração.

O guia para projeto de estruturas de pavimentos da *American Association of State Highway and Transportation Officials* – AASHTO(1), ao tratar do parâmetro serventia do pavimento ao longo do período de projeto, refere-se às patologias físicas relacionadas ao desempenho estrutural do pavimento e às patologias funcionais relacionadas à qualidade de rolamento oferecida pelo pavimento.

A ruptura de pavimentos pode ser proveniente de projetos inadequados, processos construtivos incorretos ou controle tecnológico deficitário.

A classificação de mecanismos de ruptura de pavimentos como do tipo estrutural ou funcional pode ser inadequada, visto que um pavimento estruturalmente comprometido fatalmente traz consequências funcionais.

Os diferentes tipos de rupturas de pavimentos com suas respectivas definições encontram-se apresentados na sequência.

3.4.1 Ruptura por Resistência

Ruptura por resistência ocorre caso um esforço solicitante em algum ponto da estrutura do pavimento, em um dado momento, supera numericamente o valor da resistência específica do material quanto à aquele tipo de esforço. Dessa forma, o material rompe por esforço aplicado igual ou superior à sua resistência específica.

3.4.2 Ruptura por Fadiga

Ruptura por fadiga ocorre quando determinados materiais sucessivamente solicitados a níveis de tensões inferiores àqueles de ruptura, para um dado modo de solicitação, desenvolvem alterações em sua estrutura interna. Estas modificações resultam em perda de características estruturais internas originais, gerando um processo de microfissuração que culmina no desenvolvimento de fraturas e acarretam rompimento natural.

3.4.3 Ruptura por Deformação Plástica

A ruptura por deformação plástica é evidenciada em situações onde há baixa resistência das camadas inferiores do pavimento ou quando o fluxo de veículos comerciais é canalizado. A ruptura por deformação plástica ocorre de forma cumulativa no decorrer da vida de serviço do pavimento e é decorrente do comportamento elasto-plástico de materiais dos tipos de solos, misturas estabilizadas granulometricamente, pedras britadas e pedregulhos. A cada aplicação de carga, o material se deforma. Cessada a ação da força solicitante, o material tende a retorna à sua forma original, preservando, porém, as deformações residuais, também denominadas plásticas ou permanentes. Para o caso de misturas asfálticas, além do comportamento elasto-plástico, há também a componente visco-elástica, ou seja, deformações dependentes do tempo

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

de aplicação da carga e da temperatura na qual o material se encontra.

3.4.4 Ruptura por Retração Hidráulica

A ruptura por retração hidráulica em misturas cimentadas consiste em variações volumétricas na massa que acabam ocasionando o surgimento de fissuras em sua estrutura interna. A retração hidráulica ou por secagem ocorre quando há evaporação ou da água de gel de cimento à temperatura superior a 100ºC ou da água capilar com umidade relativa do ar inferior a 100%.

3.4.5 Ruptura por Retração Térmica

A ruptura por retração térmica ocorre devido a variações de temperaturas nas misturas tratadas com cimento motivadas por reações químicas na massa fresca, devido à liberação de calor de hidratação ou por efeitos de insolação. A retração térmica se manifesta também em misturas asfálticas por variações volumétricas sob ação de baixas e rigorosas temperaturas.

3.4.6 Ruptura por Propagação de Trincas

A ruptura por propagação de trincas ou por reflexão de trincas ocorre pelo pleno contato de uma camada superior de mistura asfáltica com uma camada inferior de mistura asfáltica ou base cimentada que apresenta trincas em sua superfície, incluindo as juntas induzidas em camadas subjacentes. A ruptura por propagação de trincas inicia-se na fibra inferior da camada superior de mistura asfáltica quando ocorre um estado diferenciado de tensões na região de contato onde existe a trinca na camada inferior sob solicitação de determinada carga. A aplicação da carga provoca abertura da fissura no topo da camada inferior, que gera descontinuidade de distribuição de esforços de magnitude superior aos esforços gerados por cargas idênticas em regiões de interface onde não existem trincas na camada inferior. Estes pontos de interface tornam-se sujeitos a processo de fratura induzida, fazendo com que a trinca se propague para a superfície do revestimento asfáltico.

3.4.7 Ruptura Funcional

A ruptura funcional de um pavimento caracteriza-se quando as condições de rolamento com conforto, segurança e economia oferecidas aos usuários deixam de ocorrer. Inúmeros fatores podem contribuir, individualmente ou em conjunto, para a perda de conforto e da suavidade de rolamento, tais como o surgimento de deformações plásticas em trilhas de roda que geram, simultaneamente, irregularidades superficiais transversais e longitudinais, ou a situação em que a superfície do pavimento não fornece, com sua macrotextura, condições adequadas de rolamento para se garantirem níveis ideais de aderência entre pneu e pavimento, configurando condição de ruptura por segurança.

3.5 Serventia do Pavimento

É a capacidade que o pavimento tem de proporcionar determinado nível de desempenho funcional, ou seja, a condição funcional do pavimento no período do ciclo de vida.

3.6 Avaliação Funcional

É a determinação da capacidade de desempenho funcional momentânea, serventia, que o

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

pavimento proporciona ao usuário, ou seja, o conforto em termos de qualidade de rolamento. O desempenho funcional refere-se à capacidade do pavimento de satisfazer sua função principal, que é a de fornecer superfície com serventia adequada em termos de qualidade de rolamento.

3.7 Avaliação Estrutural

É a determinação da capacidade de desempenho estrutural, que por sua vez é a capacidade do pavimento de manter sua integridade estrutural. A avaliação estrutural de pavimentos consiste na análise das medidas de deslocamentos verticais recuperáveis da superfície do pavimento quando submetido a determinado carregamento.

4 AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS

Os levantamentos de campo para as avaliações funcionais e estruturais devem ser realizados considerando como pista ou faixa a seguinte classificação:

a) rodovias de pista simples:
   - faixa direita da pista: a faixa de rolamento com tráfego no sentido crescente de quilometragem;
   - faixa esquerda da pista: a faixa de rolamento com tráfego no sentido decrescente de quilometragem.

b) rodovias de pista dupla:
   - pista direita: pista com tráfego no sentido crescente de quilometragem, com faixas direita e esquerda. No caso de haver mais de duas faixas, estas devem ser numeradas da esquerda para a direita;
   - pista esquerda: pista com tráfego no sentido decrescente de quilometragem, com faixas direita e esquerda. No caso de haver mais de duas faixas, estas devem ser numeradas da esquerda para a direita;

4.1 Avaliação Funcional de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos

4.1.1 Avaliação de Defeitos da Superfície – Levantamento Visual Contínuo

O levantamento visual contínuo (LVC) tem como objetivo analisar a condição da superfície do pavimento através de exame visual e contínuo dos defeitos observados por dois técnicos avaliadores no interior de um veículo, sendo um deles o condutor. São avaliadas todas as faixas de tráfego do trecho rodoviário em análise, empregando-se segmentos de extensão de 1 km, onde são identificadas as ocorrências, a frequência e a severidade de cada tipo de defeito. Durante a avaliação contínua do pavimento é atribuída ao pavimento uma nota subjetiva que reflita a condição de conforto ao rolamento, representada pelo Valor de Serventia Atual (VSA).

O levantamento visual contínuo permite a determinação de três parâmetros:

- Índice de Defeitos de Superfície – IDS: representa o grau de deterioração de superfície

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

do pavimento a partir do somatório da ponderação das frequências e dos pesos relativos às severidades das ocorrências dos distintos tipos de defeitos verificados;

- Valor de Serventia Atual – VSA: representa as condições de conforto e segurança ao rolamento percebidas pelos usuários da rodovia;
- Índice de Condição Funcional – ICF: caracteriza a condição funcional do pavimento, envolvendo aspectos relacionados aos defeitos de superfície e à serventia, a partir de critério decisório envolvendo os dois índices anteriores.

O LVC deve ser realizado conforme descrito na Instrução de Projeto de Avaliação de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos por meio de Levantamento Visual Contínuo de Defeitos da Superfície, IP-DE-P00/004.

4.1.2 Avaliação de Defeitos da Superfície – Levantamento Visual Detalhado

A avaliação de pavimentos flexíveis e semirrígidos por meio de levantamento visual detalhado (LVD) tem como objetivo analisar a condição da superfície de maneira detalhada, determinando, pelo método da varredura, as áreas com presença de defeitos, e de forma a subsidiar a definição de soluções de reabilitação. O levantamento visual detalhado pode ser executado a partir do exame visual de dois técnicos avaliadores no interior de um veículo, sendo um deles o condutor (procedimento manual), ou com a utilização de equipamento automatizado, como o *Pavement Scanner*. São avaliadas todas as faixas de tráfego do trecho rodoviário em análise, inclusive as faixas adicionais e acostamento, em ambos os sentidos.

