

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS ASFÁLTICAS: ESTUDO DE CASO NA RODOVIA MG-190

Vânia Daniela Marcato¹
Ricardo Fonseca de Oliveira²

RESUMO

Com o grande avanço tecnológico, muito se tem analisado sobre as patologias nas construções civis, ou seja, as doenças generalizadas na mesma. Tais condições pode-se atribuir a obras de pavimentação. O estudo de suas manifestações engloba as doenças que tem como origem um projeto mal executado, ou um processo construtivo deficiente, que podem surgir dentro da estrutura do pavimento ou simplesmente em sua superfície. Elas podem ser de grande ou pequena percepção. Neste estudo, analisou-se as principais e mais comuns manifestações que ocorrem nas pavimentações asfálticas, as características e tipos de patologias mais frequentes, por meio do levantamento do IGG - Índice de Gravidade Global em um trecho representativo da Rodovia MG-190, de acordo com as normas estabelecidas pelo DNIT, além de apontar suas possíveis causas. Os resultados indicaram que a condição da superfície do trecho apresenta IGG>160, determinado como “Péssimo”, em que grande parte das patologias identificadas associa-se, principalmente, ao fato de ser um asfalto envelhecido, exposto as características do tráfego e condições climáticas, o que leva a proposta de combinações de técnicas de restauração de pavimentos com problemas funcionais superficiais.

PALAVRAS-CHAVE: patologias, Índice de Gravidade Global, restauração.

ABSTRACT

With the great technological advance, much has been analyzed about the pathologies in the civil constructions, that is, the generalized diseases in the same. Such conditions can be attributed to paving works. The study of its manifestations encompasses the diseases that originate from a poorly executed project, or a deficient construction process, that may arise within the pavement structure or simply on its surface. They can be of great or small perception. In this study, we analyzed the main and most common manifestations that occur in asphalt pavements, the characteristics and types of most common pathologies, by surveying the IGG - Global Gravity

¹ Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Mário Palmério - UNIFUCAMP

² Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Index in a representative section of the MG-190 Highway, according to with the norms established by DNIT, besides pointing out their possible causes. The results indicated that the surface condition of the stretch presents IGG > 160, determined as “Terrible”, where most of the identified pathologies are mainly associated with the fact that it is an aged asphalt, exposed to traffic characteristics and weather conditions. This leads to the proposal of combinations of floor restoration techniques with superficial functional problems.

KEYWORDS: pathologies, Global Severity Index, restoration.

1 INTRODUÇÃO

O termo patologia é derivado do grego (pathos - doença, e logia- ciência, estudo), e está interligado diretamente ao significado estudo das doenças.

Com o grande avanço tecnológico, muito se tem analisado sobre as patologias nas construções civis, ou seja, as doenças generalizadas na mesma. Tais condições pode-se atribuir a obras de pavimentação.

O estudo de suas manifestações engloba as doenças que tem como origem um projeto mal executado, ou um processo construtivo deficiente, que podem surgir dentro da estrutura do pavimento ou simplesmente em sua superfície. Elas podem ser de grande ou pequena percepção. As mais comuns são: afundamentos, trincamentos, desintegrações, deformações, exsudação, panelas, entre outras.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é descrever causas e soluções para as patologias encontradas nas estruturas asfálticas.

1.1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Descrever as principais e mais comuns manifestações que ocorrem nas pavimentações asfálticas e apontar quais as características de cada uma para que elas possam ser reconhecidas, reforçadas e recuperadas;

- Definir os tipos de patologias mais frequentes em um trecho da MG-190, a fim de identificar, e contribuir para soluções técnicas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No decorrer de sua vida útil, os materiais de construção apresentam deteriorações naturais inevitáveis, que alteram suas propriedades mecânicas ao longo do tempo, ou seja, apresentam perda de qualidade estrutural ou funcional.

No caso dos pavimentos, esta degradação é iniciada no processo de construção, seguida por fatores externos, como características do tráfego e condições climáticas.

De acordo com Balbo (2007, p. 257), tal fato se traduz nos materiais de camadas de pavimentos, sendo sua degradação motivada por cargas de veículos, produtos químicos e ações ambientais, como temperatura e umidade, etc.

