



CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

EVILENE SINÉSIO SILVA

**UTILIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO PARA ANÁLISE DE
SOLUÇÕES DE MANUTENÇÃO NO PAVIMENTO DE UM SEGMENTO (JIJOCA
DE JERICOACOARA - PARAZINHO) DA RODOVIA ESTADUAL CE-085**

FORTALEZA

2023

EVILENE SINÉSIO SILVA

UTILIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO PARA ANÁLISE DE
SOLUÇÕES DE MANUTENÇÃO NO PAVIMENTO DE UM SEGMENTO (JIJOCA DE
JERICOACOARA - PARAZINHO) DA RODOVIA ESTADUAL CE-085

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Christus, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Jardel Andrade de
Oliveira.

FORTALEZA

2023

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)

S586u Silva, Evilene Sinésio.
Utilização do Levantamento Visual Contínuo para análise de
soluções de manutenção no pavimento de um segmento (Jijoca de
Jericoacoara - Parazinho) da rodovia estadual CE-085 / Evilene
Sinésio Silva. - 2023.
81 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,
Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Jardel Andrade de Oliveira.

1. Pavimentação. 2. Rodovia. 3. Levantamento Visual Contínuo.
4. Gerência de Pavimentos. 5. Manutenção Viária. I. Título.

CDD 624

EVILENE SINÉSIO SILVA

UTILIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO PARA ANÁLISE DE
SOLUÇÕES DE MANUTENÇÃO NO PAVIMENTO DE UM SEGMENTO (JIJOCA DE
JERICOACOARA - PARAZINHO) DA RODOVIA ESTADUAL CE-085

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Christus, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Jardel Andrade de
Oliveira.

Aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jardel Andrade de Oliveira
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

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

Prof. Me. Lucas Cavalcante de Almeida
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força que ele tem me dado, pela misericórdia para chegar até aqui e por estar sempre comigo, me abençoando e me guardando.

Aos meus pais, Rosy Sinésio e Antônio Edvan, por serem os meus pilares, estarem sempre torcendo e orando por mim, me dando todo o apoio e incentivo necessário para conquistar os meus sonhos. Sem vocês o meu caminho até aqui seria muito árduo, vocês são as pessoas mais importantes da minha vida e sempre dedicarei as minhas vitórias a vocês.

A todos os meus amigos e colegas da empresa Engevias que contribuíram com este trabalho, em especial ao Filipe Braid e Raul Ponte, a ajuda de vocês foi essencial para tornar isso possível.

Ao Professor Jardel Oliveira, meu orientador, por toda ajuda e colaboração para o desenvolvimento da minha pesquisa.

Aos membros da banca, Fernando Monteiro e Lucas Cavalcante, por aceitarem fazer parte dessa etapa importante da minha vida.

Aos meus familiares e amigos que sempre me ajudaram quando foi preciso, nunca esquecerei de nenhum de vocês e serei eternamente grata por todo apoio.

Ao meu companheiro, Igor Holanda, que tem sido um dos meus pilares nesse ano, me ajudando, me dando apoio, suporte físico e emocional, além de sempre acreditar em mim e estar vibrando com as minhas conquistas.

RESUMO

O transporte rodoviário é o principal modal para deslocamento no Brasil, isto é, a condição da rodovia é de grande importância, visto que impacta diretamente na competitividade do mercado local, conseqüentemente, na economia do país. Ou seja, para manter o pavimento em boas condições de serventia são necessárias ações de manutenção, com intuito de evitar o surgimento de algum defeito (preventiva) ou reparar defeitos existentes (corretiva). Dessa forma, este trabalho apresenta a metodologia do Levantamento Visual Contínuo – LVC, ferramenta ágil e eficaz, capaz de avaliar a condição da superfície de pavimentos rodoviários, empregada pela Superintendência de Obras Públicas do Ceará – SOP-CE. A partir dos resultados do LVC, foram selecionadas soluções de manutenção e reabilitação para as rodovias estaduais cearenses. Este estudo de caso foi realizado na rodovia CE-085, no trecho que interliga as cidades de Jijoca de Jericoacoara e Parazinho, no qual apresenta como o LVC é feito, desde os equipamentos utilizados até o tratamento dos dados coletados, apresentando o *software* disposto para cadastro e como é classificado o conceito da rodovia. Além disso, a pesquisa retrata as intervenções realizadas no segmento através de um histórico fotográfico e sua eficácia, que indicaram bons resultados, atribuindo o conceito “bom” em todo segmento no atual ano.

Palavras-chave: Pavimentação. Rodovia. Levantamento Visual Contínuo. Gerência de Pavimentos. Manutenção Viária.

ABSTRACT

Road transportation is the primary mode of travel in Brazil; that is, the condition of the highway is of great importance as it directly impacts the competitiveness of the local market, consequently influencing the country's economy. In other words, to maintain the pavement in good operational condition, maintenance actions are necessary, aiming to prevent the emergence of defects (preventive) or to repair existing defects (corrective). Therefore, this work presents the methodology of Continuous Visual Survey (LVC), an agile and effective tool for evaluating the condition of road pavement surfaces, employed by the Public Works Superintendence of Ceará (SOP-CE). Based on the results of the LVC, maintenance and rehabilitation solutions were selected for the state highways in Ceará. This case study was conducted on the CE-085 highway, in the section that connects the cities of Jijoca de Jericoacoara and Parazinho. It illustrates how the LVC is conducted, from the equipment used to the treatment of collected data, presenting the software used for registration and how the road's concept is classified. Additionally, the research depicts the interventions carried out in the segment through a photographic history and their effectiveness, indicating positive results and an overall "good" rating for the segment in the current year.

Keywords: Pavement. Road. Continuous Visual Survey. Pavement Management. Road Maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vila Ápia, Roma.....	19
Figura 2 – Estrutura de um pavimento flexível (corte transversal).....	22
Figura 3 – Estrutura de um pavimento semi-rígido.....	23
Figura 4 – Estrutura de um pavimento rígido (corte longitudinal).....	23
Figura 5 – Trinca transversal no pavimento.....	25
Figura 6 – Trinca longitudinal no pavimento.....	26
Figura 7 – Trinca do tipo “Couro de Jacaré”.....	26
Figura 8 – Trinca tipo “Bloco”.....	27
Figura 9 – Afundamento plástico na trilha de roda.....	28
Figura 10 – Afundamento por consolidação em trilha de roda.....	28
Figura 11 – Corrugações no pavimento.....	29
Figura 12 – Ondulações no pavimento.....	29
Figura 13 – Desgaste do revestimento asfáltico.....	30
Figura 14 – Panela ou buraco no revestimento asfáltico.....	31
Figura 15 – Remendo no pavimento.....	31
Figura 16 – Equipamentos e veículo utilizado para o LVC.....	34
Figura 17 – Extração rotativa do revestimento asfáltico.....	37
Figura 18 – Esquema simplificado da configuração do SIGMA.....	44
Figura 19 – Condição das rodovias pelo LVC de 2022.....	47
Figura 20 – Estrutura metodológica do estudo de caso.....	49
Figura 21 – Mapa de situação da rodovia analisada.....	50
Figura 22 – Veículo equipado para realizar o LVC.....	52
Figura 23 – Exemplo do material coletado em campo.....	53
Figura 24 – <i>Software</i> utilizado para levantamento.....	54
Figura 25 – <i>Software</i> de cadastro LVC.....	57
Figura 26 – Controle para cadastro do LVC.....	58
Figura 27 – Localização dos 5 pontos estudados.....	62
Figura 28 – Fotos do ponto 1 (2019-2021).....	63

Figura 29 – Fotos do ponto 1 (2022 e 2023).....	64
Figura 30 – Fotos do ponto 2 (2019-2021).....	65
Figura 31 – Fotos do ponto 2 (2022 e 2023).....	66
Figura 32 – Fotos do ponto 3 (2019-2021).....	67
Figura 33 – Fotos do ponto 3 (2022 e 2023).....	68
Figura 34 – Fotos do ponto 4 (2019-2021).....	69
Figura 35 – Fotos do ponto 4 (2022 e 2023).....	70
Figura 36 – Fotos do ponto 5 (2019-2021).....	71
Figura 37 – Fotos do ponto 5 (2022 e 2023).....	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Manutenção Preventiva.....	40
Gráfico 2 – Comparativo do estado geral das rodovias pavimentadas em 2021 e 2022.....	41
Gráfico 3 – Condição da pavimentação no Brasil.....	42
Gráfico 4 – Custo operacional com pavimentação nas rodovias do Brasil.....	43
Gráfico 5 – Evolução da malha pavimentada no Estado do Ceará (2001 – 2022)...	46
Gráfico 6 – Serventia do segmento do trecho (Jijoca de Jericoacoara - Parazinho) da rodovia CE-085 entre os anos 2009 e 2023.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condição do pavimento através do IGG.....	32
Tabela 2 – Código de Irregularidade Superficial.....	34
Tabela 3 – Frequência de defeitos.....	35
Tabela 4 – Avaliação do IES.....	36
Tabela 5 – Conceitos do ICPF.....	36
Tabela 6 – Classificação do pavimento das rodovias.....	42
Tabela 7 – Evolução da malha pavimentada no Estado do Ceará (2001 – 2022).....	45
Tabela 8 – Pesos utilizados para cálculo do Fator Equivalente.....	59
Tabela 9 – Conceitos de qualidade por patamares de tráfego relacionados a trinca de fadiga.....	60
Tabela 10 – Cálculo do conceito das patologias analisadas.....	61
Tabela 11 – Serventia do segmento do trecho (Jijoca de Jericoacoara - Parazinho) da rodovia CE-085 entre os anos 2009 e 2023.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critério de avaliação dos defeitos.....	55
Quadro 2 – Codificação dos defeitos.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
DAE	Departamento de Arquitetura e Engenharia
DER-CE	Departamento Estadual de Rodovias do Ceará
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FE	Fator Equivalente
FWD	Falling Weight Deflectometer
ICF	Índice de Condição Funcional
ICPF	Índice da Condição do Pavimento Flexível
IDS	Índice de Defeitos de Superfície
IGGE	Índice de Gravidade Global Expedito
IGI	Índice de Gravidade Individual
LER	Levantamento dos Elementos Rodoviários
LVC	Levantamento Visual Contínuo
PAC	Plano Anual de Conservação
SIGMA	Sistema Integrado de Gestão da Manutenção
SGP	Sistemas de Gerência de Pavimentos
SRE	Sistema Rodoviário Estadual
SOP-CE	Superintendência de Obras Públicas do Ceará
TSD	Tratamento Superficial Duplo
UF	Unidades Federativas
VMD	Volume Médio Diário
VSA	Valor de Serventia Atual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivos de pesquisa.....	18
1.1.1	<i>Objetivo geral.....</i>	18
1.1.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1	Histórico da pavimentação.....	19
2.2	Classificação do pavimento.....	21
2.2.1	<i>Pavimentos flexíveis.....</i>	21
2.2.2	<i>Pavimentos semi-rígidos.....</i>	22
2.2.3	<i>Pavimentos rígidos.....</i>	23
2.3	Defeitos em pavimento flexíveis e semirrígidos.....	24
2.3.1	<i>Fenda.....</i>	24
2.3.1.1	<i>Trinca Isolada.....</i>	25
2.3.1.2	<i>Trinca Interligada.....</i>	26
2.3.2	<i>Afundamentos.....</i>	27
2.3.3	<i>Ondulações ou Corrugações.....</i>	29
2.3.4	<i>Desgaste.....</i>	30
2.3.5	<i>Panela ou buraco.....</i>	30
2.3.6	<i>Remendo.....</i>	31
2.4	Avaliação funcional dos pavimentos flexíveis e semirrígidos.....	32
2.4.1	<i>Índice de Gravidade Global – IGG.....</i>	32
2.4.2	<i>Irregularidade Longitudinal no Pavimento.....</i>	33
2.4.3	<i>Levantamento Visual Contínuo – LVC.....</i>	34
2.5	Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis e semirrígidos.....	37
2.6	Manutenções em pavimentos flexíveis.....	38
2.7	Condição da pavimentação atual no Brasil.....	41
2.8	Gestão da pavimentação no Ceará.....	44
3	METODOLOGIA.....	48
3.1	Tipo de pesquisa.....	48
3.2	Caracterização do estudo de caso.....	49
3.3	Estudo de caso na CE-085 (Jijoca de Jericoacoara - Parazinho).....	50
3.4	Equipamentos e materiais utilizados para levantamento.....	50
3.5	Tratamento de dados e cadastro.....	53
3.6	Fator de Equivalência.....	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	62
4.1	Memorial Fotográfico.....	62
4.2	Análise das Intervenções.....	72
4.3	Histórico LVC.....	73
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	76

1 INTRODUÇÃO

A Confederação Nacional do Transporte – CNT aponta que o Brasil possui 1.720.909 km de malha rodoviária, composta por rodovias federais, estaduais e municipais, dessas, apenas 12,4% (213.500 km) encontram-se pavimentadas. Ou seja, há 78,5% (1.350.100 km) de rodovias não pavimentadas e 9,1% (157.309 km) com obras planejadas (CNT, 2022a).

De acordo com Bernucci *et al.* (2022), nas últimas décadas o investimento praticado, aquém do necessário, em infraestrutura rodoviária tem gerado uma crescente insatisfação dos usuários, sendo insuficiente para suprir a demanda de transportes nacionais.

Segundo Correa e Ramos (2011), o modal rodoviário não é o mais adequado para os transportes de cargas volumosas, por longas distâncias. Pode-se atrelar a este cenário, às deficiências nas estradas, delimita-se assim, um ambiente desfavorável para a logística nacional, capaz de impactar negativamente a competitividade do mercado local, impactando na economia do país, visto que o transporte rodoviário é o principal modal para deslocamento no Brasil (Correa e Ramos, 2011).

Bernucci *et al.* (2022) definem pavimento como uma estrutura formada por camadas construídas na superfície final de terraplenagem, devendo suportar as intempéries climáticas e o desgaste gerado pelo tráfego de veículos, ou seja, é função dos pavimentos propiciar deslocamentos confortáveis e seguros para os usuários. Portanto, visando resguardar a vida útil de projeto dos pavimentos, é necessário minimizar o impacto das cargas provenientes do tráfego, logo, as camadas das estradas devem ser sobrepostas de forma que distribua, de forma atenuada, as tensões geradas pelos veículos para o subleito (CNT, 2022a).

Para que o pavimento tenha bom desempenho, é necessário que a sua construção seja realizada com eficiência, atendendo às exigências técnicas e com o emprego de materiais de boa qualidade. Além disso, a implementação de manutenções periódicas, é outro parâmetro necessário para a conservação/manutenção de um bom pavimento, de forma que a estrutura possa atender as demandas dos usuários de forma aceitável e constante (CNT, 2022a). Todavia, a falha na priorização da manutenção dos pavimentos impacta

negativamente o seu desempenho, potencializando a ocorrência precoce e o agravamento de defeitos (Alves; Nodari; García, 2016).

Segundo Albuquerque (2007) um Sistema de Gerência de Pavimentos – SGP é uma ferramenta capaz de gerenciar atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos, avaliando as condições funcionais e estruturais para um bom desenvolvimento social e econômico. De acordo com o DNIT (2011), a partir da década de 1980, percebe-se um crescente interesse por parte de órgãos do setor rodoviário na implantação de SGP, na qual as referidas organizações passaram a buscar com mais ênfase estratégias de manutenção mais capacitadas a manter os pavimentos em boas condições de serventia, reconhecimento do impacto direto que a condição das rodovias gera nos custos operacionais dos veículos e emprego de tecnologias avançadas para avaliação de pavimentos no Brasil.

O principal objetivo de um SGP é auxiliar na priorização dos investimentos, considerando os recursos públicos disponíveis, da melhor forma possível, buscando manter os pavimentos capazes de proporcionar conforto, segurança e economia no transporte rodoviário, com o menor custo possível (DNIT, 2011). Pois, é sabido (Babashamsi *et al.*, 2016) que ações de manutenção preventiva em pavimentos tem custo substancialmente menor ao serem implementadas com os defeitos em suas fases iniciais de surgimento/crescimento. Para atingir esses objetivos, os SGP possuem módulos que interagem mutuamente, sendo eles: planejamento, projeto, construção e manutenção dos pavimentos (DNIT, 2011).

Os órgãos federais e estaduais que gerenciam os pavimentos brasileiros têm seus respectivos SGP. No âmbito federal, a malha rodoviária é gerida pelo DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. O mesmo utiliza o SGP-DNIT, desenvolvido por um processo integrado com ações que otimizam o planejamento rodoviário, possibilitando a melhor aplicação dos bens públicos na malha (DNIT, 2011).

Já no âmbito estadual, a malha rodoviária cearense é gerida pela Superintendência de Obras Públicas do Ceará – SOP-CE, nos moldes atuais, sua criação se deu em 22 de maio de 2019 pela Lei Nº 16.880, com a fusão entre o Departamento Estadual de Rodovias do Ceará – DER-CE e o Departamento de Arquitetura e Engenharia – DAE (Ceará, 2019). A SOP-CE utiliza a ferramenta de gerenciamento rodoviário denominado Sistema Integrado de Gestão da Manutenção – SIGMA, composta por três subsistemas: Sistemas de Gerência de Pavimentos –

SGP, Sistema de Informações – SI e Sistema de Administração da Conservação – SAC.

Com auxílio do SIGMA é realizado periodicamente o PAC – Plano Anual de Conservação rodoviária e aeroportuária, que norteia o desenvolvimento das atividades de conservação da malha rodoviária do Ceará. O PAC é elaborado a partir de levantamentos feitos em campo, sendo eles, o Levantamento Visual Contínuo – LVC e Levantamento dos Elementos Rodoviários – LER (SOP, 2023b).

Na elaboração do PAC, os técnicos responsáveis pelo planejamento rodoviário analisam diversos cenários de níveis de serviço e/ou restrição orçamentária, fornecendo aos gestores da SOP-CE diversas alternativas para a conservação da malha rodoviária, adequadas à realidade financeira atual e atendendo às macropolíticas de transporte estabelecidas para o gerenciamento da infraestrutura rodoviária estadual (SOP, 2023b).

Portanto, ao constatar que a condição na qual as rodovias se encontram pode gerar um aumento significativo no número de acidentes, ampliar os custos com manutenções dos veículos e/ou gerar um maior consumo de combustíveis, é necessário que haja um levantamento periódico da situação dessas estradas, para que sejam realizadas manutenções e recuperações na malha rodoviária.

Logo, este trabalho visa avaliar o segmento entre as cidades de Jijoca de Jericoacoara e Parazinho da rodovia CE-085, fazendo uso do LVC, uma pesquisa que fornecerá importantes parâmetros para os gestores de pavimentação rodoviária, permitindo a identificação de práticas bem-sucedidas nas estratégias utilizadas para manutenção e melhoria das rodovias. Consequentemente, isso contribuirá para a eficiência, segurança e durabilidade da infraestrutura rodoviária, promovendo o desenvolvimento socioeconômico e o bem-estar da população que utiliza a rodovia analisada. Visto que a rodovia estudada desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico e social dos municípios por ela cortados, impactando diretamente no transporte de pessoas e mercadorias.

1.1 Objetivos de pesquisa

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar como as soluções de engenharia adotadas nas atividades de manutenção realizadas em um segmento (Jijoca de Jericoacoara - Parazinho) da rodovia estadual CE-085 impactam na sua serventia, a partir da metodologia LVC.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar como é realizado o levantamento de coleta e tratamento dos dados.
- Abordar como o LVC auxilia na tomada de decisões.
- Analisar as soluções de manutenção implementadas no trecho.
- Levantar o histórico da serventia da CE-085 pela gerência de pavimentos no Estado do Ceará.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa será apresentada uma pesquisa bibliográfica, contendo temas que agregam conhecimentos para a elaboração deste trabalho. Logo, será descrito o histórico da pavimentação, sua classificação e os possíveis defeitos que podem aparecer na mesma. Também, serão apresentados levantamentos que auxiliam na gerência da pavimentação, o que leva ao principal foco deste trabalho, o LVC.

