



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS - UNICHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

PAULO VICTOR BARBOSA FEITOSA

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTO FLEXÍVEL: ESTUDO DE CASO
DA CE-090**

**FORTALEZA
2022**

PAULO VICTOR BARBOSA FEITOSA

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTO FLEXÍVEL: ESTUDO DE CASO
DA CE-090**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Fernando Dácio de Almeida

FORTALEZA
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F311a Feitosa, Paulo Victor.
AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS FLEXÍVEL:
ESTUDO DE CASO DA CE-090 / Paulo Victor Feitosa. - 2022.
61 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,
Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Me. Fernando Dácio de Almeida.

1. Engenharia de transportes. 2. Infraestrutura. I. Título.

CDD 624

PAULO VICTOR BARBOSA FEITOSA

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTO FLEXÍVEL: ESTUDO DE CASO
DA CE-090**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Fernando Dácio de Almeida
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Profa. Ma. Alessandra Honório Oliveira
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Me. Fernando Feitosa Monteiro
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso contou com o apoio de diversas pessoas, dentre as quais agradeço:

Aos meus pais Paula e Pedro, que nunca deixaram de acreditar em mim e sempre me incentivaram.

Ao meu irmão Pedro Paulo, que sempre me apoiou e me aconselhou nos momentos cruciais.

Ao professor orientador Fernando Dácio de Almeida, que sempre foi solícito, preparado e admirável durante os 12 meses de elaboração do projeto.

Aos professores orientadores Alessandra Honório Oliveira e Fernando Feitosa Monteiro, que acompanharam pontualmente e deram todo o auxílio necessário para a elaboração do projeto.

Aos meus amigos Yago Farias, Jorge Pinheiro e Filipe Braid pela colaboração no processo de obtenção de dados da pesquisa.

RESUMO

O transporte rodoviário brasileiro é a matriz de transporte mais utilizada no Brasil, sendo o setor com o maior número de usuários tanto para o transporte de pessoas como para o transporte de cargas. Todavia, o Brasil não possui pavimentos condizentes com o volume de usuários, prejudicando a qualidade de vida e as atividades financeiras daqueles que utilizam suas rodovias. Tendo em vista a importância do planejamento e gestão eficiente dos escassos recursos públicos para a manutenção de uma rodovia, este trabalho, por meio de um estudo de caso, realiza uma Avaliação Funcional de Pavimentos com Ênfase nos custos de Manutenção da rodovia CE-090, objetivando fomentar uma gestão mais eficiente da rodovia. Nesse contexto, será analisada a influência do tráfego no desgaste do pavimento, a avaliação funcional do pavimento e a realização de orçamento de duas intervenções, uma de recapeamento e outra de duplicação completa e reestruturação. Para tal, foi realizada uma revisão bibliográfica acerca dos pavimentos brasileiros, seus tipos, suas camadas, seus defeitos, seus tipos de manutenção e sobre os métodos de avaliação de pavimento. Desse modo, os métodos de avaliação adequados para a rodovia selecionada para o estudo de caso puderam ser estabelecidos sob a ótica da necessidade dos recursos e da sua precisão. Assim, foram selecionadas as seguintes ferramentas de avaliação: método de avaliação subjetiva de superfície com levantamento visual e o método da avaliação superficial contínua. A partir de então, foi possível estabelecer o índice de condição de pavimentos flexíveis, índice de gravidade global expedito, índice do estado de superfície e índice de serventia. Os resultados mostram que poderiam ser realizadas duas intervenções, porém a intervenção mais efetiva seria uma reestruturação da rodovia e a duplicação das faixas existentes.

Palavras-chave: Pavimentação. Manutenção de pavimentos. Avaliação funcional de pavimentos. Pavimentos flexíveis. Orçamento.

ABSTRACT

Brazilian road transport is the most used transport matrix in Brazil. It is the sector with the most users both for the transportation of people and for the transportation of goods. However, Brazil does not have road surfaces suitable for the volume of users, which affects the quality of life and financial activities of those who use the highways. Considering the importance of efficient planning and management of scarce public resources to maintain a high quality highway, this work uses a case study to perform a functional evaluation of road pavements focusing on the maintenance costs of CE - 090 to promote a more efficient management of the highway. In this context, the influence of traffic on pavement wear, the functional evaluation of the pavement and the budgeting of the proposed measures are analyzed. For this purpose, a literature review was conducted on Brazilian pavements, their types, layers, pathologies, types of maintenance and on pavement evaluation methods. In this way, it was possible to identify the appropriate methods for the road selected for the case study, from the point of view of resource requirements and their accuracy. Thus, the following evaluation tools were selected: the subjective surface evaluation method with visual survey and the continuous surface evaluation method. From then on, it was possible to determine the condition index of flexible pavements, the accelerated global gravity index, the surface condition index, and the usefulness index. The results show that two interventions could be implemented, but the most effective intervention would be to restructure the highway and double the existing lanes.

Keywords: Paving. Floor maintenance. Functional evaluation of pavements. Flexible floors. Budget.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico de qualidade dos pavimentos no Brasil.....	12
Figura 2: Valores investidos nos últimos 10 anos.....	13
Figura 3: Histórico CE-090.....	14
Figura 4: Investimento público federal em rodovias como percentual do PIB... 18	
Figura 5: Corte transversal do pavimento asfáltico.....	19
Figura 6: Representação das Cargas nos pavimentos.....	20
Figura 7: Comparativo de pavimentos.....	21
Figura 8: Tipos de Trincas.....	23
Figura 9: Exemplo de Exsudação.....	24
Figura 10: Exemplo de Afundamento e Escorregamento.....	25
Figura 11: Exemplos de Desgaste e Trincas do Tipo Jacaré.....	26
Figura 12: Execução de Tratamento Superficial.....	27
Figura 13: Ficha de Avaliação de Serventia.....	29
Figura 14: Curva de Desempenho do Pavimento.....	30
Figura 15: Curva de Desempenho com Manutenção.....	31
Figura 16: Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos.....	32
Figura 17: Treliça para medição das flechas da trilha de roda.....	32
Figura 18: CE – 090 Completa.....	37
Figura 19: Fluxograma.....	41
Figura 20: Foto da primeira seção.....	43
Figura 21: Frequência absoluta de defeitos.....	44
Figura 22: Foto da seção 9 com ênfase em remendos.....	45
Figura 23: Seção 6 da CE-090.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução da rede rodoviária federal e estadual (km)	16
Tabela 2: Custo do Brasil com acidentes rodoviários.	17
Tabela 3: Fator ponderação dos defeitos.	33
Tabela 4: Grau de degradação	35
Tabela 5: Frequência de defeitos.....	40
Tabela 6: Conceitos do ICPF	40
Tabela 7: Cálculo do IES	41
Tabela 8: Ocorrência de defeitos	46
Tabela 9: Índice de condição do Pavimento Flexível	47
Tabela 10: Cálculo do IGGE	48
Tabela 11: Índice do Estado da Superfície do pavimento.....	49
Tabela 12: Orçamento número 1	52
Tabela 13: Orçamento número 2	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo geral	15
1.1.2 Objetivos específicos	15
1.2 ESTRUTURA DE PESQUISA	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 MALHA RODOVIÁRIA BRASILEIRA	16
2.2 DEFINIÇÃO DE PAVIMENTO	18
2.3 ESTRUTURA DE PAVIMENTAÇÃO	21
2.4 DEFEITOS EM PAVIMENTOS	22
2.5 MANUTENÇÃO	26
2.6 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS	28
2.6.1 Avaliação funcional de pavimentos	29
3. METODOLOGIA	36
3.1 RODOVIA CE – 090	37
3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	38
3.3 MÉTODO DE TRABALHO	39
3.4 ORÇAMENTOS	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO	45
4.2 DETERMINAÇÃO DO VALOR DE SERVIENTIA (VSA)	49
4.3 DIFERENÇAS ENCONTRADAS EIS X VSA	50
4.4 SOLUÇÕES PROPOSTAS	51
5. CONCLUSÃO	54

1. INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é o trânsito realizado por vias terrestres, independente de qual seja a rodovia. Tal opção de transporte é a mais utilizada no mundo, sendo utilizada para todos os tipos de cargas, como mercadorias, pessoas e cargas vivas. Seus principais atributos positivos são: velocidade na entrega de curta distância, facilidade na alteração e na escolha de rotas; o meio de transporte vai até a pessoa ou mercadoria; funciona muito bem em conexão com outros meios de transporte. Seus principais pontos negativos são: tem maior custo; possui menor capacidade de carga; gera mais poluição que seus concorrentes.

Segundo o manual de pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2006), o pavimento flexível apresenta várias camadas de espessuras definidas construídas sobre uma superfície plana, destinada a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, proporcionando melhores condições de rolamento. É composto por uma mistura constituída de agregados e ligantes asfálticos sendo divididos em 4 camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço de subleito.

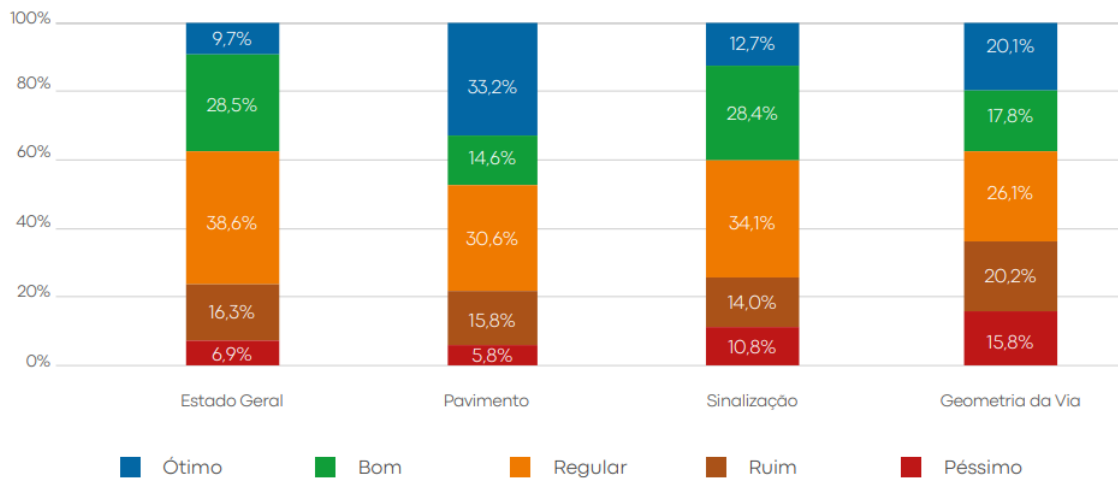
No Brasil, o transporte rodoviário representa a maior parcela da matriz de transportes, chegando a representar até 75% do total, de acordo com a Fundação Dom Cabral (2015). Segundo a Confederação Nacional do Transporte - CNT (2021), o custo de veículos rodoviários é altamente impactado pelas estradas. Rodovias de baixa qualidade reduzem a segurança e aumentam os custos em combustível e manutenção. Nesse contexto, a CNT estima que o acréscimo do custo operacional médio dos automóveis é estimado em 30,9% por todo o Brasil. Essa influência se reflete nos preços dos produtos brasileiros, uma vez que os gastos em transporte logístico representam até 29% do PIB do País.

Segundo pesquisa da CNT de rodovias em 2021, mesmo investindo uma parcela significativa do PIB no setor de transporte rodoviário, o Brasil não possui uma malha rodoviária de qualidade e quantidade aceitáveis para a necessidade do país. Conforme mostra a Figura 1, rodovias com pavimentos em estado péssimo ou ruim representam, aproximadamente,

22% das rodovias brasileiras. Existem inúmeros casos de má gestão de verbas públicas em construções e manutenções de estradas que justificariam a situação da malha viária nacional, porém a ineficiência pública não é a única responsável pelos problemas das rodovias brasileiras. Também deve-se considerar características nacionais, como: climas distintos, temperaturas elevadas, veículos trafegando acima do peso, falta de manutenção periódica, entre outros.

Figura 1: Gráfico de qualidade dos pavimentos no Brasil.

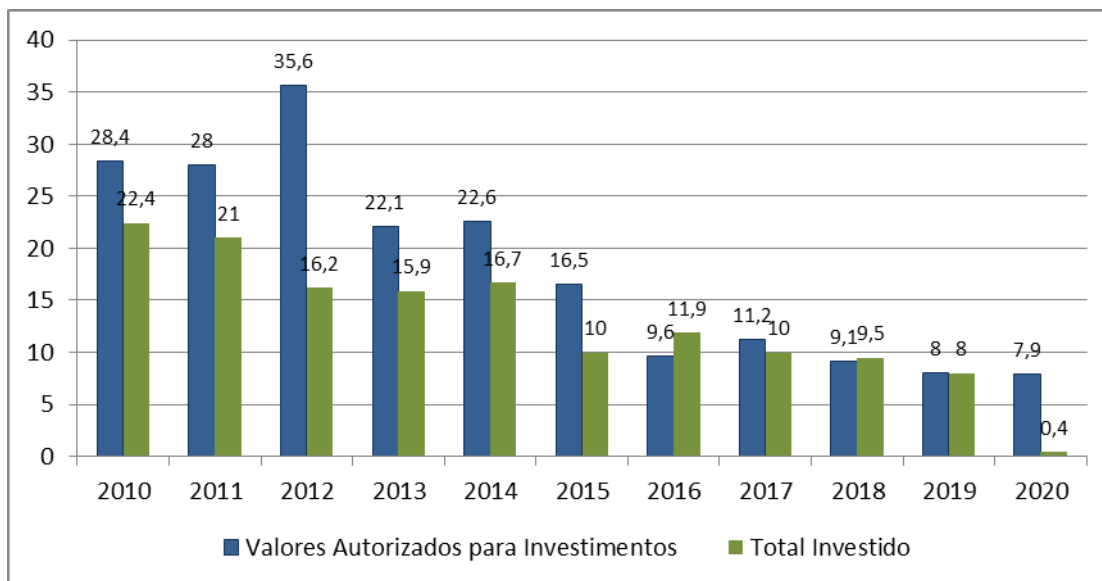
Resumo das Características – Extensão Total



Fonte: Pesquisa CNT de rodovias (2021).

