

ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES DE TRAFEGABILIDADE DO TRECHO DA BR-304 ENTRE LAJES/RN E FERNANDO PEDROZA/RN - UM ESTUDO DE CASO.

Lucas Felipy Tavares¹

Igor José Nascimento de Medeiros²

RESUMO

A BR-304 é uma rodovia de fundamental importância para os estados do Rio Grande do Norte e Ceará. Entretanto, enfrenta desafios em relação às suas condições de tráfego. Há bastante pontos críticos com uma enorme quantidade de buracos na via, além da falta de sinalização adequada em determinados trechos. Dessa maneira, o presente artigo visa analisar a trafegabilidade da BR-304 entre Lajes/RN e Fernando Pedroza/RN, com o intuito de realizar uma avaliação objetiva do trecho, para identificar a condição do pavimento. Foi realizado um levantamento do estado de superfície do pavimento, com base na análise de dados, cálculos e resultados apresentados conforme a norma do DNIT 006/2003. Através dos resultados obtidos, o pavimento teve a classificação ruim. Portanto, devido as condições de trafegabilidade encontradas na rodovia, o órgão responsável deve fazer a fiscalização, manutenção e restauração do trecho de forma adequada, visando melhorar sua vida útil.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Pavimento. Rodovia.

ABSTRACT

BR-304 is a highway of fundamental importance for the states of Rio Grande do Norte and Ceará. However, it faces challenges regarding its traffic conditions. There are a lot of critical points with a huge amount of holes in the road, in addition to the lack of adequate signaling in certain stretches. In this way, this article aims to analyze the trafficability of the BR-304 between Lajes/RN and Fernando Pedroza/RN, with the aim of carrying out an objective evaluation of the stretch, to identify the condition of the pavement. A survey of the surface condition of the pavement was carried out, based on data analysis, calculations and results presented in accordance with the DNIT 006/2003 standard. Through the results obtained, the pavement had a bad classification. Therefore, due to the trafficability conditions found on the highway, the responsible agency must properly inspect, maintain and restore the stretch, in order to improve its useful life.

Key words: Pathological manifestations. Pavement. Highway.

¹ Discente do Bacharelado em Ciência e Tecnologia - Universidade Federal Rural do Semi-Árido/ Campus Angicos. E-mail: ltavares07@icloud.com.

² Professor do Magistério Superior – Universidade Federal Rural do Semi-Árido/Campus Angicos. E-mail: igor.jose@ufersa.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

As rodovias têm um grande destaque para a importância da economia do país, tratando-se de uma enorme ligação entre as cidades e estados, com a finalidade de deslocamento de produtos e pessoas, levando-se em consideração que o transporte rodoviário é o meio de transporte mais utilizado do Brasil, sendo a melhor opção para o deslocamento de distâncias pequenas. (DAMASCENO; ALVES, 2019).

No entanto, a falta de segurança nas rodovias é uma grande preocupação que não só afeta apenas os usuários, mas também a sociedade como um todo. Neste contexto, um dos principais desafios para garantir a segurança rodoviária é lidar com as manifestações patológicas que se desenvolvem nos pavimentos ao longo do tempo.

Na rodovia federal BR-304 no trecho entre Lajes/RN e Fernando Pedroza/RN é possível encontrar alguns pontos críticos de manifestações patológicas que podem surgir devido a uma série de fatores, incluindo tráfego intenso, condições climáticas adversas e falta de manutenção adequada. Diante disso, quando essas patologias são desenvolvidas, pode implicar na segurança do pavimento, além disso, aumenta os riscos de acidentes e impactar negativamente no sistema de transporte como um todo.

Portanto, diante desses desafios relacionados à trafegabilidade e segurança da rodovia, é essencial a implementação de medidas efetivas de fiscalização, manutenção e restauração para corrigir e reparar os problemas estruturais encontrados no trecho da BR-304. Ao priorizar essas ações, é possível garantir maior segurança para os usuários e proporcionar benefícios significativos para a população da região.

1.2 Objetivo Geral

- Realizar um diagnóstico das condições da rodovia do trecho da BR-304 entre Lajes e Fernando Pedroza, apontando os possíveis tipos de manifestações patológicas identificadas neste trecho da rodovia.

1.3 Objetivos específicos

- Analisar a importância das boas condições de tráfego da rodovia;
- Identificar a condição do trecho entre Lajes e Fernando Pedroza;
- Apontar se o trecho estudado é ótimo, bom ou regular, de acordo com o IGG (Índice de Gravidade Global) obtido, conforme a norma do DNIT 006/2003.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RODOVIAS

O Centro de Pesquisas Aplicadas da Universidade de São Paulo – USP especializado em rodovias, fizeram uma pesquisa e foi disponibilizada na sua página institucional, onde revela que as primeiras estradas foram construídas, de acordo com pesquisas arqueológicas, a partir de trilhas usadas por povos pré-

históricos e localizaram-se no sudoeste da Ásia, em uma ampla área delimitada pelo mar Negro, Cáspio, Mediterrâneo e o golfo Pérsico. Então, as pessoas migravam para leste, oeste, norte e sul a partir dessa área. Entre essas viagens, viram a necessidade de melhorias nas estradas para facilitar os caminhos onde as pessoas migravam (MATTEI, 2017).