As patologias estão ligadas aos materiais escolhidos e suas degradações estruturais, e além disto, também a erros de projeto ou execução.

Podem ser classificadas como físicas e funcionais. São elas:

- **Físicas**: em relação a estrutura do pavimento, irregularidades longitudinais e transversais, deformações plásticas ligadas a natureza estrutural de cada camada do pavimento;
- **Funcionais**: em relação qualidade de rolamento, ou seja, irregularidades na superfície do pavimento.

Lembrando que uma está diretamente associada a outra, uma vez que, falhas nos elementos estruturais trarão consequências funcionais e o comportamento contrário, também.

O solo natural não é suficientemente resistente, então, torna-se necessária a construção do pavimento, uma estrutura construída sobre o subleito para suportar as cargas dos veículos, distribuindo-as às suas diversas camadas e ao subleito, limitando as tensões e as deformações, garantindo desempenho adequado e duradouro da via.

A pavimentação objetiva garantir a trafegabilidade e proporcionar conforto e segurança aos usuários, ao qual, o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois, os defeitos ou irregularidades são percebidos na trafegabilidade e afetam seu conforto e atender o conforto ao rolamento também significa economia nos custos de transporte, pois, o veículo também sofre as consequências desses defeitos, acarretando maiores gastos com manutenção, consumo de combustível, pneus, tempo de viagem, entre outros.

As estradas brasileiras são pavimentadas em grande parte, mas, devido a existência de muitas patologias, possuem uma qualidade muito baixa, portanto, é importante que os profissionais conheçam os principais problemas que afetam esse sistema.

Os dois tipos básicos de pavimentos rodoviários no Brasil, são os pavimentos rígidos e os flexíveis, popularmente conhecidos como pavimentos de concreto e pavimentos asfálticos, respectivamente.

2.1 Pavimentos rígidos

De acordo com Bernucci, et al. (2008), os pavimentos de concreto-cimento são aqueles em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland. Nesses pavimentos a espessura é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes. As placas de concreto podem ser armadas com barras de aço, ou não. São mais rígidos e absorvem mais os esforços. Eles distribuem as cargas em uma área maior, ao invés concentrá-las em um único ponto e nas camadas inferiores.

2.2 Pavimentos flexíveis

O pavimento flexível é composto por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. Tais camadas recebem e distribuem os esforços aplicados na superfície, e podem sofrer deformações elásticas significativas, também chamadas de deflexão.

O revestimento é feito por uma mistura basicamente de agregados e ligantes asfálticos. Já as camadas de base, sub-base e reforço do subleito são feitas de material granular ou estabilizadas (com aditivos).

Dependendo das características de suporte do subleito, um pavimento flexível pode ser constituído por uma das seguintes formas:

- Revestimento + base;
- Revestimento + base + sub-base;
- Revestimento + base + sub-base + reforço do subleito.

A grande maioria das estradas brasileiras são de pavimentos do tipo flexível, portanto, este artigo trata-se em relação a esse tipo de pavimento.

2.3 Defeitos de superfície

A cada tipo de defeito são associadas algumas causas prováveis para seu aparecimento na superfície. O levantamento destes defeitos tem por finalidade avaliar o estado de conservação dos pavimentos asfálticos. O diagnóstico da situação, a compreensão das causas dos defeitos é uma etapa muito importante do levantamento da condição funcional, que vai definir projeto de restauração ou de manutenção, o que permite diagnosticar a situação funcional do pavimento e assim, definir a solução mais adequada para restaurar o pavimento.

2.4 Causas dos defeitos e importância do diagnóstico correto

Aqui fala-se sobre o surgimento dos defeitos no pavimento e a importância do diagnóstico correto.

2.4.1 Surgimento dos defeitos no pavimento

Segundo Bernucci, et al. (2008, p. 414), os defeitos de superfície podem aparecer precocemente (devido a erros ou inadequações) ou a médio ou longo prazo (devido à utilização pelo tráfego e efeitos das intempéries), ou seja, efeito das chuvas, temperaturas baixas e altas, e à oxidação do cimento asfáltico de petróleo (CAP), que reage com o oxigênio do ar, causando seu envelhecimento.