O Brasil segue investindo nas rodovias, porém, com a crise financeira nacional e global, os investimentos têm diminuído nos últimos 6 anos, conforme expõe a Figura 2. Por outro lado, algumas cidades têm apresentado crescimento econômico e, por conseguinte, aumentando o investimento no setor de transportes rodoviários, uma vez que é o principal meio de transporte de pessoas e cargas do país. Em pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Produto Interno Bruto (PIB) da cidade de Fortaleza/CE foi o maior do Nordeste e nono maior do Brasil em 2020, provando seu potencial econômico promissor.

Figura 2: Valores investidos nos últimos 10 anos.



Fonte: Confederação Nacional da Indústria (2020).

O Ceará é um dos maiores Estados do Brasil, gasta, anualmente, milhões de reais em infraestrutura e estradas. O investimento, contudo, não tem sido suficiente para garantir uma malha viária de qualidade. A região metropolitana de Fortaleza, capital do Ceará, possui 3760 km², segundo o *Google*. De acordo com Diário do Nordeste (2022) Fortaleza possui uma malha viária defasada que centraliza seus recursos nas partes mais movimentadas, diminuindo a qualidade de vida de suas periferias e bairros distantes. Nesse contexto, destaca-se que Fortaleza planejou investir em 2022, de acordo com a sua Lei Orçamentaria Anual (LOA) aproximadamente 56 milhões de reais em implantação, requalificação e ampliação da infraestrutura viária.

Caucaia, município pertencente à região metropolitana de Fortaleza, possui o segundo maior número de habitantes do estado e também é a terceira cidade em produto interno bruto do estado, com 5,07 bilhões de reais em 2018 (IBGE, 2018). Porém, mesmo com o poder aquisitivo dos habitantes crescendo e a cidade se desenvolvendo em um ritmo acelerado, a malha viária do município ainda é pouco desenvolvida, conforme evidencia a Figura 3.

Figura 3: Histórico CE-090



Fonte: Jornal O povo (2019)

Os pavimentos asfálticos devem proporcionar comodidade e condições ideais de trafegabilidade. Assim, o aparecimento de defeitos, como trincas couro de jacaré, trincas em blocos e afundamentos de trilha de rodas geram transtornos que impossibilitam o exercício da finalidade principal dos pavimentos. Também vale destacar que tais defeitos reduzem o tempo de vida do pavimento, geram necessidade de manutenção com um intervalo de tempo menor, ocasionando o surgimento de despesas desnecessárias (Rosa *et al.* 2016).

Nesse contexto, uma avaliação de superfície dos pavimentos se faz necessária, uma vez que dados atualizados facilitam o planejamento e a manutenção da malha viária, economizando tempo e dinheiro. De acordo com Prestes (2001), os métodos de avaliação da superfície dos pavimentos permitem deduzir as condições funcionais e estruturais dos pavimentos. Tais deduções são baseadas nos números levantados em pesquisas, onde os defeitos na camada superior do pavimento são apresentados, qualificados e quantificados. O objetivo da avaliação é analisar o desempenho do pavimento estudado nas circunstâncias apresentadas.

Por conta do uso intenso das rodovias e das diferentes condições climáticas as quais estão sujeitas no Brasil, estudos de casos são relevantes para que se possa mitigar o efeito dessas adversidades nas estradas.

Desse modo, este trabalho busca responder quais os fatores relevantes para o atual estado do pavimento brasileiro, por meio de um estudo de caso.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Realizar uma avaliação funcional de um trecho da rodovia estadual CE-090.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- I. Realizar avaliação funcional do pavimento;
- II. Sugerir intervenções com base no estado do pavimento;
- III. Elaborar orçamento das intervenções.

1.2 ESTRUTURA DE PESQUISA

No primeiro capítulo deste documento é introduzida, ao leitor, a problemática do trabalho em questão, bem como seus objetivos gerais, seus objetivos específicos e sua estrutura de trabalho.

Em seguida, o segundo capítulo relata as definições de pavimentos tipo, sua estrutura e seus defeitos. Além disso, são apresentados os meios de manutenção e dos métodos de avaliação da rodovia.

O terceiro capítulo deste documento apresenta a descrição da rodovia CE-090 e da metodologia utilizada para levantamento de dados e para avaliação da malha viária, bem como o orçamento para melhoria da rodovia.

Por último, no quarto capítulo são apresentadas as conclusões acerca do estudo proposto na pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MALHA RODOVIÁRIA BRASILEIRA

Segundo CNT (2021), o Brasil possui um número pequeno de rodovias pavimentadas em relação à quilometragem total de estradas do País. Incluso na parte pavimentada existem trechos ruins e péssimos, os dois chegando a representar até 23,2%. Também é válido ressaltar que a malha ferroviária brasileira é pequena e a rede pluvial é pouco aproveitada, deste modo apenas o transporte aéreo se apresenta como alternativa ao modal rodoviário.

Desde o início da década de 70, a malha viária pavimentada nacional vem sendo ampliada de forma significativa. Nesse contexto, no período entre 1990 e 2020, foram construídos mais de 15.000 km de rodovias pavimentadas federais e mais de 40.000 km de pavimentos em rodovias estaduais (Tabela 1). Contudo, ainda é significativa a parcela de estradas não pavimentadas no País. No âmbito estadual, 50% das rodovias seguem sem asfalto. Em relação às rodovias sob controle federal, essa parcela é menor, 13,7% (Tabela 1). (Bernucci *et al*, 2022).

Tabela 1: Evolução da rede rodoviária federal e estadual (km)

Ano	Federal Pavimentada	Não pavimentada	Total	Estadual Pavimentada	Não pavimentada	Total
1970	24.146	27.394	51.540	24.431	105.040	129.471
1975	40.190	28.774	68.964	20.641	86.320	106.961
1980	39.685	19.480	59.165	41.612	105.756	147.368
1985	46.455	14.410	60.865	63.084	100.903	163.987
1990	50.310	13.417	63.727	78.284	110.769	189.053
1993	51.612	13.783	65.395	81.765	110.773	192.538
2003	57.143	14.049	71.192	84.352	111.410	195.762
2005	58.149	14.651	72.800	98.377	109.963	208.340
2007	61.304	13.636	74.940	106.548	113.451	219.999
2020	65.400	10.400	75.800	119.747	105.600	225.347

Fonte: Bernucci *et al*. (2022).

De acordo com a pesquisa CNT de rodovias 2019, o Brasil tinha a previsão de gastar 900 bilhões de litros de diesel a mais em 2019 por conta da situação inadequada da malha viária do país. Estima-se que o gasto extra de diesel provoca a emissão desnecessária de 2,46 milhões de toneladas de dióxido de carbono e um

custo adicional de 3,3 bilhões de reais aos transportadores, valor considerável e que poderia ser investido em novos pavimentos podendo render até 2.200 quilômetros de novas rodovias. Também é importante ressaltar que até setembro de 2021, ocorreram 47.732 acidentes em rodovias brasileiras e que o prejuízo gerado nesses acidentes é de aproximadamente 8,85 bilhões de reais, além de 3.415 vidas, como expõe a “Tabela 2”.

Tabela 2: Custo do Brasil com acidentes rodoviários.

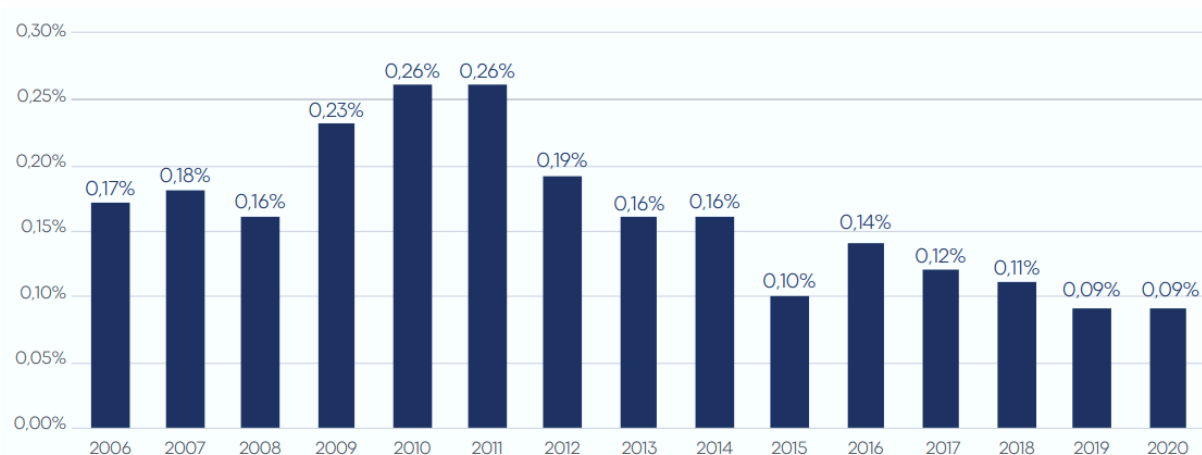
Tipo	Quantidade	Custo
Acidentes com fatalidade	3415	R\$ 3,39 Bilhões
Acidentes com vítimas	35694	R\$ 5,16 Bilhões
Acidentes sem vítimas	8623	R\$ 0,3 Bilhão

Fonte: Pesquisa CNT de rodovias (2021).

As consequências da má conservação e perspectivas da rede rodoviária são cada vez mais graves, levando a impactos económicos negativos significativos, tais como: Contenção do desenvolvimento das atividades económicas; perda de um dos ativos mais importantes do país, que é a malha rodoviária federal, acumulado ao longo de muitos anos, com os recursos e esforços do país; aumento do consumo de combustível - até 5%; Aumento da taxa de acidentes; Aumento do tempo de viagem; Como resultado, o custo operacional do transporte aumenta 30,9%. As causas para esse cenário podem ser administrativas, institucionais e gerenciais. (CNT, 2021)

Segundo o CNT (2021), em 2021 o estado brasileiro anunciou os seguintes custos: investimento de R\$5,8 bilhões pelo governo federal em rodovias. Também é válido destacar que os valores vêm decaindo e caso seja mantido esse ritmo, o valor investido tende a ser inferior ao percebido no ano anterior, com consequências indesejadas para a qualidade das rodovias.

Figura 4: Investimento público federal em rodovias como percentual do PIB



Fonte: Pesquisa CNT de rodovias (2021).

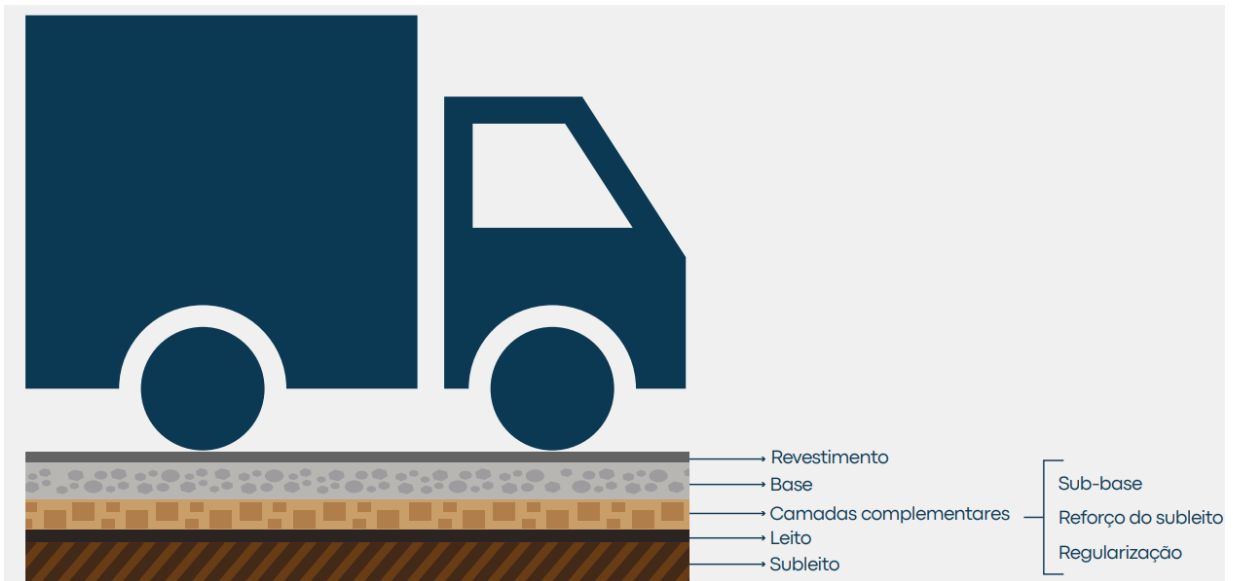
2.2 DEFINIÇÃO DE PAVIMENTO

A rede viária urbana é composta por duas partes, distinguidas de acordo com a sua função: vias urbanas comuns, para circulação de veículos e drenagem de águas pluviais; e caminhos para a circulação de pessoas. (Danieleski *et. al*, 2004).

Dentre os sistemas de infraestrutura da cidade, o sistema de transporte rodoviário é o mais complexo. Isso ocorre em virtude de ser o mais caro de todos os sistemas da cidade, pois geralmente cobre mais de 50% do custo total da urbanização. Além disso, o sistema de transporte rodoviário uma vez implantado é o subsistema que tem mais dificuldade em aumentar sua capacidade devido ao espaço que ocupa, aos custos envolvidos e às dificuldades operacionais que sua modificação gera. Outro ponto que aumenta a complexidade da gestão desses sistemas e a sua proximidade com os usuários, que percebem os sucessos e falhas no projeto durante a sua utilização. (Danieleski *et. al*, 2004);

Segundo DNIT (2006), o pavimento de uma rodovia é a estrutura formada por camadas de espessuras variadas sobre um solo teoricamente infinito. Conforme a Figura 5, podemos observar suas camadas finitas, especificamente separadas.

Figura 5: Corte transversal do pavimento asfáltico.



Fonte: Pesquisa CNT de rodovias (2021).

A estrutura do pavimento é um sistema de camadas colocadas sobre uma fundação chamada subleito. As propriedades estruturais dependem da espessura de cada camada, da sua rigidez e do suporte, bem como da interação entre as diferentes camadas do pavimento. A engenharia rodoviária divide a estrutura do pavimento de acordo com a rigidez geral: uma extremidade é uma estrutura rígida e a outra é uma estrutura flexível. (Bernucci *et al*, 2022).