No Brasil por volta do século XIX aconteceu o surgimento das primeiras rodovias, entretanto, o seu desenvolvimento começou em 1932 em especial a partir de 1937 com a criação do DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem) posteriormente com a chegada das indústrias automobilísticas na década de 50 e a transferência da capital brasileira para o Centro-Oeste do país (DAMASCENO; ALVES, 2019).

2.1.1 CLASSIFICAÇÃO DAS RODOVIAS

A nomenclatura de cada rodovia possui um significado que permite identificar sua categoria e a posição. Os critérios para os nomes de cada rodovia são definidos pelo Plano Nacional de Viação (PNV). A nomenclatura das rodovias é definida pela sigla BR, que tem o significado que a rodovia é federal, a sigla é seguida por três algarismo. O primeiro algarismo indica a categoria da rodovia seguindo os termos definidos do Plano Nacional de Viação. Os dois últimos algarismos classificam de acordo com sua posição em relação ao território brasileiro, ou seja, a partir da orientação geral da rodovia, tendo como referência a capital federal e os limites do país (norte, sul, leste e oeste). A partir dessas orientações é possível entender como são aplicadas essas definições (DNIT, 2010).

2.1.2. PAVIMENTAÇÃO

Ao analisar diferentes literaturas é possível encontrar diversas definições para o termo pavimento. De acordo com Balbo (2007), o pavimento é uma estrutura não perene, composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados, a partir do subleito do corpo estradal. Isto posto, é compreensível que a estrutura do pavimento é adequada para atender estrutural e operacional ao tráfego, de forma durável sobre um determinado tempo e com um mínimo custo possível, considerando alguns tipos diferentes de serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação, obrigatórios.

Para Bernucci et al. (2006, p.9), o pavimento é uma estrutura de diversas camadas com espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem. Com isto, o pavimento será destinado a dar importância técnica e economicamente a suportar aos esforços provenientes do tráfego de veículos e do clima, possibilitando melhores condições de rolamento, proporcionando conforto, economia e segurança.

Devido à necessidade de se produzir vias que fossem mais apropriadas para a passagem de veículos automotores que foram substitutos das carroças de tração, iniciou a ciência da pavimentação. As civilizações antigas já desenvolviam e criavam suas próprias vias com uso de pedra e com isso os pavimentos suportavam bem a passagem de veículos. No Brasil, por volta da década de 1950, era bastante utilizado o concreto para a pavimentação, devido ao custo barato para época. Logo, em razão do final da Segunda Guerra Mundial,

o destino do cimento era para a reconstrução, com isso, a pavimentação teve que se reinventar (SILVA et al, 2018).

A pavimentação propõe-se para uma construção de um pavimento, objetivos que visam melhorar e garantir a qualidade operacional do tráfego de veículos. Para este propósito, é criada uma superfície regular, para proporcionar um melhor conforto no deslocamento do veículo, também é necessária uma superfície mais aderente, com o intuito de garantir mais segurança em condições de pista úmida ou molhada, uma superfície menos ruidosa devido a ação dinâmica dos pneumáticos, com a finalidade de melhor conforto ambiental em vias urbanas e rurais, seja qual for a melhoria física oferecida (BALBO, 2007, p.15).

2.1.3 TIPOS DE PAVIMENTOS

De forma geral, os pavimentos podem ser classificados em três tipos: Flexíveis, Rígidos e Semirrígidos, de acordo com as suas características. As suas definições foram citadas no Manual de Pavimentação (DNIT, 2006).

De acordo com o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006), **Pavimento Flexível:** é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo: pavimento composto por uma base de brita ou por uma base revestida por uma camada asfáltica.

De acordo com o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006), **Pavimento Rígido:** é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo: pavimento composto por placas de concreto de cimento Portland.

De acordo com o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006), **Pavimento Semirrígido:** caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias. Exemplo: por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

2.1.4 A IMPORTÂNCIA DAS BOAS CONDIÇÕES DE TRÁFEGO DE UMA RODOVIA

Levando em consideração a importância de boas condições de tráfego na rodovia, é preciso ter essencialmente, um ótimo planejamento e monitoramento das vias, em virtude do crescimento da frota de veículos ocorrido nas últimas décadas, tendo em vista que o modal rodoviário, representa o principal modo de transporte de pessoas e cargas no país (CNT, 2017).

É de extrema importância para a população, a implantação de boas condições de tráfego na rodovia, com finalidade de atender as exigências mínimas atuais para proporcionar um trânsito seguro e evitar acidentes. Assim passando por obras de adequação de capacidade e melhoramentos, com intuito de eliminar pontos críticos, melhorando sua funcionalidade operacional,

aumentando a fluidez e a segurança de tráfego de veículos e de pedestres (DNIT, 2007).