Dentre os erros, destacam-se:

- Erros de projeto do pavimento;
- Erros na seleção, dosagem e produção de materiais utilizados na camada asfáltica;
- Erros ou inadequações construtivas do pavimento;
- Erros ou inadequações nas alternativas de conservação e manutenção;
- Excesso de carga nas rodovias;
- Espessuras menores que as previstas em projeto;
- Falta de compactação apropriada das camadas, causando deformações e afundamentos excessivos ou rupturas localizadas;
- Técnica de compactação inadequada, com uso de equipamentos de baixa eficiência;

- Compactação de misturas asfálticas em temperaturas inadequadas ou variabilidade de temperatura na massa asfáltica durante o processo de compactação;
- Erros nas taxas de imprimação ou de pintura de ligação, entre outros;
- Seleção incorreta de solo para reforços do subleito ou para misturas;
- Seleção imprópria de agregados e de graduação para compor bases e sub-bases, ou ainda revestimentos asfálticos;
- Dosagem incorreta de materiais estabilizados com cimento ou cal;
- Dosagem incorreta do teor de ligante asfáltico nas misturas asfálticas;
- Variações de materiais e teores durante a usinagem;
- Uso de temperatura inadequada na usinagem das misturas asfálticas, entre outros.

2.4.2 Importância do diagnóstico correto

Para a correção de defeitos em pavimentos, o diagnóstico geral dos defeitos de superfície é imprescindível antes da restauração, para o estabelecimento da melhor solução para o pavimento.

Para tanto, recomenda-se: verificação *in situ* dos problemas de superfície, relações com as condições geométricas, dos taludes e de drenagem; levantamento de dados climáticos, de tráfego, de mapas geológicos, pedológicos ou geotécnicos; levantamento de memórias técnicas e de relatórios de projeto e de controle; e estabelecimento de um cenário global dos defeitos e sua relação com todos os dados observados e levantados. (BERNUCCI, et al., 2008, p. 415).

Segundo Haas e Hudson (1978), a avaliação de pavimentos é uma das principais etapas de um sistema de gerência de pavimentos, pois, é por meio dela que se pode verificar se o pavimento necessita manutenção, reconstrução, se foi bem construído e se está atendendo às especificações para as quais foi dimensionado em projeto.

2.5 Terminologia

Em conformidade com a norma DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos: terminologia, os defeitos de superfície são os danos na superfície dos

pavimentos asfálticos que são classificados segundo uma terminologia normatizada, e considerados para cálculo do IGG (Índice de Gravidade Global), indicador de qualidade da superfície do pavimento.

Os tipos de defeitos catalogados pela norma brasileira são:

- Fendas (F);
- Afundamentos (A);
- Corrugações ou ondulações transversais (O);
- Exsudação (Ex);
- Desgaste ou desagregação (D);
- Panela ou buraco (P), e;
- Remendos (R).

O IGG ou o Índice de Gravidade Global é um indicativo da qualidade da pista.

Para obter o IGG, os defeitos da pista são transformados em números, os quais resultam em um valor do IGG para um trecho de pista.

De acordo com norma DNIT 006/2013 PRO, com a finalidade de conferir ao pavimento inventariado um conceito que retrate o grau de degradação atingido, é definida a correspondência apresentada na tabela a seguir:

A Tabela 1 ilustra como se determina a condição de um trecho de pista com base no IGG.

Tabela 1 - Índice IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: DNIT 006/2013 PRO.

2.6 Tipos de defeitos

A seguir, identifica-se algumas patologias nos pavimentos asfálticos, suas origens e características.

2.6.1 Fissuras e trincas (F)

Segundo a norma DNIT 005/2003 – TER, as fissuras são fendas incipientes que ainda não causam problemas funcionais ao revestimento, não sendo assim consideradas quanto à gravidade nos métodos atuais de avaliação das condições de superfície.

Podem ser classificadas como:

- **Fissuras**: quando a abertura é perceptível a olho nu em uma distância até a 1,5m; A extensão das fissuras é inferior a 30 cm;
- **Trincas**: quando a abertura é maior à da fissura;
- **Fendas**: Bernucci, et al. (2008, p. 415), diz que, representam um dos defeitos mais significativos dos pavimentos asfálticos e são subdivididas dependendo da tipologia e da gravidade.