O LVD consiste na identificação das ocorrências de cada tipo de defeito da superfície do pavimento em segmentos de 5 m e na sua representação em uma ficha retigráfica. Em cada segmento a faixa de tráfego é analisada em três partes separadas, trilha de roda externa (TRE), centro e trilha de roda interna (TRI), e anotam-se a ocorrência dos defeitos de cada parcela da faixa. O levantamento deve ser realizado conforme descrito na Instrução de Projeto de Avaliação de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos por meio de Levantamento Visual Detalhado de Defeitos da Superfície, IP-DE-P00/006.

4.1.3 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos

A avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos consiste no levantamento e classificação de ocorrências aparentes na superfície do pavimento e na medida das deformações permanentes nas trilhas de roda.

A avaliação objetiva da superfície de pavimentos permite determinar os seguintes parâmetros:

- *fa*: frequência absoluta, que corresponde ao número de vezes em que as ocorrências ou defeitos são verificados;
- *fr*: frequência relativa, que é a relação entre a frequência absoluta, *fa*, e o número n de estações inventariadas, multiplicada por 100;
- IGI: índice de gravidade individual, que é o resultado da multiplicação da frequência relativa, *fr*, pelo fator de ponderação, *fp*, adotado para cada tipo de ocorrência;
- IGG: índice de gravidade global, que é o somatório dos índices de gravidade

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

individuais para cada segmento definido como homogêneo. O IGG também pode ser calculado a partir dos resultados do levantamento visual detalhado (LVD) e do afundamento de trilha de roda (ATR) obtidos com o perfilômetro a laser.

A avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos deve ser realizada de acordo com a norma DNIT 006/2003 – PRO[(2)]. Visando à obtenção de cadastro mais apurado das ocorrências e frequências dos defeitos do tipo trincas FC-1, FC-2 e FC-3, panela e desgaste, no levantamento destes defeitos deve ser indicada a porcentagem de frequência para cada estação inventariada, conforme mostra a Figura A-1 do Anexo A.

A avaliação objetiva deve ser procedida ao nível da superfície do pavimento, em todas as faixas de tráfego da pista de rolamento, com localização de cada estação a ser avaliada a cada 20 m, alternando a faixa de tráfego. Desse modo, em uma mesma faixa de tráfego o espaçamento entre as estações inventariadas é de 40 m. O critério de localização de estações a cada 20 m alternando-se a faixa de tráfego vale, tanto para pista simples, como para pista dupla ou existência de faixas adicionais. A delimitação deve ser feita pelas bordas da faixa de tráfego, com 3,0 m à frente e 3,0 m atrás de cada estação, que deve receber o número correspondente à estaca ou distância do marco quilométrico. A quantificação percentual da área do defeito é efetuada em relação a esta área da superfície delimitada.

A avaliação objetiva pode também ser realizada utilizando-se equipamentos automatizados, aprovados previamente pelo DER/SP, com o mesmo critério de localização de estação de avaliação.

4.1.4 Equipamentos para avaliação automatizada de pavimentos

Ao longo das últimas décadas percebe-se um esforço para automatizar totalmente o processo de coleta de dados para a avaliação funcional e estrutural de pavimentos, que se baseia em avaliações a pé ou de carro pela rodovia, coletando os dados manualmente.

Os equipamentos para avaliação automatizada do pavimento permitem o levantamento da condição do pavimento na velocidade de tráfego (a depender do tipo do equipamento), além de serem compostos de sistemas complexos para coleta de dados. Esses equipamentos podem coletar as seguintes informações do pavimento: defeitos, macrotextura, irregularidade longitudinal, afundamento em trilha de roda, declividade e inclinação transversal.

A avaliação do pavimento utilizando equipamentos automatizados, buscando rapidez de execução e da possibilidade de obter vários parâmetros em um único levantamento, pode ser realizado desde que o equipamento a ser utilizado nos levantamentos seja especificado e aprovado previamente pelo DER/SP.

4.1.5 Afundamento de Trilha de Roda (ATR)

A medição do afundamento de trilha de roda (ATR) deve ser realizada por perfilômetro a *laser* ou por meio de treliça padronizada, dotada de régua móvel instalada em seu ponto médio, conforme especificada na norma DNIT 006/2003 – PRO.

Os sistemas de coleta automatizada são indicados para aplicação em nível de projeto e de

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

rede. Para projetos de pequena escala, a utilização de métodos manuais (treliça) podem ser mais econômicos, em conjunto com a avaliação objetiva da superfície do pavimento.

4.1.6 Irregularidade Longitudinal de Pavimentos

A avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos consiste no levantamento dos desvios existentes na superfície do pavimento. A escala padrão de irregularidade adotada no Brasil é expressa em contagens/km.

A determinação da irregularidade longitudinal pode ser realizada por perfilômetro a *laser* ou pela leitura com medidores tipo resposta, como o *Bump Integrator*, o IPR/USP ou o *Maysmeter*, sendo mais recomendado o levantamento a *laser* por diminuir a dependência das características do veículo nos resultados.

Os medidores de irregularidade tipo resposta são usados na determinação do IRI, *International Roughness Index*, e do QI, Coeficiente de Irregularidade, para as velocidades de calibração do veículo de 50 km/h e 80 km/h. As leituras devem ser feitas a cada 200 m ao longo de todas as faixas de tráfego a serem verificadas e podem ser totalizados em segmentos menores de no máximo 100 m para aceitação de obra ou projeto de restauração, a critério da fiscalização.

A realização do levantamento da irregularidade longitudinal de pavimentos com o uso de aparelhos tipo resposta deve seguir as recomendações do procedimento preconizado na norma DNER-PRO 182/94[(3)]. Antes de qualquer medição, devem ser procedidos a calibração e o controle do sistema medidor de irregularidade tipo resposta, em conformidade com as normas DNER-PRO 164/94[(4)] e DNER-PRO 229/94[(5)] e DNER-ES 173/86[(6)].

Deve ser apresentado relatório completo de aferição do equipamento, informando as equações de aferição e a localização das bases de aferição. Saliente-se que o levantamento topográfico das bases de aferição citado na norma DNER-ES 173/86[(6)] deve ter data inferior a 1 ano, e a aferição do equipamento indicado nas normas DNER-PRO 164/94[(4)] e DNER-PRO 229/94[(5)] deve ter sido realizada menos de 30 dias antes da data do levantamento de avaliação da irregularidade longitudinal no trecho em análise.

Em nível de rede indica-se a utilização de equipamentos automatizados para a realização do levantamento (perfilômetro a *laser*). Para projetos de pequena extensão, alternativas não automatizadas, previamente aprovadas pelo DER/SP, podem ser mais econômicas.

4.1.7 Avaliação de Segurança

A determinação das condições de segurança ao rolamento são condicionadas às medidas de macrotextura e resistência à derrapagem (microtextura).

4.1.7.1 Macrotextura

A macrotextura é determinada através do *Mean Profile Depth* com equipamento de escaneamento a *laser* ou da altura de mancha de areia obtida com o ensaio volumétrico:

- *Mean Profile Depth* (MPD): é a média da profundidade de um perfil por uma extensão

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

de 100 mm lineares obtida com escaneamento a *laser* e sua determinação deve seguir a norma ASTM E 1845-15[7]. O levantamento com equipamento de escaneamento de superfície a *laser* deve ser capaz de adquirir dados de imagem em 3D e 2D da superfície da rodovia com resolução mínima de 1 mm sobre uma largura mínima de 4 m em pista com velocidades de até 100 km/h. Nesta condição, o intervalo mínimo das medidas deverá ser de dois pontos (trilhas interna e externa) a cada 100 m de comprimento de faixa de rolamento e avaliando todas as faixas de rolamento.

- Altura de Mancha de Areia: medida a partir do ensaio volumétrico (NBR 16504[8]), deverá ser executada nas trilhas de roda interna e externa, em todas as faixas de rolamento e com espaçamento máximo de 100 m entre pontos;

4.1.7.2 Microtextura

Com base nos dados de macrotextura e índices de acidentes com pista molhada, deverão ser definidos os segmentos para avaliação do coeficiente de atrito, com amostragem mínima de 20% da malha e pelo menos um segmento em cada uma das pistas de rolamento.

Recomenda-se a utilização do equipamento tipo pêndulo britânico para avaliação a nível de projeto ou nível de rede em projetos de pequena extensão. Em nível de rede ou projetos com grande extensão é indicada a utilização do *Grip Tester*.

Para o ensaio do *Grip Tester*, a lâmina d'água deverá ser de, no mínimo, 0,50 mm, os segmentos deverão ter extensão de 100 m e recomenda-se adicionalmente a programação de levantamentos em trechos contínuos com extensão não inferior a 1 km.

Outros equipamentos também podem ser utilizados, como o SCRIM (Sideways-force Routine Investigation Machine), que também pode medir ATR e IRI ao mesmo tempo, desde que especificado seu procedimento e aprovado previamente pelo DER/SP.

4.1.7.3 *International Friction Index* (IFI)

Adicionalmente ao controle individual da macrotextura, medida pelo escaneamento a *laser* ou através do ensaio de mancha de areia; e do coeficiente de atrito, obtido através do ensaio de resistência à derrapagem, medido pelo pêndulo britânico ou por meio de quaisquer dos equipamentos contemplados na norma ASTM E 1960-07 (2015)[9], deve-se obrigatoriamente determinar o índice internacional de atrito, IFI.