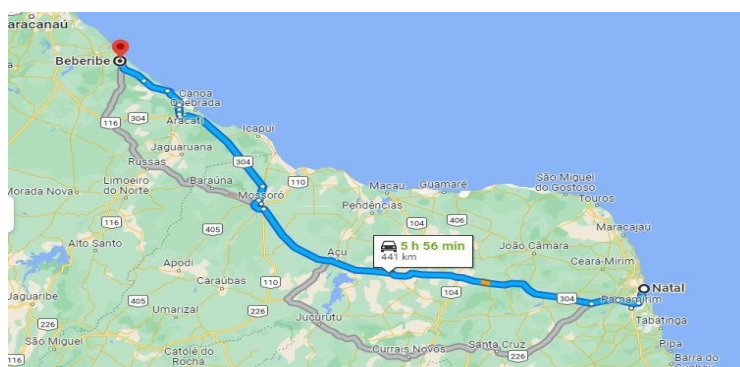
2.1.5 RODOVIA FEDERAL BR-304

A rodovia federal denominada BR-304, está situada na região Nordeste do Brasil, que interliga a cidade de Natal/RN até Beberibe, no estado do Ceará. A rodovia tem um dos principais eixos de circulação do RN, uma vez que faz ligação das duas principais cidades do estado, Natal e Mossoró, consequentemente, formando o eixo Natal, Mossoró, Fortaleza.

Em consequência disso, a BR-304 é uma Rodovia Diagonal onde corta o Brasil no sentido traçado com a direção Noroeste para Sudeste. É essencial para a orientação a sua contagem da quilometragem, que inicia no ponto mais ao norte da rodovia e cresce indo em direção ao ponto mais ao sul, ou seja, inicia em Beberibe/CE e cresce sentido Natal/RN. Dessa maneira, a BR-304 possui 422,3 Km de extensão (DNIT, 2010).

É possível destacar que a BR-304 foi instituída na década de 1960, realiza um papel central no transporte rodoviário de carga, exportação de frutas, sal, passeios turísticos de um estado para o outro. Logo, a maior parcela das exportações potigueras tem como ponto de embarque os portos cearenses. Diante disso, essa rodovia além de possuir inúmeras funcionalidades, economicamente é uma das principais portas de acesso (entrada e saída) ao estado (ALMEIDA, 2020). A localização geográfica e trajeto da BR-304 é esboçada na figura 1.

Figura 1 - Representação da BR-304 entre Beberibe/CE e Natal/RN



Fonte: Google Earth (2023)

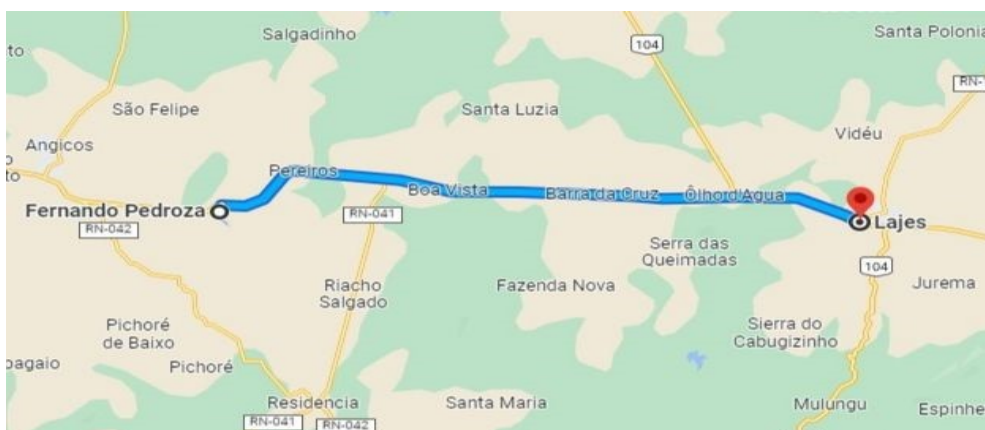
Em função de um grande aumento no fluxo de tráfego nos últimos anos a BR-304 parou no tempo e não acompanhou esse alto fluxo de veículos, tornando uma rodovia bastante perigosa e lenta. Além da imprudência dos motoristas que não respeitam os limites de velocidade, colaborando para o aumento do número de acidentes, impactando negativamente para sociedade.

2.1.6 TRECHO ENTRE LAJES/RN E FERNANDO PEDROZA/RN

O trecho situado entre Lajes/RN a Fernando Pedroza/RN, faz parte da Rodovia Federal BR-304, a distância entre as duas cidades é 33,9 km, para o

estudo foi analisado o trecho entre os quilômetros 190 a 158, que faz parte de grande circulação de veículos e pedestres, onde toda sua extensão é pista simples, com um pavimento asfáltico, no qual está é dividida com dois sentidos de circulação e direção oposta. Sua localização geográfica é apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Representação do trecho entre Lajes/RN e Fernando Pedroza/RN



Fonte: Google Earth (2023)

Considerando que o trecho possui inúmeras funcionalidades e melhorias para o tráfego de veículos, é possível notar alguns problemas no fluxo em alguns pontos críticos, devido à grande quantidade de buracos na via, no qual vai aumentando o número de acidentes e prejuízos para os usuários da via.