Tipologia

- Isoladas:

Trincas transversais curtas (TTC);

Trincas transversais longas (TTL);

Trincas longitudinais curtas (TLC);

Trincas longitudinais longas (TLL) e,

Trincas isoladas retração (TRR).

- Interligadas:

De bloco (TB);

De bloco com erosão (TBE);

Tipo jacaré (J);

Tipo jacaré com erosão (JE).

A Figura 1 mostra as trincas TTC e TLC no pavimento.

Figura 1 - Trincas transversais e longitudinais curtas



Fonte: Autora (2019).

TLL – Trincas longitudinais longas: Bernucci, et al. (2008, p. 417) explica que, são falhas executivas, recalques diferenciais. Podem aparecer junto à trilha de roda ou como falha de juntas longitudinais de diferentes frentes de compactação; envelhecimento do ligante asfáltico.

TRR - Trinca de retração: De acordo com a NORMA DNIT 005/2003 – TER, 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.

TB - Trincas de bloco sem erosão, quando tendem a apresentar uma regularidade geométrica, ou seja, conjunto de trincas interligadas formando blocos retangulares com lados bem definidos, e TBE - Trincas de bloco com erosão junto às bordas. Trata-se de defeito funcional (grandes trincamentos em bloco causam irregularidades) e estrutural (reduzem a integridade estrutural do pavimento), contração da capa asfáltica devido à variação de temperatura; baixa resistência à tração da mistura asfáltica.

J - Trincas tipo couro de jacaré: quando não seguem um padrão de reflexão geométrico de trincas e têm aparência de couro de jacaré, e JE - Trincas tipo couro de jacaré com erosão junto às suas bordas. São, geralmente, derivadas da fadiga do revestimento asfáltico, devido à repetição das ações do tráfego, ação climática, envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade, envelhecimento do pavimento (fim da vida).

A Figura 2 demonstra as trincas no pavimento.

Figura 2 - Trincas tipo couro de jacaré



Fonte: Autora (2019).

2.6.2 Afundamentos (A)

Bernucci, et al. (2008, p. 415) descreve que são derivados de deformações permanentes, seja do revestimento asfáltico ou de suas camadas subjacentes, incluindo o subleito.

Ocorrem pelo excesso de ligante na mistura asfáltica associado a altas temperaturas no rolamento, facilitando a fluidez da massa asfáltica; Densificação ou ruptura por cisalhamento de camadas subjacentes ao revestimento; Falha de compactação na construção; Problemas de drenagem; Normalmente desenvolvem-se trincas dentro das trilhas de roda ou à sua borda, em geral, sem compensação volumétrica lateral, a não ser em alguns casos de ruptura por cisalhamento.

Os afundamentos são classificados como:

- Afundamento por consolidação (AC), quando as depressões ocorrem por densificação diferencial;
- Afundamentos plásticos (AP), ocorrem principalmente devido à fluidez do material asfáltico.

2.6.3 Corrugações (O)

São deformações transversais ao longo do eixo da pista, devido à fluência da massa asfáltica, comprimento de onda da ordem de centímetros a dezenas de centímetros. Em geral, ocorre em área de aceleração ou desaceleração, rampas sujeitas ao tráfego de veículos pesados e lentos, curvas, entre outros locais.

2.6.4 Ondulações (O)

São também deformações transversais ao longo do eixo da pista, têm formas de ondas com cristas e depressões. Decorrentes da consolidação diferencial do subleito que provoca comprimentos de ondas da ordem de metros.

Ambas são classificadas pela letra (O) na norma brasileira, embora sejam decorrentes de fenômenos diferentes.

2.6.5 Exsudação (Ex)

Segundo Bernucci, et al. (2008, p. 416), é caracterizada pelo surgimento de ligante em abundância na superfície, como manchas escurecidas, decorrente em geral do excesso do mesmo na massa asfáltica. Apresenta baixo conteúdo de vazios.

2.6.6 Desgaste ou desagregação (D)

Efeito do desprendimento progressivo de agregados da superfície, causando aspereza superficial do revestimento, causado por falhas de adesividade ligante-agregado; Presença de água aprisionada e sobre pressão em vazios da camada de revestimento, gerando descolamento de ligante; Deficiência no teor de ligante; Falhas de bico em tratamentos superficiais; Problemas executivos ou de projeto de misturas.