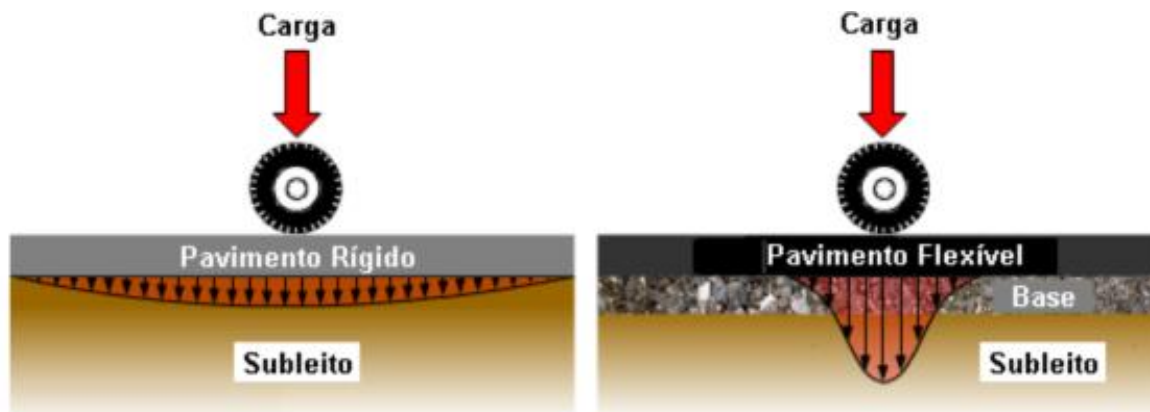
Rocha *et al* (2019) afirmam que a rodovia é construída para ser regular, e proporcionar um bom fluxo, conforto e, principalmente, segurança. Tal estrutura deve atender aos seguintes critérios: Arcar com as cargas destinadas; Garantir melhora de rolamento; Suportar esforços horizontais.

O desempenho adequado do conjunto de camadas e do subleito relaciona-se à capacidade de suporte e à durabilidade compatível com o padrão da obra e o tipo de tráfego, bem como o conforto ao rolamento e a segurança dos usuários. O desafio de projetar um pavimento reside no fato, portanto, de conceber uma obra de engenharia que cumpra as demandas estruturais e funcionais. Além disso, o pavimento deve ainda ser projetado da forma mais econômica possível, atendendo às restrições orçamentárias. (Bernucci *et al*, 2022).

Os pavimentos são separados em três tipos: flexíveis, rígidos e semirrígidos (Medina, 1997). Como demonstrado na figura 6, nos flexíveis as camadas são

constituídas por materiais deformáveis que absorvem os esforços de maneira distribuída, já os pavimentos rígidos absorvem e transmitem de forma concentrada.

Figura 6: Representação das Cargas nos pavimentos



Fonte: Bernucci *et al*,(2022)

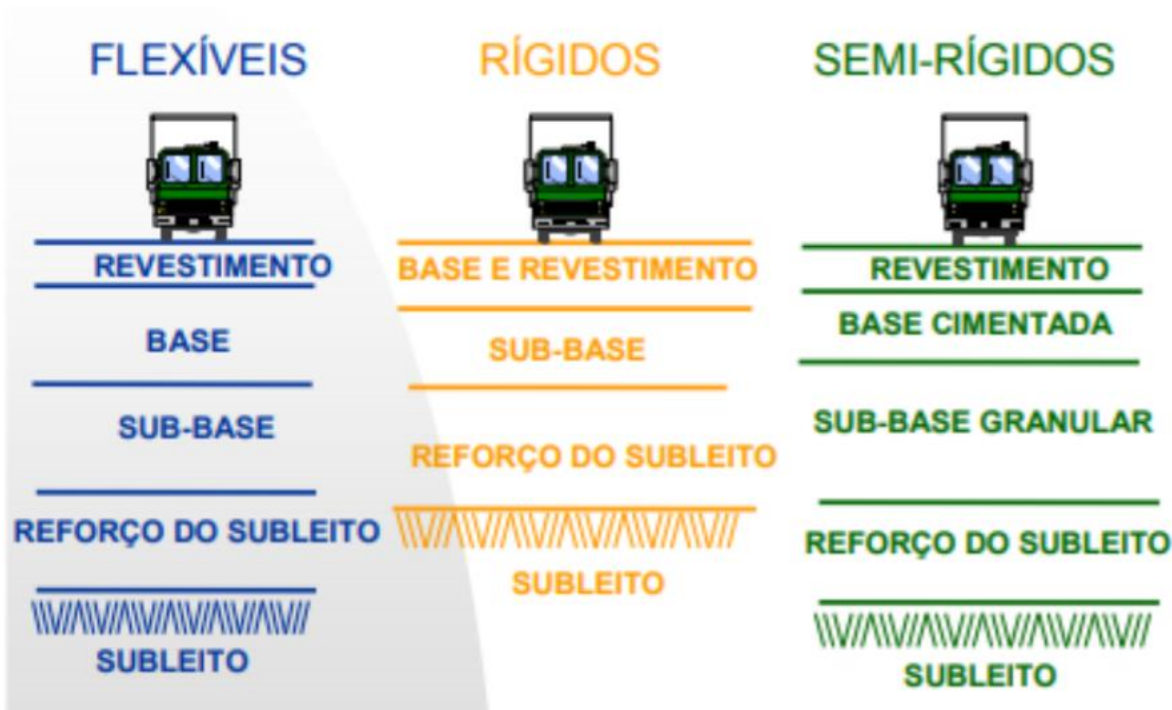
Nos pavimentos flexíveis a diminuição da tensão causada pelo tráfego se dissipa lentamente em profundidade e, por conseguinte, exerce mais pressão sobre as camadas inferiores. No que tange aos pavimentos rígidos, essa deterioração ocorre de maneira mais lentamente. Isso se deve, essencialmente, às características geométricas e mecânicas das camadas que compõem o pavimento flexível e rígido. Enquanto nos flexíveis a deformação elástica ocorre em todas as camadas e a carga é distribuída igualmente por toda a superestrutura, em pavimentos rígidos, o pavimento possui uma alta rigidez em relação às camadas abaixo e, portanto, a maior parte da carga aplicada (tensão) é efetivamente absorvida por esta camada. (Rocha *et al*, 2019).

Os pavimentos semirrígidos formam uma condição intermediária entre os dois tipos de pavimento descritos acima, sendo a camada superior constituída por material betuminoso e as camadas inferiores geralmente constituídas por material hidráulicamente ligado, todos capazes de reduzir a deformação (Maia, 2012). A Figura 7 apresenta um comparativo entre os tipos de pavimentos apresentados.

Do ponto de vista do usuário, a condição da superfície do pavimento é o mais importante, pois os defeitos ou irregularidades da superfície são percebidos à medida que afetam seu conforto. Quando o conforto sofre, isso significa que o veículo sente as consequências dessas falhas também mais severamente. Essas consequências resultam em custos operacionais mais altos, associados a custos

mais altos de peças de manutenção do veículo, consumo de combustível e pneus, tempo de viagem e muito mais. (Bernucci *et al*, 2022).

Figura 7: Comparativo de pavimentos



Fonte: Adaptado de Adata (2008).

2.3 ESTRUTURA DE PAVIMENTAÇÃO

O pavimento asfáltico é um tipo de pavimento cujo revestimento consiste em uma mistura composta principalmente por agregados asfálticos e um ligante. É composto por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, camada de base, camada de sub-base e reforço de subcamada. (Bernucci *et al*, 2022)

O revestimento asfáltico é uma camada superior projetada para resistir diretamente aos impactos veiculares e transmiti-los de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizando a estrada, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança). A penetração refere-se aos resultados obtidos por meio de uma ou mais aplicações de material betuminoso e o mesmo número de operações que espalham e compactam as camadas de agregado por meio de um gabarito adequado. Na pavimentação mista, o agregado é pré-revestido com material asfáltico antes da compactação. Quando a preparação para a intervenção é realizada, é dado o nome de pré-mistura. (Bernucci *et al*, 2022)

A Base é a camada do Pavimento Asfáltico situada imediatamente abaixo da camada de Revestimento Asfáltico, composta por solo, agregados ou uma mistura de ambos, que obtém a estabilidade necessária para desempenhar suas funções somente através da compactação conveniente, sem quaisquer aditivos, assim ganhando a denominação de base estabilizada. (GOINFRA, 2018).

A Sub-base é a camada do Pavimento Asfáltico situada imediatamente abaixo da camada de BASE. Constituída por solos, produtos triturados ou uma mistura dos dois, obtém a estabilidade necessária para desempenhar as suas funções apenas através de uma compactação conveniente sem quaisquer aditivos, assim ganhando a denominação de sub-base estabilizada. (GOINFRA, 2018).

O reforço do subleito é uma camada estabilizadora granular, aplicada sobre uma camada de sub-base devidamente compactada e condicionada, utilizada quando é necessário reduzir a espessura elevada da camada de fundação devido à capacidade de suporte do solo de fundação. (DNIT, 2010).

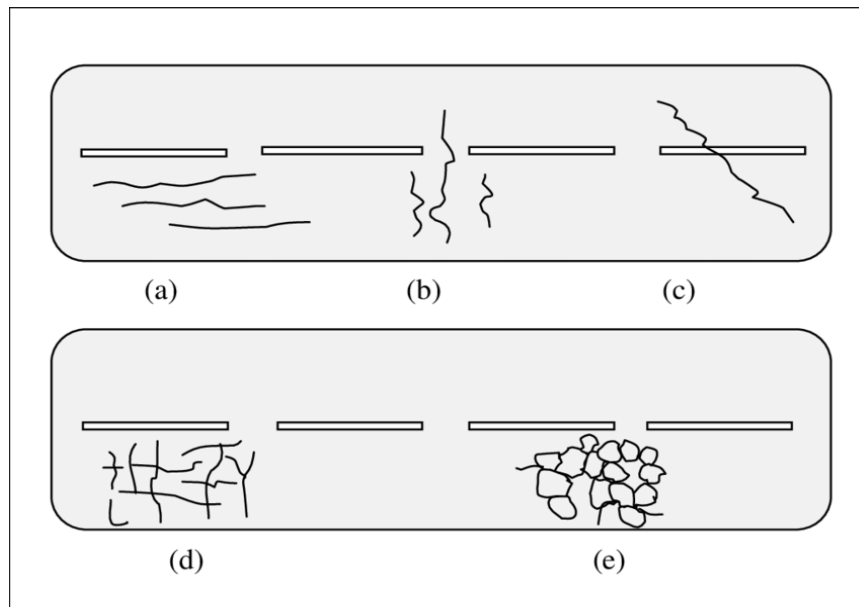
2.4 DEFEITOS EM PAVIMENTOS

Segundo DNIT (2005), defeitos em pavimentos podem aparecer por diversos motivos, porém as causas mais comuns são os erros de projeto e de execução. O aparecimento de defeitos pode evoluir e prejudicar a funcionalidade destes pavimentos. Nesse contexto, os principais defeitos apresentados na estrutura viária brasileira são:

- a) **Trinca transversal:** é uma trinca solta, geralmente perpendicular ao eixo da vida. Tal imperfeição pode aparecer por conta da alta variação de temperatura, envelhecimento do asfalto e a propagação de trincas vindas das bases cimentadas. Podemos reconhecê-la na Figura 8.b.
- b) **Trinca longitudinal:** normalmente causada por falhas executivas, temperatura de compactação e na dosagem da mistura asfáltica. Podemos reconhecê-la na Figura 8.a.
- c) **Trinca por reflexão:** acontece quando ocorrem trincas nas camadas inferiores que se espalham para o revestimento e o padrão apresentado nas camadas inferiores é o mesmo do revestimento. Sua principal consequência é a redução da vida útil do pavimento. Podemos reconhecê-la na Figura 8.c.

- d) **Trinca em blocos:** é uma falha que apresenta o formato de bloco, uma de suas principais causas é a alta variação de temperatura, tal defeito demonstra que o ligante asfáltico não manteve sua elasticidade. Podemos reconhecê-la na Figura 8.d.
- e) **Exsudação:** é o excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento, conforme a Figura 9.
- f) **Trinca couro de jacaré:** são trincas interligadas (Figura 8. e) com o formato de um couro de jacaré, conforme a Figura 11. Tais trincas ocorrem devido à fadiga do revestimento.

Figura 8: Tipos de Trincas



Fonte: Vilchez (1996).

Figura 9: Exemplo de Exsudação



Fonte: Adaptado de sindEtrans (2018)

- g) **Afundamento de trilha de roda:** pode ser representado em dois tipos, afundamento por consolidação e afundamento plástico. O primeiro é menos detectável e é um abatimento da trilha da roda, sendo notado apenas em dias chuvosos. O segundo apresenta depressão na forma da trilha do pneu, também apresenta uma deformação na lateral da pista. É um defeito que começa quando as camadas do pavimento começam a se romper, conforme a Figura 10.
- h) **Escorregamento:** é a movimentação do revestimento em relação às camadas inferiores, conforme a Figura 10. Os motivos para tal defeito são as ligações inadequadas entre o revestimento e a camada inferior, fluência plástica em altas temperaturas e a compactação errada da mistura asfáltica.

Figura 10: Exemplo de Afundamento e Escorregamento



Fonte: Adaptado de sindEtrans (2018).

- i) **Desgaste:** é o defeito que é caracterizado pela perda do agregado ou da argamassa fina do revestimento, tornando sua superfície áspera. Ocorre pelo desgaste da ligação e da adesividade entre o agregado e ligante, clima não colaborativo no dia da execução e presença de água no interior do revestimento.
 - j) **Buraco:** é um defeito feito por cavidades formadas, inicialmente, no revestimento do pavimento, variando o tamanho e a profundidade. Além dos problemas óbvios causados, também facilita a entrada de água no pavimento, prejudicando estruturalmente.
 - k) **Remendo:** é o conserto da falha do pavimento existente, substituindo uma irregularidade existente. Deve possuir formato retangular, e ter a composição igual ou parecida com a do restante. É considerado falha, retira uma falha para por uma falha que prejudique menos o pavimento, pois no lugar de um buraco temos uma pequena ondulação.
- Irregularidade longitudinal:** é um amontoado de mudanças indesejadas que atrapalham o rolamento dos veículos, gerando insegurança, prejuízos ao usuário e acelera a degradação do pavimento. De modo geral, a irregularidade do pavimento vai contra os seus objetivos, uma vez que a rodovia pavimentada é executada para proporcionar um rolamento rápido, seguro, econômica e confortável. A rapidez é prejudicada, pois quanto maior a irregularidade, menor a velocidade praticada. A segurança também é afetada, pois sempre que a dirigibilidade e frenagem são afetadas, as possibilidades de acidentes

aumentam. A economia, uma vez que automóveis consomem mais combustível em trajetos que exigem uma troca constante entre frenagem e aceleração, e também aumentam a manutenção dos veículos. Por fim, o conforto, uma vez que o trajeto fica muito desconfortável por conta da diferença de cotas em um comprimento de espaço.