2.1 Histórico da pavimentação

Em cerca de 4000 a.C. as primeiras estradas pavimentadas com pedras estavam sendo feitas na Índia e Mesopotâmia. Após 2000 anos algumas dessas estradas permanecem em uso e as técnicas desenvolvidas na época formaram a base das estradas atualmente (Abrams, 2013).

Já os romanos, com o intuito de criar uma estrutura durável, foram os primeiros a desenvolver o que chamamos atualmente de pavimentação. Com a Via Ápia (Figura 1) sendo uma das primeiras estradas pavimentadas pelos romanos, construída em 312 a.C., recebeu o nome do seu criador Ápius Claudius Caecus. O objetivo desta via era ligar Roma à Taranto, estabelecendo uma ligação entre a sede romana e as províncias orientais (Cava, 2019).

Figura 1 - Via Ápia, Roma



Fonte: Cava (2019).

De acordo com Cava (2019) a construção do pavimento romano era composta da seguinte maneira:

- Terreno natural: escavados até considerarem ser um material consistente;
- *Statumen*: lastro de pedras de 30 a 60 centímetros para melhorar o apoio;
- *Indus* ou *rudus*: 25 a 30 centímetros de pedras fragmentadas, aglomerados de ferro com cal, areia, argila e pozolana (cinzas vulcânicas);
- *Nucleus*: Pequenas pedras com uma pasta semelhante ao *rudus* impermeabilizando o pavimento, de 30 a 50 centímetros;
- *Summa crusta*: Rochas basálticas justapostas.

No Brasil, uma das primeiras estradas, datada em 1560, interligava o município de São Vicente ao Planalto Piratininga, ambos localizados no estado de São Paulo, quando Mem de Sá governava o Brasil. Por volta de 1661, o governo da Capitania de São Vicente recuperou essa estrada, construindo a Estrada do Mar, permitindo o tráfego de veículos. Após algumas recuperações com o passar dos anos, em 1920 foi reconstruída e estabelecido pedágio, mediante a Sociedade Caminho do Mar e teve o seu trecho mais clivoso pavimentado com concreto, em 1922, todavia, o pedágio foi abolido em 1923 após o governo de São Paulo comprar a Sociedade (Bernucci *et al.*, 2022).

De acordo com Silva (2017), em 1905 foi aprovada a primeira lei que concedia auxílio federal para construção de estradas, entretanto, apenas em 1920 iniciou a implementação de rodovias, através do órgão público Inspetoria Federal de Obras contra as Sêcas. Em 1926, São Paulo criou a Diretoria de Estradas de Rodagem, que em 1934 tornou-se o Departamento de Estradas de Rodagem, já em 1927, a partir da obtenção de taxas sobre impostos de gasolina, veículos e acessórios, a Comissão de Estradas de Rodagem Federais, criada no mesmo ano, construiu importantes obras de ligação, como: Rio a Petrópolis e Rio de Janeiro a São Paulo.

Em 1937 foi criado pelo presidente Getúlio Vargas o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), sendo subordinado ao Ministério de Viação e Obras Públicas criado em 1906. Já em 1942, com o contato entre engenheiros brasileiros e engenheiros norte-americanos durante a guerra ocorreu a construção de pistas de aeroportos e estradas com o recém desenvolvido ensaio *California Bearing Ratio* – CBR (Índice de Suporte Califórnia – ISC). Neste mesmo ano o Brasil possuía apenas 1.300 km de rodovias pavimentadas (Bernucci *et al.*, 2022).

Até então o Brasil chegou à década de 40 com 423 km de rodovias pavimentada (federais e estaduais), mas, no âmbito federal, foi necessário criar uma nova forma de sustentação, logo, em 1945 o ministro da Viação e Obras Públicas sancionou o decreto-lei 8.463, dando ao DNER autonomia técnica e financeira. Com essas mudanças, em 1950, o Brasil obtinha 968 km da malha pavimentada, ou seja, em 5 anos dobrou a quantidade de km pavimentado. Nos anos 80 o DNER continuou marcando a pavimentação, todavia, em 1988 o Fundo Nacional Rodoviário foi extinto e essa escassez levou à novas alternativas com programas de restauração e manutenção (Silva, 2017).

2.2 Classificação do pavimento

Segundo Bernucci *et al.* (2022) pavimento é uma estrutura composta por várias camadas construídas sobre uma superfície final de terraplenagem, destinadas a resistir ao clima e a esforços verticais provenientes do tráfego de veículos, proporcionando melhorias no rolamento, no conforto e na segurança dos seus usuários. Suas camadas são dimensionadas com espessuras que atendam a demanda de esforços gerados durante sua vida útil.

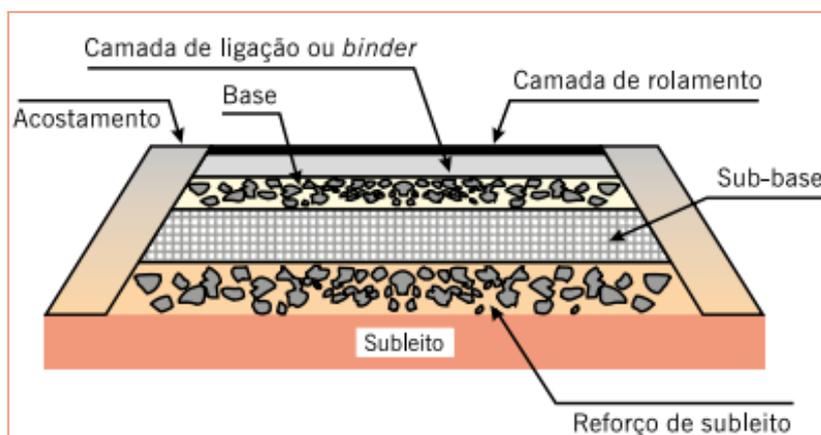
Segundo o DNIT (2006), o pavimento contém uma estrutura composta por materiais com diferentes resistências e deformabilidades, que podem ser divididos em flexíveis, semi-rígidos e rígidos.

2.2.1 Pavimentos flexíveis

São aqueles que todas as suas camadas sofrem deformações elásticas, ou seja, a carga recebida sob um carregamento aplicado é distribuída entre as camadas em parcelas equivalentes (DNIT, 2006). É constituído por quatro camadas principais (Figura 2), sendo ela: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito (Bernucci *et al.*, 2022).

O revestimento asfáltico é a camada superior responsável por impermeabilizar o pavimento, melhorar as condições do rolamento (conforto e segurança), suportar diretamente os esforços causados pelo tráfego e transmiti-los às camadas inferiores. Também, é nesta camada que são apresentados os danos gerados pelas cargas dos tráfegos, defeitos que serão exemplificados posteriormente (Bernucci *et al.*, 2022).

Figura 2 - Estrutura de um pavimento flexível (corte transversal)



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

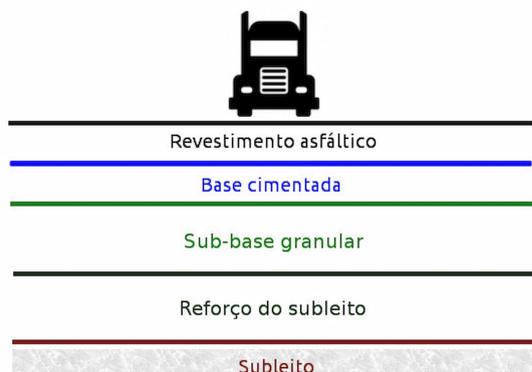
Segundo CNT (2022a), a base também é responsável por suportar os esforços verticais produzidos pela ação do tráfego, como forma de distribuir as solicitações das cargas, oferecendo proteção ao subleito. Conforme os requisitos de projeto, quando necessário, são construídas camadas complementares à base, sub-base e reforço do subleito, dessa forma, o pavimento não é construído diretamente sobre o subleito. O reforço do subleito é a camada do pavimento executada sobre o subleito, composta por um solo selecionado capaz de melhorar a capacidade estrutural do pavimento ao ser devidamente compactado, apresentando estabilidade e durabilidade (DER, 2005).

No geral, o pavimento flexível (Figura 2) está submetido a esforços de compressão e tração devido à flexão, já as demais camadas estão submetidas principalmente à compressão por se tratar de materiais granulares ou solo (Bernucci *et al.*, 2022).

2.2.2 Pavimentos semi-rígidos

De acordo com DNIT (2006) são caracterizados por uma base cimentada e algum aglutinante com propriedades cimentícias, por exemplo, uma camada asfáltica revestindo uma camada de solo cimento (Figura 3). Isto é, como nos pavimentos flexíveis, os semi-rígidos também possuem o seu revestimento asfáltico, porém, há presença de cimento Portland em sua base, isto significa que suas características permitem que o mesmo fique no meio termo, entre o rígido e o flexível, possuindo semelhança com ambos, conseqüentemente, suas peculiaridades demandam uma importância nos estudos (Paixão; Cordeiro; Correia, 2017).

Figura 3 - Estrutura de um pavimento semi-rígido



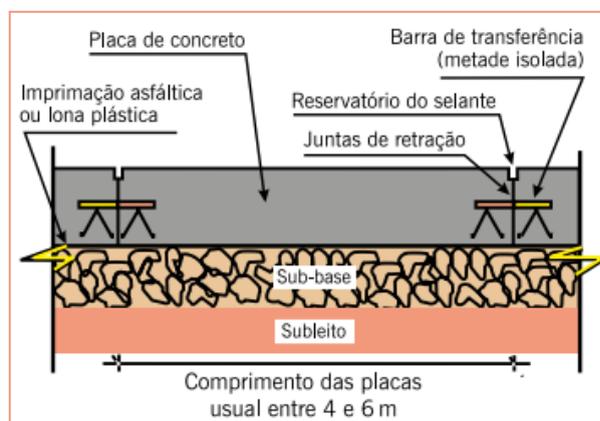
Fonte: Master Plate (2023).

A presença de ligantes hidráulicos (cal hidratada ou cimento Portland) na base dos pavimentos semi-rígidos tem como objetivo aumentar a rigidez nessa camada, melhorando a resistência às cargas provenientes do tráfego de veículos (Paixão; Cordeiro; Correia, 2017).

2.2.3 Pavimentos rígidos

Possuem o revestimento com elevada rigidez, comparando com as camadas inferiores, absorvendo praticamente todas as tensões provindas do carregamento aplicado pelo tráfego (DNIT, 2006). Na Figura 4 está sendo exemplificada a estrutura de um pavimento rígido.

Figura 4 - Estrutura de um pavimento rígido (corte longitudinal)



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

Todavia, para atender as demandas provenientes do tráfego são necessárias práticas de conservação com manutenções preventivas na estrutura, reparos localizados retardam o processo de deterioração, trazendo uma boa condição estrutural para o pavimento rígido. São exemplos de reparos localizados: selagem de juntas e fissuras, jato de ar comprimido e de água para limpeza, régua para controle de nivelamento, equipamentos de injeção de resinas epóxicas, entre outros (DNIT, 2005a).

2.3 Defeitos em pavimento flexíveis e semirrígidos

De acordo com a CNT (2022a), as irregularidades e defeitos na superfície do pavimento impactam diretamente nos custos operacionais para todos os usuários da via, uma conclusão observada a partir do aumento nos gastos com manutenção de veículos, consumo de combustíveis e pneus, além da elevação dos tempos de viagens. Além disso, a conservação do pavimento está diretamente ligada ao aumento dos riscos de acidentes, devido à instabilidade causada nos veículos.

Os defeitos nos pavimentos flexíveis são causados por construção de má qualidade, ações dos ambientes e pela trafegabilidade, os danos gerados são refletidos na superfície de rolamento. Outrossim, estes defeitos comprometem a capacidade funcional e estrutural do pavimento, comprometendo o conforto e a segurança necessários (Segre, 2019).

A CNT (2022a) define os defeitos da superfície dos pavimentos como os danos e deteriorações capazes de serem identificadas a olho nu. Visto que existe um variável número de irregularidades acometendo o pavimento, é necessário definir as mais notórias, apresentadas de forma recorrente, sendo elas: fendas (fissuras e trincas), afundamento, desgaste, panela/buraco e remendo.

2.3.1 Fenda

De acordo com DNIT (2003a), as fendas são aberturas na superfície do pavimento provenientes de qualquer descontinuidade, podendo ser de pequeno ou grande porte. Essa subdivisão gera outras duas classificações: fissuras e trincas. As fissuras são fendas com largura capilar existente no revestimento, posicionadas longitudinalmente, transversalmente ou obliquamente no eixo da via, são perceptíveis a olho nu numa distância inferior a 1,50 m. Todavia, vale ressaltar que

as fissuras não causam problemas na funcionalidade do revestimento, não entrando nos parâmetros atuais de classificação das condições da superfície do pavimento (DNIT, 2003a).

Segundo DNIT (2003a) as trincas são fendas existentes na superfície de rolamento com uma visualização facilitada, devido a sua espessura, ou seja, são maiores que as fissuras. Além disso, contém algumas ramificações, sendo elas:

- Trinca isolada: trinca transversal, trinca longitudinal e trinca de retração;
- Trinca interligada: trinca tipo couro de jacaré e trinca de bloco.

2.3.1.1 Trinca Isolada

A trinca transversal é apresentada de forma ortogonal ao eixo da via, podendo ser denominada trinca transversal curta ao apresentar extensão menor ou igual a 100 cm, e trinca transversal longa quando sua extensão for maior que 100 cm (DNIT, 2003a). Na Figura 5 está representada como é manifestada essa patologia no pavimento.

Figura 5 - Trinca transversal no pavimento



Fonte: Cava (2018).

Já a trinca longitudinal (Figura 6) se apresenta no pavimento de forma paralela ao eixo da via. Também apresenta a subdivisão curta (≤ 100 cm) e longa (> 100 cm) descrita anteriormente. Enquanto isso, as trincas de retração são

provenientes da ocorrência de retração térmica do material do revestimento ou da base subjacente ao revestimento trincado (DNIT, 2003a).

Figura 6 - Trinca longitudinal no pavimento



Fonte: Cava (2018).

2.3.1.2 Trinca Interligada

Trincas tipo “Couro de Jacaré” são interligadas com combinações aleatórias, elas não seguem um padrão de preferências, o que se assemelha ao couro de um jacaré (DNIT, 2003a). Segundo Bernucci *et al.* (2022), estas trincas são derivadas da fadiga causada pelo tráfego no revestimento, gradientes térmicos, perda de flexibilidade, ligantes envelhecidos, má compactação, recalques, entre outros. Este defeito está representado na Figura 7 abaixo.

Figura 7 - Trinca do tipo “Couro de Jacaré”



Fonte: Cava (2018).

O DNIT (2003a) define trinca tipo “bloco” como um conjunto de trincas interligadas com características semelhantes de blocos (Figura 8), por obterem

geometrias formando lados bem definidos. Além disso, essas trincas podem apresentar erosões em suas bordas. Geralmente, suas causas são decorrentes das mudanças de temperaturas, todavia, podem se agravar com as cargas geradas pelo tráfego constante (CNT, 2022a).

Figura 8 - Trinca tipo “Bloco”



Fonte: Cava (2018).

2.3.2 Afundamentos

Defeitos permanentes que tem como característica a depressão da superfície do revestimento asfáltico ou das demais camadas, abrangendo o subleito (Bernucci *et al.*, 2022). Segundo DNIT (2003a) esta deformação pode ser apresentada como: afundamento plástico ou de consolidação.

O surgimento do afundamento plástico é causado pela fluência plástica das camadas do pavimento ou do subleito, acompanhados por uma elevação dificultosa. Ao ocorrer por uma extensão de até 6 m, denomina-se afundamento plástico local, mas, se a sua extensão for superior a 6 m e sua localização for ao longo da trilha de roda dos carros, sua denominação é afundamento plástico de trilha de roda (DNIT, 2003a). A Figura 9 apresenta o afundamento plástico.

Bernucci *et al.* (2022) explicam que esta patologia é causada pelo erro na dosagem de mistura asfáltica, isto é, o excesso de ligante asfáltico junto com a falha ao selecionar o revestimento, causa uma elevação nas laterais junto à depressão do pavimento, com as cargas provenientes do tráfego.

Figura 9 - Afundamento plástico na trilha de roda



Fonte: Moura (2010).

O afundamento de consolidação é decorrente das depressões ocorridas por solidificação diferencial de camadas, sem estarem acompanhadas por solevamento. Também podem ser classificadas como afundamento de consolidação local ao possuir extensão de até 6 m, ou consolidação da trilha de roda (Figura 10), ao obterem extensão superior a 6 m e estiver localizado no decorrer da trilha de roda (DNIT, 2003a).

Bernucci *et al.* (2022) afirmam que este defeito é causado pela ruptura das camadas subjacentes ao revestimento asfáltico, devido ao cisalhamento. Além disso, desenvolvem-se trincas no interior das trilhas de roda e pode ocorrer uma desfixação da película asfáltica.

Figura 10 - Afundamento por consolidação em trilha de roda



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

2.3.3 Ondulações ou Corrugações

Ambas são deformações transversais ao eixo da pista, mas as corrugações (Figura 11) são apresentadas de formas intercaladas, com depressões e elevações, contendo comprimentos de ondas variando de alguns centímetros a dezenas de centímetros. De modo geral, a corrugação ocorre nas áreas de aceleração e desaceleração, em locais sujeitos ao tráfego lento e pesado de veículos, entre outros (Bernucci *et al.*, 2022).

Figura 11 - Corrugações no pavimento



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

Conforme Bernucci *et al.* (2022) as ondulações apresentam deformações provenientes do adensamento diferencial do subleito e suas ondas possuem comprimentos variando em metros, conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Ondulações no pavimento



Fonte: DAER - RS (1978, *apud* DNIT, 2003a).

2.3.4 Desgaste

Segundo DNIT (2003a), é um defeito causado pelo arrancamento gradual do agregado do pavimento (Figura 13), devido aos esforços gerados pelo tráfego, levando a um revestimento superficial áspero. De acordo com Bernucci *et al.* (2022), as prováveis causas desta desagregação são:

- Falhas na adesividade do ligante com o agregado;
- Presença de água nos vazios das camadas, gerando descolamento do ligante;
- Erros na dosagem do ligante;
- Erros de projetos nas misturas da massa asfáltica, entre outros.

Figura 13 - Desgaste do revestimento asfáltico



Fonte: Cava (2018).

2.3.5 Panela ou buraco

Depressão formada no revestimento, pode alcançar todas as camadas do pavimento, desagregando-as. Há uma variedade de causas que acarretam essa patologia, entre elas está a falta de aderências entre as camadas, que podem causar o deslocamento delas (DNIT, 2003a). Além dessas causas, Bernucci *et al.* (2022) apresenta que pode ocorrer uma remoção do revestimento ou de parte da base no local onde antes havia apenas uma trinca interligada, mas com a ação do tráfego e clima ocasionou o aparecimento desta patologia.

Outros fatores como a falha construtiva, falha na imprimação e até desagregação mediante a erros de dosagem, podem provocar o aparecimento destas patologias nos pavimentos flexíveis, como apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Panela ou buraco no revestimento asfáltico



Fonte: Cava (2018).