2.6.7 Panela ou buraco (P)

Bernucci, et al. (2008, p. 416) explica que é uma cavidade no revestimento asfáltico, podendo ou não atingir camadas subjacentes.

Desintegração localizada na superfície do pavimento, local onde havia trincas interligadas e com a ação do tráfego e intempéries houve remoção do revestimento ou mesmo de parte da base; Deficiência na compactação, umidade excessiva em camadas de solo; Falha na imprimação; Desagregação por falha na dosagem; Falha na pintura de ligação em camadas de revestimento causando o destacamento.

2.6.8 Remendo (R)

É considerado um tipo de defeito por apontar um local de fragilidade e desconforto ao rolamento, apesar de ser uma atividade de conservação da superfície asfáltica.

De acordo com Bernucci, et al. (2008, p. 416), caracteriza-se pelo preenchimento de panelas ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica.

O fato é que comumente esse remendo é mal executado e ocasiona certo desnível no pavimento, gerando desconforto para os usuários da via.

A Figura 3 ilustra o remendo no pavimento.

Figura 3 – Remendo



Fonte: Autora (2019).

2.6.9 Outros defeitos

Além dos defeitos apresentados anteriormente, apesar de não interferirem nos indicadores do tipo IGG, também são considerados para melhor análise da restauração.

Escorregamento do revestimento asfáltico, polimento de agregados, bombeamento de finos, trincas distintas das anteriores como trincas de borda próximas aos acostamentos e parabólicas, falhas do bico espargidor, desnível entre pista e acostamento, marcas impressas na superfície – marcas de pneus, empolamento ou elevações por expansão ou raízes de árvores, entre outros. (BERNUCCI, L. B. et al., 2008, p. 416).

3 METODOLOGIA

3.1 Avaliação objetiva de superfície pela determinação do IGG

O DNIT 006/2003 – PRO (DNIT, 2003b) estabelece um levantamento ordenado de defeitos e atribuição do Índice de Gravidade Global (IGG), que poderá ser adotado em projetos de reforço.

São utilizadas planilhas para anotações das ocorrências, material para demarcação de estacas e áreas da pesquisa, e trena ou régua metálica para determinação do afundamento nas trilhas de roda.

Conforme Danieleski (2004), um levantamento superficial afere as condições funcionais e estruturais dos pavimentos por meio da identificação de patologias presentes na superfície dessas estruturas.

A avaliação inicia-se com o levantamento da condição de superfície de um pavimento asfáltico, análise dos defeitos e causas, e atribuição de indicadores numéricos, classificando o estado geral.

A especificação do DNIT subdivide em oito categorias de defeitos, os quais, serão utilizados para identificação e preenchimento da planilha de levantamento das ocorrências:

- **Tipo 1**: Fissuras e trincas;
- **Tipo 2**: Trincas de bloco ou tipo couro de jacaré sem erosão;
- **Tipo 3**: Trincas de bloco ou tipo couro de jacaré com erosão;
- **Tipo 4**: Afundamentos localizados ou nas trilhas;
- **Tipo 5**: Corrugação e painelas (além de ondulações);
- **Tipo 6**: Exsudação;
- **Tipo 7**: Desgaste;
- **Tipo 8**: Remendos.

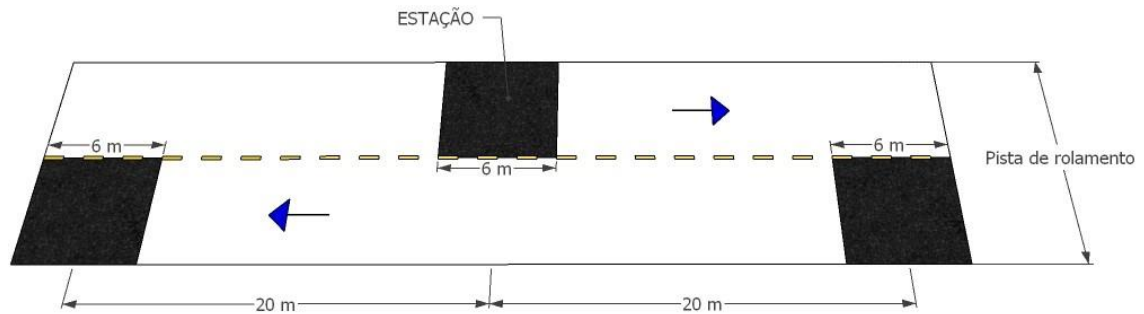
Conforme descreve Bernucci, et al. (2008, p. 425), devem ser anotados os afundamentos nas trilhas externa e na interna, e registrada a existência de afundamentos por consolidação e escorregamentos.