Figura 11: Exemplos de Desgaste e Trincas do Tipo Jacaré



Fonte: NETO, Antônio Dias de Lima Terceiro, *et al.* (2019)

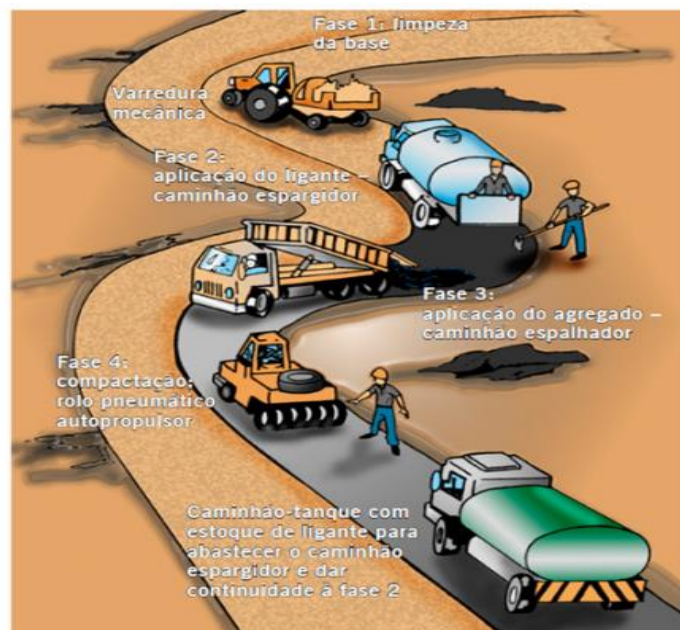
2.5 MANUTENÇÃO

De acordo com Bernucci *et al.*, (2022), a restauração só é necessária quando existirem problemas estruturais. Entretanto, para solucionar defeitos funcionais superficiais, são utilizados na execução dos revestimentos a seguir: lama asfáltica (selagem de trincas e rejuvenescimento); tratamento superficial simples ou duplo (selagem de trincas e restauração da aderência superficial); micro revestimento asfáltico a frio ou a quente (selagem de trincas e restauração da aderência superficial quando existe condição de ação abrasiva acentuada do tráfego); concreto asfáltico (quando o defeito funcional principal é a irregularidade elevada); mistura do tipo camada porosa de atrito, SMA ou misturas descontínuas (para melhorar a condição de atrito e o escoamento de água superficial).

O tratamento superficial é um revestimento flexível de espessura delgada, executado por espalhamento sucessivo de ligante asfáltico e agregado, em operação simples ou múltipla, sendo classificado em dois tipos:

- a) O Tratamento de Superfície Simples (TSS) consiste em um revestimento de um ligante seguido por uma única camada de agregado. O aglutinante penetra de baixo para cima no agregado (infiltração reversa). (Bernucci *et al*, 2022).
- b) O processo de cura múltipla começa com a aplicação de um adesivo de baixo para cima (back-penetrating) na primeira camada de agregado, enquanto a penetração das camadas seguintes de ligante é direta e reversa. A espessura do produto acabado é da ordem de 10 mm a 20 mm. Muitos métodos de processamento são divididos em tratamento de superfície dupla (TSD) e tratamento de superfície tripla (TST) como pode ser visto na Figura 12. (Bernucci *et al*, 2022).

Figura 12: Execução de Tratamento Superficial



Fonte: Bernucci *et al*, (2022)

De acordo com Matos (2019) a manutenção de pavimentos visa reparar os danos causados ao pavimento. Onde a manutenção preventiva tem como objetivo evitar o surgimento ou agravamento de um defeito, enquanto a manutenção corretiva tem a meta de reparar um defeito já existente. A manutenção corretiva é a mais rotineira.

Por conta da má gestão na manutenção, as rodovias brasileiras costumam falhar nos dois tipos de manutenção, pois com as falhas de projeto e de execução os

defeitos do pavimento aparecem mais cedo do que o esperado, tornando a manutenção preventiva ineficaz e a corretiva ineficiente.

2.6 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS

A avaliação da superfície do pavimento é uma atividade que, por meio de procedimentos padronizados de medição e observação, pode inferir as condições funcionais e estruturais do pavimento. As metodologias para a realização deste tipo de levantamento baseiam-se em medições e/ou verificação da presença de defeitos presentes na superfície do pavimento. As causas desses defeitos vêm de uma variedade de fatores como tráfego, clima, processo de construção e propriedades físicas do material. (Prestes, 2001)

De acordo com Prestes (2001), o objetivo da avaliação é analisar o desempenho do pavimento frente às circunstâncias impostas pelo trânsito e clima. Para o procedimento de avaliação, é necessária uma grande quantidade de dados sobre o estado atual e a função da rodovia. Há uma sequência de etapas a serem seguidas para que haja efetividade na avaliação, a saber: (Oliveira, 2015):

- I. Etapa 1: deve-se coletar a localização da via, dados de projeto, clima e ano de construção;
- II. Etapa 2: devem ser coletados dados como o funcionamento dos dispositivos de drenagem, defeitos superficiais e fatores relacionados à segurança e controle de tráfego;
- III. Etapa 3: Realiza-se a estimativa de tráfego, analisando os tipos, tamanhos e motivações dos defeitos;
- IV. Etapa 4: São coletados dados de sondagens, características de materiais, determinação das deflexões, irregularidade longitudinal e resistência à derrapagem;
- V. Etapa 5: Realização dos ensaios de laboratório para obtenção de dados como resistência e granulometria;
- VI. Etapa 6: Avalia-se a necessidade de coleta de dados adicionais;
- VII. Etapa 7: Realização da última coleta de dados;
- VIII. Etapa 8: Estruturação de um relatório das condições funcionais e estruturais do pavimento.

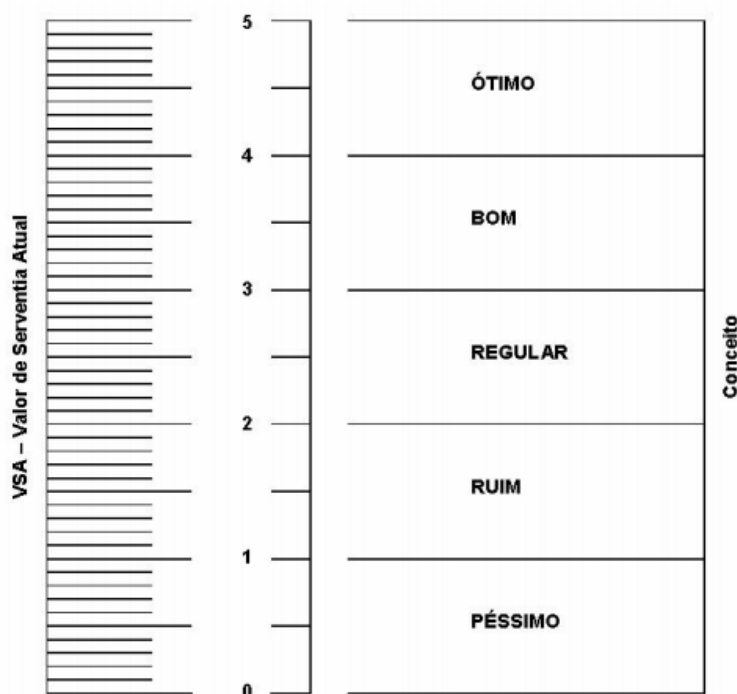
2.6.1 Avaliação funcional de pavimentos

A avaliação funcional visa descrever as características de desempenho do pavimento do ponto de vista do usuário, principalmente em termos de conforto e segurança de condução. Para conhecer as condições da superfície em que se encontra o pavimento, é necessário estudar, descrever e quantificar os defeitos que podem ser detectados por inspeção visual. Então, com a tabulação desses dados, atribuir indicadores do grau de degradação sofrida pela estrada desde que foi aberta ao tráfego. (Oliveira, 2015)

Após o levantamento visual, pode-se calcular: índice de defeitos da superfície, valor da serventia atual, índice de condição funcional. Com tais determinações iniciais é possível determinar a frequência absoluta, a frequência relativa, índice de gravidade individual e índice de gravidade global.

Segundo DNIT, o valor de serventia atual (VSA) é a capacidade de um trecho de pavimento de proporcionar um rolamento agradável, sendo definido por um grupo de cinco membros que conheçam os propósitos da verificação. Os valores de serventia transitam entre 5 e 0 possuindo os significados descritos na Figura 13.

Figura 13: Ficha de Avaliação de Serventia



Fonte: DNIT (2003)

Para a verificação de serventia, devem ser selecionados, aproximadamente, dez segmentos de pavimento, cada um com aproximadamente 600 m de comprimento, de aparência bastante uniforme e, preferencialmente, em uma sequência em que todos possam ser avaliados de uma só vez. Os segmentos selecionados devem abranger uma ampla gama de qualidades de veículos. Cada membro de ambos os grupos deve atribuir subjetivamente um valor de serviço atual para cada seção, conforme mostrado na equação a seguir, usando um formulário de classificação normalizado. (DNIT, 2003)

$$VSA = \frac{\sum X}{n} \quad (1)$$

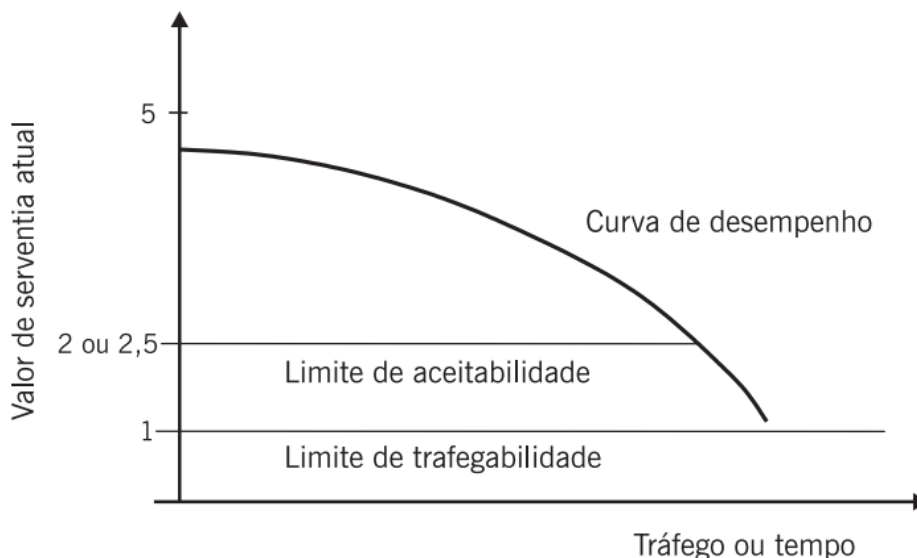
Onde:

X: valores de serventia atual

N: número de membros no grupo de avaliação

De acordo com Bernucci *et al*, (2022), o VSA (valor de serventia atual) do pavimento diminui com o passar do tempo por conta de dois fatores dominantes: o volume de tráfego e as intempéries. Diante disso, um gráfico representado por uma curva é formado com a serventia e o tempo decorrido de utilização da via representado na Figura 14.

Figura 14: Curva de Desempenho do Pavimento

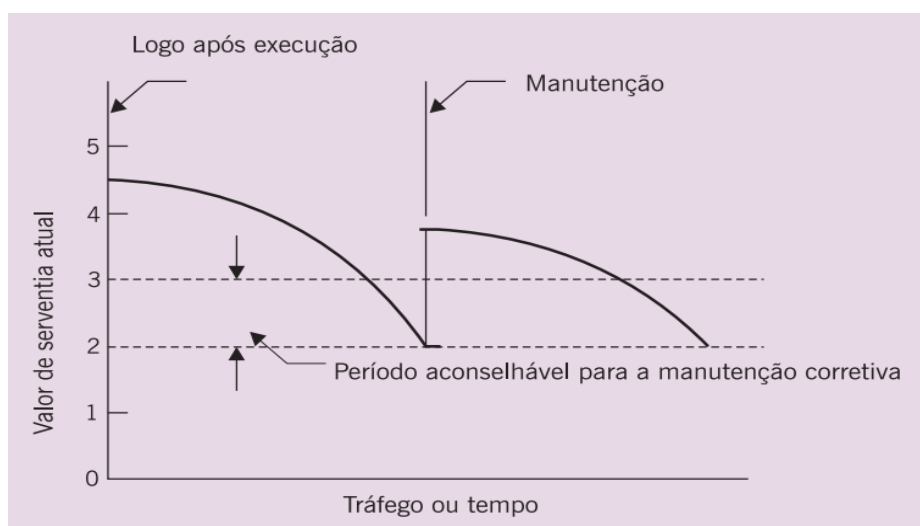


Fonte: Bernucci *et al*, (2022)

Quando o nível de serviço atinge 2, deve-se realizar manutenção corretiva para aumentar o índice. Desde que este índice seja superior a 2, devem ser realizadas manutenções preventivas periódicas para prolongar o tempo de manutenção do pavimento em condições de compactação frequente. No entanto, se tal manutenção não ocorrer, ou se for realizada de forma inadequada, o pavimento poderá atingir a classificação de serviço 1, atingindo seu limite de capacidade e exigindo a reconstrução total do pavimento. (Bernucci *et al*, 2022),

Após a manutenção, o valor de serventia volta a patamares satisfatórios podendo atingir valores menores ou maiores que os originais. O novo valor de VSA depende do tipo de revestimento e de outros fatores do pavimento.