2.3.6 Remendo

Apesar de estar associado a um tipo de conservação da superfície do pavimento, o remendo é considerado um defeito, devido ao desconforto gerado no rolamento e por apontar uma área de fragilidade (Bernucci *et al.*, 2022). Tem como característica o preenchimento de uma panela com massa asfáltica, cobrindo uma ou mais camadas do pavimento, esta operação é denominada “tapa-buraco” (Figura 15) e contém duas subdivisões:

- Remendo profundo: apresentado de forma retangular, trata-se da substituição do revestimento, abrangendo uma ou mais camadas do pavimento;
- Remendo superficial: correção realizada na superfície do revestimento, com aplicação de uma camada betuminosa em uma área localizada.

Figura 15 - Remendo no pavimento



Fonte: Cava (2018).

2.4 Avaliação funcional dos pavimentos flexíveis e semirrígidos

De acordo com DNIT (2005b), o meio ambiente e o tráfego contínuo de veículos estão diretamente associados às condições do pavimento, resultando na degradação observada no mesmo. A partir de estudos normalizados, através de diversos parâmetros, é possível avaliar o pavimento quanto às condições superficiais e estruturais.

Bernucci *et al.* (2022) explicam que a avaliação funcional do pavimento está relacionada ao estado em que a superfície de rolamento se apresenta e como a sua condição está impactando no conforto do usuário. Nesta avaliação é possível determinar a serventia do pavimento, ou seja, o desempenho funcional do pavimento no determinado momento, para verificar se o mesmo está realizando a sua principal função, proporcionar conforto e segurança ao usuário em termos de qualidade no rolamento (DER, 2006). Para realizar essa avaliação existem alguns parâmetros, apresentados nos tópicos a seguir.

2.4.1 Índice de Gravidade Global – IGG

O DNIT (2005b) apresenta que é possível fazer uma avaliação objetiva da superfície do pavimento asfáltico a partir do cálculo do Índice de Gravidade Global – IGG, seguindo ele é possível medir os afundamentos nas trilhas de roda, por exemplo. O IGG permite classificar o estado do pavimento a partir da ocorrência dos defeitos na superfície, além de ser utilizado como um indicador para intervenções de restauração, seguindo os conceitos da Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Condição do pavimento através do IGG

CONCEITO	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: Adaptado de DNIT (2005b).

Para análise deste método, são instaladas estações de ensaios a distâncias de 20 m, alternando entre a faixa direita e esquerda de tráfego, quando em pistas

simples. Já em pistas duplas, as estações são implantadas na mesma faixa de tráfego. Em seguida, um profissional treinado realiza uma análise visual dos diferentes tipos de defeitos presentes em cada estação, anotando-os em uma ficha de campo. Posteriormente, os dados coletados são analisados em escritório, separados por segmentos com características homogêneas (DNIT, 2005b).

O produto é gerado a partir dos pesos atribuídos na ocorrência dos defeitos, possibilitando apontar a sua influência na serventia do pavimento, por exemplo, as trincas de classe 1 não possuem forte impacto na serventia, recebendo um fator de ponderação baixo (0,2), já os buracos (panela) e corrugações impactam fortemente na serventia do pavimento, recebendo um fator de ponderação igual 1 (DNIT, 2005b). Após a coleta desses dados é feito o produto da frequência de cada defeito e seu fator de ponderação, o que resulta no Índice de Gravidade Individual – IGI, ou seja, a somatória de todos os IGI resulta no IGG.

2.4.2 Irregularidade Longitudinal no Pavimento

A avaliação da irregularidade longitudinal é dada a partir de desvios na superfície de rolamento, onde a contagem é feita por km, podendo ser realizada a leitura por medidores, como o perfilômetro a laser, *Bump Integrator*, IPR/USP ou o *Maysmeter* (DNIT, 2005b). Existe um medidor internacional expresso em m/km, o *International Roughness Index* – IRI, este método quantifica o somatório dos desvios do pavimento em comparação ao projeto geométrico referenciado (Bernucci *et al.*, 2022; DNIT, 2011).

A medição da irregularidade longitudinal é feita ao longo de uma linha imaginária localizada paralelamente ao eixo da rodovia, muitas vezes essa localização encontra-se na região das trilhas de roda, o que gera um interesse de fazer um levantamento mais detalhado com diversas linhas paralelas. A variação das linhas são de milímetros a centímetros, dependendo do equipamento utilizado (Bernucci *et al.*, 2022).

Segundo Bernucci *et al.* (2022), no Brasil, o IRI já está implantado nas especificações de serviço, devendo ser exigido na fase construtiva, para verificar o conforto na trafegabilidade no rolamento, ou seja, em alguns contratos o IRI já é exigido como parâmetro de serviço.

O DNIT (2011) apresenta um código referente à irregularidade superficial, no qual indica as condições da superfície dos pavimentos, estando distribuído em quatro faixas, conforme a representação da Tabela 2.

Tabela 2 - Código de Irregularidade Superficial

Código	Irregularidade Superficial
0	IRI < 3 (BOM)
1	$3 \leq \text{IRI} < 4$ (REGULAR)
2	$4 \leq \text{IRI} < 5,5$ (MAU)
3	IRI $\geq 5,5$ (PÉSSIMO)

Fonte: (DNIT, 2011).

2.4.3 Levantamento Visual Contínuo – LVC

LVC é um método de levantamento que registra a superfície do pavimento por meio de um veículo equipado com um hodômetro previamente calibrado, contador que mede a distância percorrida, *Global Positioning System* – GPS para georreferenciamento, câmeras de alta definição com registros panorâmicos (Figura 16) e uma câmera registrando o pavimento (Brasil, 2022).

Figura 16 - Equipamentos e veículo utilizado para o LVC



Fonte: (Brasil, 2022; SOP, 2021).

Quanto a operação, deve obter uma equipe com dois técnicos e um motorista, já o veículo deve estar devidamente equipado e estar a uma velocidade média de 40 km/h. Em rodovias com pistas simples serão levantadas em sentido único, considerando a ação necessária de forma simultânea, já as rodovias com pistas duplas, o LVC será realizado nos dois sentidos, separadamente, levantando o lado

direito e esquerdo da rodovia (DNIT, 2003b). Os registros digitais da rodovia são realizados por equipamentos sofisticados, sujeitos a diversos cenários para atender as condições do clima quanto à temperatura, poeira, umidade, trepidações (Bernucci *et al.*, 2022).

De acordo com Cunha (2008), o LVC tem como objetivo coletar informações que possibilitem averiguar o grau de deterioração do pavimento, auxiliando na tomada de decisão da intervenção apropriada, onde os investimentos devem ser priorizados e até mesmo quais esforços são necessários para a conservação da rodovia a partir do comportamento das deficiências na malha.

Chaves (2018) pontua que o LVC é responsável pela avaliação da severidade dos defeitos do pavimento, como: trincas isoladas ou interligadas, afundamentos, ondulações ou corrugações, desgastes, buracos e remendos. Após feito o registro dos dados, a frequência dos defeitos é classificada pela Tabela 3 em alta (A), média (M) e baixa (B), conforme a sua qualidade e porcentagem, seguindo a norma do DNIT (2003b).

Tabela 3 - Frequência de defeitos

Panelas (buracos) e Remendos		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 – 5
B	Baixa	≤ 2
Demais defeitos		
Código	Frequência	% por km
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 – 10
B	Baixa	≤ 10

Fonte: Adaptado de DNIT (2003b).

Conforme o Índice da Condição do Pavimento Flexível – ICPF, cálculo realizado a partir da avaliação visual do pavimento, no qual é atribuída uma nota de 0 a 5, e o Índice de Gravidade Global Expedito – IGGE, calculado através dos dados colhidos no formulário de campo, é possível determinar o Índice do Estado de Superfície do Pavimento – IES seguindo os critérios impostos na Tabela 4 (DNIT, 2005b).

Tabela 4 - Avaliação 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: Adaptado de DNIT (2005b).

Já com os valores do ICPF atribuídos, é possível apresentar soluções para o pavimento analisado mediante a Tabela 5, no qual consta a medida de manutenção que deve ser adotada (DNIT, 2003b).

Tabela 5 - Conceitos do ICPF

CONCEITO	DESCRIÇÃO	ICPF
Ótimo	NECESSÁRIO CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA - Desgaste superficial, trincas não tão severas em pequenas áreas	4 - 3
Regular	CORREÇÃO EM PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - Pavimento trincado, com buracos e remendos pouco frequentes e com irregularidades	3 - 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - Defeitos generalizados em áreas localizadas com remendos superficiais ou profundos	2 - 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO - Defeitos generalizados em toda a extensão, revestimento e demais camadas apresentando degradação, infiltrações e base descompactada	1 - 0

Fonte: Adaptado de DNIT (2003b).

Através do LVC, também é possível determinar outros parâmetros importantes, como o Índice de Defeitos de Superfície – IDS, que representa a condição de deterioração da superfície pavimentada a partir da soma ponderada das frequências e severidades dos defeitos encontrados, e o Índice de Condição

Funcional – ICF, relaciona os defeitos da superfície e serventia a partir dos dados coletados anteriormente, pelo VSA e IDS (DER, 2006).

Também é possível a determinação do ICPF, o mesmo é calculado conforme as médias atribuídas seguindo o critério mostrado na Tabela 3, e o Índice de Gravidade Global Exedito – IGGE, calculado através dos dados colhidos no formulário de campo. Após obter os valores dos índices anteriores é possível determinar o Índice do Estado de Superfície do Pavimento – IES seguindo os critérios impostos na Tabela 4 (DNIT, 2005b).

2.5 Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis e semirrígidos

A capacidade que o pavimento tem em manter a sua integridade estrutural pode ser realizada através da avaliação estrutural, através de medidas de deslocamentos verticais recuperáveis da superfície do pavimento, em que o mesmo é submetido a determinados carregamentos (DER, 2006). Esta avaliação indica a capacidade do pavimento resistir aos carregamentos gerados pelo tráfego, o que auxilia na manutenção periódica necessária para manter a estrutura resistindo à sua vida útil, e pode ser realizada seguindo alguns métodos: destrutivo, semidestrutivos e não destrutivo (Bernucci *et al.*, 2022).

Com o método destrutivo é possível investigar a condição estrutural de todas as camadas do pavimento, onde é realizado um corte para recolher amostras de cada material até chegar ao subleito, após a extração são realizados ensaios *in situ* para medir a capacidade de suportar as cargas. Um exemplo dessa extração pode ser observado na Figura 17, através da extratora rotativa, com esta retirada é possível identificar o tipo de material de cada camada, suas espessuras e realizar os ensaios laboratoriais necessários (Bernucci *et al.*, 2022).

Figura 17 - Extração rotativa do revestimento asfáltico



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

Já no método semidestrutivo, apresentado por Bernucci *et al.* (2022), são realizadas pequenas aberturas de poços de sondagem, esta técnica é conhecida popularmente como “janelas no pavimento”, consiste na avaliação da capacidade que o pavimento tem de suportar a cargas, esta medição é realizada através de um instrumento portátil de pequenas dimensões.

Na avaliação estrutural pelo método não destrutivo é realizado o levantamento das deflexões do pavimento, acompanhando a variação da capacidade de carga ao longo do tempo. Este método permite ser feito em grandes extensões de pista e com muitas repetições num mesmo ponto (DNIT, 2011). Existem vários ensaios não destrutivos com equipamentos especializados (Bernucci *et al.*, 2022), todavia, os mais conhecidos são:

- Viga Benkelman: é um equipamento extremamente simples que necessita de um caminhão com eixo traseiro simples de rodas duplas, com carregamento de 8,2t, onde a ponta de prova da viga é instalada entre os pneus, no centro de carga do semi eixo, para aplicação da carga e medição da deflexão;
- *Falling Weight Deflectometer* – FWD: equipamento utilizado para medir os deslocamentos elásticos do pavimento através do impacto gerado pela queda de um determinado peso, suspensos a uma certa altura e com amortecedores, comunicam o choque gerado pelo impacto a uma placa circular metálica apoiada no pavimento onde será realizada a leitura da deflexão.

2.6 Manutenções em pavimentos flexíveis

De acordo com DNIT (2007), manutenção do pavimento é qualquer ação que o mantenha em condições satisfatórias de operação, podendo ser realizada com a utilização de diversos tipos de intervenções, como: obras de restauração, reconstrução, serviços de reciclagem, recapeamento, conservação (corretiva, periódica, preventiva, rotineira e/ou emergencial), entre outros.

As obras de restauração têm como característica a adição e/ou substituição de camadas de revestimento total ou parcialmente (DNIT, 2007). Segundo Bernucci *et al.* (2022), quando o pavimento não contém problemas estruturais são realizadas restaurações para corrigir os seus defeitos funcionais superficialmente, podendo utilizar revestimentos isolados ou combinados para reabilitá-los, como por exemplo:

- Tratamento Superficial Duplo – TSD: é um revestimento constituído por duas camadas de ligante asfáltico, em que cada uma das camadas é coberta por outra aplicação de agregado e são submetidas à compressão (DNIT, 2012). Este tipo de revestimento pode ser utilizado para selagem de trincas e restauração da aderência superficial (Bernucci *et al.*, 2022).
- Microrrevestimento asfáltico: a associação de agregados, emulsão asfáltica modificada por polímeros, *filler* (material de enchimento), água e aditivos, espalhados uniformemente sobre uma superfície (DNIT, 2018). Conforme Bernucci *et al.* (2022), também são utilizados para selagem de trincas e serviços de restauração da aderência do pavimento.
- Lama asfáltica: associação de agregados, *filler* (material de enchimento), água e emulsão asfáltica, em consistência fluida, espalhada uniformemente sobre uma superfície já preparada (DNIT, 2010). Pode ser utilizada para selagem de trincas e como ação rejuvenescedora (Bernucci *et al.*, 2022).

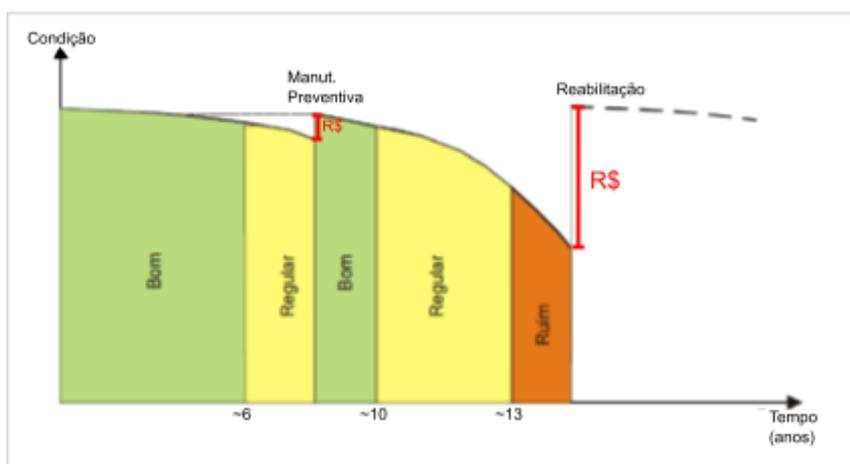
Outra técnica de manutenção é a operação tapa buracos, trata-se da realização de remendos para reabilitar o pavimento, na qual este procedimento consiste em um corte ao redor do buraco e de toda a sua área afetada, removendo do pavimento o material comprometido, limpando internamente, repondo os agregados da base e compactando-os. Após a compactação, aplica a emulsão asfáltica e o Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ até nivelar a nova camada com o pavimento existente, através de rolos de compactadores (Coelho e Rauen, 2023).

Ademais, como citado anteriormente, podem ser realizados vários serviços de manutenção, todavia, evidencia-se os seguintes (Bernucci *et al.*, 2022):

- Fresagem: remoção dos materiais dos revestimentos por meio de um equipamento chamado fresadora, podem ser reaproveitados em novas camadas, em outras funções, em novas misturas asfálticas ou processo de reciclagem de pavimento.
- Reciclagem: utilização de camadas asfálticas e/ou bases danificadas, resíduos de alta qualidade, reaproveitados e incorporados em novas camadas de base estrutural.
- Recapeamento: incorporação de novas camadas para restauração de um pavimento danificado.

Matos *et al.* (2019) afirmam que existem dois tipos de manutenção, a preventiva, que apresenta atividades de conservação com o intuito de evitar o surgimento ou agravamento de algum defeito, e a corretiva, realizada com o objetivo de reparar ou sanar defeitos já existentes. O Gráfico 1 abaixo exemplifica o impacto da manutenção preventiva nos custos de uma intervenção.

Gráfico 1 - Manutenção Preventiva



Fonte: Engevias (2018).

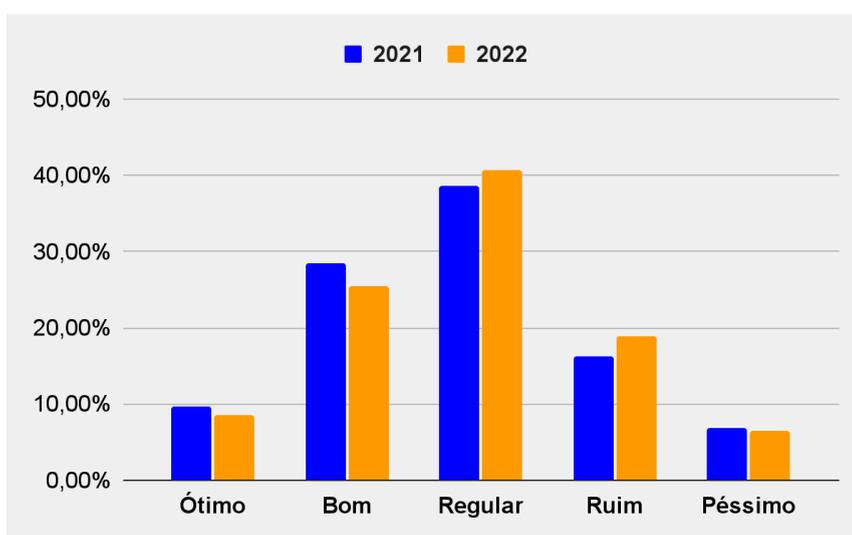
Com o Gráfico 1 é possível identificar como a manutenção preventiva impacta positivamente para o pavimento melhorar seu conceito. Observa-se que quando o trecho passou a obter o conceito “regular”, após 6 anos, houve um pequeno deslocamento da curva e ocorreu uma manutenção preventiva (8º ano), considerando esse $\Delta = custo$ (R\$), o valor desta intervenção para retomar o conceito “bom” foi pequeno (Engevias, 2018).

Já na segunda parte do Gráfico 1, o trecho passou, aproximadamente, 6 anos sem sofrer nenhuma intervenção, chegando ao conceito “ruim”, conseqüentemente, a curva sofreu um grande deslocamento (Δ) e os gastos para fazer este segmento retomar o conceito “bom” serão mais onerosos. Portanto, quando as manutenções são feitas em momentos oportunos, de forma preventiva, os gastos para retomar as boas condições de serventia são menos onerosos (Engevias, 2018).

2.7 Condição da pavimentação atual no Brasil

Com a pesquisa realizada pela CNT, anualmente, é feita uma avaliação de 100% das pavimentações das rodovias federais e das principais rodovias estaduais. Os parâmetros de classificação utilizados na pesquisa CNT são: ótimo, bom, regular, ruim e péssimo. Pode ser visto nesta pesquisa que, de acordo com o estado geral das vias, houve uma piora na malha rodoviária, quando comparado o ano de 2021 e 2022 (Gráfico 2), nota-se que tinham 61,8% das rodovias classificadas como regular, ruim ou péssimo, todavia, em 2022 esse número subiu para 66% (CNT, 2022b).

Gráfico 2 - Comparativo do estado geral das rodovias pavimentadas em 2021 e 2022



Fonte: Adaptado de CNT (2021, 2022b).

Entre as características analisadas, o pavimento apresentou uma piora significativa, tanto sob gestão pública, quanto gestão privada, a classificação “Regular, Ruim e Péssimo” sofreu um aumento do ano de 2021 para 2022, como apresentado na Tabela 6 (CNT 2021; 2022a).