O IFI consiste na determinação de dois parâmetros que reportam a fricção molhada calibrada a 60 km/h (F60) e a constante de velocidade do atrito em pavimento molhado (S_p).

A constante de velocidade (em km/h) pode ser determinada a partir do valor obtido da textura TX (expressa em mm), de acordo com a seguinte equação:

$$S_p = a + b \times TX$$

Os valores de a e b estão expressos na tabela a seguir:

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Ensaio	TX	a	b
Perfilômetro laser	MPD (ASTM E 1845-15[7])	14,2	89,7
Mancha de areia	MTD (ASTM E 965-15 (2019)[10])	-11,6	113,6

Em seguida, com o valor de atrito FRS em uma determinada velocidade S, ajusta-se o atrito a uma velocidade de deslizamento comum de 60 km/h (FR60). Para isso, utiliza-se o número da constante de velocidade previsto na etapa anterior, através da seguinte equação:

$$FR60 = FRS^{[(S-60)/S_p]}$$

Onde:

- FR60 é o valor ajustado de atrito de uma velocidade de deslizamento de S para 60 km/h;
- FRS é o atrito medido pelo equipamento na velocidade de escorregamento S;
- S é a velocidade de escorregamento do equipamento.

A etapa final consiste na calibração do equipamento por meio de regressão da medição de FR60 ajustada com o número de atrito calibrado F60:

$$F60 = A + B \times FR60$$

As constantes de calibração A e B deverão ser determinadas por meio da regressão linear dos valores de FR60 e F60, conforme a norma ASTM E 1960-07 (2015)[9].

Combinando os resultados acima, F60 pode ser expresso em termos das medições de atrito e textura (FRS e TX):

$$F60 = A + B \times FRS^{[-(60-S)/(a+bxTX)]}$$

F60 é a previsão do número de atrito calibrado e Sp é a previsão do número de velocidade calibrado. Os valores de F60 e S_p são relatados como o IFI. O atrito em alguma outra velocidade de deslizamento S pode ser calculado através da seguinte equação:

$$FS = F60^{[(60-S)/S_p]}$$

4.1.8 Cadastro Contínuo de Reparos Superficiais e Profundos

É o cadastro de remendos superficiais e profundos necessários previamente à execução da restauração principal. O cadastro deve ser realizado por técnico experiente em avaliação de pavimentos na ocasião do levantamento de defeitos da avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos.

O objetivo do cadastro é possibilitar a quantificação e orçamento de serviços de remendos superficiais e profundos prévios à execução das obras de restauração.

O cadastro deve ser efetuado em todas as faixas de tráfego da rodovia, de forma contínua, bem como nos acostamentos, sempre indicando as áreas e amarrações às estacas de projeto.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

O cadastro deve ser georreferenciado de acordo com o padrão do SIRGeo e apresentado conforme modelo na Figura B-1 do Anexo B.

4.2 Avaliação Estrutural de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos

4.2.1 Avaliação dos Deslocamentos Recuperáveis da Superfície de Pavimento por meio da Viga *Benkelman*

A avaliação estrutural de pavimentos flexíveis e semirrígidos pelo emprego da viga *Benkelman* para a determinação dos deslocamentos recuperáveis da superfície de pavimento, ou popularmente denominado deflexões, tem demonstrado que, de maneira geral, existe correlação entre a magnitude das deflexões e do raio de curvatura correspondente e o aparecimento de falhas nos pavimentos flexíveis.

Deve-se, portanto, realizar determinações dos deslocamentos recuperáveis da superfície de pavimento sob o ponto de aplicação da carga e, também, à distância de 0,25 m em relação ao ponto de aplicação da carga para o cálculo do raio de curvatura. É conveniente, entretanto, conhecer a bacia de deformação, ou seja, o delineamento da linha de influência longitudinal inerente à parcela transitória de deformação ocasionada pela carga de prova aplicada à superfície do pavimento.

Os levantamentos dos deslocamentos recuperáveis devem ser realizados em todas as faixas de tráfego, intercalando-se na trilha de roda externa e na trilha de roda interna das faixas de tráfego.

Na etapa de projeto básico e no Sistema de Gerência de Pavimento (SGP), o espaçamento entre duas estações consecutivas, na direção longitudinal, deve ser de 200 m para cada faixa de tráfego, ou de 100 m para a pista. Os raios de curvatura devem ser determinados, também, de 200 m em 200 m por faixa de tráfego, ou de 100 m em 100 m de pista.

Já na etapa de projeto executivo, deve-se complementar os levantamentos do projeto básico, efetuando-se medidas adicionais de espaçamento entre duas estações consecutivas. Na direção longitudinal, deve ser de 40 m para cada faixa de tráfego, ou de 20 m para a pista. Os raios de curvatura devem ser determinados em todas as estações inventariadas.

As deflexões devem ser determinadas no caso de rodovias de pista simples a cada 20 m de pista, ou seja, de 40 em 40 metros de faixa de rolamento. Em rodovias de pista dupla, os deslocamentos recuperáveis devem ser determinados de 40 em 40 metros.

A cada 1000 m de pista, deve ser levantada toda a bacia de deformação.

A determinação das deflexões com o uso da viga *Benkelman* deve ser realizada conforme DNER-ME 024/94[(11)], cuja calibração deve seguir o determinado na norma DNER-PRO 175/94[(12)]. A bacia de deformação deve ser levantada de acordo com as recomendações do DNER-ME 061/94[(13)].

A viga eletrônica substitui, com vantagens, a viga *Benkelman* tradicional, uma vez que possibilita a tomada das medidas da bacia deflectométrica em uma única passagem do caminhão, registrando e armazenando no computador de bordo os resultados de forma

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

confiável, sem interferências do operador.

Durante os levantamentos no trecho de avaliação, deve ser anotada a temperatura do revestimento asfáltico com termômetro de precisão de 0,5ºC. Deve ser registrada, também, a ocorrência ou não de precipitação pluviométrica durante os levantamentos e nos dias da última semana anterior ao levantamento, com estimativa de sua intensidade. Estes dados são importantes para posterior correção dos valores deflectométricos.

O emprego da viga *Benkelman* é recomendado em avaliações de pequena escala e em controle de execução de obra, pois devido à lenta taxa de execução de levantamentos, à natureza intensiva em mão de obra e às considerações de segurança, a execução do levantamento a nível de rede dificilmente será economicamente viável. Em projetos, indica-se a avaliação das deflexões por *Falling Weight Deflectometer* (FWD).

4.2.2 Avaliação das Deflexões Através do Deflectômetro de Impacto do Tipo "*Falling Weight Deflectometer* – FWD"

A determinação da deflexão utilizando o equipamento FWD é regida pela norma DNER-PRO 273/96[(14)]. A frequência dos intervalos dos levantamentos destas deflexões deve seguir a mesma adotada quando utilizada a viga *Benkelman.* Os espaçamentos dos geofones comumente utilizados são de 0, 200, 300, 450, 600, 900 e 1200 mm, podendo ser adaptados para cada tipo de pavimento e analisados em conjunto com o DER/SP. A avaliação das deflexões através do FWD deve ser executada em todas as faixas de tráfego.

Anteriormente à realização de cada medição, deve ser realizada a ajustagem e calibração do equipamento, consistindo de aferição da carga a ser aplicada, da altura de queda, dos sensores e do microcomputador do equipamento.

Os valores de deflexões provenientes de avaliações estruturais empregando-se o FWD devem ser corrigidos para dados obtidos com a viga *Benkelman*. Pode ser utilizada a equação de correlação entre valores obtidos pelo FWD e pela viga *Benkelman*, publicada na literatura técnica para levantamentos na fase de projeto básico ou de projetos executivos de pequena extensão ou obras de porte considerado pequeno. No entanto, para projetos executivos de obras de grande extensão e importância deve ser estabelecida uma equação de correlação entre as medidas de deflexões obtidas com o FWD e a viga *Benkelman* em segmento de, no mínimo, 1 km de extensão.

É importante que as medidas obtidas com os equipamentos FWD e viga *Benkelman*, no segmento testemunha sejam representativas dos valores de deflexões do trecho de avaliação. É necessária, também, a realização das medidas deflectométricas dos dois equipamentos nos mesmos pontos, um seguido do outro, para que as condições de temperatura do revestimento e teor de umidade do subsolo sejam as mesmas e, assim, não alterem as medidas de deflexões resultantes das avaliações utilizando a viga *Benkelman* e o FWD.

Durante os levantamentos no trecho de avaliação, deve ser anotada a temperatura do revestimento asfáltico com termômetro de precisão de 0,5°C. Deve ser registrada, também, a ocorrência ou não de precipitação pluviométrica durante os levantamentos e nos dias da última semana anterior ao levantamento, com estimativa de sua intensidade. Estes dados são

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

importantes para posterior correção dos valores deflectométricos.