Figura 15: Curva de Desempenho com Manutenção



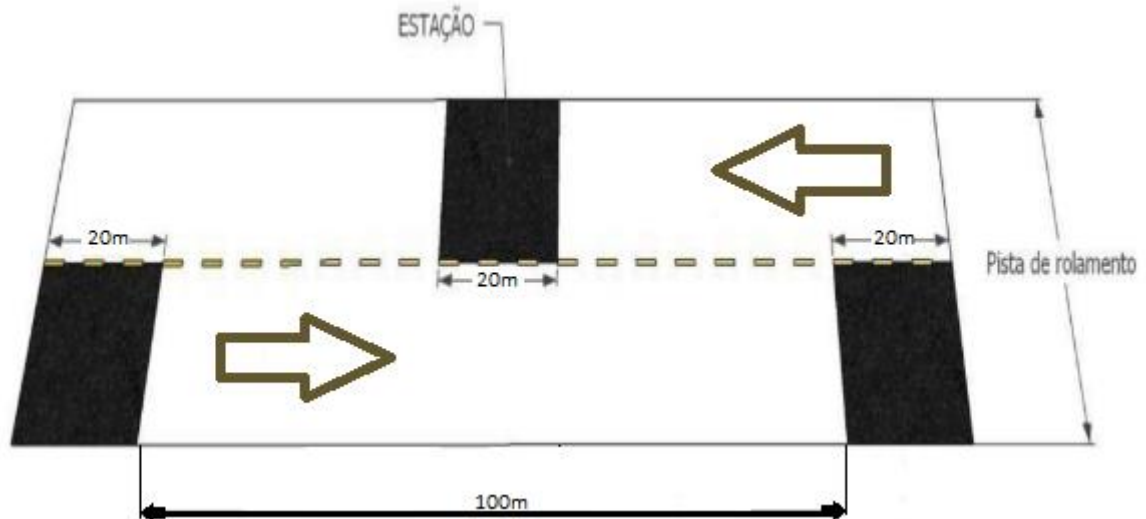
Fonte: Bernucci *et al*, (2022)

Outro método que pode ser utilizado para a avaliação de pavimentos está presente na norma DNIT 006/2003 apresenta o método para a avaliação de pavimentos flexíveis, apresentando os passos a serem seguidos como contagem, definição e medidas das deformações dos defeitos. Também ensina como calcular o índice de gravidade das condições funcionais do pavimento.

As superfícies para avaliação são definidas a cada 40 metros em cada faixa de tráfego, porém em rodovias de faixa dupla a superfície de avaliação deve ser a cada 20 metros na faixa mais utilizada. Sua demarcação deve ser feita por meio de pintura com tinta de demarcação, sendo setorizado e dividido por números. A

demarcação deve ser feita em dois traços, sendo um 3 metros antes e outro 3 metros depois do centro da estação de ensaio. (DNIT, 2003)

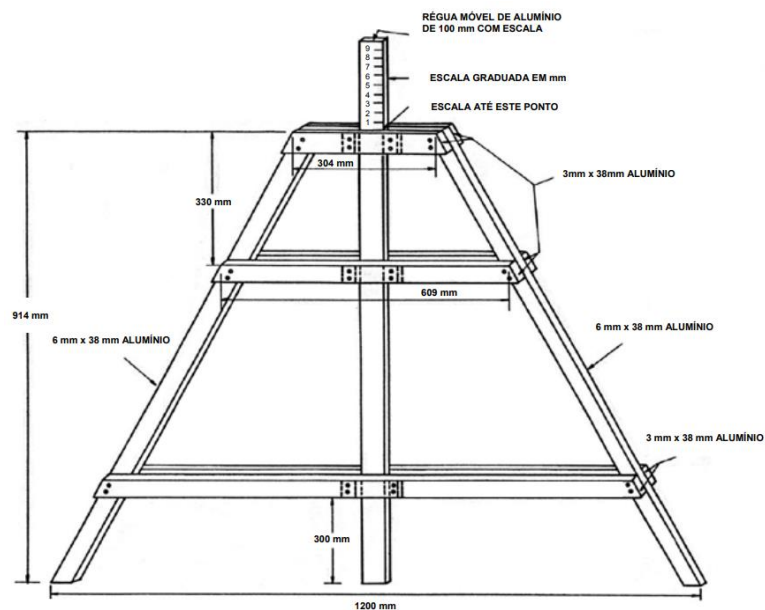
Figura 16: Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos



Fonte: Adaptado de Marcato (2021)

Adiante, com as demarcações realizadas, é necessário registrar os defeitos no pavimento na ficha de campo. Nessa ficha, deve-se registrar os valores das flechas nas trilhas de rodas, que são captadas com uma treliça de alumínio. A medição sempre deve ser feita em milímetros. (DNIT, 2003)

Figura 17: Treliça para medição das flechas da trilha de roda



Fonte: DNIT 006 (2003)

Após o recolhimento da medida das flechas, a norma informa que qualquer defeito de pavimento deve ser registrado seguindo os padrões:

Tabela 3: Fator ponderação dos defeitos.

Tipo	Defeitos	Fator de ponderação
Tipo 1	Trincas isoladas	0,2
Tipo 2	Jacaré sem erosão acentuada e trinca em bloco	0,5
Tipo 3	Jacaré com erosão acentuada e trinca em bloco com erosão acentuada	0,8
Tipo 4	Afundamento plástico local e afundamento plástico da trilha	0,9
Tipo 5	Ondulação transversal e c buracos	1
Tipo 6	exsudação do ligante betuminoso no revestimento	0,5
Tipo 7	Desgaste acentuado na superfície do pavimento	0,3
Tipo 8	Remendos superficiais e profundos	0,6

Fonte: DNIT (2003)

Como ilustrado na Tabela 3, alguns defeitos possuem fatores de ponderação maiores que outros. Ondulações e buracos possuem um alto fator de ponderação, trincas de jacaré e em blocos com erosões também. Já desgaste do pavimento e trincas isoladas possuem fatores baixos, diminuindo sua relevância.

Então, pode-se calcular as frequências absolutas e relativas das ocorrências inventariadas. Segundo DNIT (2003), a frequência absoluta é o número de vezes que o defeito foi identificado. A frequência relativa é calculada por meio da fórmula:

$$fr = \frac{fa \times 100}{n} \quad (2)$$

Onde:

Fr: frequência relativa

Fa: frequência absoluta

N: número de estações inventariadas

Após calcular a frequência relativa, deve-se calcular IGI (índice de gravidade individual) utilizando a fórmula:

$$IGI = Fe \times Fp \quad (3)$$

Onde:

Fp: Fator de ponderação

Fr: Frequência relativa

Segundo Bernucci *et al.* (2022) para o cálculo do IGI de afundamentos de trilha de rodas utiliza-se as seguintes fórmulas:

$$F = \frac{(\sum FRE + \sum FRI)}{2} \quad (4)$$

$$FV = \frac{(\sum FREv + \sum RIV)}{2} \quad (5)$$

Sendo:

FRE: valor da flecha na trilha de roda externa;

FRI: valor da flecha na trilha de roda interna;

FREv: variância das flechas na trilha de roda externa;

FRIv: variância das flechas na trilha de roda interna.

Após completar os cálculos de IGI, deve-se calcular o índice de gravidade global (IGG) utilizando a fórmula:

$$IGG = \sum IGI \quad (6)$$

Para dar ao pavimento inventário um conceito que leve em conta o grau de degradação alcançado, determina-se a correspondência apresentada na tabela a seguir (DNIT, 2003).

Tabela 4: Grau de degradação

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

Fonte: DNIT (2003)

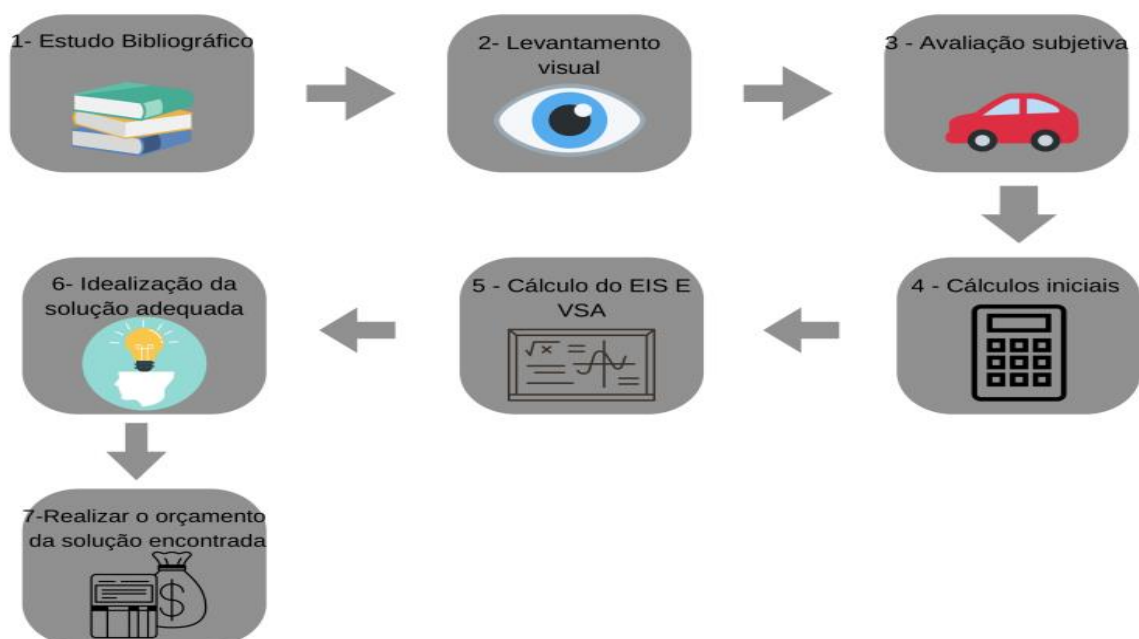
3. METODOLOGIA

Para atender ao objetivo proposto pelo trabalho, foram adotados os procedimentos do estudo de caso. Conforme Yin (2001), o Estudo de Caso é uma investigação científica que, no âmbito de seu contexto, investiga um fenômeno atual, sendo muito utilizada quando há uma limitação entre o contexto e o fenômeno que não está definido de forma clara. Pode haver muito mais variáveis a interessar do que pontos de dados, e por isso se baseia em várias fontes de evidência para atingir um resultado, utilizando-se de fundamentação teórica adquirida previamente para guiar na coleta e análise dos dados (Yin, 2001).

O estudo de caso contribui para ter um melhor entendimento dos fenômenos individuais e/ou processos organizacionais. É uma ferramenta utilizada para entender a forma e os motivos que levaram a determinada decisão. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que compreende um método que abrange tudo em abordagens específicas de coletas e análise de dados.

As seções seguintes apresentam a rodovia selecionada para o estudo de caso, como será feito o levantamento de dados e os métodos que serão utilizados para a avaliação funcional do pavimento, como demonstrado na Figura 18.

Figura 18: Fluxograma



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

3.1 RODOVIA CE – 090

A CE – 090 faz parte da malha viária do estado do Ceará, possuindo trechos com pistas duplicadas e pista simples, sendo a rodovia do município de Caucaia com o maior fluxo e uma das mais importantes da zona metropolitana de Fortaleza. Caucaia possui diversas ruas sem revestimento e rodovias completamente sem pavimento. Também é importante destacar que o primeiro plano diretor de Caucaia foi instituído pela Lei N° 1.365 de 15 de maio de 2001, ou seja, quando a cidade já tinha mais de 100 anos desde fundada. Nesse contexto, a falta do plano diretor dificulta as escolhas e atrasa a execução dos planos de infraestruturas da cidade, pois um plano desenvolvido em um município de médio porte possui desenvolvimento e execução muito mais complexos do que os planos desenvolvidos ainda durante o surgimento da urbanização.

A rodovia CE – 090 é parte da malha viária do estado do Ceará, possuindo 24,3 quilômetros de extensão (Figura 19), sendo a principal rodovia litoral do município de Caucaia e uma das rotas mais movimentadas da zona metropolitana de Fortaleza. A rodovia é longitudinal e passa por diversos pontos turísticos do estado como praia do Icaraí, praia da Tabuba e praia do Cumbuco, terminando na CE – 085. Nesse contexto, destaca-se a importância turística da cidade, que além dar acesso à praia do Cumbuco, e parte importante da ligação Fortaleza Jericoacoara.

Figura 19: CE – 090 Completa

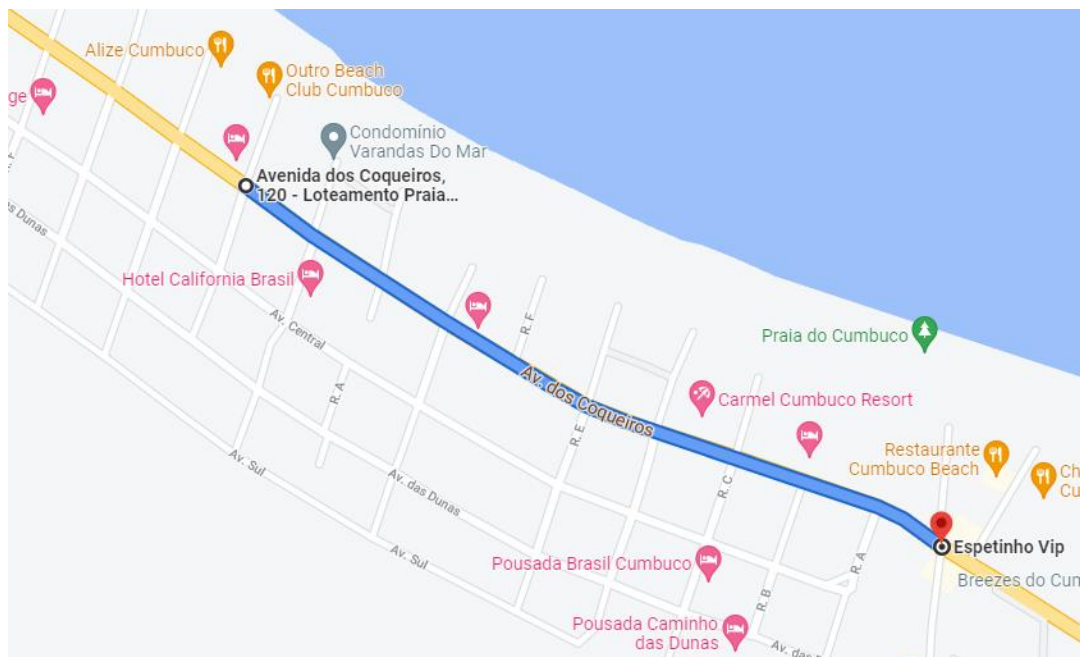


Fonte: Google Maps, (2021).

3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para a avaliação funcional de pavimento foi selecionado um trecho com um quilômetro de extensão, que consiste no intervalo entre a Rua do Lagoa do Parnamirizinho e a avenida Desembargador Jurema. O trecho analisado possui pista simples, sendo uma sentido rumo a Fortaleza (sudeste) e o outro continuando para a praia do Cumbuco (noroeste). Segundo o Governo do estado do Ceará, o trecho analisado é estratégico para o setor turístico, tendo em vista que possui diversos locais de relevância turística internacional ao seu redor, como o Cumbuco Acqua Beach, Beach Place, Carmel Cumbuco Resort e vários outros pontos de visita e hospedagem nas redondezas, conforme a Figura 20.