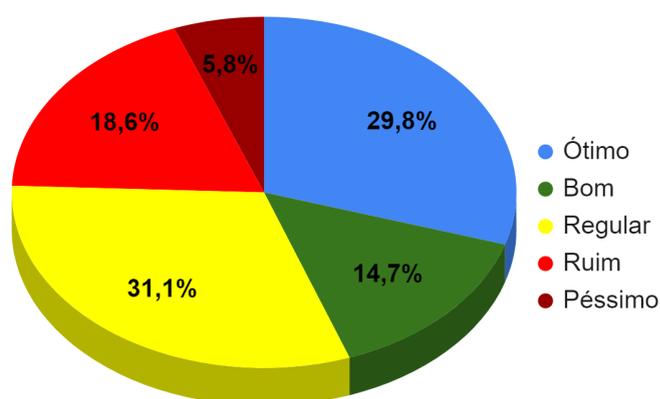
Tabela 6 - Classificação do pavimento das rodovias

Pavimento	2021				2022			
	Gestão Concedida		Gestão Pública		Gestão Concedida		Gestão Pública	
	Km	%	Km	%	Km	%	Km	%
Ótimo	13.172	55,7	23.086	27	12.077	51,9	20.780	23,9
Bom	4.279	18,1	11.596	13,6	4.507	19,4	11.658	13,4
Regular	4.505	19,1	28.900	33,8	4.614	19,9	29.744	34,1
Ruim	1.562	6,6	15.723	18,4	1.801	7,8	18.768	21,5
Péssimo	118	0,5	6.162	7,2	239	1	6.145	7,1
Total	23.636	100	85.467	100	23.238	100	87.095	100

Fonte: Adaptado de CNT (2021; 2022a).

Somando os 23.238 km de rodovia sob gestão concedida e 87.095 km sob gestão pública há 110.333 km de rodovias pavimentadas no Brasil, no qual apenas 29,8% encontram-se no estado “Ótimo”. O Gráfico 3 apresenta as condições da pavimentação no Brasil de acordo com os dados apresentados na pesquisa da CNT (2022b).

Gráfico 3 - Condição da pavimentação no Brasil



Fonte: Adaptado de CNT (2022b).

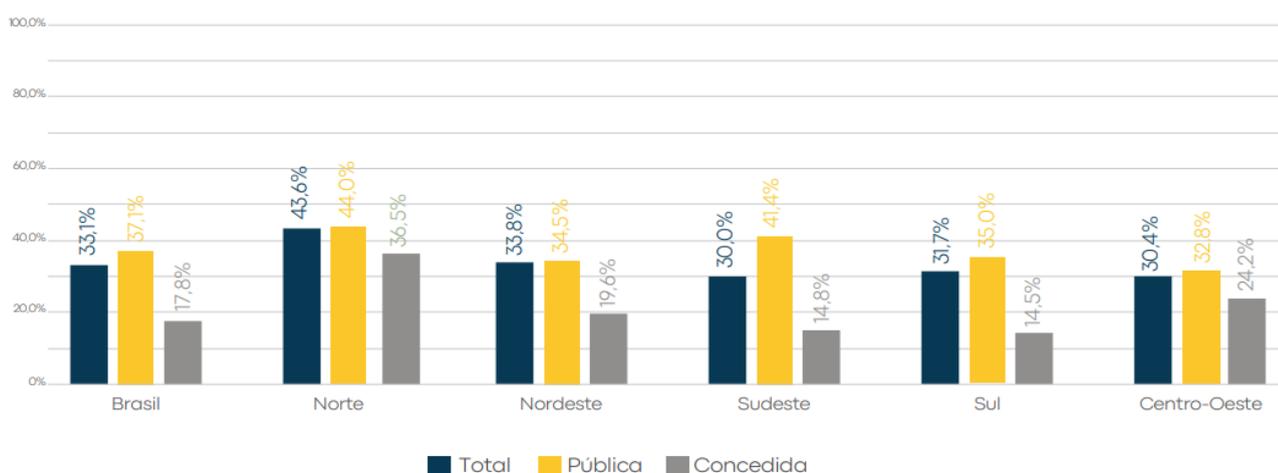
Bernucci *et al.* (2022) afirmam que a economia do Brasil está sendo prejudicada pela falta de investimentos na infraestrutura viária, ocasionando vários

acidentes, desperdícios com as cargas e um eminente custo com combustíveis e manutenções. A pesquisa realizada pela CNT (2022b) constatou que o custo operacional de transporte no país sofreu um aumento de 33,1% devido ao estado atual da pavimentação. Já a Associação Nacional dos Usuários de Transporte – ANUT estimou que o país sofre uma perda de 5 bilhões de dólares por ano, devido ao estado ruim em que as estradas se encontram.

Sobre segurança viária, os custos com acidentes superaram o valor investido em infraestrutura rodoviária, até agosto de 2022 os custos com acidentes foram de R\$8,29 bilhões, enquanto com investimentos nas rodovias federais foi de R\$3,90 bilhões, resultando numa diferença de R\$4,69 bilhões. Todavia, a CNT (2022b) identificou que apenas 8,9% (9.770 km) do pavimento encontra-se em perfeito estado, ou seja, 91,1% (100.562 km) das rodovias apresentam algum defeito. Com estes dados, identificaram que seriam necessários, aproximadamente, R\$94,93 bilhões para solucionar os problemas existentes e assegurar a manutenção. Deste valor, R\$72,26 bilhões seriam direcionados para a reconstrução e restauração dos pavimentos defeituosos.

O Gráfico 4 apresenta as condições da pavimentação das rodovias em toda a malha brasileira, com ele podemos observar que o custo operacional com transporte é maior na região norte do país, onde obteve o pior resultado (CNT, 2022b).

Gráfico 4 - Custo operacional com pavimentação nas rodovias do Brasil



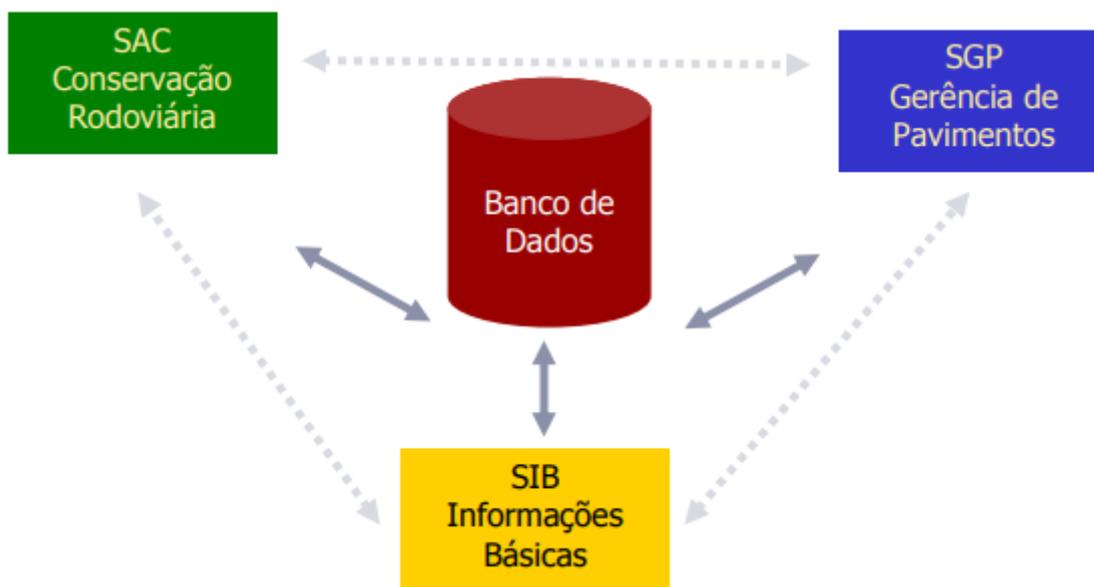
Fonte: CNT (2022b).

2.8 Gestão da pavimentação no Ceará

Segundo Brasil (2020), a SOP-CE (antigo DER-CE) tem como finalidade a elaboração do Plano Rodoviário do Estado, trata-se de construir e manter as estradas estaduais, aeroportos e pistas de pouso, elaborar planos e projetos que auxiliem na manutenção rodoviária de forma sustentável, desempenhar planejamentos e pesquisas voltadas para operação do sistema viário do Estado do Ceará.

E entre os anos de 1999 e 2001, foi desenvolvida e implantada uma ferramenta gerencial de grande importância para a gestão rodoviária estadual do Ceará, o SIGMA, uma ferramenta que inclui um sistema de gerência de pavimentos e um banco de dados (Figura 18), criada pelo programa chamado Ceará II, um projeto financiado para recuperação, ampliação e manutenção da malha cearense. Logo, a ideia de integrar duas ferramentas de manutenção de gestão, o SAC e SGP (Cunha, 2008).

Figura 18 - Esquema simplificado da configuração do SIGMA



Fonte: DER (2001, *apud* Cunha, 2008).

Ademais, a SOP-CE é responsável pelo monitoramento dos defeitos de superfície da malha pavimentada cearense desde 2001 (antes monitorada pelo DER-CE), com o LVC, obtendo um banco de dados vasto, capaz de realizar tomadas de decisões estratégicas. Na Tabela 7 e no Gráfico 5, está representado o histórico evolutivo da malha estadual pavimentada, em que o “Bom” indica rodovias sem

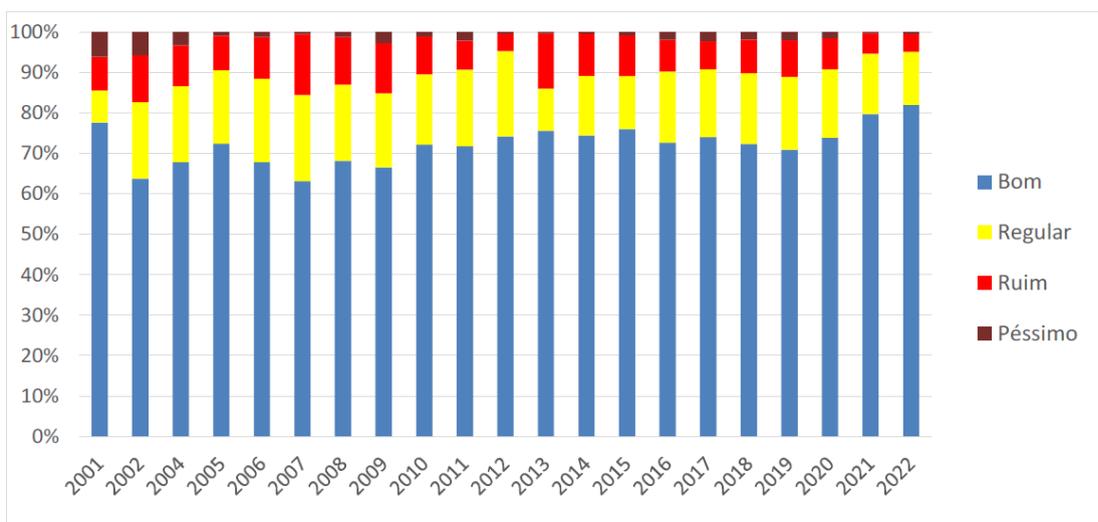
defeitos, “Regular” pavimentos com degradações iniciais, porém, não comprometem a segurança viária, havendo a necessidade de ações preventivas. Já o “Ruim” indica rodovias com necessidade de restauração e o “Péssimo” representa a malha em condições críticas (SOP, 2023b).

Tabela 7 - Evolução da malha pavimentada no Estado do Ceará (2001 – 2022)

ANO	CONCEITO			
	BOM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO
2001	65,00%	6,60%	7,00%	5,10%
2002	63,80%	18,90%	11,60%	5,70%
2004	67,80%	18,80%	10,10%	3,30%
2005	72,45%	18,11%	8,47%	0,98%
2006	67,82%	20,67%	10,30%	1,21%
2007	63,15%	21,29%	15,02%	0,54%
2008	68,13%	18,81%	11,85%	1,21%
2009	66,54%	18,32%	12,46%	2,68%
2010	72,22%	17,34%	9,35%	1,10%
2011	71,76%	18,94%	7,23%	2,07%
2012	74,24%	21,07%	4,28%	0,41%
2013	75,60%	10,38%	13,71%	0,31%
2014	74,40%	14,83%	10,39%	0,38%
2015	76,00%	13,12%	10,02%	0,86%
2016	72,63%	17,62%	7,83%	1,92%
2017	74,03%	16,81%	6,89%	2,27%
2018	72,34%	17,47%	8,34%	1,85%
2019	70,92%	18,03%	9,03%	2,02%
2020	73,87%	16,90%	7,70%	1,53%
2021	79,70%	14,94%	5,06%	0,30%
2022	81,97%	13,14%	4,49%	0,40%

Fonte: Adaptado de SOP (2023b).

Gráfico 5 - Evolução da malha pavimentada no Estado do Ceará (2001 – 2022)



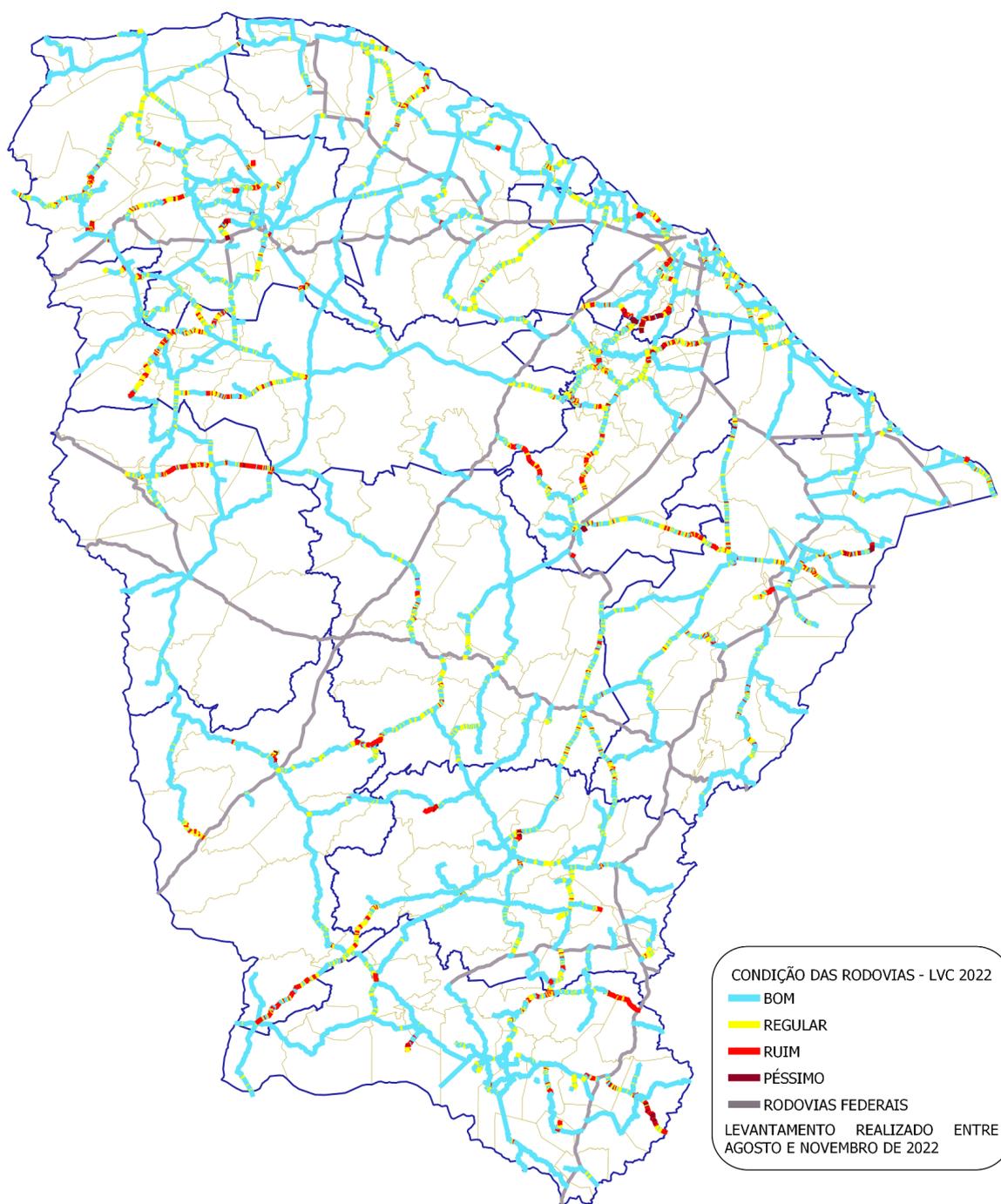
Fonte: SOP (2023b).

A malha rodoviária estadual cearense é composta por 13.779,82 km de rodovias, sendo 8.877,11 km de rodovias pavimentadas (pista simples, pista dupla e em obras de duplicação), 3.698,86 km de rodovias não pavimentadas (leito natural, implantada e em obras de pavimentação) e 1.203,84 km de rodovias planejadas. Todavia, os resultados apresentados, anteriormente, são realizados nos trechos das rodovias com malha pavimentada (SOP, 2023b).

Com os resultados gerados pelo LVC de 2022, apresentados pela SOP, observa-se que o maior percentual (81,97%) da malha estadual pavimentada do Ceará encontra-se no conceito “Bom”, como apresentado no mapa da Figura 19. Para um bom entendimento, o mapa está representado seguindo o mesmo padrão de cores utilizado no Gráfico 5, em que a cor azul representa a malha em boas condições, a cor amarela caracteriza a rodovia no conceito “Regular”, o vermelho constitui a rodovia no conceito “Ruim” e a cor vinho representa a malha na condição “Péssima”.

Estes dados permitem identificar que 7.276,57 km de rodovia estadual pavimentada no Ceará encontra-se em boas condições de uso, não apresentando defeitos. Já 1.166,45 km estão classificados como regulares, necessitando de ações preventivas, e 434,09 km estão em estados ruins e péssimos, carecendo de restauração. No entanto, vale ressaltar que esses dados foram obtidos entre agosto e novembro de 2022, ou seja, o cenário deve apresentar mudanças diante do período chuvoso.

Figura 19 - Condição das rodovias pelo LVC de 2022



Fonte: Adaptado pela autora (SOP, 2023b).

3 METODOLOGIA

Neste tópico, será apresentada a estrutura metodológica deste trabalho, no qual, conta com o tipo de pesquisa, equipamentos, materiais e formulações utilizados para a obtenção dos resultados apresentados.

3.1 Tipo de pesquisa

Segundo Mendonça, Moellwald e Dal Mago (2014), existem vários tipos de procedimentos para realizar uma coleta de dados, podendo classificar a pesquisa como: bibliográfica, documental, levantamento, experimental, pesquisa-ação, pesquisa participante, estudo de campo, estudo de caso controle e estudo de caso. O estudo de caso permite um conhecimento amplo e detalhado do objeto de pesquisa. No que diz respeito à coleta de dados, trata-se de uma abordagem classificada como qualitativa (Mendonça, Moellwald; Dal Mago, 2014).

