



AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE TRÁFEGO NA BR-010: GERÊNCIA DE PAVIMENTOS NO SUBSISTEMA MARANHÃO

TRAFFIC CONDITIONS EVALUATION ON BR-010: PAVEMENT MANAGEMENT IN THE MARANHÃO SUBSYSTEM

Juliana Rezende Silva¹

Centro Universitário de Excelência (Unex)

Cleverson Alves de Lima²

Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)

Eder de Assis Moraes³

Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)

Niel Nascimento Teixeira⁴

Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)

SILVA, J. R.; LIMA, C. A.; MORAES, E. A.; TEIXEIRA, N. N. Avaliação das condições de tráfego na BR-010: Gerência de Pavimentos no subsistema Maranhão. **Revista Ciência e Sustentabilidade**, Juazeiro do Norte, V.7, N°2, p.147-163, jul./dez. 2023.

RESUMO

O presente artigo avaliou as principais patologias encontradas na rodovia BR-010 em trechos na região oeste do estado do Maranhão. Da rodovia indicada, os trechos foram organizados por semelhança de características para uma avaliação do estado de conservação segundo os critérios técnicos do DNIT. Os trechos foram construídos em pavimento asfáltico flexível em CBUQ e os defeitos investigados foram criteriosamente de acordo com a norma DNIT 005/2003–TER, e quantificados pelo tipo de defeito através de um levantamento visual contínuo segundo a norma

¹ Engenheira Civil. Especialista em Engenharia Rodoviária. E-mail: Juliana_rezende8@hotmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8783-6534>.

² Professor Adjunto - Engenharia Civil. Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia e Computação - Universidade Estadual de Santa Cruz. E-mail: clalima@uesc.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7068-7253>.

³ Eder de Assis Moraes (Universidade Estadual de Santa Cruz)

Graduando em Engenharia Civil - Universidade Estadual de Santa Cruz. E-mail: Universidade Estadual de Santa Cruz. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5633-8874>.

⁴ Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo. Doutor em Ciências Geodésicas. Professor Adjunto, Universidade Estadual de Santa Cruz. E-mail: nnteixeira@uesc.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3047-8932>.

DNIT 008/2003–PRO, gerando três índices que qualificam o pavimento quanto a sua condição de rodagem, grau de degradação do revestimento e estado da superfície do pavimento. De forma complementar, foi utilizado o aplicativo *RoaDroid* para medir o nível de irregularidade da rodovia durante o percurso, de forma a se identificar as variações de velocidade devido aos problemas na via, bem como uma classificação automática das patologias feitas pela ferramenta. As avaliações realizadas trouxeram um panorama do trecho rodoviário estudado que podem ser extrapolados para outras seções além dos limites estaduais, indicando a necessidade de ações de planejamento da recuperação, conservação e manutenção, além de formas de controle do fluxo de veículos e da carga trafegada sobre a rodovia troncal de grande importância no transporte nacional buscando o aumento da performance, conforto, economia e conforto aos usuários da rodovia.

Palavras-chave: Custos rodoviários, Levantamento Visual Contínuo, CBUQ, Irregularidades em pavimentos

ABSTRACT

This article evaluated the main pathologies found on the BR-010 highway in sections in the western region Maranhão. Of the indicated highway, the sections were organized by similarity characteristics to assess the conservation state according to DNIT technical criteria. The sections were built on flexible asphalt pavement in CBUQ and the defects investigated were carefully in accordance with the DNIT 005/2003–TER standard, and quantified by the defect type through a continuous visual survey according to the DNIT 008/2003–PRO standard, generating three indices that qualify the pavement in terms of its driving condition, degradation degree coating and pavement surface condition. In addition, the *RoaDroid* application was used to measure the irregularities level on the highway during the route, in order to identify speed variations due to problems on the road, as well as an automatic pathologies classification carried out by the tool. The evaluations carried out provided an road section studied overview that can be extrapolated to other sections beyond state limits, indicating the need for planning actions for recovery, conservation and maintenance, in addition to vehicles flow controlling ways and cargo transported over the interchange highway of great importance in national transport seeking to increase performance, comfort, economy and comfort for highway users.