3.2 Inventário das ocorrências

As estações são inventariadas nas rodovias de pista simples a cada 20m, alternados entre faixas, portanto, em cada faixa a cada 40m; nas rodovias de pista dupla, a cada 20m, na faixa mais solicitada pelo tráfego, em cada uma das pistas. A superfície de avaliação corresponde a 3m antes e 3m após cada uma das estacas demarcadas, totalizando em cada estação uma área correspondente a 6m de extensão e largura igual à da faixa a ser avaliada. (BERNUCCI, L. B. et al., 2008, p. 424).

A Figura 4 ilustra um exemplo das estações para inventário em pista simples.

Figura 4 - Ilustração de demarcação de áreas no pavimento



Fonte: Autora (2019).

Anota-se em uma planilha, a terminologia e a codificação de defeitos existentes na área delimitada.

Os afundamentos nas trilhas de roda precisam ser mensurados, uma única medida em cada trilha, com o auxílio da treliça ou régua.

Com o levantamento de dados finalizado, é feita uma análise prévia de forma a subdividir a via em segmentos homogêneos, que possuam as mesmas características, ou seja, os mesmos defeitos.

3.3 Cálculos

De acordo com a planilha, contabiliza-se:

- Frequências Absolutas (f_a) de cada um dos tipos de defeitos (somatório da quantidade de estações que possuem o mesmo tipo de defeito). Defeitos do tipo 1, 2 e 3 devem ser contabilizados apenas o de maior gravidade; Defeitos do mesmo tipo devem ser contabilizados apenas uma vez.

- Frequência Relativa (f_r), referente ao conjunto das estações, é obtida por meio da Equação 1:

$$f_r = f_a \cdot \frac{100}{n} \quad (1)$$

Onde:

f_r = frequência relativa;

f_a = frequências absolutas;

n = número de estações inventariadas.

O cálculo é feito a partir da Frequência Absoluta multiplicada pela porcentagem de estações onde ocorre o tipo de defeito, de forma que 100% corresponde à totalidade das estações de um segmento.

A norma determina um fator de ponderação preestabelecido para a gravidade de cada tipo de defeito. Este fator deve ser utilizado para o cálculo do índice de gravidade individual IGI, conhecido por meio da Equação 2:

$$IGI = f_r \cdot f_p \quad (2)$$

Onde:

IGI = índice de gravidade individual de cada tipo de defeito;

f_r = frequência relativa;

f_p = fator de ponderação.

O índice de gravidade global é calculado pela seguinte expressão:

$$IGG = \sum IGI \quad (3)$$

Onde:

IGG = Índice de gravidade global do segmento em análise;

IGI = cada um dos índices de gravidade individual calculados para os oito tipos de defeitos e para as trilhas de roda.

É válido reforçar a ideia de que um bom diagnóstico dos defeitos, identificando as causas que levaram às patologias, ou seja, uma observação global, é imprescindível para um adequado projeto de restauração. O valor de IGG é um critério complementar.