Figura 20: Trecho Objeto de Estudo



Fonte: Google Maps, (2021).

Com base em estudos do governo do Ceará em 2020, a rodovia registrou um VMD (Volume Médio Diário) de 3.171 veículos. Mediante o aumento anual do fluxo na via, o governo do estado estima um aumento de aproximadamente 30% no volume médio diário, passando para 4.262 veículos trafegando, por dia na via. Tendo em vista esse aumento significativo, o governo do estado planeja duplicar cerca de 6 quilômetros da CE- 090.

A rodovia foi separada em segmentos analisados com levantamentos feitos em 19 estações com 20 metros de comprimento em uma das faixas da rodovia. Tais

estações foram distribuídas a cada 100 metros em cada faixa, sendo distribuídas, 10 na faixa direita, sentido noroeste, e as 9 estações restantes na faixa de sentido contrário e em pontos intercalados com os 10 primeiros.

3.3 MÉTODO DE TRABALHO

O método de trabalho define uma sequência de passos lógicos que o pesquisador deve seguir para atingir os objetivos da pesquisa. De modo a possibilitar a reprodutibilidade dos estudos, o método de trabalho deve ser bem estruturado e seguido corretamente. Além de definir as etapas lógicas, o método de trabalho também inclui a definição das técnicas de coleta e análise de dados a serem utilizadas. (Antunes, 2015)

Inicialmente deve-se proceder a avaliação subjetiva de superfície que se inicia com o levantamento visual, que se baseia em quantificar visualmente os defeitos e seus tipos. Após o levantamento inicial, pode-se calcular: o índice de defeitos, valor da serventia atual e o índice de condição funcional.

O processo de levantamento visual contínuo deve ser iniciado. Ele se baseia em três índices principais, Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis (ICPF), Índice de Gravidade Global Expedido (IGGE) e Índice do Estado da Superfície do pavimento (IES). Esse levantamento deve ser realizado por, no mínimo, 2 técnicos em um veículo que deve permanecer em uma velocidade média de 40 km/h em um único sentido. Além disso, o segmento deve possuir uma extensão mínima de um quilômetro.

Para a aplicação do trabalho, por motivo de limitações práticas e logísticas, o levantamento foi realizado por dois técnicos e o quilometro estudado foi percorrido sem auxílio de um automóvel.

A rodovia foi analisada com levantamentos feitos em 19 estações com 20 metros de comprimento em uma das faixas da rodovia. Tais estações foram distribuídas a cada 100 metros em cada faixa. As 9 estações restantes foram atribuídas na faixa de sentido contrário e em pontos intercalados com os 10 primeiros.

Primeiramente, deve ser definida a frequência dos defeitos, sendo seguido o padrão aplicado pela norma DNIT 008/2003.

Tabela 5: Frequência de defeitos.

Painéis e Remendos		
Código	Frequência	Quant. Km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 a 5
B	Baixa	≤ 2
Demais defeitos		
Código	Frequência	% por km
A	Alta	≥ 50
M	Média	10 a 50
B	Baixa	≤ 10

Fonte: DNIT (2003)

Por sequência deve ser calculado o ICPF, que será obtido a partir da média das notas dos técnicos avaliadores. As notas serão definidas em notas de zero a cinco, nas quais zero representa o conceito péssimo e cinco representa o conceito ótimo. O ICPF é adotado de acordo com a tabela fornecida pela mesma, seguindo as notas adotadas pelos avaliadores.

Tabela 6: Conceitos do ICPF

Conceito	Descrição	ICPF
Ótimo	Necessidade apenas de conservação rotineira	5 a 4
Bom	Aplicação de lama asfáltica: desgaste superficial e trincas não muito severas em áreas não muito extensas	4 a 3
Regular	Correção de pontos localizados ou recapeamento: pavimento trincado, com "painéis" pouco frequentes e com irregularidade longitudinal e/ou transversal	3 a 2
Ruim	Recapeamento com correções prévias: defeitos generalizados com correções prévias em área localizadas, remendos localizados ou profundos	2 a 1
Péssimo	Reconstrução: defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão, deterioração do revestimento e das demais camadas, infiltração de água e descompactação da base	1 a 0

Fonte: DNIT (2003)

Em seguida, pode-se calcular o IGGE, que consiste na aplicação de uma fórmula que usa a frequência e os pesos dos conjuntos de trinca fornecidos pela mesma norma citada anteriormente.

$$IGGE = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (Ppr \times Fpr) \quad (7)$$

Onde:

Ft, Pt = frequência e peso do conjunto de trincas t.

Foap, Poap = frequência e peso do conjunto de deformações.

Fpr, Ppr = frequência e peso do conjunto de painéis e remendos.

Por fim, o IGGE e o ICPF devem ser aplicados em uma tabela, também fornecida pela norma para que o IES possa ser definido.

Tabela 7: Cálculo do IES

Descrição	IES	Código	Conceito
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	Ótimo
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	Bom
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	Regular
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	Ruim
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	Péssimo
$IGGE > 90$	10		

Fonte: DNIT (2003)

3.4 ORÇAMENTOS

A partir dos dados encontrados e calculados durante a pesquisa, será realizado um orçamento da manutenção planejada para solucionar os possíveis defeitos da CE-090. Os orçamentos serão baseados nos estudos previamente realizados e nas tabelas da SEINFRA (Secretaria de Infraestrutura), e no projeto fornecido pela Superintendência de Obras Públicas do Ceará (SOP-CE). A tabela de preços da SEINFRA foi selecionada, tendo em vista que é o órgão do governo que coordena, fiscaliza e define as políticas a serem seguidas na área de transportes e logística de transportes, obras, mobilidade, acessibilidade urbana e trânsito.

Em virtude da importância da CE-090 para a malha viária de Caucaia, a baixa qualidade de rolamento da rodovia pode gerar prejuízos financeiros diretos e indiretos. Um interessante exemplo é a utilização da via por turistas que são uma importante fonte de movimentação da economia local. Nesse contexto, a prefeitura de Fortaleza editou uma medida provisória que busca intensiva a operação tapa buracos na região, tendo em vista ser a melhor alternativa para recuperação do pavimento já preenchido por remendos.

Todavia, a CE-090 é responsabilidade do governo do estado. Nesse contexto, existem planos de duplicação da via, em virtude da sua importância para a economia do estado, principalmente em relação ao setor de turismo. Tendo em vista fomentar o turismo na região está planejada uma duplicação do trecho, com duas faixas de três metros para cada sentido, um canteiro de um metro de largura e passeio de 1,5 metros de largura para pedestres, como é demonstrado no Anexo E.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do levantamento visual contínuo, ao longo do trecho avaliado, foram observadas diversas defeitos na superfície do revestimento. Dentre elas, destaca-se o desgaste do pavimento, que pôde ser notado ao longo de toda a seção avaliada com extensão de 1,1 km. O levantamento visual contínuo, em regra, é realizado a bordo de um automóvel, porém para maior precisão dos testes os defeitos foram catalogados pelo passeio, sem o auxílio de automóveis para. Também é importante destacar que outros defeitos como trincas longitudinais, trincas transversais, trincas de jacaré, remendos e afundamento do pavimento foram identificadas no decorrer do trecho, como evidencia a figura 21.

Figura 21: Foto da primeira seção

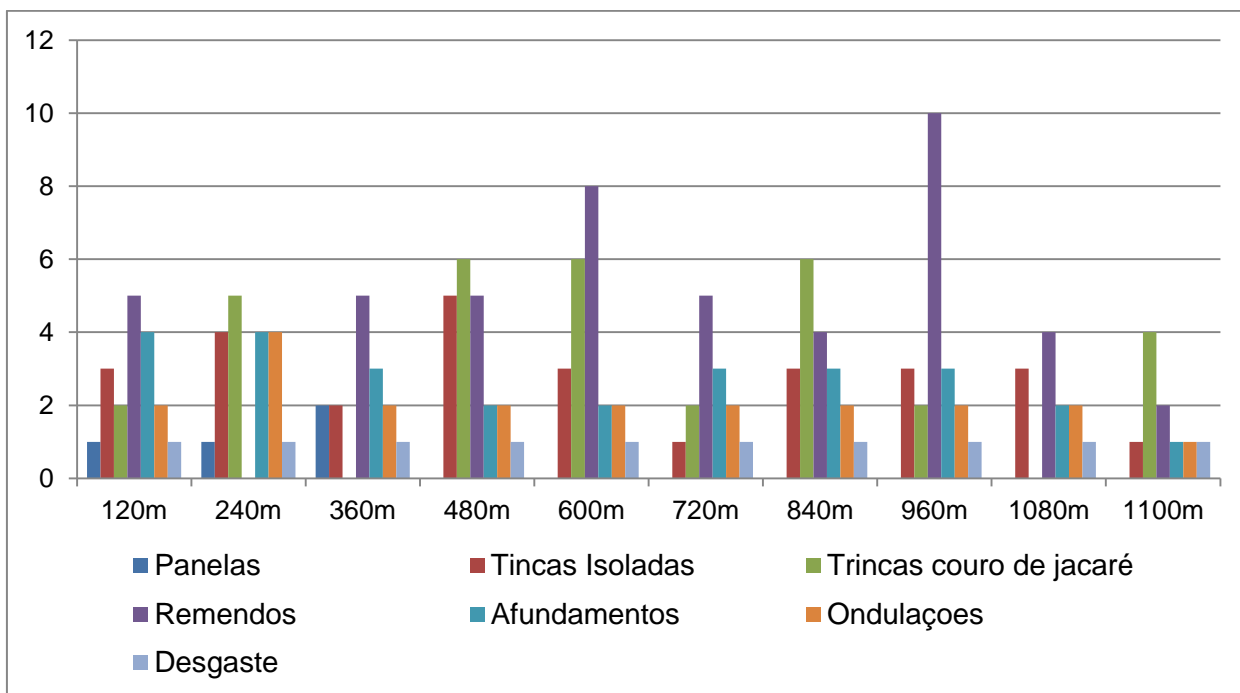


Fonte: Autoria própria, (2022).

Tendo em vista a importância dos defeitos para a análise do pavimento a Figura 22 ilustra graficamente a frequência absoluta dos defeitos dividida em 10

subtrechos, que compõem o estudo de caso.

Figura 22: Frequência absoluta de defeitos



Fonte: Autoria própria, (2022).

A frequência de painelas é baixa, uma vez que durante todo o trecho foram identificadas apenas três e não foram encontradas painelas de grandes dimensões. A presença de painelas foi o defeito menos detectado durante o trecho. No âmbito das demais defeitos, foram identificadas 29 trincas isoladas, 33 trincas couro de jacaré, 27 afundamentos, 19 ondulações e desgaste completo do trecho.

Como pode ser verificado nas figuras 22 e 23, o defeito com o maior número de registros foram os remendos realizados na rodovia, com um total de 49 remendos, o número alto de remendos indica também um alto número de buracos pré-existentes. O estado de degradação desse defeito evidencia erros relacionados a uso de material inadequado ou execução.

Figura 23: Foto da seção 9 com ênfase em remendos



Fonte: Autoria própria, (2022).

4.1 LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO

Por meio de uma avaliação visual, foi possível identificar quais defeitos ocorrem no pavimento e sua frequência, conforme mostra a Tabela 8.

Os segmentos da rodovia foram analisados com levantamentos feitos em 19 estações com 20 metros de comprimento em uma das faixas da rodovia. Tais estações foram distribuídas a cada 100 metros em cada faixa, sendo distribuídas 10 na faixa direita sentido noroeste. As 9 estações restantes foram atribuídas na faixa de sentido contrário e em pontos intercalados com os 10 primeiros. Os registros foram realizados em fichas técnicas fornecidas na norma DNIT 008/2003 e estão presentes nos Anexos A e B. O levantamento foi realizado no sentido inicialmente no sentido noroeste, e ao chegar ao fim 10 estação e percorrer 1100 metros. Segundamente o levantamento foi realizado no sentido contrario, retornando a marcação estação 19 e percorrendo 1030 metros.

Tabela 8: Ocorrência de defeitos

Núm. do segmento	P	Trincas			R	Deformações		Outros defeitos			Extensão
		TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E	
1	B	B	A	S	B	A	A	A	B	B	20m
2	B	A	A	S	B	B	A	A	B	B	20m
3	B	B	B	S	M	M	A	A	B	B	20m
4	B	M	M	S	M	B	A	A	B	B	20m
5	B	B	A	S	A	B	A	A	B	B	20m
6	B	B	M	S	M	M	A	A	B	B	20m
7	B	A	M	S	B	M	A	A	B	B	20m
8	B	A	M	S	A	M	1	A	B	B	20m
9	B	A	B	S	M	A	A	A	B	B	20m
10	B	B	A	S	B	B	A	A	B	B	20m
11	B	M	B	S	B	M	A	A	B	B	20m
12	B	B	B	S	B	M	A	A	B	B	20m
13	B	B	A	S	M	A	A	A	B	B	20m
14	B	B	B	S	B	A	A	A	B	B	20m
15	B	A	M	S	B	M	A	A	B	B	20m
16	B	A	A	S	B	B	A	A	B	B	20m
17	B	M	B	S	B	M	A	A	B	B	20m
18	B	M	A	S	B	A	A	A	B	B	20m
19	B	A	B	S	A	B	A	A	B	B	20m

Fonte: DNIT 008/2003 - PRO. Elaborado pelo autor (2022)

Onde:

- P – Painel
- AF – Afundamento
- D – Desgaste
- TR – Trinca Isolada
- O – Ondulações
- EX – Exsudação
- TJ – Trinca Couro de Jacaré

- E – Escorregamento do revestimento betuminoso
- R – Remendo
- TB – Trinca em Bloco

Com base nessas frequências e no que foi visualizado, foram atribuídos valores de ICPF para cada estação conforme a Tabela 9.

Tabela 9: Índice de condição do Pavimento Flexível

SEGMENTO			EXTENSÃO	ICPF
núm do segmento	Metros			
	Início	Fim		
1	0	20	20m	1,5
2	120	140	20m	2
3	240	260	20m	1
4	360	380	20m	1,5
5	480	500	20m	0,5
6	600	620	20m	1,5
7	720	740	20m	2
8	840	860	20m	0
9	960	980	20m	1,5
10	1080	1100	20m	1
11	1040	1020	20m	2,5
12	910	890	20m	2,5
13	790	770	20m	2,5
14	670	650	20m	2,5
15	550	530	20m	1,5
16	430	410	20m	1,5
17	310	290	20m	2
18	190	170	20m	0
19	70	50	20m	1,5

Fonte: Autoria própria, (2022).