O estudo de caso integra uma análise minuciosa de uma ou mais organizações, examinando os processos envolvidos do fato analisado. Por ser versátil, é aplicado em várias áreas, tornando-se o método preferido por investigadores (Mendonça, Moellwald; Dal Mago, 2014). De acordo com Chizzotti (2000), o desenvolvimento de um estudo de caso pode ser dividido em três fases, sendo elas:

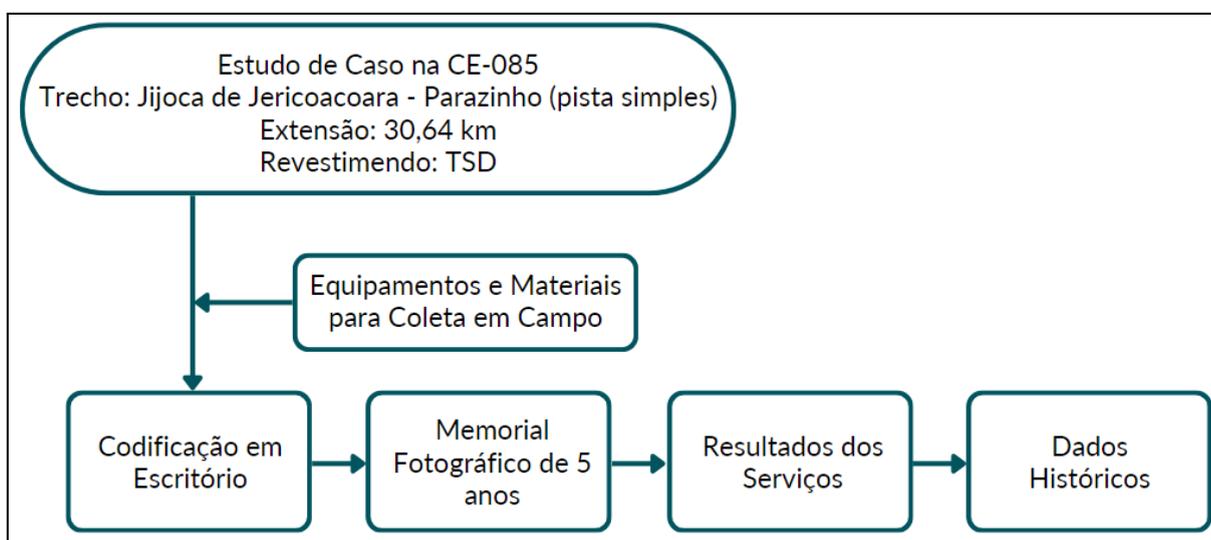
- Seleção e delimitação do caso: uma etapa decisiva para análise do estudo, deve possuir uma referência e merecer a investigação. A delimitação deve reunir informações de um campo específico e analisar os objetivos definidos para melhor compreensão do problema.
- Trabalho de campo: esta etapa visa organizar e reunir um conjunto de informações em campo, a coleta de dados pode ser documentada através de qualquer tipo de informação disponível, seja escrita, oral, gravada e/ou filmada que contribua para a produção do relatório de caso.
- Organização e redação do relatório: com a posse dos dados coletados em campo, os mesmos devem ser transcritos de forma que constituam as descrições e análises do caso estudado. O objetivo desta etapa é apresentar o problema, sua relevância, apresentar o seu contexto e indicar as possíveis ações para alterá-lo.

Portanto, a partir do contexto explanado acima, conclui-se que este trabalho trata-se de uma pesquisa classificada como um estudo de caso, quanto à abordagem, é categorizada como qualitativa.

3.2 Caracterização do estudo de caso

O estudo de caso desenvolvido neste trabalho foi realizado na CE-085, trecho que interliga as cidades de Jijoca de Jericoacoara e Parazinho, seguindo a estrutura apresentada na Figura 20, que servirá como um guia para compreender o passo a passo de como serão apresentados os resultados deste trabalho.

Figura 20 - Estrutura metodológica do estudo de caso



Fonte: Autora (2023).

A organização das etapas do trabalho segue a metodologia delineada na Figura 20, em que inicialmente será descrita a localização do trecho selecionado da rodovia, em seguida, serão apresentadas as técnicas e os equipamentos utilizados na coleta de dados em campo. O estudo inclui também um levantamento fotográfico dos últimos 5 anos (2019 a 2023) do trecho em estudo, destacando as soluções implementadas, juntamente com um levantamento histórico das condições da rodovia, com a discussão acerca da eficácia das soluções implementadas. O trabalho abordou ainda as ferramentas utilizadas, que embasaram a tomada de decisão da SOP-CE.

apresentada neste e nos demais tópicos, baseada no trabalho desenvolvido por Cunha (2008), na qual os resultados da série histórica são compilados no SIGMA. Com a avaliação da série histórica é possível realizar uma análise crítica dos impactos provenientes da aplicação de soluções de manutenção e recuperação nos trechos.

Para realização do levantamento utiliza-se um veículo de inspeção equipado com:

- Hodômetro digital (calibrado para aferir precisamente as distâncias percorridas);
- Sistema de imageamento da rodovia (4 câmeras panorâmicas e 1 câmera de alta resolução para captação de imagens do pavimento);
- GPS;
- Computador com *software proprietário* para captação e armazenamento dos dados coletados.

No imageamento utiliza-se uma câmera apontada para o pavimento, possibilitando uma captação detalhada dos defeitos da superfície e quatro câmeras instaladas na parte superior, com foco panorâmico para ampla visualização da rodovia, capturando imagens longitudinais (frente e ré) e laterais (lado esquerdo e direito). O hodômetro é instalado na roda do automóvel e conectado ao computador através da porta USB. Na Figura 22 pode-se observar o veículo devidamente equipado para realização do levantamento.

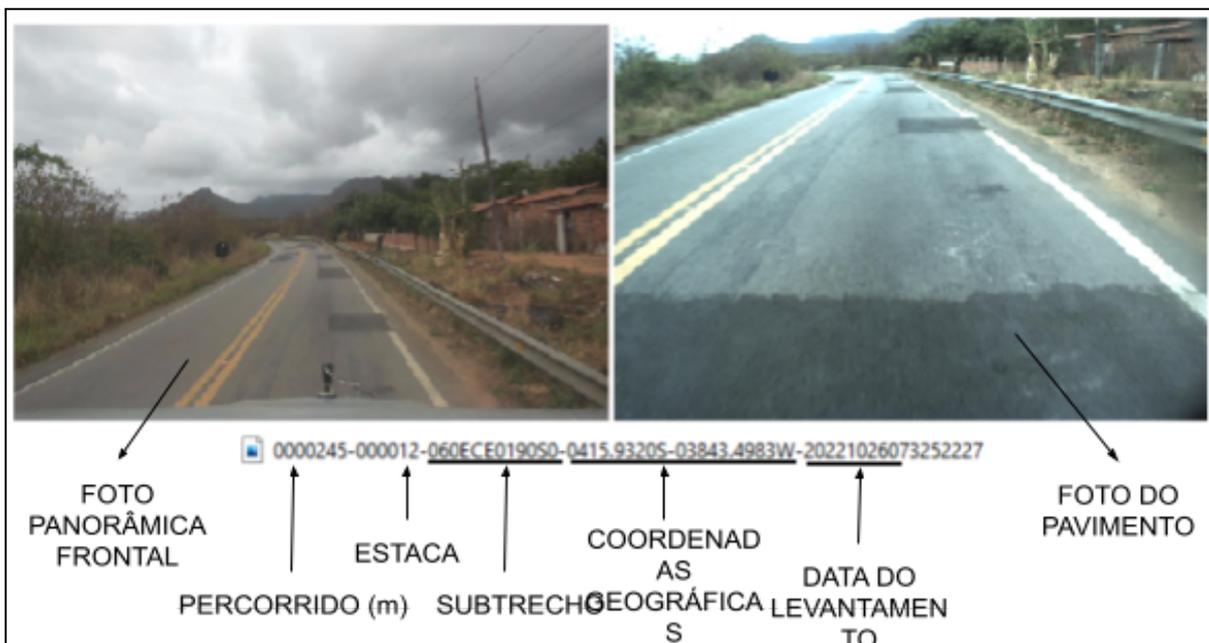
Figura 22 - Veículo equipado para realização do LVC



Fonte: Autora (2023).

A Figura 23 contém um exemplo de como é apresentado o material produzido/coletado em campo, no qual são apresentadas fotos georreferenciadas, coletadas em intervalos de 1 m (fotos do pavimento) e 5 m (fotos panorâmicas) em todo o trecho levantado. O nome dos arquivos traz informações relativas ao posicionamento hodométrico do trecho, às coordenadas georreferenciadas e dados da rodovia/levantamento (subtrecho, data e hora do levantamento).

Figura 23 - Exemplo do material coletado em campo



Fonte: Banco de dados da Engevias (2023).

A imagem localizada ao lado esquerdo da Figura 23 apresenta a foto panorâmica frontal da rodovia, já a imagem do lado direito contém a foto do pavimento, ambas estão na mesma localização, na qual está descrita no nome do arquivo (coordenadas geográficas).

Como o trecho é composto por uma rodovia de pista simples, o LVC é percorrido seguindo sentido único, considerando um cadastro simultâneo das duas faixas de rolamento, como definido pela norma DNIT 008/2003 - PRO.

3.5 Tratamento de dados e cadastro

Na primeira etapa os técnicos utilizam um *software* proprietário desenvolvido pela empresa Engevias (Figura 24) para realização de levantamentos de campo. Antes do início do levantamento de cada subtrecho é informado o seu código (baseado no SRE – Sistema Rodoviário Estadual). Neste momento também é realizada a checagem dos periféricos (alinhamento das câmeras e funcionamento do GPS). O trecho é então percorrido, as imagens coletadas são armazenadas de maneira organizada e georreferenciada possibilitando que sejam analisadas posteriormente no escritório.

Figura 24 - Software utilizado para levantamento

Engevias :: Sistema Campo - [Engevias :: Sistema de Campo :: Pontos Notáveis]

Módulo Análise Configuração Manutenção

00000
Câmera (s)

Foto: GPS:
 Latitude: Longitude:
 Sentido:

Hodômetro
 Distância Metro (m) Começar Em:

Veículos: Constante:
 Rede: Rodovia:
 Rodovia: Trecho:
 Trecho:

EXT: 1,470 - FORTALEZA (AV. PADRE ANTÔNIO THOMAZ) - ENTR. CE-403 (A)

ENGEVIAS
ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA

Ação

Último(s) Elemento(s)

SEQ.	Descrição	Foto

Elemento(s) em Aberto

SEQ.	Descrição

Distancia para o fim do trecho
0 m
 Quebra de trecho automática

Fonte: Sistema de coleta (Engevias, 2023).

O cadastro dos defeitos é realizado no escritório por técnicos especializados com o auxílio de um *software* de cadastro de defeitos de superfície, através da análise individual das imagens coletadas no levantamento. No tópico 2.3 foi evidenciado todos os possíveis defeitos nos pavimentos flexíveis e rígidos, de acordo com a norma DNIT 005/2003 - TER, todavia, neste trabalho serão abordados apenas os seguintes defeitos (Quadro 1): trinca de fadiga, trinca de bloco, remendos ou buracos, afundamento de trilha de roda e desgastes.

Quadro 1 - Critério de avaliação dos defeitos

DEFEITOS	UNIDADE	GRAU DE SEVERIDADE
Trinca de Fadiga	Extensão (m)	1- Trincas isoladas com pouca ou nenhuma interligação
		2- Trincas interligadas sem ou com algumas erosões no bordo
		3- Trincas interligadas com grandes erosões de bordo
Trinca de Bloco	Extensão (m)	1- Blocos menores que 40 cm
		2- Blocos entre 40 cm e 1 m
		3- Blocos superiores a 1 m
Remendo ou buraco	Extensão (m)	1- Não cadastrado
		2- Remendos que possuem menos de 3 m de largura (a largura da pista de rolamento)
		3- Buracos ou painelas expondo as camadas granulares
Afundamento	Extensão (m)	1- Flechas entre 15 e 25 mm
		2- Flechas acima de 25 mm, com pouca ou nenhuma fissura
		3- Flechas com rupturas
Desgaste	Extensão (m)	1- Desgaste sem exposição da base
		2- Desgastes com exposição da base

Fonte: Adaptado pela autora (Cunha, 2008).

No Quadro 1 é possível identificar que o LVC realizado pela SOP-CE contém alterações da análise realizada pelo DNIT. Neste caso, os defeitos foram atribuídos a cinco grupos, englobando os demais defeitos do mesmo “nicho”, dessa forma o cadastro visual pode ser realizado de forma mais rápida e prática. Já o DNIT utiliza o Quadro 2, contendo todos os defeitos isoladamente, separados por codificação e classe, no caso das fendas.

Quadro 2 - Codificação dos defeitos

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas relacionadas a fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	Jacaré	Sem erosão	J	-	FC-2	-
			Com erosão	JE	-	-	FC-3
Trincas não relacionadas a fadiga	Trincas Isoladas	Retração térmica ou dissecação da base/revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	Bloco	Sem erosão	TB	-	FC-2	-
			Com erosão	TBE	-	-	FC-3
OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO		
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito			ALP	
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito			ATP	
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito			ALC	
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito			ATC	
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O		
Escorregamento (do revestimento betuminoso)					E		
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento					EX		
Desgaste acentuado na superfície do revestimento					D		
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P		
Remendos				Remendo Superficial		RS	
				Remendo Profundo		RP	

Fonte: Adaptado pela autora (DNIT, 2003b).

O DNIT (2003b) dispõe do Quadro 2 para cadastrar o código de cada defeito, a partir da frequência em que ele é identificado durante o levantamento visual. Ao finalizar todos os cadastros de um trecho, fatores como IPCF, IGG e IES podem ser determinados e o conceito daquele trecho pode ser obtido, como apresentado no tópico 2.4.3. Os comentários/comparações entre as metodologias utilizadas pela SOP-CE e pelo DNIT são apresentados, pois entende-se que o DNIT é uma importante referência nacional, assim, espera-se proporcionar uma forma de comparar o que é praticado no nível estadual, no Ceará, com o que é adotado em nível nacional.

No caso da SOP-CE, os defeitos (Quadro 1) existentes na superfície do pavimento são cadastrados (Figura 25) com seu respectivo grau de severidade, que varia de 1 (menos severo) a 3 (mais severo). Após a realização do cadastro obtém-se o mapeamento de todos os defeitos identificados ao longo da malha rodoviária percorrida. Como a captura fotográfica é realizada com precisão de 1 m, é quantificada a extensão de cada um dos defeitos cadastrados.

Figura 25 - Software de cadastro LVC



Fonte: Sistema de codificação (Engevias, 2023).

Na Figura 25 é possível identificar o *layout* do sistema de cadastro, no qual apresenta-se a foto do pavimento, à direita dela, aparecem os registros (representado por linhas verticais coloridas) dos dois últimos anos do levantamento de defeitos nesse ponto da rodovia. As cinco linhas verticais, mais à direita da imagem (Figura 25), representam o levantamento de defeitos do ano anterior ao momento da captura da foto, já as cinco linhas mais próximas da imagem são do ano atual. Esta configuração possibilita uma análise sucinta do trecho, podendo identificar suas mudanças com o passar de um ano.

Cada linha vertical representa uma patologia e as cores identificam o grau de severidade do defeito, em que o grau 0 é representado pela cor azul, grau 1 a cor verde, grau 2 a cor amarela e grau 3 a cor vermelha, seguindo a mesma ordem apresentada no Quadro 1:

- Linha 1 (L1): Trinca de fadiga;
- Linha 2 (L2): Trinca de bloco;
- Linha 3 (L3): Remendo ou Buraco;
- Linha 4 (L4): Afundamento;
- Linha 5 (L5): Desgaste.

O instante entre a foto e o cadastro pode ser acompanhado através da linha guia (linha vermelha na horizontal), isto é, esta linha horizontal serve para o profissional que está cadastrando os defeitos do trecho possa situar-se. Dessa forma, seguindo a explicação acima, é possível identificar que na foto exposta no

sistema identifica-se uma trinca de fadiga (linha vertical 1) com gravidade 2 (cor amarela). Todas as imagens e informações são cadastradas da mesma forma, como ilustrado neste tópico do texto, isto é, o técnico analisa a foto do pavimento visualmente, verifica se há alguma patologia, se não existir permanece a cor azul, caso contrário, cadastra o defeito aparente (escolhendo as linhas verticais) aderindo o grau de severidade. Este cadastro é feito utilizando o controle da Figura 26 abaixo:

Figura 26 - Controle para cadastro do LVC



Fonte: Autora (2023).

Na Figura 26 contém o controle utilizado para cadastro dos defeitos no sistema, nele é possível atribuir o grau de severidade dos defeitos, além disso, obtém comandos como trocar as imagens (passando ou voltando), aumentar e diminuir a cadência das fotos.

3.6 Fator de Equivalência

Uma vez que as imagens e os seus respectivos defeitos são cadastradas, é necessário realizar o cálculo do Fator Equivalente para cada tipo de patologia, no qual o SIGMA utiliza-o após a codificação para transformar as variadas severidades (0 a 3) de um mesmo defeito em um único defeito (Cunha, 2008). O cálculo do fator é realizado a partir dos pesos utilizados para cada tipo de defeito e sua severidade, conforme apresentado na Tabela 8, utilizada pelo DER-CE desde 2001 após vários estudos e adaptações para a malha estadual. Logo, para definir o fator equivalente de cada defeito aplica-se a seguinte Equação 1:

$$\%FE = \frac{\Sigma(Ext.Def.Sev_n \times Ps.Sev_n)}{\Sigma Ext.Def} \quad (1)$$

onde,

n varia de 0 a 3, de acordo com a severidade;

$Ext. Def. Sev_n$ é a extensão do defeito da severidade “ n ”;

$Ps. Sev_n$ é o peso atribuído a severidade “ n ”;

$\Sigma Ext. Def$ é a extensão do segmento analisado, no qual costuma ser 500 m;

$\%FE$ é o fator equivalente do defeito em porcentagem.

Tabela 8 - Pesos utilizados para cálculo do Fator Equivalente

DEFEITOS	SEVERIDADE			
	0	1	2	3
Trincas Associadas a Carga	0,00	0,05	0,50	1,00
Trincas Não Associadas a Carga	0,00	0,05	0,40	0,70
Remendos	0,00	0,00	0,40	1,00
Desgastes	0,00	0,05	1,00	0,00
Afundamentos	0,00	0,05	0,30	1,00

Fonte: (Cunha, 2008).

De acordo com Cunha (2008), o DER-CE optou por implantar os conceitos de qualidade do pavimento por patamares de tráfego em relação ao VMD, de forma a garantir que sejam considerados conceitos mais rígidos às rodovias mais movimentadas, garantindo diferentes soluções e prioridades. Na Tabela 9, é possível identificar os conceitos em relação a trinca de fadiga, por exemplo.

Tabela 9 - Conceitos de qualidade por patamares de tráfego relacionados a trinca de fadiga

NÍVEL DE TRÁFEGO	CONCEITO DE DEFEITO	FATOR EQUIVALENTE (%)	CONCEITO DA MALHA
Baixo	Pouco Trincado	$0 \leq FE \leq 18$	Bom
	Trincado	$18 < FE \leq 35$	Regular
	Muito Trincado	$35 < FE \leq 65$	Ruim
	Excessivamente Trincado	$FE > 65$	Péssimo
Médio	Pouco Trincado	$0 \leq FE \leq 15$	Bom
	Trincado	$15 < FE \leq 32$	Regular
	Muito Trincado	$32 < FE \leq 60$	Ruim
	Excessivamente Trincado	$FE > 60$	Péssimo
Alto	Pouco Trincado	$0 \leq FE \leq 12$	Bom
	Trincado	$12 < FE \leq 30$	Regular
	Muito Trincado	$30 < FE \leq 50$	Ruim
	Excessivamente Trincado	$FE > 50$	Péssimo

Fonte: Adaptado de Cunha (2008).

Logo, quando se trata de um trecho com características funcionais e estruturais uniformes, o pavimento é classificado de acordo com o pior conceito do trecho avaliado. Ou seja, por exemplo, se em um segmento forem identificadas trincas de bloco (status “regular”), trincas de fadiga (status “ruim”) e demais defeitos (status “bons”), este segmento é classificado inteiro com o status “ruim”.