Através da chegada das eólicas nos municípios de Lajes e região, o trecho das respectivas cidades, tem consequentemente passado por inúmeros problemas, um dos maiores problemas são o excesso de carga transportada pelos caminhões, logo, faz com que o piso da via se deteriore, devido o excessivo peso dos caminhões.

Por consequência, ao alto número de veículos longos e pesados na rodovia, com um tempo tende a acabar aparecendo danos e desgastes no asfalto, tipo os buracos e ondulações, dificultando o tráfego e ocasionando um fluxo lento e perigoso, já que os motoristas precisam andar devagar e ainda desviar dos buracos. Quando um caminhão para na estrada, reflete no aumento de tempo da viagem e os impactos no percurso são cada vez maiores.

O trecho do quilômetro 180 estava precisando de uma boa sinalização, devido uma grande quantidade de vegetação sobre as placas, tinha placas cobertas por mato e ainda placas desgastadas, além de boa parte do mato entrando já no acostamento. Se faz necessário o melhoramento da sinalização, devido ser uma área onde frequentemente acaba passando diversos animais na via, e com isso, vir a colidir com os veículos que estão trafegando.

Será necessário também a construção de uma passarela no quilômetro 189, mais precisamente na entrada da cidade de Lajes, em virtude de, não ter locais onde se tenha uma travessia de pedestre adequada para o outro lado da via. Diante disso, já aconteceu alguns atropelamentos e acidentes com vítima

fatal, pois, o pedestre acaba ficando sem nenhuma preferência de passagem e sempre esperando o grande fluxo diminuir para poder atravessar.

Por causa do período de inverno e das fortes chuvas, o DNIT vem atuando no processo de Manutenção Rodoviária, com intuito de recuperação nos pavimentos. Destaque para obras de tapa-buraco, remendo profundo, fresagem de camada asfáltica, reciclagem de base, recapeamento asfáltico, roçada, limpeza e recuperação de dispositivos de drenagem, sinalização, dentre outros.

No período em que o estudo foi realizado, estava sendo concluído as etapas de manutenção da rodovia, com isso, os buracos estavam sendo tampados e já tinham tirado a grande vegetação sobre as placas e sinalizações, logo, já estava dando pra notar uma grande diferença em relação a uma rodovia com boas condições de tráfego.

Visto que, o trecho analisado é pista simples, nem sempre ocorrerá ultrapassagens seguras, porém é extremamente importante observar as deficiências estruturais da via, afim de evitar acidentes, logo, é interessante analisar as melhores soluções, em consequência de quando acontece grandes problemas na infraestrutura dos trechos, também vai ocasiona um impacto maior para o estado, gerando um desgaste para a economia.

Com a duplicação da via, seria uma ótima alternativa para a diminuição de acidentes mais graves, em razão de proporcionar aos veículos ultrapassagens mais seguras, levando em consideração que, uma das maiores causa de acidente é por colisão, além de melhorar consideravelmente o fluxo de veículos para os usuários da via, tendo em vista que, ajudaria no desenvolvimento da economia de toda região.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho classifica-se com caráter descritivo, o qual está caracterizado por apresentar uma entidade bem definida, em que descreve, registra, analisa as relações entre as variáveis. Na pesquisa descritiva tem por finalidade observar estudo, a análise, o registro e a interpretação dos fatos do mundo físico sem a interferência do pesquisador. (BARROS; LEHFELD, 2007).

Dessa forma, o desenvolvimento do artigo consiste no método de um estudo de caso, em que pretende verificar as condições dos pavimentos do trecho da BR-304 entre os quilômetros 190 a 158, apontando os possíveis tipos de manifestações patológicas.

Em consequência, os resultados compreendem-se em forma de abordagem qualitativa, a partir da coleta de informações, levantamento de dados e detalhes das informações. Nesse sentido, as fontes referenciais da pesquisa são determinadas conforme a análise de fontes secundárias: artigos, estudo de casos, documentos bibliográficos, entre outros.

Portanto, o desenvolvimento dessa pesquisa procurará atender uma série de aplicações e conceitos físicos que visa alcançar os objetivos propostos acerca dos problemas encontrados na rodovia federal BR-304, entre o trecho de Lajes a Fernando Pedroza. Dessa maneira, a metodologia para o estudo desse artigo foi dividida em quatro etapas. Assim, as etapas do estudo foram as seguintes:

I) Identificar os tipos de manifestações patológicas

A pesquisa foi desenvolvida conforme a norma do DNIT 005/2003. Posteriormente, iniciou-se o estudo sobre as definições e causas acerca de cada um dos tipos de manifestações patológicas encontradas na rodovia. Por conseguinte, o conceito de rodovia, sua classificação, conceito de pavimentação, os tipos de pavimentos, compreender a importância das boas condições de tráfego da rodovia e o estudo da rodovia federal BR-304.