4.2.3 Avaliação dos Deslocamentos Recuperáveis da Superfície de Pavimento por meio do Deflectógrafo *Lacroix*

Para a determinação dos deslocamentos recuperáveis utilizando o deflectógrafo *Lacroix* deverá ser adotada a norma DNIT 162/2012 - PRO(15). A frequência dos intervalos dos levantamentos destas deflexões deve seguir a mesma adotada quando utilizada a viga *Benkelman*. A avaliação dos deslocamentos recuperáveis através do deflectógrafo *Lacroix* deve ser executada em todas as faixas de tráfego. Os equipamentos devem ser previamente calibrados e aferidos segundo a norma DNIT 163/2012 - PRO(16).

A utilização do deflectógrafo *Lacroix* é permitida desde que haja uma correlação adequada com a viga *Benkelman*, podendo ser consultadas as correlações disponíveis na literatura técnica para levantamentos na fase de projeto básico ou de projetos executivos de pequena extensão ou obras de porte considerado pequeno. No entanto, para projetos executivos de obras de grande extensão e importância deve ser estabelecida uma equação de correlação entre as medidas de deslocamentos recuperáveis obtidas com o deflectógrafo *Lacroix* e a viga *Benkelman* em segmento de, no mínimo, 1 km de extensão.

É importante que as medidas obtidas com o deflectógrafo *Lacroix* e a viga *Benkelman* no segmento testemunha sejam representativas dos valores de deflexões do trecho de avaliação. É necessária, também, a realização das medidas deflectométricas dos dois equipamentos nos mesmos pontos, um seguido do outro, para que as condições de temperatura do revestimento e teor de umidade do subsolo sejam as mesmas e, assim, não alterem as medidas de deflexões resultantes das avaliações utilizando a viga *Benkelman* e o deflectógrafo *Lacroix*.

4.2.4 Avaliação dos Deslocamentos Recuperáveis da Superfície de Pavimento Utilizando o Curviâmetro

Os deslocamentos recuperáveis utilizando o Curviâmetro devem ser determinados segundo a norma DNIT 170/2016 - PRO(17). A frequência dos intervalos dos levantamentos destas deflexões deve seguir a mesma adotada quando utilizada a viga Benkelman e a avaliação deve ser executada em todas as faixas de tráfego. Os equipamentos necessários devem ser previamente calibrados e aferidos segundo a norma DNIT 171/2016 - PRO(18).

A utilização do Curviâmetro é permitida desde que haja uma correlação adequada com a viga Benkelman, podendo ser consultadas as correlações disponíveis na literatura técnica para levantamentos na fase de projeto básico ou de projetos executivos de pequena extensão ou obras de porte considerado pequeno. No entanto, para projetos executivos de obras de grande extensão e importância deve ser estabelecida uma equação de correlação entre as medidas de deslocamentos recuperáveis obtidas com o Curviâmetro e a viga Benkelman em segmento de, no mínimo, 1 km de extensão.

É importante que as medidas obtidas com o equipamento Curviâmetro e a viga *Benkelman* no segmento testemunha sejam representativas dos valores de deflexões do trecho de avaliação. É necessária, também, a realização das medidas deflectométricas dos dois equipamentos nos mesmos pontos, um seguido do outro, para que as condições de temperatura do revestimento

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

e teor de umidade do subsolo sejam as mesmas e, assim, não alterem as medidas de deflexões resultantes das avaliações utilizando a viga *Benkelman* e o Curviâmetro.

4.2.5 Avaliação Não Destrutiva Através do "*Ground Penetrating Radar* – GPR"

Para projetos em que a espessura do pavimento ou o tipo de construção variam significativamente, o *Ground Penetrating Radar* (GPR) pode ser usado para complementar as informações dos poços de inspeção. O GPR é uma ferramenta para obter informações sobre a construção de um pavimento e suas características internas, de maneira não destrutiva.

O levantamento com o GPR deve ser realizado em equipamento com, no mínimo, duas antenas, para garantir que as camadas superficiais e profundas do pavimento estudado sejam cobertas em um único levantamento. O procedimento para a execução do levantamento com o GPR deve ser realizado conforme a ASTM D 4748-10 (2015)[19].

Os levantamentos com GPR não devem ser realizados quando estiver chovendo ou quando houver presença de água parada na superfície do pavimento. Isso ocorre porque uma película de água superficial pode afetar o sinal do radar, dificultando a interpretação dos dados. O GPR não pode penetrar em metais, como materiais altamente condutores.

4.3 Avaliação Funcional de Pavimentos Rígidos

4.3.1 Avaliação Subjetiva de Pavimentos Rígidos

A avaliação subjetiva de pavimentos rígidos consiste na atribuição de notas ou conceitos aos trechos inspecionados, de forma a indicar o grau de conforto e suavidade de rolamento proporcionado pelo pavimento rígido, levando em consideração os dados de projeto, de construção, de operação, de reparação e de reforço.

O procedimento para a avaliação subjetiva de pavimentos rígidos deve obedecer a norma DNIT 063/2004 – PRO[20].

4.3.2 Avaliação Objetiva de Pavimentos Rígidos – Inspeção Visual de Pavimentos Rígidos

A inspeção visual de pavimentos rígidos consiste no preenchimento de ficha de inspeção contendo os diferentes tipos de defeitos de pavimentos rígidos para a posterior determinação do Índice de Condição do Pavimento (ICP).

O ICP é a medida da condição funcional do pavimento, capaz de fornecer ao técnico de pavimentação informações para a verificação das condições da rodovia e para o estabelecimento de políticas de manutenção, prevenção e de recuperação.

A avaliação objetiva deve seguir as recomendações tratadas no procedimento DNIT 062/2004 – PRO[21], e a inspeção visual deve ser realizada de acordo com o DNIT 060/2004 – PRO[22], ressaltando que a avaliação deve ser realizada em todas as placas do pavimento.

A determinação do ICP pode ser realizada através do levantamento automatizado utilizando

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

equipamentos como o Pavement Scanner, que identifica, classifica e quantifica automaticamente os defeitos da superfície do pavimento rígido.

4.3.3 Irregularidade Longitudinal de Pavimentos Rígidos

A irregularidade longitudinal do pavimento deve ser determinada pela utilização e operação do perfilógrafo em cada faixa de tráfego a ser inspecionada. Como parâmetro da condição da superfície, deve resultar o Índice de Perfil (IP), cuja unidade é fornecida em mm/km.

No Brasil, tem-se utilizado o perfilógrafo tipo Califórnia. A força motriz do equipamento pode ser manual ou através de unidade propulsora acoplada. O equipamento deve ser deslocado longitudinalmente sobre o pavimento à velocidade máxima de 5 km/h, para minimizar saltos.

Levando-se em conta o avanço tecnológico, a irregularidade longitudinal de pavimentos rígidos pode ser determinada utilizando equipamentos automatizados de aquisição de imagem. A utilização desses equipamentos deve ser aprovada previamente pelo DER/SP.

A superfície avaliada é considerada apropriada, no que tange a esta avaliação, quando o valor de IP não ultrapassar 160 mm/km. O perfil será finalizado a 4,5 m de cada aproximação de obra de arte especial.

Os perfis dos pavimentos são obtidos a 91 cm de cada borda do pavimento ou de cada junta longitudinal, e paralelamente a elas, ou seja, nas trilhas de rodas interna e externa de cada faixa de tráfego.

O levantamento deve ser realizado em todas as faixas de tráfego e nas duas trilhas de roda.

4.4 Avaliação Estrutural de Pavimentos Rígidos

Para avaliação estrutural de pavimento rígido, devem ser consideradas as mesmas recomendações citadas para pavimentos flexíveis, tanto com o uso de equipamento viga *Benkelman*, como de equipamento FWD.

Além da avaliação estrutural por medição do deslocamento vertical recuperável da superfície do pavimento, que no caso de pavimento rígido avalia-se, geralmente, no interior de cada placa de concreto, deve-se analisar, também, o desempenho de transferência de carga entre placas por amostragem representativa do trecho.

Outra avaliação estrutural a ser realizada é o ensaio de prova de carga sobre placa, que consiste em simular as condições de carregamento do pavimento. O ensaio é caracterizado por identificar pequenos recalques, representados pela curva de tensão versus deslocamento. A determinação do coeficiente de recalque para a avaliação do pavimento deve seguir o método de ensaio DNIT 055/2004 ME[23]. A frequência de execução do ensaio deve ser definida pela fiscalização de projeto do DER/SP, tendo em vista ser um ensaio bastante demorado.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

5 PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO DE AVALIAÇÕES

5.1 Procedimentos a Serem Empregados nas Avaliações das Condições de Pavimentos

Os procedimentos e métodos de ensaios referenciados no item 4 são os que devem ser adotados nos levantamentos funcionais e estruturais de pavimentos flexíveis, semirrígidos e rígidos.

As medidas de deflexão obtidas dos levantamentos estruturais devem ser ajustadas quanto às condições de umidade, temperatura e carga, medidas no local e no momento do ensaio. É necessário corrigir a temperatura de acordo com o fator de correção das deflexões em função da temperatura do revestimento asfáltico, com o intuito de padronizar as medidas de deflexão para a temperatura padrão. Pode ser utilizado o modelo apresentado por Andreatini, s.n.t., apresentado na Figura C-1 do Anexo C ou outro modelo a critério da projetista, mas aprovado previamente pelo DER/SP. A correção da carga consiste em normalizar o valor da resposta do pavimento frente a carga padrão do levantamento estrutural.