Para definir o conceito (Tabela 9) da malha é realizado o cálculo do fator equivalente a cada 500 m do trecho analisado, a partir dos pesos apresentados na Tabela 8. Segue os exemplos (Tabela 10) dos cálculos realizados para conceituar um trecho de 500 m da malha, no qual foi atribuído ao segmento o seu pior conceito (Cunha, 2008).

Tabela 10 - Cálculo do conceito das patologias analisadas

PATOLOGIA		EXTENSÃO	PESO	EXTENSÃO x PESO	
TRINCA DE FADIGA	SEVERIDADE	0	166	0	0
		1	46	0,05	2,3
		2	88	0,5	44
		3	200	1	200
	TOTAL	500	FATOR EQUIVALENTE	49% RUIM	
TRINCA DE BLOCO	SEVERIDADE	0	500	0	0
		1	0	0,05	0
		2	0	0,4	0
		3	0	0,7	0
	TOTAL	500	FATOR EQUIVALENTE	0% BOM	
REMENDO	SEVERIDADE	0	150	0	0
		1	88	0	0
		2	102	0,4	40,8
		3	160	1	160
	TOTAL	500	FATOR EQUIVALENTE	40% PÉSSIMO	
AFUNDAMENTO	SEVERIDADE	0	300	0	0
		1	50	0,05	2,5
		2	63	0,3	18,9
		3	87	1	87
	TOTAL	500	FATOR EQUIVALENTE	22% RUIM	
DESGASTE	SEVERIDADE	0	500	0	0
		1	0	0,05	0
		2	0	1	0
	TOTAL	500	FATOR EQUIVALENTE	0% BOM	

Fonte: Adaptado de Cunha (2008).

Portanto, neste exemplo, o trecho de 500 m é definido como conceito “péssimo”, devido o fator equivalente do remendo, o mais severo, obter tal classificação. Vale ressaltar que esta será a metodologia de cálculo utilizada para classificar o trecho da CE-085, objeto de estudo deste trabalho.

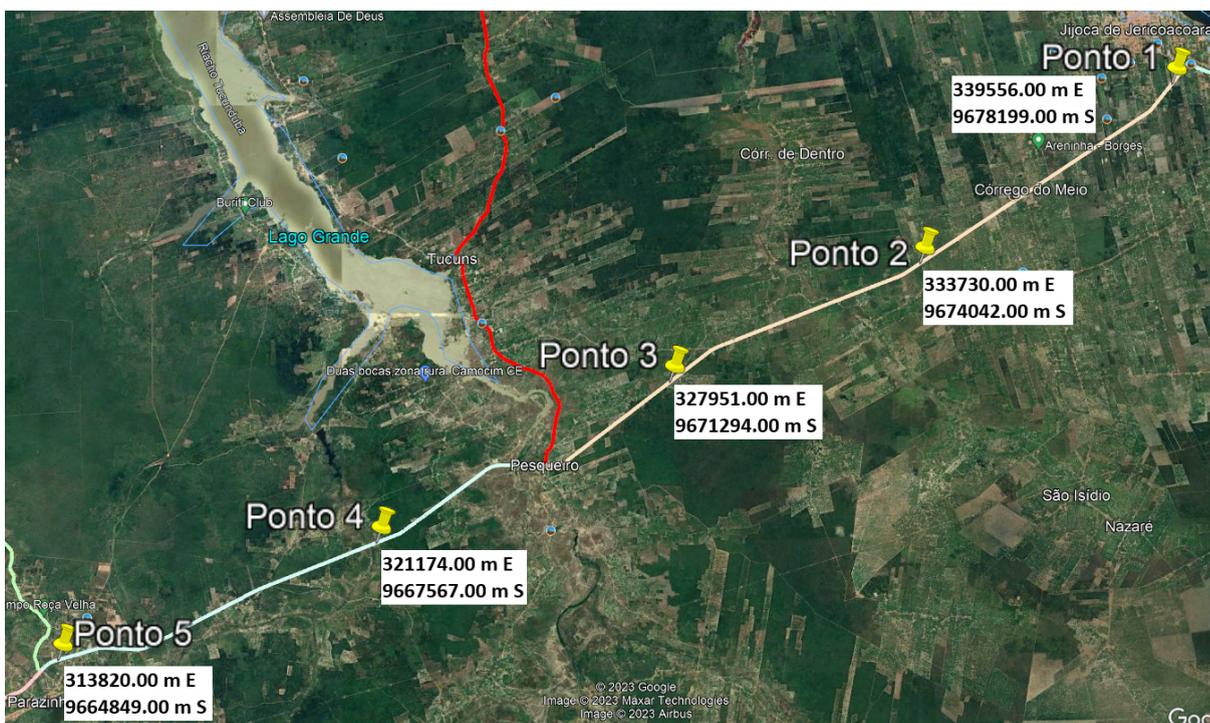
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos através do LVC, por meio de memorial fotográfico do trecho analisado e histórico da condição do pavimento, apresentado através de gráfico e tabela detalhando a sua serventia ao longo dos anos. Vale ressaltar que o trecho estudado possui 30,64km, todavia, foram escolhidos 5 pontos críticos para análise das soluções empregadas neles nos últimos 5 anos (2019 - 2023), devido o trecho ser extenso e as fotos possuírem cadência de 1m, torna-se inviável apresentá-lo por completo.

4.1 Memorial Fotográfico

Nas Figuras 28 a 37 serão apresentadas imagens panorâmicas frontais e do pavimento, entre os anos de 2019 e 2023, do trecho analisado (Jijoca de Jericoacoara - Parazinho) na CE-085, apresentando 5 pontos críticos (Figura 27) escolhidos pela autora, após o LVC feito em todo segmento. Com a observação das figuras será possível realizar uma análise comparativa das mudanças ocorridas nesses pontos com o passar dos anos, como agravamento das patologias e/ou intervenções realizadas.

Figura 27 - Localização dos 5 pontos estudados



Fonte: Autora (2023).

Vale enfatizar que em todos os pontos serão expostas duas fotos, panorâmicas frontais e do pavimento, a panorâmica está localizada ao lado esquerdo e a do pavimento ao lado direito. A primeira foto (frontal) servirá para validar que os pontos analisados são os mesmos, ao longo dos anos (2019-2023), e a segunda foto (pavimento) é para melhor visualização das patologias, a principal utilizada para o LVC.

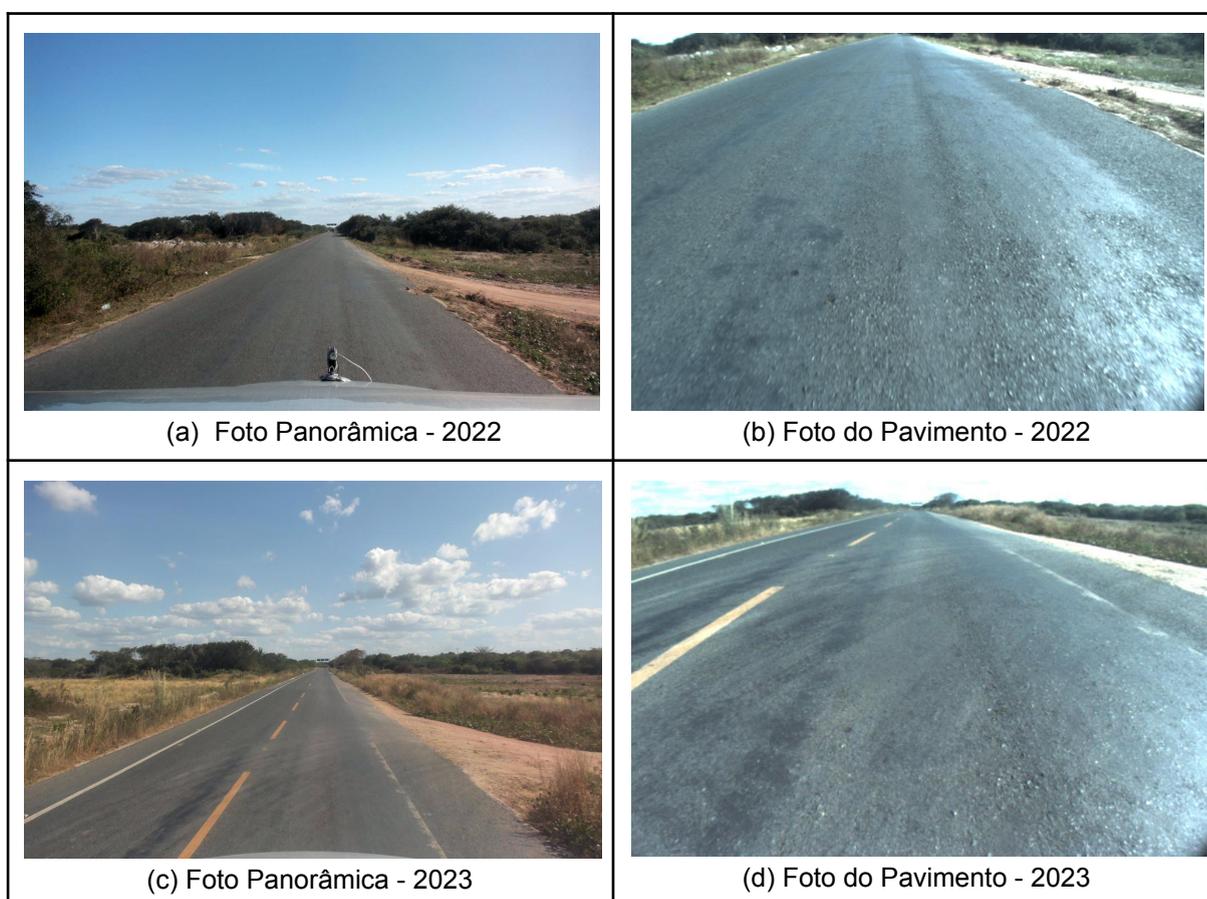
Figura 28 - Fotos do ponto 1 (2019-2021)



Fonte: Banco de dados (Engevias, 2023).

Na Figura 28(b) é possível identificar que o pavimento apresenta leves desgastes (grau 1) e alguns remendos, já no ano seguinte as patologias se desenvolveram para buraco/panela, como ilustrado na Figura 28(d). Conseqüentemente, em 2021 o trecho passou por uma manutenção e após uma análise das fotos, foi identificado que ocorreu um serviço de recuperação funcional neste trecho através da realização de reciclagem e recapeamento em TSD, definições explicadas no tópico 2.6. A Figura 29, contém a continuação do ponto 1 nos anos de 2022 e 2023.

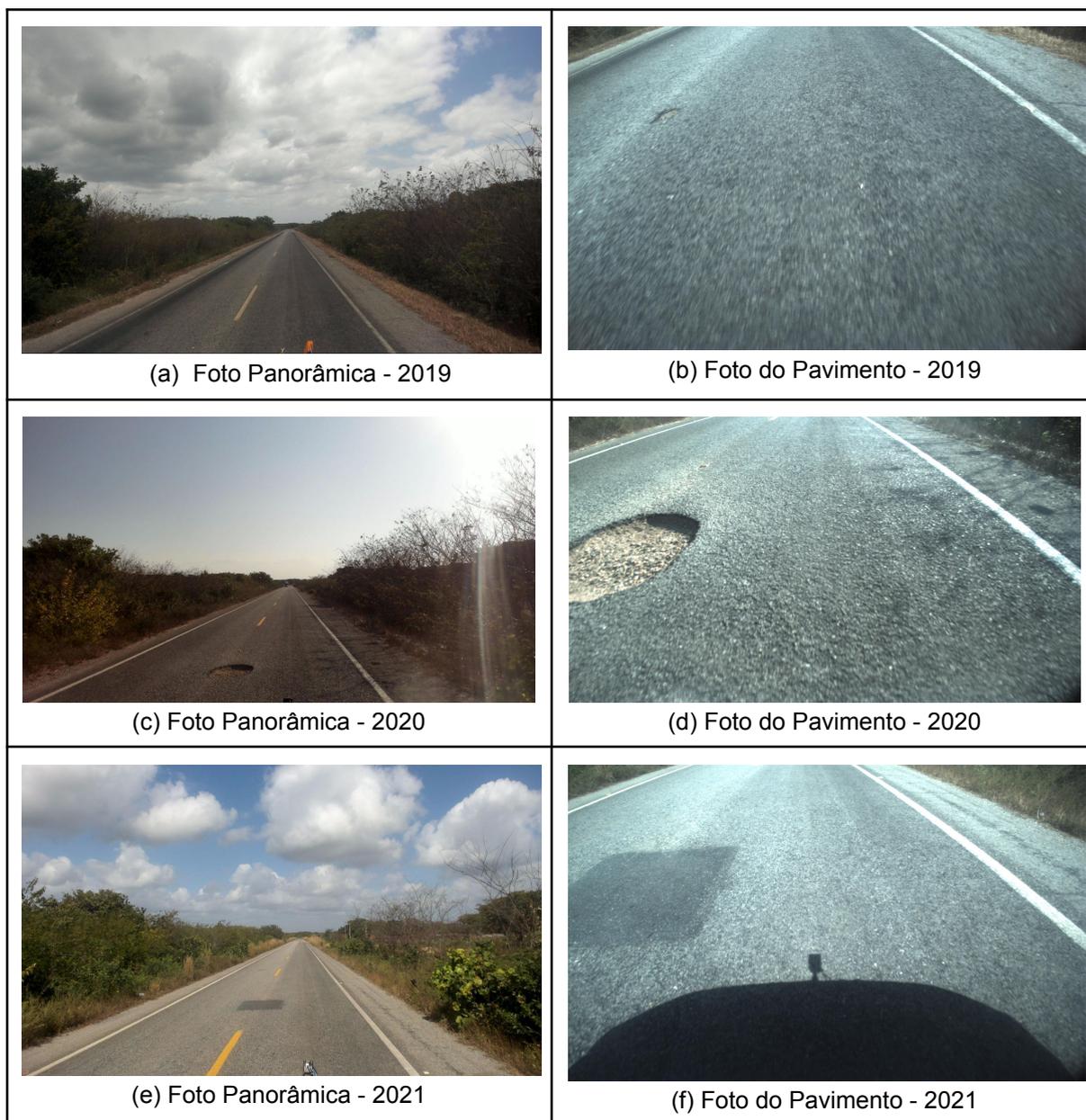
Figura 29 - Fotos do ponto 1 (2022 e 2023)



Fonte: Banco de dados (Engevias, 2023).

Em 2022 foi dada continuidade nos serviços de recuperação funcional, com a mesma intervenção realizada em 2021, todavia, alguns trechos passaram por aplicação de um microrrevestimento. Seguidamente, as imagens do ponto 2 serão ilustradas na Figura 30.

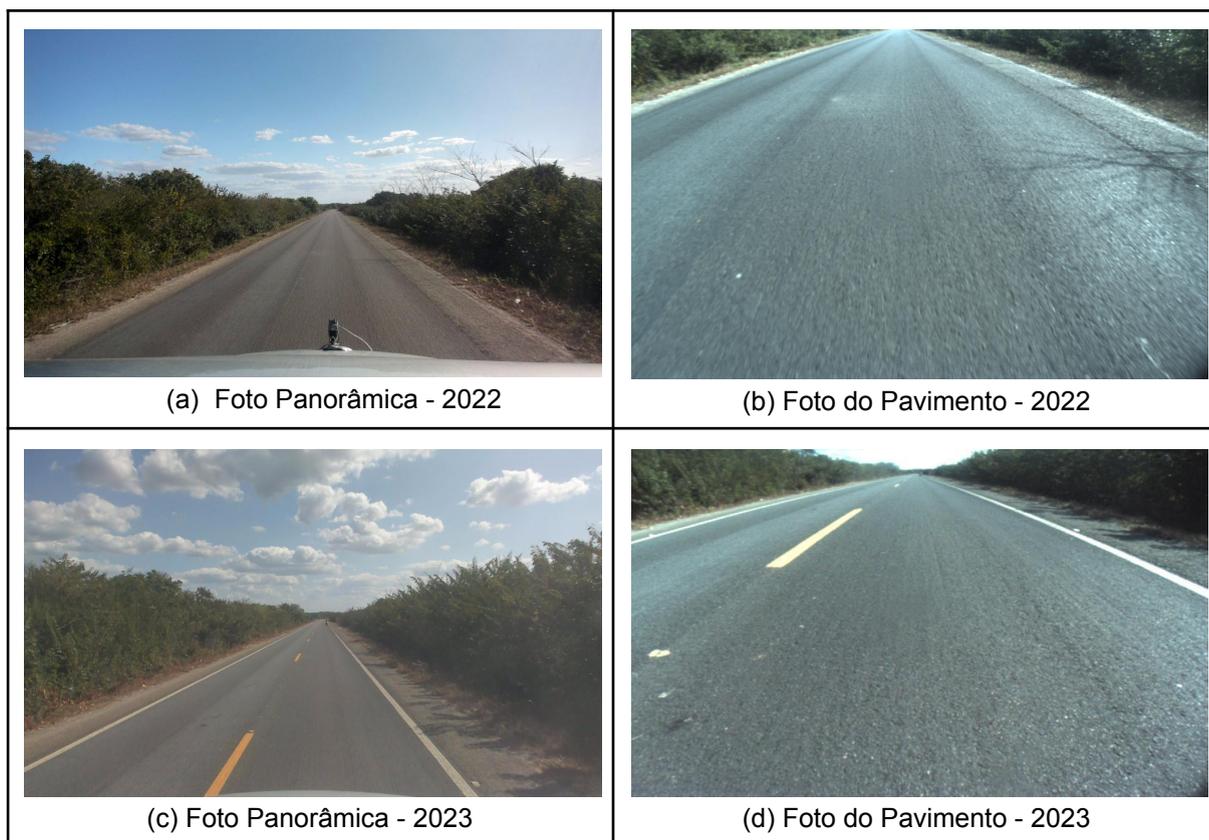
Figura 30 - Fotos do ponto 2 (2019-2021)



Fonte: Banco de dados da Engevias (2023).

No ponto 2, o que antes era um pequeno desgaste com gravidade 2, por apresentar exposição da base, transformou-se em um buraco/panela (Figura 30d) com o passar de 1 ano, devido às intempéries e o tráfego de veículo. Entretanto, no ano seguinte (2021), com os serviços de tapa buracos realizados pela SOP-CE, foi sanado o defeito com um remendo. A Figura 31 a seguir apresenta o mesmo ponto nos anos de 2022 e 2023.