II) Identificar qual tipo de pavimento do trecho analisado

Nessa etapa, foram analisadas e registradas fotografias do trecho entre Lajes/RN a Fernando Pedroza/RN, onde possui um pavimento do tipo flexível. Além disso, foram identificados diferentes tipos de defeitos patológicos nesse pavimento dos tipos: panela, remendo, desgaste, escorregamento, trincas tipo couro de jacaré, entre outros.

III) Levantamento do estado de superfície pela norma do DNIT 006/2003

Para realização do processo de avaliação objetiva do pavimento, foi utilizado o modelo de tabela de acordo com Bernucci et al (2008), que segue conforme esboçado na tabela 1.

Tabela 1 - Levantamento do estado de superfície pela norma do DNIT 006/2003.

INVENTÁRIO DE SUPERFÍCIE																		
Rodovia			Trecho								Operador							
Data			Subtrecho								Revestimento							
Estação			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Faixa																		
Configuração da terraplenagem																		
Tipo	OK	Sem defeito																
1	F1	Fissuras																
(FCI)	TTC	Trincas transversais curtas																
	TTL	Trincas transversais longas																
	TLC	Trincas longitudinais curtas																
	TLL	Trincas longitudinais longas																
	TRR	Trincas isoladas retração																
2	J	Couro de jacaré																
(FCII)	TB	Trincas em bloco																
3	JE	Couro de jacaré com erosão																
(FCIII)	TBE	Trincas em bloco com erosão																
4	ALP	Afundamento plástico local																
	ATP	Afundamento plástico trilha																
5	O	Ondulação																
	P	Panela																
6	EX	Exsudação																
7	D	Desgaste																
8	R	Remendo																
	ALC	Afundamento consolidação local																
	ATC	Afundamento consolidação trilha																
	E	Escorregamento																
	TRI	Afundamento trilha interna (mm)																
	TRE	Afundamento trilha externa (mm)																

Fonte: Adaptado de Bernucci et al (2008)

A Tabela 1 mostra o modelo de uma planilha adaptada do livro “Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros”. Nessa tabela, são apresentadas 16 estações que representa o trecho. A especificação do DNIT subdivide em oito categorias de defeitos. Além disso, é indicada a faixa em que o defeito foi analisado (D = direita; E = esquerda;) e a configuração de terraplenagem do trecho (A = aterro; C = corte; SMA = seção mista). Diante disso, após a análise do trecho, a tabela foi preenchida.

IV) Cálculo do IGG

Para o cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG), foi aplicado a Tabela 2, o método utilizado foi de acordo com Bernucci et al (2008). Segue o roteiro com base nos dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Cálculo do IGG

TIPO	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FCI) F, TTC, TTL, TLC, TLL, TRE				
2	(FCII) J, TB				
3	(FCIII) JE, TBE				
4	ALP, ATP				
5	O, P, E				
6	Ex				
7	D				
8	R				
	$F = (TRI + TRE)/2$ em mm	TRI = 0	TRE = 0	F = 0	
	$FV = (TRIV + TREv)/2$	TRIV = 0	TREv = 0	FV = 0	
Número de estações inventariadas			$IGI = (F \times 4/3)$ quando $F \leq 30$		$IGI = FV$ quando $FV \leq 50$
Índice de gravidade global			$IGI = 40$ quando $F > 30$		$IGI = 50$ quando $FV > 50$

Fonte: Adaptado de Bernucci et al (2008)

De posse dos dados levantados da tabela 1, foi realizado o cálculo do IGG. A tabela 2 foi adaptada livro “Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros”, segue o um roteiro estruturado.

- Cálculo da frequência absoluta. O método consistiu em contabilizar cada um tipo de defeito encontrado no trecho. A frequência absoluta contabiliza-se apenas um defeito desta categoria em cada estação. Ou seja, se tiver mais de um defeito na estação, para os defeitos dos tipos 1, 2 e 3, apenas o mais grave deles é contabilizado. Assim, os defeitos do tipo 2 prevalecem sobre o 1, da mesma forma que os do tipo 3 prevalecem sobre os do tipo 1 e 2. Os defeitos do tipo 1 só são considerados quando não houver defeitos do tipo 2 ou 3.
- Cálculo das frequências relativas. Expresso por:

$$fr = \frac{fa \cdot 100}{n} \quad (1)$$

Onde:

fr = frequência relativa;

fa = frequência absoluta;

n = número de estações.

- Fator de ponderação, tabelado de acordo com a norma do DNIT 005/2003, que estabelece um fator de ponderação prefixado para os defeitos, ou seja, confere a gravidade daquele tipo de defeito sobre os demais.
- O cálculo do índice de gravidade individual IGI, expresso por:

$$IGI = fr \cdot fp \quad (2)$$

Onde:

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

fr = frequência relativa;

fp = fator de ponderação.