Os resultados dos levantamentos deflectométricos deverão ser analisados por meio de retroanálise, sem correção da carga, conforme especificado na IP-DE-P00/002 – Restauração de Pavimentos.

Deve ser realizada prévia calibração dos equipamentos utilizados nas avaliações de pavimentos segundo as normas vigentes indicadas no item 4.

É importante que as avaliações sejam executadas de forma planejada e criteriosa, considerando a segurança dos usuários da rodovia e também da equipe de avaliação das condições dos pavimentos.

As avaliações funcionais e estruturais devem ser realizadas em cada faixa de tráfego, inclusive nas faixas adicionais, nos dois sentidos de tráfego.

Os cadastros devem ser amarrados ao estaqueamento de projeto ou marcos quilométricos existentes.

5.2 Procedimento a ser Empregado para a Divisão do Trecho Rodoviário em Segmentos Homogêneos

A divisão em segmentos homogêneos do trecho avaliado pode ser realizada de acordo com duas metodologias:

- diferenças acumuladas, cujas aplicações, formulações e limitações são descritas no apêndice “J” do guia da AASHTO[(1)], versão 1986. Qualquer parâmetro definidor da condição do pavimento, quer seja ele funcional (índice de serventia, índice de defeitos, resistência à derrapagem), ou estrutural (medidas de deflexão recuperável), pode ser empregado para a definição de segmentos com características homogêneas;
- critério estatístico, conforme o procedimento do DNER-PRO 010/79[(24)] ou DNER-PRO 011/79[(25)]. O valor de projeto a ser adotado é a soma da média aritmética e do

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

desvio-padrão da amostra, sendo que, para o segmento ser aceito, recomenda-se que o coeficiente de variação tenha valor de, no máximo, 0,30.

6 FORMA DE APRESENTAÇÃO

A apresentação dos relatórios deve ser realizada seguindo as recomendações descritas na Instrução de Projeto de Elaboração e Apresentação de Documentos Técnicos IP-DE-A00/001 do DER/SP.

Todos os levantamentos funcionais e estruturais dos pavimentos flexíveis, semirrígidos e rígidos, deverão ser georreferenciados de acordo com o padrão do SIRGeo.

A codificação dos documentos técnicos e desenhos deve seguir a instrução de projeto de Codificação de Documentos Técnicos IP-DE-A00/002 do DER/SP.

6.1 Avaliação Funcional dos Pavimentos

O relatório técnico de avaliação funcional do pavimento, considerando o levantamento visual contínuo ou levantamento visual detalhado, avaliação objetiva da superfície do pavimento existente, levantamento da irregularidade longitudinal do pavimento e cadastro contínuo de reparos superficiais e profundos deve conter:

- as características gerais dos locais avaliados, principalmente quando ao relevo de implantação da rodovia: segmentos de corte ou de aterro ou misto, em rocha ou solo;
- cadastro fotográfico;
- a definição e a descrição detalhada dos procedimentos utilizados, como os métodos, materiais, equipamentos e serviços executados;
- análise dos resultados, demonstrados por cálculos, equações, tabelas e gráficos, além de diagnósticos apurados e comentários finais;
- digrama unifilar contendo resumo dos resultados, tais como: valor do IGG, irregularidade, IDS etc.;
- cadastro contínuo de reparos superficiais e profundos em termos de diagrama unifilar com as locações onde deverão ser realizados estes reparos e planilha indicando as áreas individuais de reparos superficiais e de reparos profundos.

Os diagramas unifilares devem ser apresentados seguindo os modelos apresentados na Figura D-1 do Anexo D.

6.2 Avaliação Estrutural dos Pavimentos

O relatório técnico da avaliação estrutural do pavimento existente deve apresentar:

- as características gerais dos locais avaliados;
- a descrição das metodologias e equipamentos utilizados nas avaliações;
- a descrição dos resultados obtidos, com análise estatística dos resultados, demonstrados por meio de cálculos, equações, tabelas e gráficos, além de apurados diagnósticos de

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

cada avaliação das condições estruturais do pavimento;

- o certificado de calibração do equipamento com data inferior a 1 ano em relação à data do levantamento e, para o caso de emprego da viga *Benkelman*, o comprovante de pesagem do caminhão utilizado.

O relatório técnico deve ser ilustrado com gráficos, por faixa de rolamento, dos valores individuais das deflexões recuperáveis medidas ao longo de toda a extensão da rodovia inventariada, conforme modelo da Figura D-2 do Anexo D, além de gráficos de deflexões características e raios de curvatura, devendo-se adotar formato de folha ABNT A-4 ou A-3 para as ilustrações.

6.3 Inventário da Avaliação Funcional e Estrutural dos Pavimentos

O relatório técnico do inventário das avaliações funcional e estrutural do pavimento existente deve conter os resultados dos levantamentos funcionais e estruturais, a estrutura do pavimento avaliado, com o auxílio de tabelas e gráficos, apresentando as condições do estado da superfície do pavimento, o conforto das faixas de tráfego, as condições estruturais do pavimento, além da análise estrutural por meio de critérios mecanísticos. O relatório técnico deverá ser ilustrado com gráficos, por faixa de tráfego, dos resultados dos levantamentos funcionais e estruturais realizados em todo o trecho inspecionado, conforme modelos do Anexo D e E, devendo-se adotar formatos de folha ABNT A-4 ou A-3 para a representação destes gráficos.

O diagnóstico da avaliação funcional e estrutural do pavimento deve ser realizado conforme a IP-DE-P00/002.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **AASHTO – Guide for design of pavement structures**. Washington, 1986. 280 p.

2 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 006/2003 – PRO.** Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro, 2003. 10 p.

3 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-PRO 182/94.** Medição da irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores IPR/USP e Maysmeter. Rio de Janeiro, 1994. 9 p.

4 ____. **DNER-PRO 164/94.** Calibração e controle de sistemas de medidores de irregularidade de superfície de pavimento (sistemas integradores IPR/USP e Maysmeter). Rio de Janeiro, 1994. 18 p.

5 ____. **DNER-PRO 229/94.** Manutenção de sistemas medidores de irregularidade de superfície de pavimento – Integrator IPR/USP e Maysmeter. Rio de Janeiro, 1994. 7 p.

6 ____. **DNER-ES 173/86.** Método de nível e mira para calibração de sistemas medidores

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

de irregularidade tipo resposta. Rio de Janeiro, 1986. 13 p.

7 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E 1845-15:** Standard Practice for Calculating Pavement Macrotexture Mean Profile Depth. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016. 5 p.

8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16504**. Misturas asfálticas - Determinação da profundidade média da macrotextura superficial de pavimentos asfálticos por volumetria - Método da mancha de areia. Rio de Janeiro, 2016.

9 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E 1960-07 (2015):** Standard Practice for Calculating International Friction Index of a Pavement Surface. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2023. 5 p.

10 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E 965-15 (2019):** Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019. 4 p.

11 ____. **DNER-ME 024/94.** Pavimento – Determinação das deflexões pela viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994. 6 p.

12 ____. **DNER-PRO 175/94.** Aferição de viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994. 11 p.

13 ____. **DNER-ME 061/94.** Pavimento – Delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994. 8 p.

14 ____. **DNER-PRO 273/96**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo *Falling Weight Deflectometer* – FWD. Rio de Janeiro, 1996. 4 p.

15 ____. **DNIT 162/2012 – PRO.** Pavimentos - Determinação de deflexões utilizando o Deflectógrafo Lacroix - Procedimento. Rio de Janeiro, 2012. 9 p.

16 ____. **DNIT 163/2012 – PRO.** Calibração do Deflectógrafo Lacroix - Procedimento. Rio de Janeiro, 2012. 9 p.

17 ____. **DNIT 170/2016 – PRO.** Pavimentos - Determinação de deflexões utilizando o Curviâmetro - Procedimento. Rio de Janeiro, 2016. 14 p.

18 ____. **DNIT 171/2016 – PRO.** Calibração dos sensores do deflectógrafo Curviâmetro - Procedimento. Rio de Janeiro, 2020. 8 p.

19 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 4748-10 (2015):** Determining the Thickness of Bound Pavement Layers Using Short-Pulse Radar. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015. 6 p.

20 ____. **DNIT 063/2004 – PRO.** Pavimento rígido – Avaliação subjetiva. Rio de Janeiro, 2004. 15 p.

21 ____. **DNIT 062/2004 – PRO.** Pavimento rígido – Avaliação objetiva. Rio de Janeiro,

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

2004. 29 p.

22 ____. **DNIT 060/2004 – PRO.** Pavimento rígido – Inspeção visual. Rio de Janeiro, 2004. 22 p.

23 ____. **DNIT 055/2004 – ME.** Pavimento rígido – Prova de carga estática para determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base em projeto e avaliação de pavimento. Rio de Janeiro, 2004. 6 p.