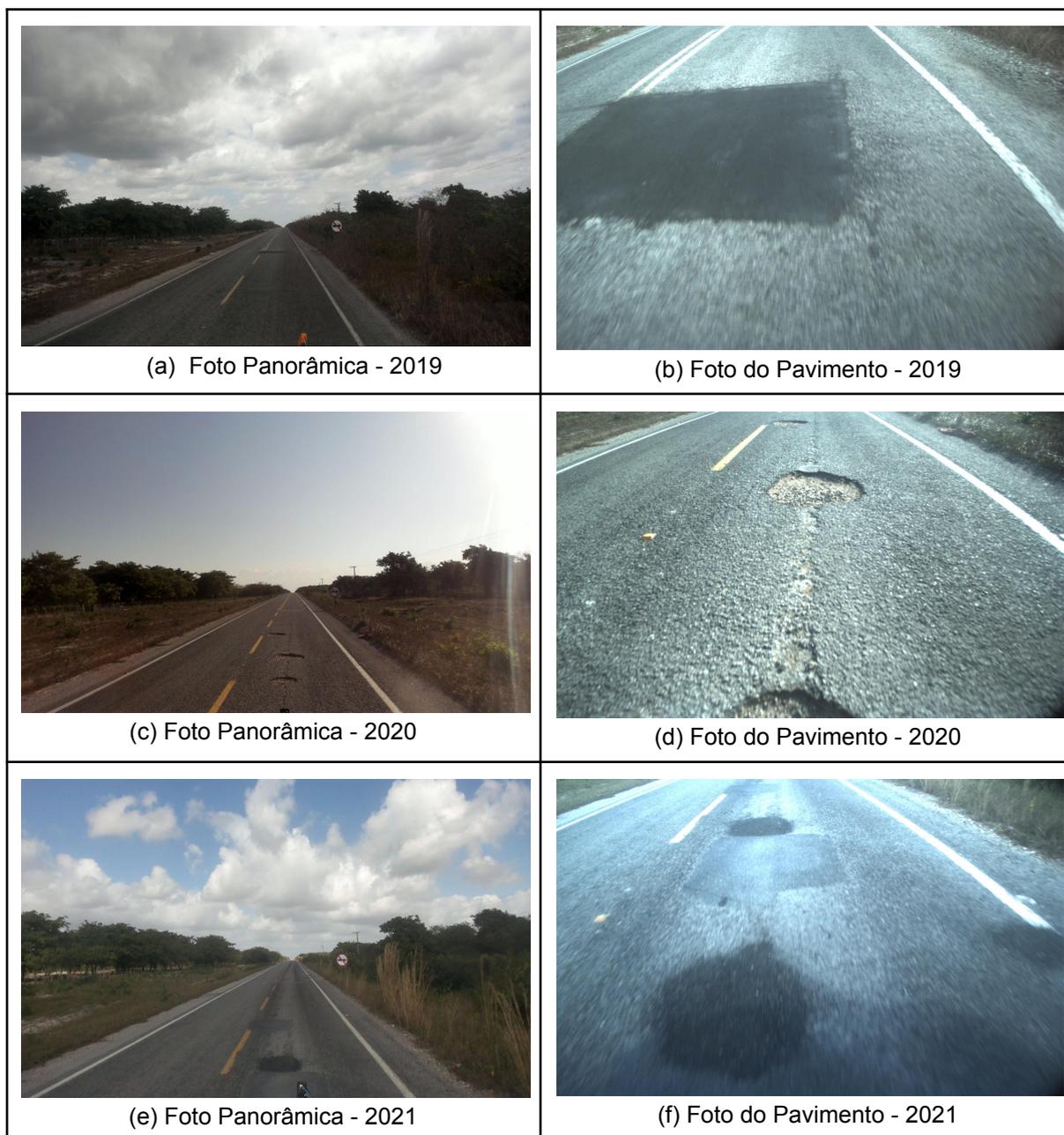
Figura 31 - Fotos do ponto 2 (2022 e 2023)



Fonte: Banco de dados da Engevias (2023).

Por se tratar de uma continuação do mesmo trecho, as intervenções realizadas em 2022, nas Figuras 28 e 29, também foram feitas neste ponto, e em 2023 o pavimento continuou apresentando boas condições de serventia, resultado dos serviços de recuperação funcional do ano anterior. Já na Figura 32, serão expostas as patologias do ponto 3.

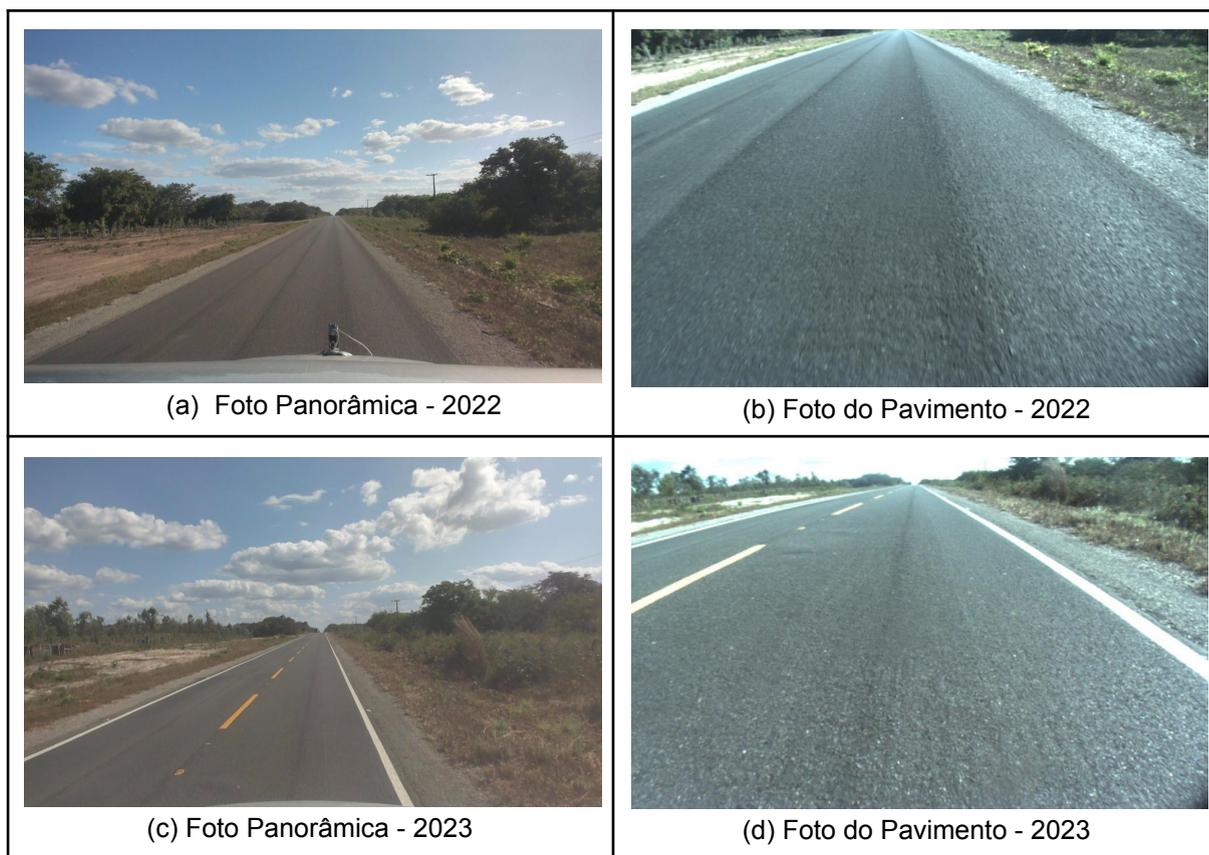
Figura 32 - Fotos do ponto 3 (2019-2021)



Fonte: Banco de dados da Engevias (2023).

Em 2019, este ponto já havia passado por reparo, no qual foi feito um remendo para tapar uma panela presente no trecho. Todavia, no ano seguinte a panela foi reaberta e houve o surgimento de outras duas, além de alguns desgastes. Dessa forma, em 2021, optaram por reparar o segmento com remendos, solução imediata para sanar as patologias visualizadas. Nas imagens ilustradas na Figura 33, o mesmo ponto já passou por intervenção novamente.

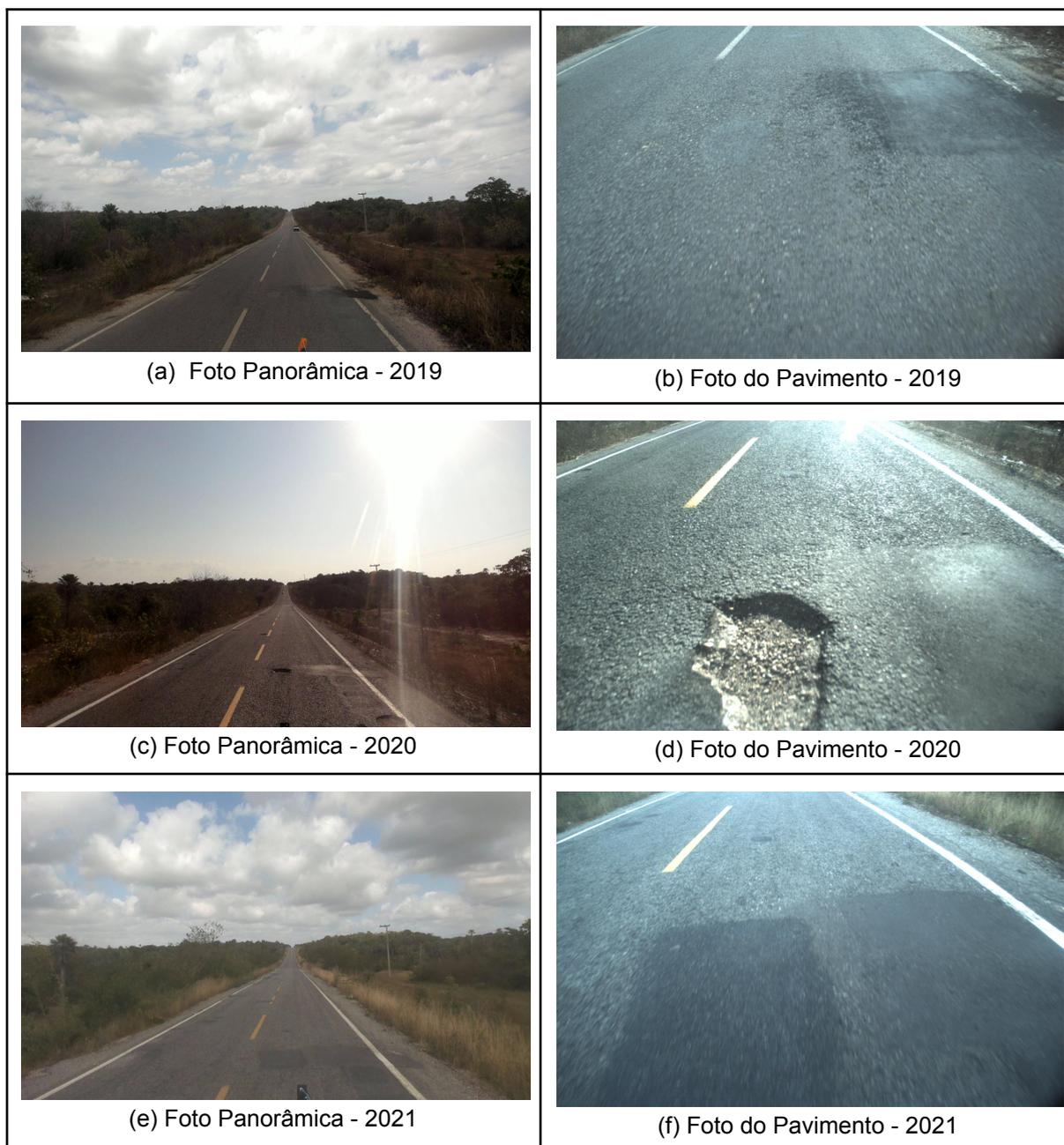
Figura 33 - Fotos do ponto 3 (2022 e 2023)



Fonte: Banco de dados da Engevias (2023).

As soluções de manutenção feitas em 2022 continuam apresentando bons resultados no ano 2023, a patologia “buraco” que manifestava-se frequentemente no trecho foi sanada após o serviço de recuperação funcional, ou seja, os 3 pontos analisados refletem boa serventia após as intervenções no ano de 2022. Já na Figura 34, contém as imagens do penúltimo ponto estudado neste trabalho.

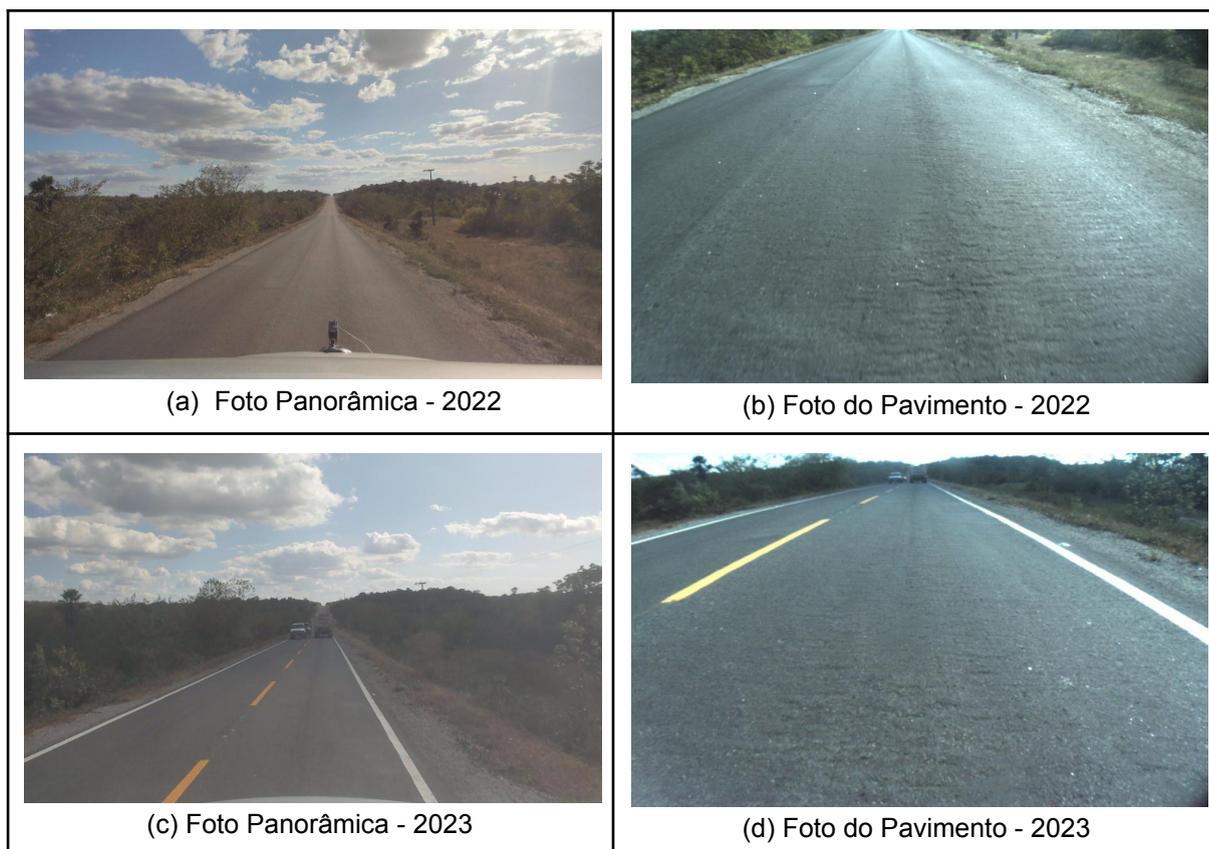
Figura 34 - Fotos do ponto 4 (2019-2021)



Fonte: Banco de dados da Engevias (2023).

O ponto 4, inicialmente, continha um remendo e algumas trincas de fadiga (grau 1), o que ocasionou no aparecimento de um buraco no ano seguinte. Porém, em 2021 foi realizado o reparo do defeito com um remendo. Com as imagens da Figura 35, pode-se visualizar o mesmo ponto após o serviço de recuperação funcional.

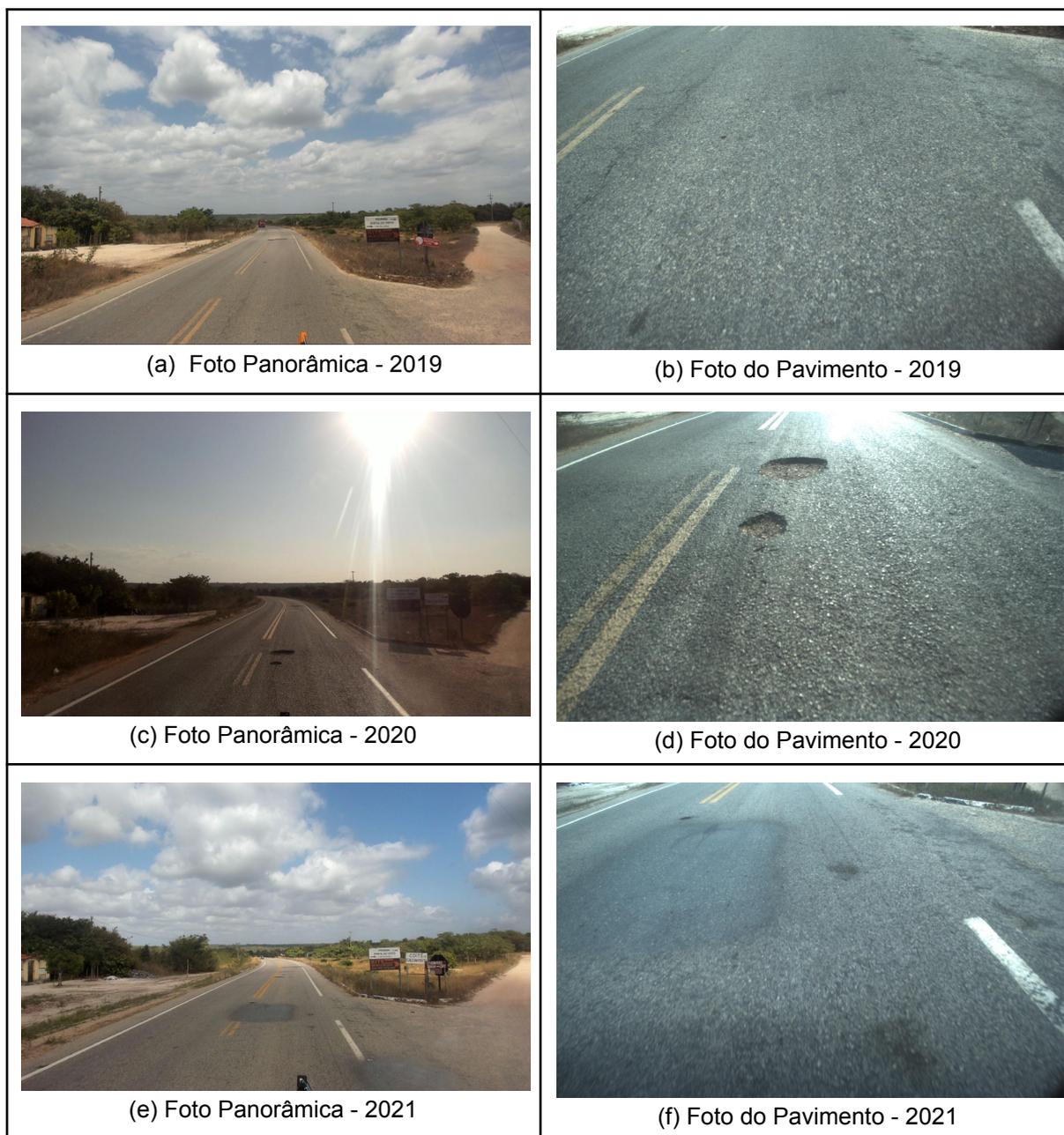
Figura 35 - Fotos do ponto 4 (2022 e 2023)



Fonte: Banco de dados da Engevias (2023).

O serviço de recapeamento em TSD, no ano de 2022, continua apresentando bons resultados ao longo do trecho, o que impacta positivamente numa boa condição de serventia. Em seguida, as imagens do último ponto analisado (Figura 36).