- Para o cálculo do IGI dos afundamentos em trilha de roda, considera-se a média F dos afundamentos e a média FV das variâncias das flechas.
- Para a contabilização da contribuição das flechas ou afundamentos nas trilhas para o IGG, calculam-se dois índices de gravidade individual
- O índice de gravidade global é calculado pela expressão:

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

Onde:

IGG = índice de gravidade global do segmento em análise;

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

A partir dessas quatro etapas é possível classificar o pavimento, diagnosticando o estado de condição do pavimento no trecho entre Lajes a Fernando Pedroza.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Manifestações patológicas encontradas no trecho entre Lajes/RN a Fernando Pedroza/RN

No trecho entre Lajes/RN e Fernando Pedroza/RN, foram identificados diversos tipos de manifestações patológicas que comprometem a qualidade das condições de trafegabilidade do trecho. Entre os principais tipos de defeitos encontrados estão: Desgaste (D), Escorregamento (E), Exsudação (EX), Panela

(P), Remendo (R), Trincas longitudinais curtas (TLC) e Trincas tipos couro de jacaré (J).

Através dessas condições, a estrutura da rodovia pode estar inadequada e representar riscos para a segurança dos usuários. Desta maneira, serão apresentadas as fotografias retiradas do trecho analisado e as prováveis causas que ocorrem os defeitos. As suas definições foram citadas de acordo com Bernucci et al (2008).

Desgaste (D), no trecho analisado, é possível observar diferentes causas que podem levar ao desgaste do pavimento asfáltico, como: falhas de adesividade ligante-agregado (stripping), problemas de dosagem, as variações climáticas. A combinação desses fatores pode acelerar o desgaste do pavimento, com isso, pode comprometer sua durabilidade e segurança. Uma representação dessas causas pode ser observada na Figura 3.

Figura 3 – Desgaste (D)



Fonte: Autoria própria (2023)

Escorregamento (E) conforme o trecho analisado, as principais causas que pode gerar o escorregamento de massa asfáltica, são por fluência decorrente de excesso de ligante. A figura 4 esboça o escorregamento encontrado no trecho.

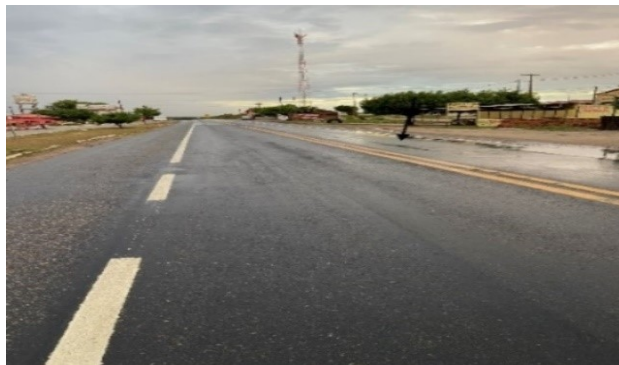
Figura 4 – Escorregamento de massa (E)



Fonte: Autoria própria (2023)

Exsudação (EX) foi encontrada no trecho no quilômetro 158, as prováveis causas para esse defeito são: falhas de dosagem provocando excesso de ligante em alguns pontos e falta em outros. A figura 5 ilustra a exsudação no pavimento.

Figura 5 – Exsudação (EX)



Fonte: Autoria própria (2023)

Panelas (P) ou buracos ao longo de todo o trecho, foi uma das patologias mais identificadas. As prováveis causas desse defeito podem estar relacionadas a locais onde havia trincas interligadas no pavimento. Com a ação do tráfego e das intempéries, houve a remoção do revestimento asfáltico ou até mesmo de parte da base. A formação da panela será apresentada na figura 6.

Figura 6 – Panelas (P)



Fonte: Autoria própria (2023)

O remendo (R) é a manifestação patológica mais identificada no trecho, suas prováveis causas estão relacionadas ao preenchimento de depressões ou panelas com massa asfáltica. Esses remendos podem ter sido aplicados como medida de reparo para corrigir áreas comprometidas pelo desgaste (D) e panelas (P). A figura 7 ilustra alguns remendos realizados no trecho.

Figura 7 – Remendos (R)



Fonte: Autoria própria (2023)

Trincas longitudinais curtas (TLC), também foi identificada no trecho analisado. As prováveis causas para o surgimento das trincas longitudinais curtas estão relacionadas a falhas na execução, na temperatura de compactação ou mesmo na dosagem da mistura asfáltica, o envelhecimento de ligante asfáltico pode contribuir. A figura 8 apresenta o esboço identificado no trecho.

Figura 8 – Trincas longitudinais curtas (TLC)



Fonte: Autoria própria (2023)

Trincas tipo couro de jacaré (J) também foram identificadas no trecho analisado. Essas trincas podem ser atribuídas a diversas causas, como a ação da repetição de cargas do tráfego, variações climáticas, o envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade, seja pelo tempo de exposição ou pelo excesso de temperatura na usinagem. A figura 9 ilustra as trincas couro de jacaré no trecho.