24 ____. **DNER-PRO 010/79.** Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis – Procedimentos "A". Rio de Janeiro, 1979. 31 p.

25 ____. **DNER-PRO 011/79.** Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis – Procedimento "B". Rio de Janeiro, 1979. 16 p.

_____

/ANEXO A

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

MINUTA

ANEXO A – MODELO DE INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMIRRÍGIDOS

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

INVENTÁRIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS
DNIT 006/2003 - PRO

RODOVIA: TRECHO: **Estaca 0 - Estaca 100** FAIXA: **DIREITA** FOLHA: **01/01**
SEGMENTO: TIPO DE REVESTIMENTO: **CBUQ** OPERADOR: DATA:

Estaca	OK	FC - 1 Área (%)	FC - 2 Área (%)	FC - 3 Área (%)	ALP	ATP	O	PANELA Área (%)	EX	DESGASTE Área (%)	R	ALC	ATC	E	FLECHAS T.R.I (mm)	FLECHAS T.R.E (mm)	OBS
0		30	15	0				0,0		100	x				2	1	
2		20	15	0	x			0,0		100					3	3	
4		30	20	0				0,0		100	x				2	2	
6		20	10	0				0,0		100					2	2	
8		40	15	5	x			0,0		100					3	1	
10		30	10	0				0,0		100	x				4	4	
12		20	15	5				0,0		100					5	5	
14		20	10	0				0,0		100					5	5	
16		15	10	0	x			0,0		100					6	6	
18		20	20	10				0,0		100					6	6	
20		30	15	0				0,0		100					4	4	
22		30	20	5				0,0		100					2	2	
24		40	15	15				0,0		100					2	2	
26		30	20	0				0,0		100					5	5	
28		20	10	10				0,0		100					5	5	
30		40	20	15	x		x	1,7		100	x				8	12	
32		30	15	0	x		x	0,0		100	x	x			8	10	
34		20	20	0	x		x	1,1		100		x			12	10	
36		30	15	0	x		x	0,0		100		x			10	12	
38		40	20	20				0,6		100		x			8	12	
40		30	30	20				0,0		100		x			6	10	
42		20	10	0				0,0		100	x	x			4	6	
44		20	20	0				0,0		100		x			18	18	
46		30	15	20				0,0		100		x			7	6	
48		20	10	0				0,0		100	x	x			18	18	
50		20	10	20				0,0		100					8	13	
52		30	20	10	x			0,6		100	x				10	10	
54		20	15	5	x			0,0		100					8	8	
56		20	15	0				0,0		100					5	5	
58		20	20	10				0,0		100	x				12	12	
60		30	15	0				0,0		100					4	4	
62		20	10	5				0,0		100					2	2	
64		15	10	0				0,0		100					2	2	
66		20	15	5				0,0		100	x				5	5	
68		15	10	10	x			0,6		100		x			10	10	
70		15	15	10	x			0,0		100		x			12	12	
72		30	20	15	x			1,1		100	x	x			10	10	
74		20	15	10	x			0,0		100		x			8	8	
76		15	10	5				0,0		100					5	5	
78		20	15	0				0,0		100					2	2	
80		30	20	15				1,1		100	x				2	2	
82		20	15	20				0,6		100					5	5	
84		20	15	15	x			0,6		100	x				10	10	
86		30	15	10				1,1		100					5	5	
88		20	20	15				1,7		100	x				5	5	
90		30	15	10	x			0,6		100	x				12	12	
92		20	15	0				0,0		100					2	2	
94		20	15	5				0,0		100					2	2	
96		20	15	0				0,0		100					4	4	
98		40	20	10			x	0,6		100		x			12	12	
100		30	20	10				0,0		100		x			14	14	

Figura A-1 – Modelo de Inventário do Estado da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos