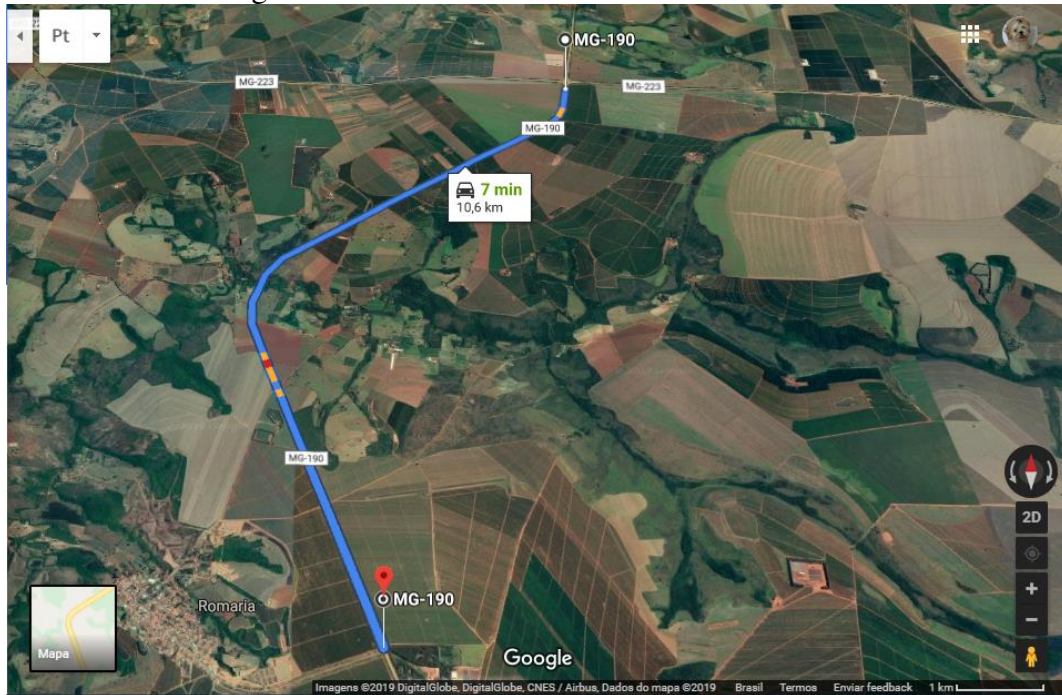
3.4 Trecho estudado

Para o estudo de caso apresentado, foi escolhido um trecho da Rodovia MG-190 construída em 1982, por se tratar de um trecho com grande fluxo diário de veículos e por apresentar uma pavimentação com alto índice de defeitos, perfazendo uma distância de aproximadamente 10 km, que se inicia no trevo de entrada da Rodovia MG-223 (KM 41,5) e finaliza no trevo de entrada da Rodovia AMG-1825 (KM 52,3), trecho destacado na Figura 5.

O método utilizado para indicativo de qualidade da pista foi o IGG - Índice de Gravidade Global. Para a realização deste método, foi feito um levantamento em campo dos defeitos

superficiais de forma amostral para 12 estações, com área e distanciamento entre elas prefixados.

Figura 5 – Trecho estudado na Rodovia MG-190



Fonte: Google (2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o estudo de caso realizado no presente trabalho, observou-se que o Índice de Gravidade Global superou a marca $IGG > 160$, o que determinou a condição da superfície do trecho como “Péssimo”.

Os tipos de patologias mais frequentes identificados, referente ao conjunto das estações, foram: Tipo 7 (99,96%); Tipo 8 (91,63%); e, Tipo 3 (83,30%), o que demonstra um trecho desgastado, com muitos remendos e muitas trincas, o que potencializa e amplifica sua deterioração cada vez maior com o passar do tempo.

A Figura 6 apresenta a Estação inventariada E3, figura típica que demonstra os defeitos Tipo 7, Tipo 8 e Tipo 3, respectivamente, configura um trecho desgastado, com remendos e grau elevado de trincas com erosão, que contribui para a evolução dos defeitos.

Figura 6 – Estação inventariada – E3



Fonte: Autora (2019).

Tal condição, leva-se, como forma de contribuir para soluções técnicas, a propor a renovação da camada de desgaste como melhoria das características funcionais superficiais do pavimento.

4.1 Técnicas de restauração de pavimentos com problemas funcionais

Apresentam-se combinações de técnicas de restauração de pavimentos com problemas funcionais superficiais:

4.1.1 Fresagem

São empregados, geralmente, tipos de revestimentos antecedidos ou não por uma remoção de parte do revestimento antigo por fresagem.

- Remoção por fresagem + reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina + tratamento superficial simples + microrrevestimento a frio (quando a superfície antiga apresenta grau elevado de trincamento e a superfície nova necessita de melhor condição de rolamento, proporcionada pelo microrrevestimento, e de liberação da pista com menor arrancamento de agregados possível). (BERNUCCI, L. B. et al., 2008, p. 468).