Figura 9 – Trincas tipo couro de jacaré (J)



Fonte: Autoria própria (2023)

4.2 Levantamentos do estado de superfície do pavimento do trecho entre Lajes/RN a Fernando Pedroza/RN pela norma do DNIT 006/2003

Para realizar a análise do levantamento superfície deste trecho, foi desenvolvida uma tabela onde vai identificar as possíveis manifestações patológicas presente do trecho. Dessa forma, os resultados da tabela 3 são os seguintes:

Tabela 3 - Levantamento do estado de superfície pela norma do DNIT 006/2003.

INVENTÁRIO DE SUPERFÍCIE																		
Rodovia Federal BR-304			Trecho Lajes a Fernando Pedroza										Operador					
07/03/2023			Subtrecho								Revestimento tipo asfáltico							
Estação			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Faixa			DE	E	D	D					DE	DE	E	D	DE	D		D
Configuração da terraplenagem			SMA	A	SMA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tipo	OK	Sem defeito					X	X	X	X							X	
1	F1	Fissuras																
(FCI)	TTC	Trincas transversais curtas																
	TTL	Trincas transversais longas																
	TLC	Trincas longitudinais curtas														X		
	TLL	Trincas longitudinais longas																
	TRR	Trincas isoladas retração																
2	J	Couro de jacaré	X		X						X	X		X		X		
(FCII)	TB	Trincas em bloco																
3	JE	Couro de jacaré com erosão	X															
(FCIII)	TBE	Trincas em bloco com erosão																
4	ALP	Afundamento plástico local																
	ATP	Afundamento plástico trilha																
5	O	Ondulação																
	P	Panela	X		X						X	X		X	X	X		
6	EX	Exsudação																X
7	D	Desgaste	X	X							X	X	X		X	X		
8	R	Remendo	X	X		X					X	X	X	X	X	X		
	ALC	Afundamento consolidação local																
	ATC	Afundamento consolidação trilha																
	E	Escorregamento											X					
	TRI	Afundamento trilha interna (mm)																
	TRE	Afundamento trilha externa (mm)																

Fonte: Autoria própria (2023)

O levantamento de superfície foi realizado em 07/03/2023, onde foram coletados dados para identificar as possíveis manifestações patológicas presentes no trecho. A partir desses dados, é possível discutir os resultados da tabela 3.

Foram divididas 16 estações para analisar o trecho. A faixa localizada entre (D = direita; E = esquerda) sendo que nas estações 1, 9, 10 e 13 ocorreu em ambas faixas. A configuração de terraplanagem (A = aterro; C = corte; SMA = seção mista de aterro) indicou que quase todo o trecho foi aterro. Os defeitos foram divididos em 8 categorias. Os tipos 1, 2 e 3 correspondem às trincas, foram identificadas em 6 estações, sendo o tipo de defeito “couro de jacaré” o mais encontrado. Os defeitos do tipo 4 são os afundamentos. O tipo 5 corresponde ondulação e panela, sendo que a maioria das patologias identificadas nesse tipo foram panelas. O tipo 6, exsudação, que foi encontrado apenas na estação 16.

O tipo 7 corresponde a desgaste, também bastante presente por todo trecho. O tipo 8, remendo, foi a patologia mais identificada visualmente no trecho. Nas estações 5, 6, 7, 8 e 15 não foram identificadas patologias.

4.3 Cálculo IGG

Em função dos resultados obtidos no levantamento, foram executados os cálculos do IGG (Índice de Gravidade Global), para determinar o estado da rodovia, se está bom, regular ou ruim. Para isso, foi necessário utilizar o método descrito na norma DNIT 006/2003, foi utilizado o modelo de tabela do livro Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros, como referência.

A primeira etapa do método foi fazer o cálculo da frequência absoluta, para isso foi necessário contabilizar cada um tipo de defeito encontrado no trecho. Defeito do tipo 1, 2 e 3 foi contabilizado apenas o de maior gravidade, defeito do mesmo tipo, foi contabilizado apenas uma vez. Diante disso, foi preenchida a frequência absoluta. A tabela 4, mostra os resultados obtidos.

O segundo passo foi calcular a frequência relativa, utilizando a fórmula apresentada anteriormente na Equação (1). Assim foi feito para cada tipo de defeito. O Fator de ponderação é tabelado de acordo com a norma do DNIT 005/2003. Os resultados foram apresentados na tabela 4.

O terceiro passo consistiu no cálculo do índice de gravidade individual (IGI), utilizando a fórmula mostrada anteriormente na Equação (2). Dessa maneira, foi calculado o IGI para cada tipo de defeito. Os resultados foram ilustrados na tabela 4.

Quarto passo foi o cálculo do índice de gravidade global (IGG), através do somatório do IGI, conforme a fórmula mostrada anteriormente na Equação (3). A tabela 4 apresenta o resultado do IGG conforme a norma DNIT 006/2003.

Tabela 4 – Cálculo do IGG pela norma do DNIT 006/2003.