/ANEXO B

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

MINUTA

ANEXO B – MODELO DE PLANILHA – CADASTRO CONTÍNUO DE REPAROS SUPERFICIAIS E PROFUNDOS

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

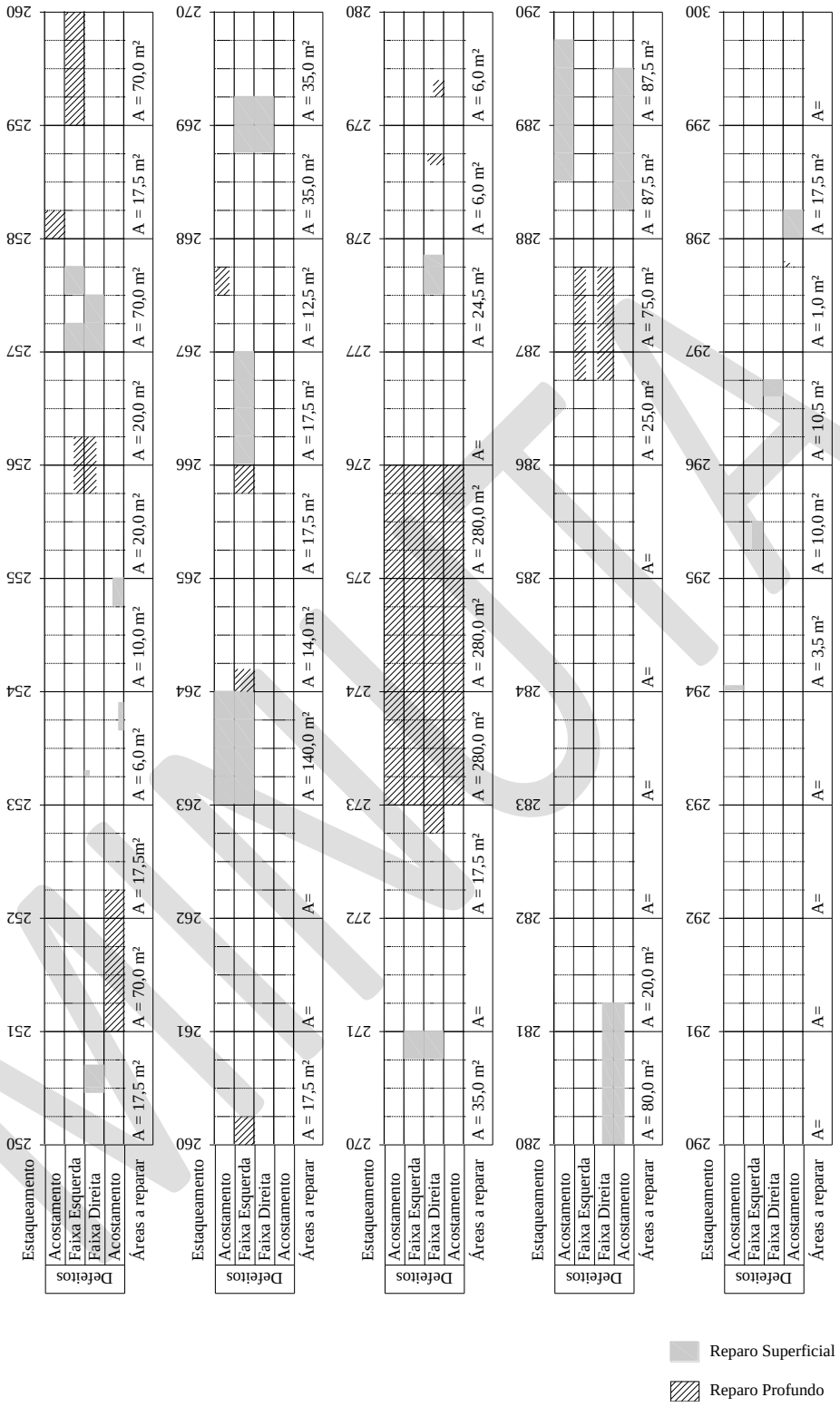


Figura B-1 – Modelo de Cadastro Contínuo de Reparos Superficiais e Profundos

/ANEXO C

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

MINUTA

ANEXO C – GRÁFICO DE FATOR DE CORREÇÃO DA DEFLEXÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

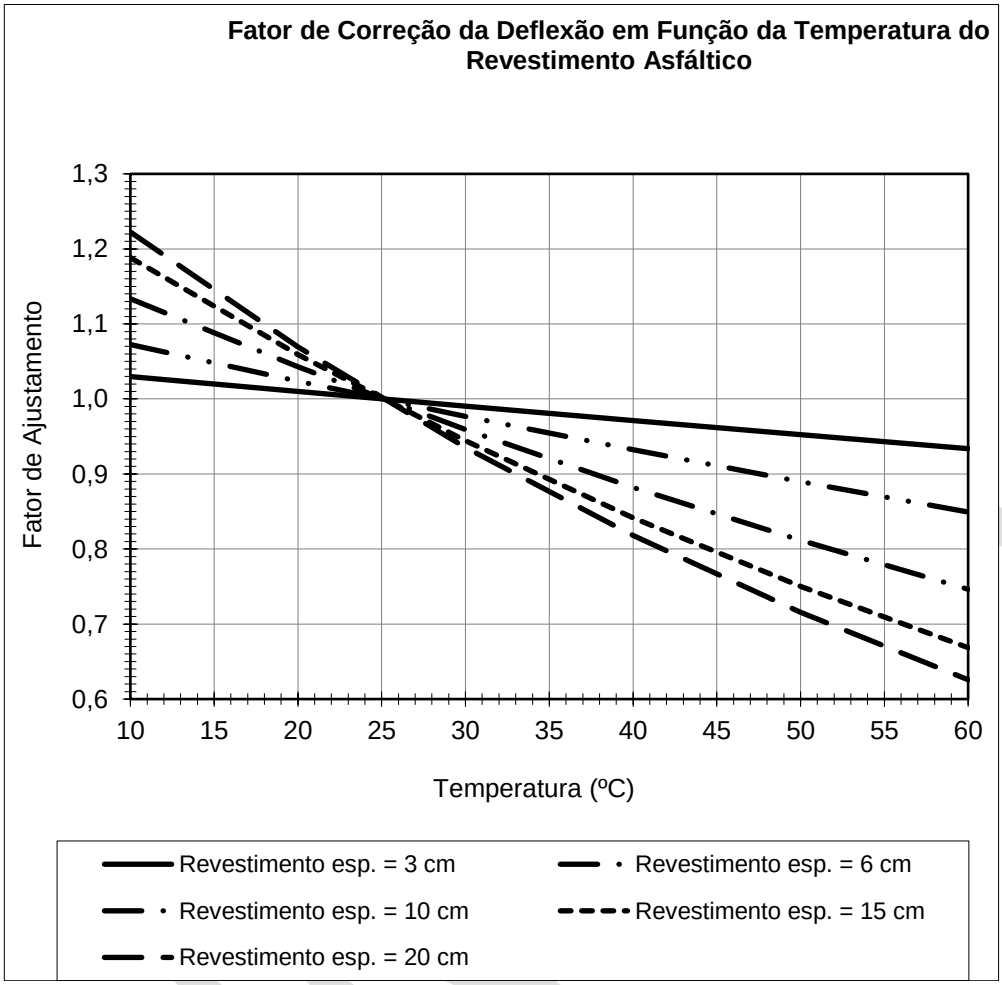


Figura C-1 – Gráfico de Fator de Correção da Deflexão em Função da Temperatura do Revestimento Asfáltico

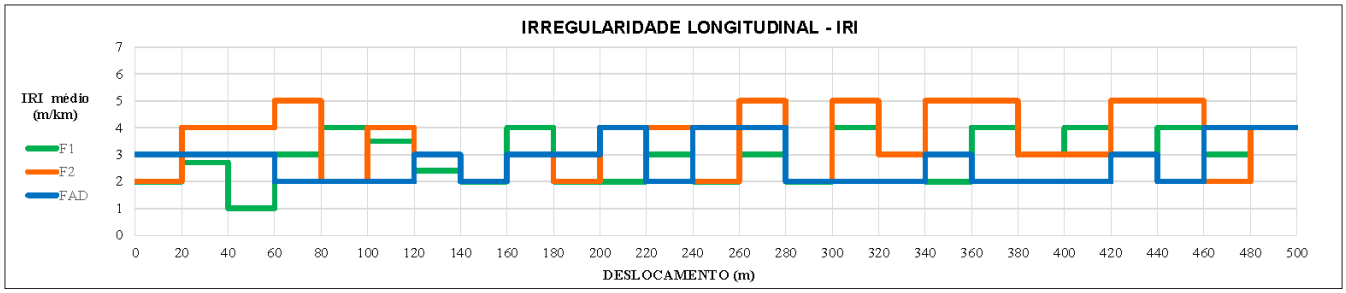
/ANEXO D

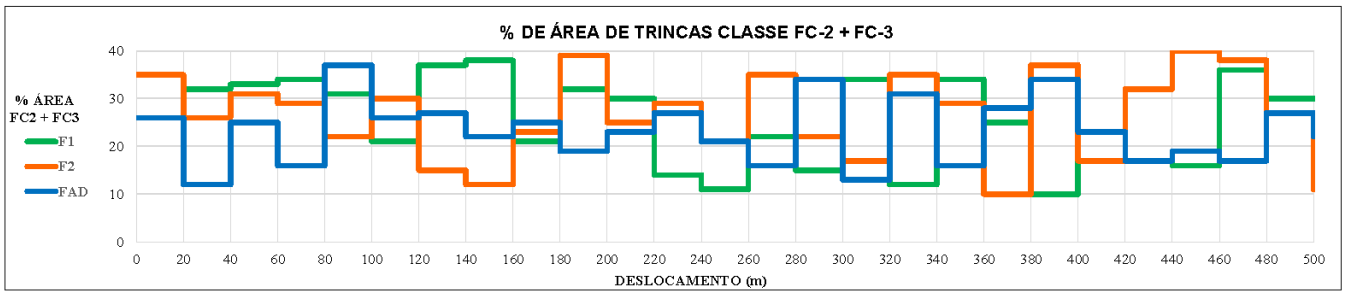
Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

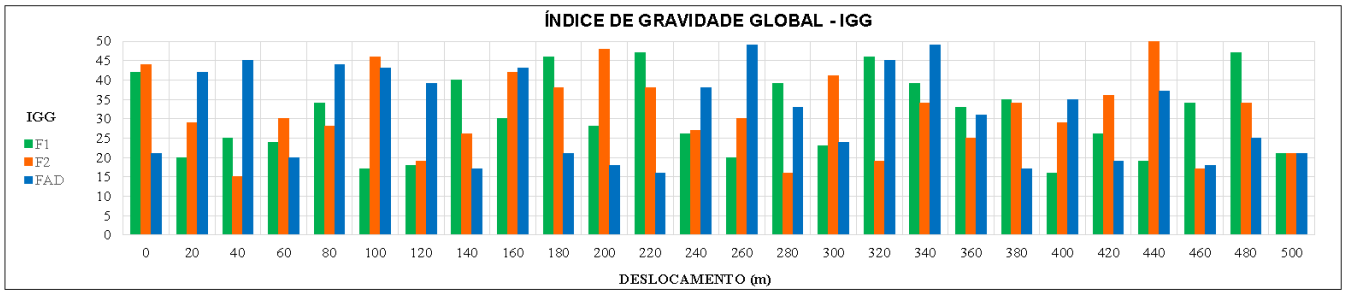
MINUTA

ANEXO D – MODELO DE GRÁFICOS DE AVALIAÇÕES FUNCIONAIS E ESTRUTURAIS

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.







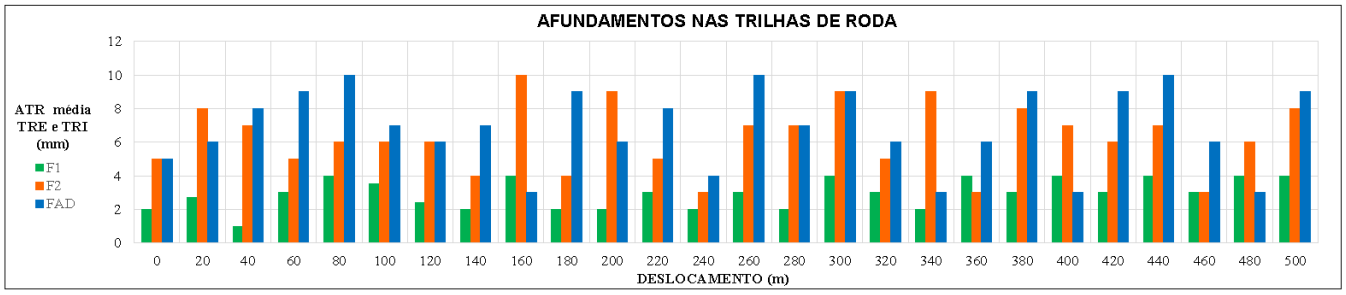
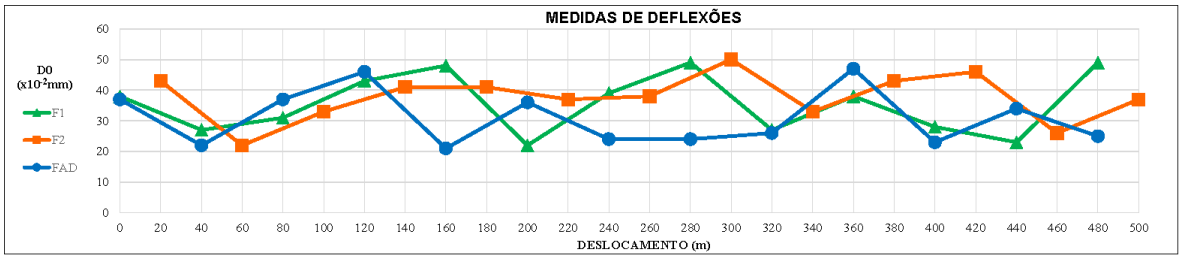


Figura D-1 – Gráficos das Avaliações Funcionais

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.