Segundo DNIT 008/2003 as avaliações de Índice de condição de pavimentos podem ser determinadas em: Ótimo, quando o ICPF está entre 5 e 4; Bom, quando está entre 4 e 3; Regular quando está entre 3 e 2; Ruim quando está entre 2 e 1; Péssimo quando está entre 1 e 0. Nesse contexto, as seções 3, 5, 8, 10 e 18 foram classificadas com o conceito de péssimo, com defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão e degradação do revestimento e das demais camadas. As seções 1, 2, 4, 5, 7, 9, 15, 16, 17 e 19 foram classificadas com o conceito ruim, necessitando de um recapeamento com correções prévias. As seções 11 a 14

foram classificadas com o conceito regular, necessitando apenas de correções de pontos localizados. Após a determinação dos ICPF, foram calculados os valores do IGGE e, em seguida, foram determinados os EIS apresentados na tabela 10 e 11.

Tabela 10: Cálculo do IGGE

Se g	Trincas			Deformações			Painéis + Remendos			IGGE
	Ft %	Pt	Ft x Pt	Foap%	Poap	Foap x Poap	Fp r	Pp r	Fpr x Ppr	
1	72	0,65	46,8	65	1	65	3	1	3	114,8
2	35	0,45	15,75	26	0,7	18,2	0	0,3	0	33,95
3	32	0,45	14,4	14	0,7	9,8	5	1	5	29,2
4	59	0,65	38,35	39	0,7	27,3	3	1	3	68,65
5	27	0,45	12,15	55	1	55	6	1	6	73,15
6	88	0,65	57,2	48	0,7	33,6	3	1	3	93,8
7	72	0,65	46,8	5	0,6	3	1	1	1	50,8
8	41	0,45	18,45	25	0,7	17,5	7	1	7	42,95
9	55	0,65	35,75	15	0,7	10,5	3	1	3	49,25
10	22	0,45	9,9	18	0,7	12,6	2	1	2	24,5
11	15	0,45	6,75	31	0,7	21,7	1	1	1	29,45
12	0	0,3	0	23	0,7	16,1	2	1	2	18,1
13	8	0,3	2,4	17	0,7	11,9	3	1	3	17,3
14	0	0,3	0	12	0,7	8,4	2	1	2	10,4
15	24	0,45	10,8	37	0,7	25,9	2	1	2	38,7
16	45	0,45	20,25	25	0,7	17,5	2	1	2	39,75
17	31	0,45	13,95	27	0,7	18,9	2	1	2	34,85
18	40	0,45	18	75	1	75	2	1	2	95
19	32	0,45	14,4	20	0,7	14	3	1	3	31,4

Fonte: Autoria própria, (2022).

Tabela 11: Índice do Estado da Superfície do pavimento

Segmento	ICPF	IGGE	EIS	
			Valor	Conceito
1	1,5	114,8	10	PÉSSIMO
2	2	33,95	3	REGULAR
3	1	29,2	3	REGULAR
4	1,5	68,65	8	PÉSSIMO
5	0,5	73,15	8	PÉSSIMO
6	1,5	93,8	8	PÉSSIMO
7	2	50,8	5	RUIM
8	0	42,95	5	RUIM
9	1,5	49,25	5	RUIM
10	1	24,5	3	REGULAR
11	2,5	29,45	3	REGULAR
12	2,5	18,1	1	BOM
13	2,5	17,3	1	BOM
14	2,5	10,4	1	BOM
15	1,5	38,7	3	REGULAR
16	1,5	39,75	3	REGULAR
17	2	34,35	3	REGULAR
18	0	95	10	PÉSSIMO
19	1,5	31,4	3	REGULAR

Fonte: Autoria própria, (2022).

Ao analisar a tabela acima pode-se afirmar que os resultados determinaram que o lado direito da rodovia (estações 1 a 10), lado que tem sentido noroeste, está com uma classificação de superfície pior que o sentido contrário (estações 11 a 19). Tendo em vista que o primeiro possui uma média de EIS de 5,8(ruim) e o segundo de 3,1(regular).

4.2 DETERMINAÇÃO DO VALOR DE SERVIENTIA (VSA)

A realização da determinação do valor de serventia foi feita por dois técnicos, por conta da limitação da disponibilidade. Inicialmente, foi realizada uma volta de reconhecimento durante o trajeto de 1,1 km da partida e 1,1 km do retorno, sempre tendo os técnicos como passageiros, em um veículo de passeio. Após a volta de reconhecimento, foi realizada a primeira avaliação e, posteriormente, uma terceira volta em um veículo de passeio diferente. O avaliador número 1 avaliou o índice de

serventia como 1,6, enquanto o avaliador número 2 avaliou índice de serventia como 1,9 tornando possível o cálculo final do VSA.

$$VSA = \frac{\sum X}{n}$$

$$VSA = 1,75$$

Em suas observações, expostas nos Anexos C e D, os avaliadores ressaltaram que os principais fatores para a nota baixa e a classificação como ruim no VSA são os altos números de remendos, o grande número de ondulações e o desgaste completo do pavimento, ressaltando o estado degradado do pavimento relatado no levantamento visual contínuo assim como ilustra a Figura 23.

Figura 24: Seção 6 da CE-090



Fonte: Autoria própria, (2022).

4.3 DIFERENÇAS ENCONTRADAS EIS X VSA

Como exposto no levantamento visual contínuo, o alto número de trincas

evidenciadas na tabela 8, espera-se uma aceleração na degradação do revestimento em virtude da infiltração de água e, por conseguinte, do comprometimento das camadas inferiores. Além disso, a quantidade de trincas está diretamente associada ao conforto e à segurança dos usuários da via, tendo em vista que sua existência causa trepidação e redução de estabilidade, fatos que são melhores evidenciados na avaliação subjetiva.

O desgaste do pavimento, presente no levantamento visual contínuo e na avaliação subjetiva da superfície, é ressaltado nas notas dos técnicos da avaliação subjetiva, uma vez que nas observações foi ressaltado o incômodo causado os passageiros pelo desgaste do revestimento asfáltico. Contudo, no levantamento visual contínuo, o desgaste não é relevante em todos os cálculos presentes, sendo necessário apenas no cálculo do ICPF.

4.4 SOLUÇÕES PROPOSTAS

Diante dos valores apresentados nos cálculos acima duas soluções foram propostas a primeira sendo uma reconstrução completa da rodovia e a segunda apenas um recapeamento da superfície asfáltica da via. A primeira solução seria visando uma obra estatal, já o segundo caso seria visando uma obra municipal. Porém durante o estudo prévio sobre a via foi descoberto que uma obra estava sendo planejada para o trecho em questão. Segundo as informações fornecidas pelo funcionário da SOP, a obra foi paralisada em serviços preliminares. O serviço que está planejado é uma duplicação completa de 9,4 km de pista simples, sendo realizada uma reestruturação completa com revestimento do tipo CBUQ, seguindo o projeto fornecido pela SOP presente no anexo E.

A primeira sugestão de intervenção se trata de um recapeamento de 9,4 quilômetros da rodovia, que objetiva resolver os problemas relativos às condições de rolamento de modo imediato. Todavia, destaca-se que a prolongação da vida útil da rodovia deve ser prejudicada em virtude ao desgaste das camadas inferiores à camada asfáltica. Nesse contexto, segundo Santos (2011) a vida útil da superfície asfáltica é em média de 10 anos, a depender do seu dimensionamento. A durabilidade média do revestimento intertravado, por sua vez, é de 25 anos (Antunes *et al*, 2018). É importante ressaltar que os valores presentes nas tabelas da SEINFRA não são atualizados desde 2020, sendo o presente orçamento apenas

uma estimativa de preço. Os valores de materiais de ligação também não estão presentes na tabela da SEINFRA, sendo desconsiderado no presente orçamento.

Tabela 12: Orçamento número 1

COD	Base	Sub-Item	Und	Qtde	Preço Unit	Preço Total
CASO 01 - RECAPEAMENTO						R\$ 858.257,60
C5036	SEINFRA	Fresagem contínua	M3	3.760	R\$ 38,16	R\$ 143.481,60
C3221	SEINFRA	Execução de imprimação	M2	75.200	R\$ 0,39	R\$ 29.328,00
C3228	SEINFRA	Execução de pintura de ligação	M2	75.200	R\$ 0,23	R\$ 17.296,00
C3155	SEINFRA	Concreto Betuminoso CBUQ	M3	3.760	R\$ 177,70	R\$ 668.152,00

Fonte: Autoria própria, (2022).

A segunda sugestão de intervenção é a duplicação completa da CE-090 com a superfície de blocos Intertravados. A intervenção de duplicação foi sugerida pela Superintendência de Obras Públicas do Ceará em 2021 e será realizada em um futuro breve. Essa intervenção, se realizada de acordo com as boas práticas de gerenciamento, será responsável por solucionar os problemas de rolamento e das estruturas das bases. Assim, as melhorias alterarão de modo definitivo a situação da via. A utilização dos blocos intertravados, contudo, deve impactar as notas de avaliações subjetivas uma vez que o revestimento asfáltico permite um maior conforto ao rolamento. É válido ressaltar que não foi encontrada a composição da regularização de subleito com o pó de pedra nas tabelas da SEINFRA e do DNIT. A tabela do DNIT foi necessária, pois na tabela da SEINFRA não existe um item compatível com a execução de regularização de subleito.

Tabela 13: Orçamento número 2

COD	Base	Sub-Item	Und	Qtde	Preço Unit	Preço Total
CASO 02 - DUPLICAÇÃO COMPLETA						R\$ 16.686.003,92
C0328	SEINFRA	Aterro	M3	11.280,00	R\$ 91,33	R\$1.030.202,40
4413986	DNIT	Execução De Regularização Do Subleito	M2	122.200,00	R\$ 0,04	R\$ 4.888,00
C3968	SEINFRA	Execução De Sub-Base Nova Em Pó De Pedra Na Espessura De 12 Cm	M3	14.664,00	R\$ 96,28	R\$1.411.849,92
C3132	SEINFRA	Execução De Base Nova Em Brita Graduada Simples (Bgs) Na Espessura De 20 Cm	M3	24.440,00	R\$124,89	R\$3.052.311,60
C4819	SEINFRA	Revestimento Do Canteiro Central E Passeios Com Piso Intertravado Tipo Tijolinho Com 6,0 Cm De Espessura	M2	37.600,00	R\$ 48,67	R\$ 1.829.992,00
C4576	SEINFRA	Revestimento Da Pista Com Piso Pré-Mol De Conc Art E Intertr De 16 Faces E=8,0 Cm (Fck= 35 A)	M2	112.800,00	R\$ 82,95	R\$ 9.356.760,00

Fonte: Autoria própria, (2022).

Nesse contexto, a duplicação completa se mostra mais efetiva, uma vez que o estado de degradação e desgaste do pavimento presente estava avançado, com muitas trincas presentes, sugerindo infiltrações que possam ter comprometido suas bases inferiores. Também é válido ressaltar que o estado também avaliou que a duplicação das faixas seria adequada para a CE-090 por conta do seu VMD, uma vez que a solução proposta foi projetada pela SOP-CE. O bloco intertravado também possui maior facilidade em intervenções futuras, por conta da sua maior facilidade na montagem e desmontagem.

5. CONCLUSÃO

A avaliação funcional de um pavimento rodoviário existente inclui diversas técnicas objetivas e subjetivas que, quando devidamente aplicadas, permitem determinar o estado de degradação dos pavimentos, e também auxilia a tomada de decisões acerca das soluções a serem selecionadas (Oliveira, 2015).

Por meio da aplicação da norma técnica DNIT 008/2003, o presente estudo determina as características funcionais do pavimento da rodovia CE-090, no trecho compreendido entre a Rua da Lagoa do Parnamirizinho e a Avenida Desembargador Jurema. Em virtude da média de IGGE de 47,56 e do IES de 5, a qualidade do pavimento foi determinada como ruim de acordo com as normas DNIT 008/2003 e DNIT 009/2003.

Diante dos resultados apresentados, foram apresentadas duas sugestões de intervenções para o melhoramento da via, sendo uma realizada pela prefeitura municipal e outra realizada pelo governo estadual, em virtude das diferenças orçamentárias. A primeira sugestão é um recapeamento da superfície asfáltica de 9,4 km, que possui um custo estimado de 858.257,60 de reais, de acordo com os valores fornecidos pela SEINFRA. A segunda é a duplicação da pista com uso de blocos intertravados de concreto com 9,4 km de comprimento, sendo a segunda opção um projeto fornecido pela própria SOP e que possui custo estimado de 16.686.003,92 reais, também de acordo com os valores fornecidos pela SEINFRA. Portanto, a duplicação completa se mostra mias efetiva, por conta do estado de degradação e desgaste avançado, sugerindo comprometimento completo da rodovia e necessitando de uma intervenção não apenas na superfície como também nas bases inferiores.

No contexto apresentado, sugere-se para trabalhos futuros a elaboração de um plano de gestão de obras. Com isso, será possível avaliar com precisão custos e prazos necessários para a execução das soluções propostas. Assim, mais variáveis serão conhecidas e os riscos mitigados para o tomador de decisão.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Niehuns, Lucas & Ghisi, EneDir & Thives, Liseane. **Permeable Pavements Life Cycle Assessment: A Literature Review**. Water. v10. (2018). 10.3390/w10111575.
- ARAÚJO, Janaina Lima de. **Características funcionais e mecânicas de misturas asfálticas para revestimento de pavimentos aeroportuários**. 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- BARELLA, R. M. **Contribuição para a avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos com perfilômetros inerciais**. 2008. 362f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transporte). Universidade de São Paulo, 2008.
- BERNUCCI, L. B., MOTA, L. M. G., CERATI, J. A. P. e SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros**. Petrobras. Abeda, Rio de Janeiro, RJ, 2022.
- CEARÁ - Secretaria do meio ambiente do estado do Ceará. **Ampliação da rodovia CE-090**. Caucaia, 2021
- CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias 2019**. Brasília, 2019.
- CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias 2021**. Brasília, 2021.
- DANIELESKI, Maria Luiza. **Proposta de Metodologia para Avaliação Superficial de Pavimentos Urbanos: Aplicação à rede viária de Porto Alegre**. Dissertação de mestrado profissionalizante em engenharia. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- DNIT. DNIT 006/2003 - PRO: **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos Procedimento**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro. 2003. Norma rodoviária.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003.
- DNIT. DNIT 009/2003 - PRO: **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro. 2003. Norma rodoviária.
- DNIT. DNIT 008/2003 - PRO: **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro. 2003. Norma rodoviária.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de conservação rodoviária**. Rio de Janeiro, 2005.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Terminologias rodoviárias usualmente utilizadas**. 2007.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Pavimentação – Reforço do subleito**. 2010

FDC- Fundação Dom Cabral. **Diagnóstico e projeções para a infraestrutura de logística de transporte no Brasil**. MINAS GERAIS, 2018.