O microrrevestimento tem a função de reduzir a reflexão de trincas e impermeabilizar a camada antiga.

4.1.2 Reciclagem

A reciclagem de revestimento antigo deteriorado é uma alternativa utilizada para reduzir ou eliminar camadas com trincas com potencial de reflexão e, também, aumentar a capacidade de suporte, seguindo à reciclagem, uma nova camada de rolamento.

A reciclagem pode ser realizada somente com os materiais existentes fresados, mais adição de agentes rejuvenescedores e/ou ligantes asfálticos novos, ou ainda com incorporação de agregado para correção granulométrica, de espuma de asfalto ou de emulsões asfálticas e até de cimento Portland. (BERNUCCI, L. B. et al., 2008, p. 473).

A mistura reciclada pode ser executada em usina, mas, preferencialmente, é feita no próprio local da obra por recicladoras.

Bernucci, et al. (2008, p. 473) cita que os principais benefícios da reciclagem de revestimentos deteriorados são a reutilização dos agregados e do ligante asfáltico, a conservação de energia e a preservação ambiental.

Pode-se, também, fazer uso do emprego de revestimentos asfálticos com ligantes modificados por polímeros ou borracha moída de pneus que apresentem baixa rigidez, visando menor absorção de tensões e conseqüente retardamento da ascensão das trincas de reflexão.

5 CONCLUSÃO

Com base no que foi apresentado, foram mostradas as principais e mais comuns manifestações que ocorrem nas pavimentações asfálticas, as características e tipos de patologias mais frequentes no trecho, identificado com problemas funcionais superficiais, típicos de um pavimento envelhecido (fim da vida), exposto as características do tráfego e condições climáticas, e foi apresentada proposta de melhoria com técnicas de restauração de pavimentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, desde o primeiro momento em que fui abençoada ao ser aprovada no vestibular. Por me transmitir força e fé, que me acompanharam ao longo desses anos. Que não me permitiu desistir e por todas as bênçãos recebidas.

Agradeço a Universidade Unifucamp que me deu a oportunidade de cursar Engenharia Civil nesta renomada instituição, e por proporcionar um excelente ambiente educacional, além de estimular a criatividade, a interação e a participação nas atividades acadêmicas.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Civil que compartilharam seus conhecimentos em sala de aula e acompanharam a minha jornada enquanto universitária. Sou grata especialmente ao meu orientador Professor Mestre Ricardo Fonseca de Oliveira, por todo apoio, atenção, auxílio nas pesquisas e pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, Joséfa Thomé Marcato e Airton José Marcato, pela paciência e colaboração. Especialmente a minha mãe pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Meu agradecimento especial ao coordenador do curso de Engenharia Civil Professor Mestre Emiliano Silva Costa, que me deu o suporte necessário para chegar até aqui, que sempre esteve presente durante a minha formação e não mediu esforços para me orientar, acompanhar e apoiar em todos os momentos.

Meus agradecimentos aos amigos, companheiros de trabalhos que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida. Agradeço de forma especial a minha amiga Jéssica Laura por todo apoio, força e incentivo durante todo o curso e a amizade que levarei para sempre.

Agradeço ao Engenheiro Civil Valdemir Pereira dos Anjos que me deu a oportunidade de conhecer o seu trabalho por meio do estágio supervisionado e por me ensinar na prática todo o conhecimento que adquiri durante a minha graduação.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

REFERÊNCIAS

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro - RJ: Gráfica Imprinta, 2008.

Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia**. NORMA DNIT 005/2003 – TER. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dnit005_2003_ter.pdf. Acesso em: 10 set. 2019.

Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento**. NORMA DNIT 006/2003 – PRO. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/procedimento-pro/dnit006_2003_pro.pdf. Acesso em: 13 set. 2019.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

DANIELESKI, M.L. 2004. **Proposta de Metodologia para Avaliação Superficial de Pavimentos Urbanos: Aplicação à Rede Viária de Porto Alegre**. Porto Alegre, RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 151 p.

HAAS, R.; HUDSON, W. **Pavement Management Systems**. New York: Mcgraw-Hill, 1978.