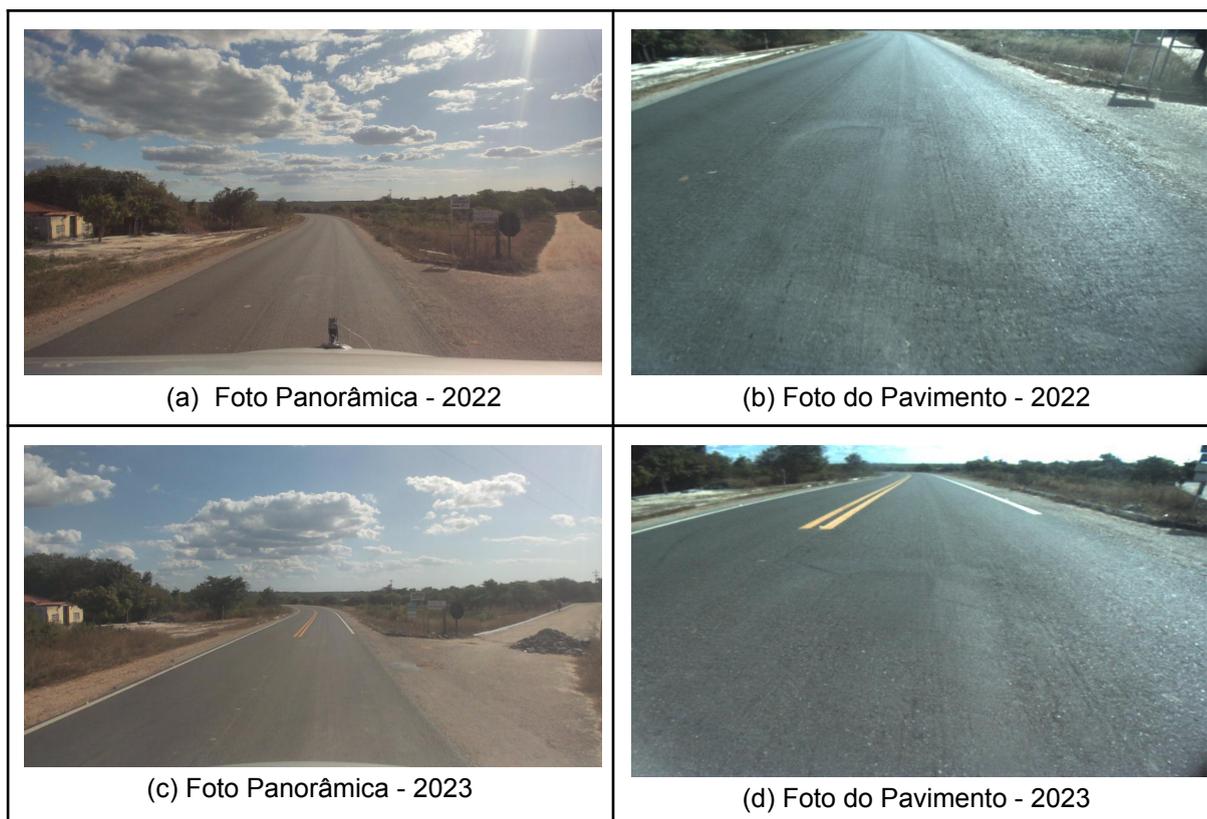
Figura 36 - Fotos do ponto 5 (2019-2021)



Fonte: Banco de dados da Engevias (2023).

Em 2019 este ponto apresentava algumas trincas de fadiga, decorrendo na patologia “panela” visualizada no ano seguinte. Novamente, em 2021 o trecho passou por reparo através de remendos. Posteriormente, a Figura 37 exhibe o segmento após soluções de manutenção.

Figura 37- Fotos do ponto 5 (2022 e 2023)



Fonte: Banco de dados da Engevias (2023).

Reiterando, as soluções adotadas em 2022 refletem resultados favoráveis (2023) em todo o trecho, algo evidenciado nas imagens apresentadas dos 5 pontos estudados.

4.2 Análise das Intervenções

Com o passar dos anos é possível identificar visualmente que este segmento do trecho passou por um agravamento na sua condição, visto que, no início das observações, defeitos reconhecidos como desgastes e trincas relacionadas a fadiga, passaram a ser classificadas como manifestações patológicas mais graves (buraco ou panela), ocorrendo remoção de grandes partes do revestimento. Acredita-se que este agravamento tenha sido motivado por ação do tráfego de veículos e pelas intempéries climáticas. Todavia, houve intervenções nos anos seguintes que reabilitaram a condição de rolamento do pavimento, proporcionando boas condições serventia aos usuários.

Entende-se que as soluções adotadas (microrrevestimento, reciclagem e recapeamento em TSD) foram adequadas, pois não havia evidências de

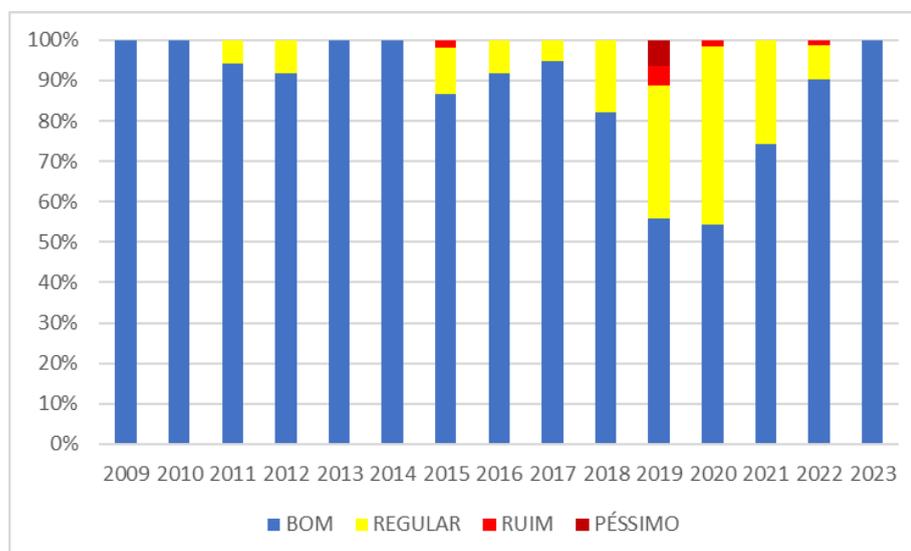
falhas/fragilidades estruturais, logo, fazer uso de uma técnica capaz apenas de contribuir funcionalmente com o pavimento é entendida como uma ação adequada. Segundo Bernucci *et al.* (2022), o microrrevestimento asfáltico à frio é uma mistura asfáltica comumente utilizada para revitalizar aspectos funcionais de vias e o TSD vem sendo muito utilizado para restaurações de pavimento, por poder ser executado sobre variados tipos de revestimento que não contenham sinais de defeitos estruturais.

Atualmente, com o levantamento fotográfico realizado no ano de 2023, é possível observar que após a intervenção no ano de 2022 o trecho continua apresentando boas condições, não identificando nenhuma patologia aparente. Ou seja, no LVC realizado no presente ano, este trecho foi cadastrado com patologias grau 0 (azul) em boa parte do segmento, algo que pode ser observado no Gráfico 6 do tópico seguinte. Esta percepção reforça o entendimento de que as técnicas de manutenção e reabilitação implementadas pela SOP foram adequadas.

4.3 Histórico LVC

O Gráfico 6 contém os resultados dos LVCs da CE-085, trecho que interliga Jijoca de Jericoacoara e Parazinho, realizados nos anos de 2009 a 2023, com uma análise visual da gravidade do trecho analisado. O referido gráfico traz o resumo da condição da rodovia nos anos anteriores.

Gráfico 6 - Serventia do segmento do trecho (Jijoca de Jericoacoara - Parazinho) da rodovia CE-085 entre os anos 2009 e 2023



Fonte: Adaptado pela autora (Engevias, 2023).

Observando o Gráfico 6 é possível ratificar a análise visual do relatório fotográfico apresentado no tópico 4.1, que após a recuperação funcional no trecho, em 2022, o estado “bom” apresentou-se de forma crescente. Além disso, fazendo outra análise visual do Gráfico 6, pode-se identificar que entre o ano de 2012 e 2013 houve uma manutenção preventiva na rodovia, ocasionando no melhoramento da malha, como apresentado no LVC do segundo semestre do ano de 2013. Na Tabela 11, é apresentado detalhadamente o percentual de cada serventia do trecho, validando o estudo do gráfico acima.

Tabela 11 - Serventia do segmento do trecho (Jijoca de Jericoacoara - Parazinho) da rodovia CE-085 entre os anos 2009 e 2023

ANO	CONCEITO			
	BOM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO
2009	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2010	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2011	94,10%	5,90%	0,00%	0,00%
2012	91,88%	8,12%	0,00%	0,00%
2013	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2014	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2015	86,72%	11,54%	1,74%	0,00%
2016	91,88%	8,12%	0,00%	0,00%
2017	94,84%	5,16%	0,00%	0,00%
2018	82,28%	17,72%	0,00%	0,00%
2019	55,92%	32,74%	5,04%	6,30%
2020	54,36%	43,96%	1,68%	0,00%
2021	74,16%	25,84%	0,00%	0,00%
2022	90,32%	8,52%	1,16%	0,00%
2023	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fonte: Banco de dados da Engevias (2023).

A Tabela 11, apresenta a porcentagem da condição da rodovia analisada (serventia), contendo o histórico de levantamentos da malha dos anos de 2009 à 2023. Através de informações fornecidas pelos gestores da SOP-CE, foi constatado que em 2009 foram concluídas obras de pavimentação em TSD, o que refletiu no conceito “bom” do pavimento neste ano e em 2010. Também, verificou-se a existência de serviços de tapa buraco com remendos profundos, microrrevestimento

e TSD no ano de 2019, resultando na redução do conceito “ruim” e findando o conceito “péssimo” no ano de 2020.

Analisando os resultados provindos do Gráfico 6 e Tabela 11, é possível identificar a importância da manutenção preventiva. Observa-se que no ano de 2022, o trecho apresentava 90,32% do conceito “bom”, entretanto, constituía 1,16% do trecho “ruim”, o que fez com que os gestores da SOP-CE identificassem a necessidade do segmento passar por uma intervenção, resultando numa recuperação funcional. Ao passar por esta reabilitação, no ano atual (2023), todo o trecho obtém conceito “bom”, ou seja, esta ação de manutenção preveniu o agravamento das patologias com o passar dos meses.

Ademais, o LVC utilizado pela SOP-CE possibilita uma avaliação primária sobre a necessidade do trecho passar ou não por uma intervenção, devido a qualidade e quantidade de imagens utilizadas no levantamento, entretanto, somente ao finalizar o cadastro e calcular o fator equivalente a cada 500 m, é de fato definida a condição (bom, regular, ruim ou péssimo) do segmento. Após definir a situação de toda a malha rodoviária estadual, são gerados mapas ilustrando a condição de todas as rodovias em frações de 500 m (Figura 19), em seguida, os gestores de pavimentação verificam se estes trechos estão previstos em alguma obra de recuperação funcional e/ou restauração, caso contrário, há necessidade de estudar, de acordo com os recursos financeiros disponíveis, quais trechos podem ser implementados nos serviços de recuperação que ocorrem em todos os 11 Distritos Operacionais do Estado do Ceará, tendo como critério a condição e o volume de tráfego.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Buscou-se neste projeto realizar uma avaliação das soluções de engenharia adotadas nas atividades de manutenção realizadas em um segmento da rodovia estadual CE-085. Para cumprir com este objetivo procedeu-se uma análise da metodologia de levantamentos de campo empregada no estado do Ceará, a utilização da ferramenta LVC nas rodovias. Além disso, foi realizado um levantamento histórico da condição de serventia da malha estadual e identificadas as intervenções sofridas, gerando impactos positivos na rodovia após manutenções no trecho. Neste contexto foi possível delimitar as seguintes conclusões:

- Percebeu-se que a ferramenta LVC é importante, pois ela possibilita que os defeitos que mais impactam na qualidade da rodovia sejam percebidos visualmente, dessa forma, é possível ter clareza na etapa de definição de qual solução de engenharia será implantada em campo.
- Constatou-se que a metodologia empregada pela SOP-CE é adequada, pois possibilita que as avaliações de campo sejam feitas com rapidez e eficácia. Proporcionando o correto registro dos tipos de defeitos, com o mínimo de registros errados. Assim, o tomador de decisão poderá optar por soluções de engenharia mais eficientes, com menor custo possível e manter a condição de serventia do trecho.

Dessa forma, esta pesquisa apresenta dados quali-quantitativos da rodovia estudada, através de histórico fotográfico, gráficos e tabelas indicando a condição de serventia do trecho desde 2009. Ademais, ao analisar as intervenções realizadas no segmento, notou-se que foram obtidos resultados eficientes, visto que a condição de serventia no atual ano (2023) apresenta-se com o conceito da malha “bom”, reiterando a eficácia da metodologia do LVC utilizada pela SOP-CE.

Contudo, este trabalho pode servir como embasamento para trabalhos futuros, podendo trazer análises de soluções de manutenções empregadas em outras rodovias estaduais ou federais. Também pode ser apresentado um estudo sobre as possíveis causas das patologias encontradas em uma determinada rodovia. Outra sugestão seria fazer um estudo de como é realizado o LVC no DNIT, apresentando sua metodologia e fazendo um comparativo com o procedimento realizado pela SOP. Além disso, pode ser feito um estudo comparativo sobre os

custos com manutenção preventiva e corretiva. Outro estudo que pode ser realizado, uma análise comparativa entre o LVC e IGG.

REFERÊNCIAS

ABRAMS, Steve. **The unseen history of our roads**. 2013. Disponível em: <https://www.roadandtrack.com/car-culture/a4447/the-road-ahead-road-evolution/>. Acesso em: 27 fev. 2023.

ALBUQUERQUE, Fernando Silva. **Sistema de Gerência de Pavimentos para departamentos de estradas no nordeste brasileiro**. Porto Alegre, 2007.

ALVES, Karine da Rocha; NODARI, Christine Tessele; GARCÍA, Daniel Sergio Presta. **A aplicação de um SGP na gestão da manutenção rodoviária**. 2016.

BABASHAMSI, Peyman; YUSOF, Nur Izzi Md; CEYLAN, Halil; NOR, Nor Ghani Md; JENATABADI, Hashem Salarzadeh. Evaluation of pavement life cycle cost analysis: Review and analysis. **International Journal of Pavement Research and Technology**, v. 9, n. 4, Julho 2016, p. 241-254.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2022. 750 p.

BRASIL. **Ceará apresenta melhor resultado histórico na qualidade do pavimento**. Governo do Estado do Ceará, 2022. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2022/12/20/ceara-tem-95-da-sua-malha-viaria-estadual-pavimentada-em-niveis-adequados-para-trafego/>. Acesso em: 22 abril 2023.

BRASIL. **RELATÓRIO DO CONTROLE INTERNO SOBRE AS CONTAS ANUAIS DE GESTÃO – RCI-GESTÃO Nº: 080101.A01.001.0820**. Governo do Estado do Ceará, 2020. Disponível em: https://www.cge.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/20/2022/11/DER-Relatorio-do-Control-Interno_Contas-de-Gestao-2019.pdf. Acesso em: 22 abril 2023.

CAVA, Felipe. **Da rocha ao asfalto: a história da pavimentação**, 2019. Disponível em: <https://alemdainercia.com/2019/03/13/da-rocha-ao-asfalto-a-historia-da-pavimentacao/>. Acesso em: 27 fev. 2023.

CAVA, Felipe. **Os 15 defeitos em pavimentos flexíveis**, 2018. Disponível em: <https://alemdainercia.com/2018/05/16/os-15-defeitos-em-pavimentos-flexiveis/>. Acesso em: 12 mar. 2023.

CEARÁ (Estado). **Lei Nº 16.880, de 23 de maio de 2019**. Cria a Superintendência de Obras Públicas mediante a fusão do Departamento de Arquitetura e Engenharia e do Departamento Estadual de Rodovias. Fortaleza, 2019.

CHAVES, Darlyson Rennê. **ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE DE UMA RODOVIA EM MOSSORÓ/RN ATRAVÉS DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO**. Mossoró, 2018.

CHIZZOTT, Antonio. **PESQUISA EM CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

CNT. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2021**. Brasília: CNT: SEST SENAT, 2021. 231 p.

CNT. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2022**. Brasília: CNT: SEST SENAT, 2022a. 229 p.

CNT. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2022**: Rodovias brasileiras apresentam piora na qualidade. CNT: SEST SENAT, 2022b. 8 p.

COELHO, Jorge; RAUEN, Walter. **Tampar buracos ou recapear? Conheça tecnologias de asfalto**. 2023. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/tampar-buracos-ou-recapear-conheca-tecnologias-de-asfalto/13249>. Acesso em: 26 dezembro 2023.

CORREA, Vivian Helena Capacle; RAMOS, Pedro. **A precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste: situação e perspectivas**. Revista de economia e sociologia rural, 2011.

CUNHA, Carlos Roberto. **DETERMINAÇÃO DE MODELO DE DETERIORAÇÃO DOS PAVIMENTOS PARA A MALHA RODOVIÁRIA ESTADUAL DO CEARÁ**. Fortaleza, 2008.

DER. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Avaliação funcional e estrutural de pavimento**. São Paulo, 2006. 29p.

DER. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Reforço do subleito**. São Paulo, 2005. 17 p.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – NORMA DNIT 150/2010 - ES. **Pavimentação asfáltica - Lama asfáltica - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: DNIT, 2003b.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – NORMA DNIT 035/2018 - ES: **Pavimentação asfáltica - Microrrevestimento asfáltico - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2010.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – NORMA DNIT 147/2012 - ES: **Pavimentação asfáltica - Tratamento Superficial Duplo - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2012.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Gerência de Pavimentos**. Rio de Janeiro: DNIT, 2011. 189 p.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. 274 p.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentos Rígidos**. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005a. 234p.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005b. 310p.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – NORMA DNIT 005/2003 - TER: **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003a.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – NORMA DNIT 008/2003 - PRO. **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos Procedimento**. Rio de Janeiro: DNIT, 2003b.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Terminologias Rodoviárias Usualmente Utilizadas**. DNIT, 2007.

ENGEVIAS. **Apresentação: Gerência de pavimentos**. Data: 25/05/2018, Fortaleza-CE, 2018.

ENGEVIAS. **Banco de dados**. Fortaleza-CE, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/download/rodovias/rodovias-federais/terminologias-rodoviarias/terminologias-rodoviarias-versao-11.1.pdf>. Acesso em: 26 dezembro 2023.

O QUE É PAVIMENTO SEMI-RÍGIDO? Master Plate, 2023. Disponível em: <https://masterplate.com.br/o-que-e-pavimento-semi-rigido/>. Acesso em: 14 abril 2023.

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

MENDONÇA, Ana Waley; MOELLWALD, Marina Cabeda Egger; DAL MAGO, Diane. **Metodologia para estudo de caso**. UnisulVirtual, 2014. 99p.

MOURA, Edson. **Estudo de deformação permanente em trilha de roda de misturas asfálticas em pista e em laboratório**. São Paulo, 2010.

PAIXÃO, Monique Paixão; CORDEIRO, Cristóvão César Carneiro; CORREIA, Maria da Conceição Nogueira. **Pavimentos semirrígidos: prevenção e tratamento da reflexão de trincas**. UNIFACS, 2017.

SEGRE, Thiago Stefano Passos. **Pavimentos Flexíveis: Análise dos defeitos em função da sua origem e suas consequências na vida útil**. Geocentro: Brasília, 2019.

SILVA, Eliane Mendes. **Histórico do Rodoviarismo**. 2017. Disponível em: https://www.academia.edu/36682261/Hist%C3%B3rico_Do_Rodoviarismo. Acesso em: 19 abril 2023.

SOP. Superintendência de Obras Públicas. **Mapa do Ceará**. Ceará, 2023a. Disponível em: <https://www.sop.ce.gov.br/mapa-do-ceara/>. Acesso em: 22 maio 2023.

SOP. Superintendência de Obras Públicas. **Plano Anual de Conservação – PAC**. Ceará, 2023b.

SOP. Superintendência de Obras Públicas. **Relatório Gerencial LVC**. Ceará, 2021.