TIPO	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FCI) F, TTC, TTL, TLC, TLL, TRE	0	0	0,2	0,00
2	(FCII) J, TB	5	31,25	0,5	15,63
3	(FCIII) JE, TBE	1	6,25	0,8	5,00
4	ALP, ATP	0	0	0,9	0,00
5	O, P, E	7	43,75	1	43,75
6	Ex	1	6,25	0,5	3,13
7	D	7	43,75	0,3	13,13
8	R	9	56,25	0,6	33,75
9	$F = (TRI + TRE)/2$ em mm	TRI = 0	TRE = 0	F = 0	0,00
10	$FV = (TRIV + TREv)/2$	TRIV = 0	TREv = 0	FV = 0	0,00
Número de estações inventariadas		16	$IGI = (F \times 4/3)$ quando $F \leq 30$		$IGI = FV$ quando $FV \leq 50$
Índice de gravidade global		114,38	$IGI = 40$ quando $F > 30$		$IGI = 50$ quando $FV > 50$

Fonte: Autoria própria (2023)

O resultado do Índice de Gravidade Global (IGG) para o pavimento do trecho foi de 114,38. Para calcular o IGG, é fundamental considerar alguns fatores, como a frequência absoluta, frequência relativa, o Índice de Gravidade Individual (IGI) para cada tipo de defeito, considerando o fator de ponderação estabelecido na norma DNIT 005/2003. Diante disso, o IGG foi obtido através da soma dos valores de IGI. Através da Norma DNIT 06/2003, foi possível saber qual a situação e condição da via. Conforme ilustrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Conceito do IGG por faixa de valores

Norma DNIT 06/2003	
Conceito	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Fonte: Adaptado de Bernucci et al (2008)

Portanto, mediante os resultados analisados e apresentados sobre o trecho entre Lajes/RN a Fernando Pedroza/RN, o diagnóstico do pavimento nesse trecho, teve a classificação de condição ruim. É importante que os órgãos responsáveis realizem uma fiscalização, manutenção e restauração desse pavimento, a fim de evitar o agravamento dos defeitos existentes e garantir a segurança e conforto dos usuários da via.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos da avaliação objetiva do pavimento do trecho da BR-304 entre Lajes/RN e Fernando Pedroza/RN, foi concluído que o pavimento teve a classificação de condição ruim, em virtude da presença de diversas manifestações patológicas e através do cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG). Diante desses resultados, é de extrema importância que sejam tomadas medidas para solucionar os problemas identificados e garantir a qualidade e segurança do trecho analisado.

Ao realizar a avaliação do pavimento do trecho, foram identificadas a presença de diversas patologias. Entre as principais manifestações patológicas encontradas estão o desgaste, escorregamento, exsudação, panelas, remendos, trincas longitudinais curtas e trincas tipo couro de jacaré. Dessa maneira, fica evidente a degradação do pavimento. Desta forma, ações efetivas devem ser tomadas para restaurar a qualidade e a segurança da via, com finalidade de proporcionar condições adequadas de trafegabilidade aos usuários.

Portanto, a classificação ruim do pavimento indica a necessidade para os órgãos responsáveis realizar fiscalizações detalhadas da estrutura, implementar medidas adequadas de manutenção e uma restauração para melhorar a qualidade do pavimento das rodovias. Com intervenções adequadas e

manutenção contínua, será possível reverter o cenário atual do trecho analisado e assegurar uma melhor experiência aos usuários da via.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Artur Henrique Lima. Estudo de caso na BR-304 para análise e proposta de construção de passarela. 2020.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de metodologia científica**. 3ª Edição. São Paulo, 2007.

BERNUCCI, L. L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. 1.ed. Rio de Janeiro: Petrobras. Abeda, 2006.

BERNUCCI, Liedi Légi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2008.

CNT, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Transporte rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**. Brasília, 2017.

DAMASCENO, JENNIFER DE OLIVEIRA LUIZ; ALVES, MARCO ANTÔNIO MOREIRA. Estudo dos impactos socioeconômicos e ambientais para implementação de uma rodovia. 2019.

DNIT — DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005-TER: defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia**. Rio de Janeiro, 2003a.

DNIT, DNIT Norma. 006/2003–PRO: avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos: procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura De Transportes – DNIT. **Manual de Pavimentação**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006a. 274p.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Terminologias rodoviárias usualmente utilizadas**. Brasília: Ministério dos transportes/DNIT, 2007.

DNIT. **Manual de implantação básica de rodovia**. 3ª Edição (Publicação IPR – 742), 2010.

DNIT. **Nomenclatura das rodovias federais**. 2010.

MATTEI, Leana Moreno. " A estrada vai além do que se vê": uma análise sobre impactos sociais de concessões de rodovias. 2017.

SILVA, Luzilene Souza et al. Análise comparativa entre as técnicas construtivas de pavimentação empregadas no sistema Bus Rapid Transit (BRT)-Belém-PA versus Fortaleza-CE. **RCT-Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 6, 2018.