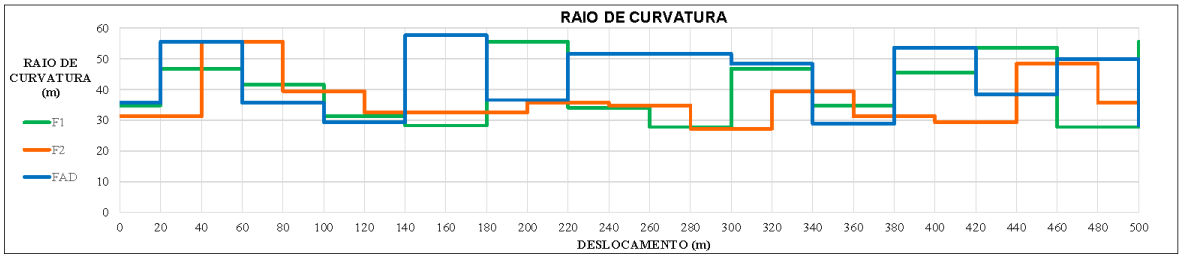


Figura D-2 – Gráficos das Avaliações Estruturais

_____

/ANEXO E

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

MINUTA

ANEXO E – MODELO DE FICHA RESUMO DE AVALIAÇÕES FUNCIONAIS E ESTRUTURAIS

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

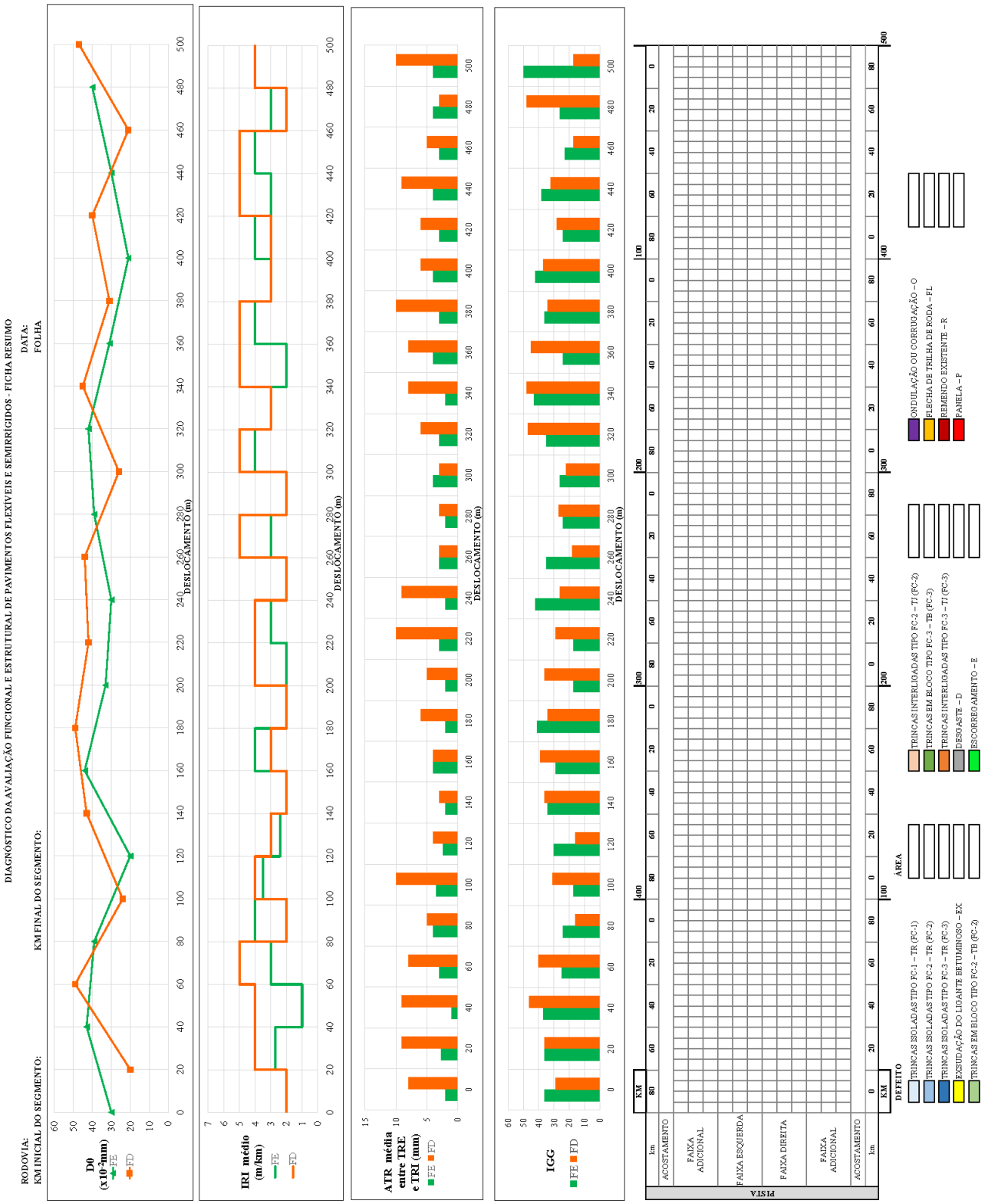


Figura E-1 – Ficha Resumo do Diagnóstico das Avaliações Funcionais e Estruturais para Pista Simples

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

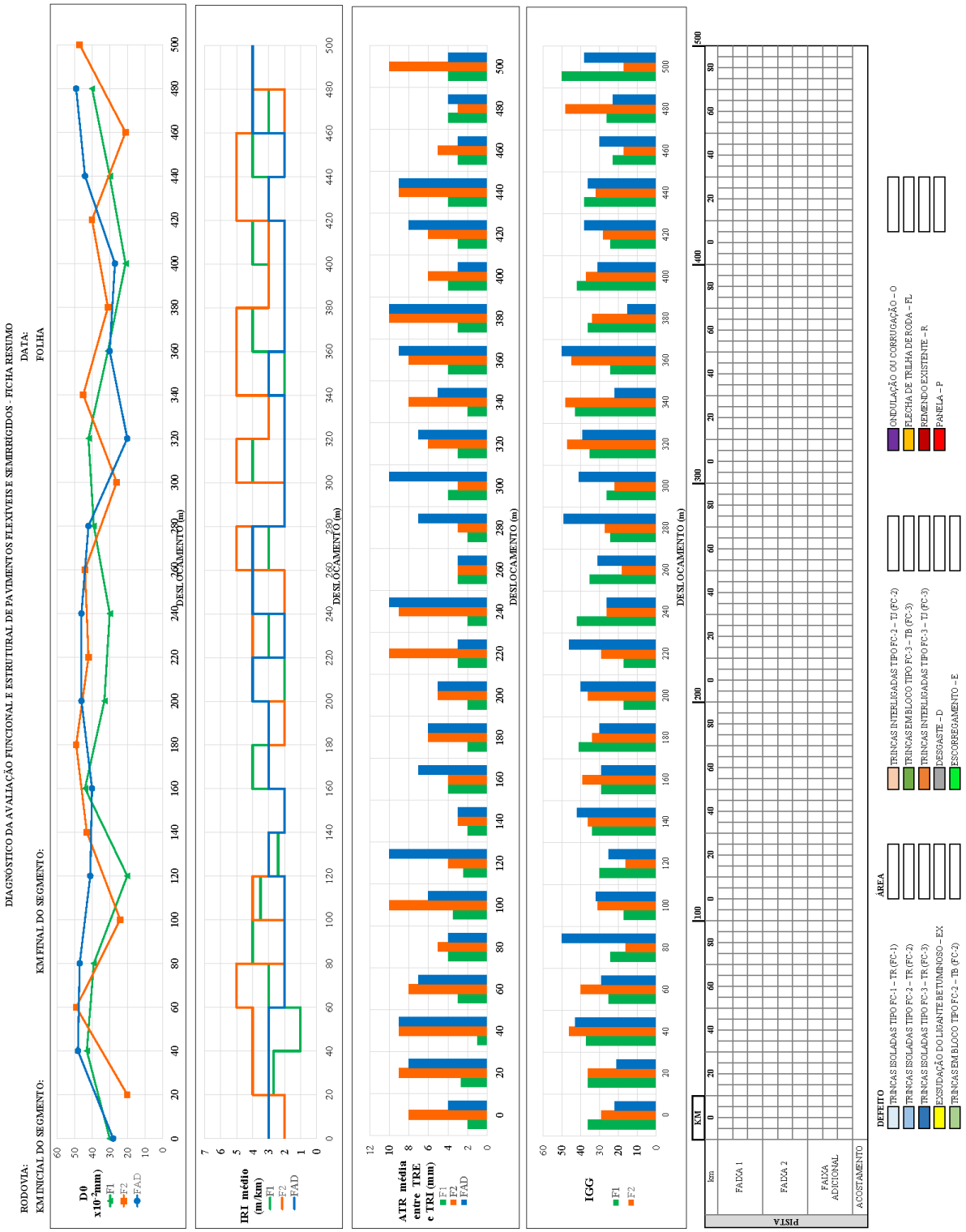


Figura E-2 – Ficha Resumo do Diagnóstico das Avaliações Funcionais e Estruturais para Pista Dupla

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.