GOINFRA - Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes. **Pavimentação - sub-base e base estabilizada granulamente com ou sem mistura**. Goiânia, 2018.

MAIA, Iva Marlene Cardoso. **Caracterização de patologias em pavimentos rodoviários**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013.

MATOS, Daniel Anijar de *et al.* **Manual de manutenção de pavimentos**. Mato Grosso do Sul: UFMS, 2019.

MARCATO, Vânia e Oliveira, Ricardo. **Manifestações patológicas em estruturas asfálticas: estudo de caso na rodovia mg-190**. Revista GETEC, v.10, n.30, p.54-70. 2021.

MEDINA, J. **Mecânica dos Pavimentos**. 1ª edição, 380 p. Rio de Janeiro-RJ, Editora UFRJ, 1997.

NETO, Antônio Dias de Lima Terceiro et al. **Avaliação das condições do pavimento em via urbana na cidade de João Pessoa/pb-comparação entre índices**. Universidade Federal da Paraíba, 2019.

OLIVEIRA, Paulo Henrique de Lima. **Avaliação Das Características Funcionais Da Rodovia Ce-187 A Luz Do Método Igg**. 2015.

PRESTES, Marilez Pôrto. **Métodos de avaliação visual de pavimentos flexíveis: um estudo comparativo**. 2001.

ROCHA, Jorcelan Pereira; FERREIRA, Lucas Galvão Cunha Monteiro; BORBA, Fernando Vasconcelos. **Diagnóstico de patologias encontradas em pavimentos rodoviários flexíveis e semirrigidos**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.16 n.30; p. 2019.

SANTOS, Caio. **Dimensionamento e análise do ciclo de vida de pavimentos rodoviários: uma abordagem probabilística**. Tese. USP, 2011.

VILCHEZ, G. E. M. **Estudo de sistemas anti-reflexão de trincas na restauração de pavimentos asfálticos.** 1996. 158f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 1996.

YIN, R.K. **Estudo de caso – planejamento e métodos.** (2Ed.). Porto Alegre: Bookman, 2001.

ANEXO A - Formulário para o levantamento visual contínuo

NORMA DNIT 008/2003 - PRO

8

Anexo B (normativo)

Formulário para o levantamento visual contínuo

MT													Folha	4				
DNIT													de	2				
Código PNV Trecho do PNV	Ext. PNV _____		Ext. EXEC _____		UNIT _____		N° PISTALADO _____		MÊS/ANO _____		Largura da Pista: <u>7</u>			Largura do Acostamento: <u>1,5</u>				
	Início _____		Fim _____		VMD _____		MR N° _____		MR N° _____									
SEGMENTO			FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										I C P F		INF.COMPLEMENTARES		OBSERVAÇÕES	
N° DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext	P	TRINCAS			DEFOR- MAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			REV	ESP	IDADE			
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB	AF	O	D	EX	E			ORIG	REST		
1	0	20			1	0	1	0	2	3	1	1	0	0	15			
2	120	140			0	3	1	0	0	1	1	1	0	0	2			
3	240	260			2	1	0	0	3	2	1	1	0	0	6			
4	360	380			0	3	1	0	3	1	1	1	0	0	45			
5	480	500			0	1	3	0	6	1	1	1	0	0	15			
6	600	620			0	1	2	0	3	2	1	1	0	0	15			
7	720	740			0	2	2	0	1	2	1	1	0	0	1			
8	840	860			0	3	2	0	7	2	1	1	0	0	0			
9	960	980			0	2	0	0	3	1	1	1	0	0	15			
10	1060	1100			0	1	4	0	2	1	1	1	0	0	1			
P - Painéis		AF - Afundamento		D - Desgaste do Pavimento		REST - Idade da última restauração										Avaliadores _____ _____		
TR - Trinca Isolada		O - Ondulações		EX - Exsudação		REV - Tipo de Revestimento												
TJ - Trinca Couro de Jacaré		E - Escorregamento do revestimento betuminoso		R - Remendo		ESP - Espessura do Revestimento												
TB - Trinca em Bloco		ICPF - Índice de Condições		MR - Marco Rodoviário		ORIG - Idade do Pav. Original												

/Anexo C

ANEXO B - Formulário para o levantamento visual contínuo

NORMA DNIT 008/2003 - PRO

8

Anexo B (normativo)

Formulário para o levantamento visual contínuo

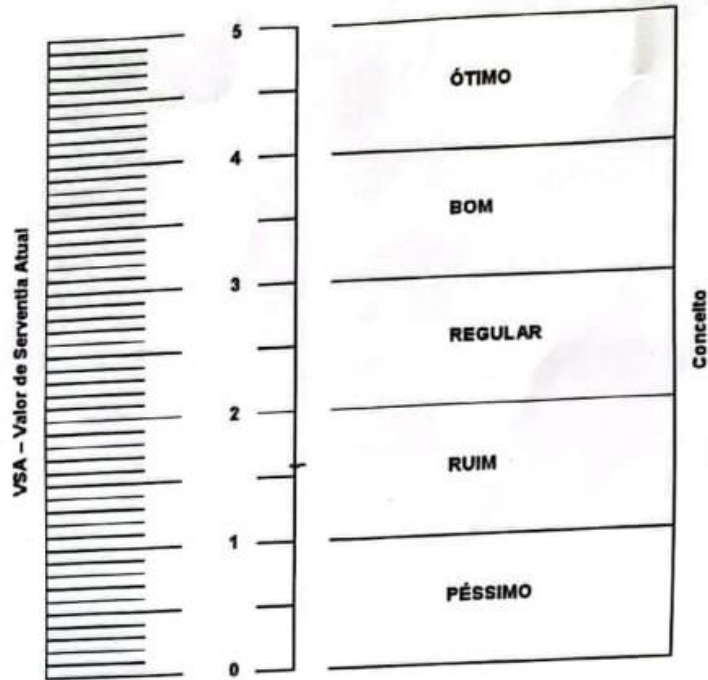
MT													Folha				
DNIT													2				
													de				
													2				
Código PNV		Ext. PNV _____		Ext. EXEC _____		UNIT _____		N° PISTALADO _____		MÊS/ANO _____							
Trecho do PNV		Largura da Pista: <u>3m</u>															
		Largura do Acostamento: <u>1,5m</u>															
		Início _____						MR N° _____									
		Fim _____						VMD _____ MR N° _____									
SEGMENTO				FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										INF.COMPLEMENTARES		OBSERVAÇÕES	
N° DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext	P	TRINCAS			DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			REV	ESP	IDADE		
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB	AF	O	D	EX	E			ORIG		REST
11	1040	1020			0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	25		
12	910	840			0	0	0	0	3	1	1	2	0	0	3		
13	780	770			0	1	4	0	3	1	1	1	0	0	25		
14	630	650			0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	3		
15	550	530			0	2	3	0	2	1	1	1	0	0	45		
16	430	410			0	1	5	0	2	1	1	1	0	0	15		
17	310	280			0	1	0	0	2	1	1	1	0	0	2		
18	180	170			0	1	4	0	3	1	1	1	0	0			
19	70	50			0	3	1	0	3	1	1	1	0	0	45		
P - Painela		AF - Afundamento		D - Desgaste do Pavimento		REST - Idade da última restauração											
TR - Trinca Isolada		O - Ondulações		EX - Exsudação		REV - Tipo de Revestimento										Avaliadores	
TJ - Trinca Couro de Jacaré		E - Escorregamento do revestimento betuminoso		R - Remendo		ESP - Espessura do Revestimento										_____	
TB - Trinca em Bloco		ICPF - Índice de Condições		MR - Marco Rodoviário		ORIG - Idade do Pav. Original										_____	

/Anexo C

ANEXO C – Ficha de avaliação de serventia

NORMA DNIT 009/2003-PRO

Anexo A (normativo) Ficha de avaliação de serventia



Rodovia: CE-090

Observações: Rodovia com muitos defeitos que impactam na qualidade de trafegabilidade. Defeitos bem aparentes. Os defeitos por irregularidade de superfície não foram analisados.

Nº do Avaliador: Yago Felipe da Silva Vaz

Data: 09/10/22

1.6 /Índice geral

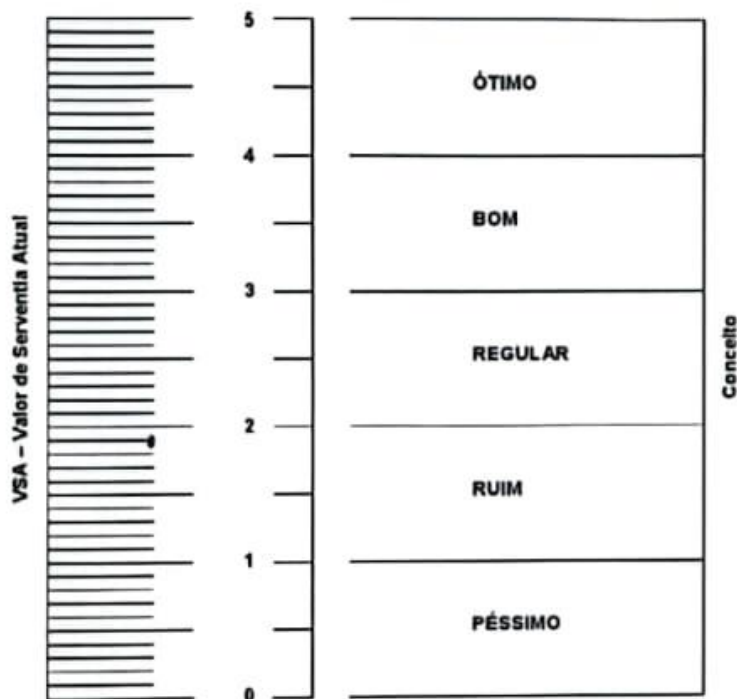
ANEXO D – Ficha de avaliação de serventia

NORMA DNIT 009/2003-PRO

5

Anexo A (normativo)

Ficha de avaliação de serventia



Rodovia: CE-030 pista Simplex

Observações: Pista com muitas resacas e muitas ondulações, tornando a via desagradável. Também vale ressaltar a lanella usada pelo pavimento desgastado

Nº do Avaliador: Paulo Victor Barbosa Feitosa

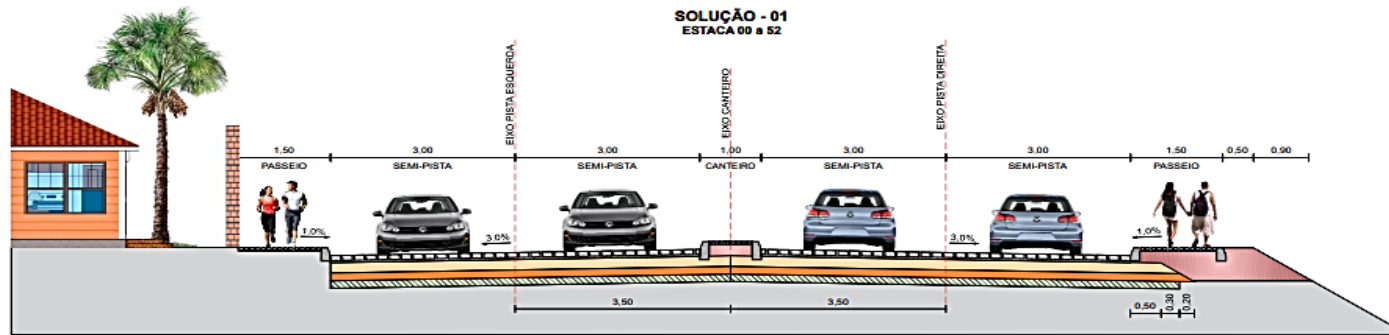
Data: 21/10/22

1,9 /Índice geral







ANEXO E – Projeto de duplicação

SEÇÃO TIPO DE PAVIMENTAÇÃO

ESCALA 1:75



LEGENDA:

-  - REVESTIMENTO DA PISTA COM PISO PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO ARTICULADO E INTERTRAVADO DE 16 FACES $e=8,0$ cm ($f_{ck}=35$ MPa) PARA TRÁFEGO PESADO, EXECUTADO SOBRE COLCHÃO DE PÓ DE PEDRA COM 5,0 cm DE ESPESSURA, APÓS IMPRIMAÇÃO;
-  - REVESTIMENTO DO CANTEIRO CENTRAL E PASSEIOS COM PISO INTERTRAVADO TIPO TJOILINHO COM 6,0 cm DE ESPESSURA, SOBRE COLCHÃO DE PÓ DE PEDRA COM 5,0 cm DE ESPESSURA;
-  - EXECUÇÃO DE BASE NOVA EM BRITA GRADUADA SIMPLES (BGS) NA ESPESSURA DE 20 cm, COM ENERGIA DA MÁXIMA DENSIDADE;
-  - EXECUÇÃO DE SUB-BASE NOVA EM PÓ DE PEDRA NA ESPESSURA DE 12 cm, COM ENERGIA DO PROCTOR INTERMEDIÁRIO (26 GOLPES) - ISC > 30 %, APÓS REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO;
-  - EXECUÇÃO DE REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO COM ADIÇÃO DE 10 cm DE PÓ DE PEDRA, APÓS TERRAPLENAGEM;
-  - ATERRO.

OBS:

Cuidados especiais deve-se ter com a Base de Brita Graduada pois esses materiais aceitam uma energia acima do PM (55 golpes) sem normalmente se degradarem. A curva $D_s, máx \times$ energia de compactação é inicialmente crescente tornando-se assintótica para uma energia acima de 55 golpes. É importante traçar-se essa curva no campo para se determinar a $D_s, máx$ que deverá corresponder ao início da assintota.