Keywords: Road costs, Continuous Visual Survey, CBUQ, Pavement irregularities

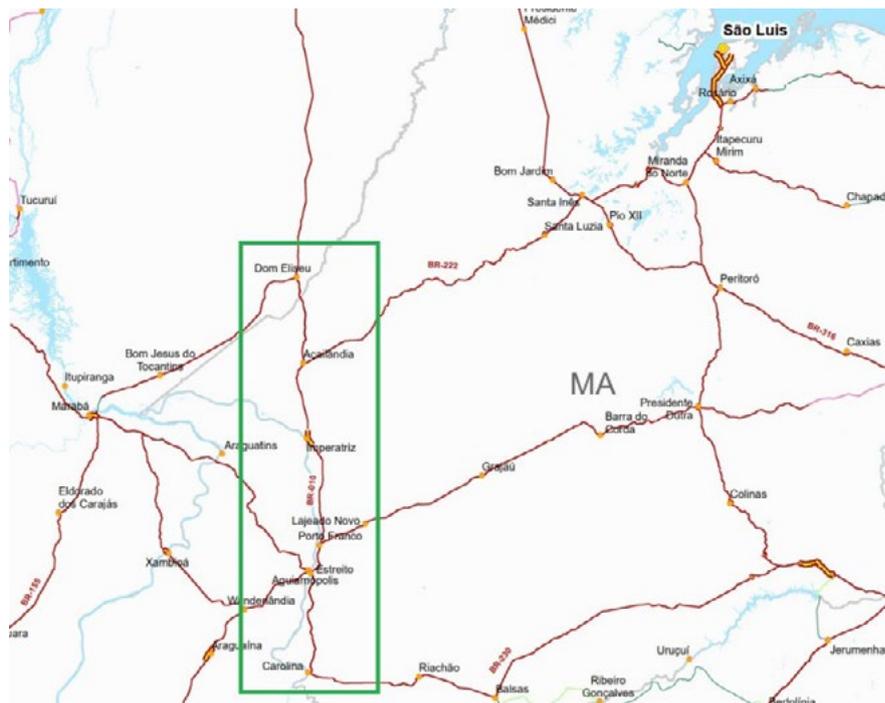
1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da Pesquisa CNT de Rodovias da Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2022), o Brasil transporta 64,9% de suas mercadorias e 90% de seus passageiros através das rodovias. Deste modo, o modal rodoviário é a principal alternativa para o transporte de cargas e passageiros no Brasil, apresentando grande importância no desenvolvimento socioeconômico, na integração e na logística nacional. No entanto, a situação da malha rodoviária brasileira pode

ser descrita por indicadores de qualidade e de uso, levantado e fornecido na pesquisa realizada pela Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2022), revelando que 66,0% das rodovias apresentam algum tipo de problema, seja no pavimento, na sinalização ou na geometria da via, por fim apenas 34% das vias são classificados como “bom ou ótimo”, levando em conta o seu estado geral.

Ao se destacar o subsistema Maranhão, dos 4.660 Km avaliados, 21,10 % dos trechos estão em condições péssimas e apenas 11,9% classificados como “bom ou ótimo”, mostrando que o Maranhão é o estado com o pior índice de qualidade rodoviária do Nordeste. Este fato indica permite determinar um aumento do custo operacional dos transportadores, um custo humano devido à baixa segurança e um prejuízo para as regiões com os trechos de baixa qualidade. Dentre todo o subsistema Maranhense, destaca-se a BR 010 por ser um importante eixo que liga polos de tráfego, sendo uma rodovia troncal que cruza cidades importantes do oeste do estado e capitais de outros estados (Figura 1).

Figura 1 - Representação da BR010 – Subsistema Maranhão



Fonte: DNIT (2022)

Do segmento entre as cidades Dom Eliseu e Imperatriz foi possível verificar um fluxo intenso de passageiros e cargas que fazem uso da rodovia federal para abastecer a região Oeste do Maranhão, Norte e Leste do Pará, além do fluxo provenientes das atividades extrativistas, minerárias e carvoeiras que abastecem as indústrias instaladas nesta região, com destaque para Imperatriz (MA) por ser uma das cidades mais importantes do estado. Esta condição de tráfego intenso, associado aos efeitos das intempéries, cargas excessivas e falta de manutenção preventiva e corretiva, degradaram a condição de trafegabilidade e o aparecimento de defeitos

na superfície dos pavimentos com a consequente redução na vida útil da rodovia.

Diante disso, tais problemas precisam ser diagnosticados e quantificados de forma criteriosa para que as ações futuras de recuperação e conservação rodoviária possam ser executadas pelos órgãos responsáveis.

1.1 Gerência de Pavimentos

A opção pelo transporte rodoviário apresenta-se como a mais flexível dentre os modais por sua facilidade entre interligar às origens e destinos, desde a entrega ao seu destino final, sendo este amplamente aplicado pelo Brasil desde o início da construção das grandes rodovias no século XIX. Apesar disso, vários são os problemas identificados em relação à logística de transporte devido à baixa qualidade da conservação das estradas. Tal afirmação se sustenta na pesquisa desenvolvida pela Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2022), que percorre e avalia anualmente os principais trechos de rodovias pavimentadas, indicando que 55,5% das rodovias pavimentadas avaliadas apresentaram algum problema nas características do pavimento que podem ser contornados ao se aplicar o plano de manutenção adequadamente.

Araújo (2016) descreve a pavimentação rodoviária como uma estrutura multicamadas de espessuras finitas contendo solos e materiais betuminosos, com capacidade de resistir e redistribuir os esforços exercidos pelo tráfego de veículos comerciais, dentro de um ciclo de vida operacional, propiciando conforto, economia e segurança ao usuário. No entanto, as condições de uso são fortemente prejudicadas com a exaustão do material betuminoso, implicando diretamente no desempenho do transporte e da economia da região com a queda da capacidade de escoamento dos produtos e movimentação de pessoas por esta via (Deimiling, 2016). Além disso, a má condição da superfície dos pavimentos contribui para a instabilidade dos veículos e, conseqüentemente, reduz a segurança de tráfego, aumentando a ocorrência de acidentes.

2 METODOLOGIA

Neste trabalho foi aplicado o método do Levantamento Visual Contínuo (LVC), indicados pelas normas DNIT 005/2003–TER e DNIT 008/2003–PRO, em dez trechos de grande movimentação da rodovia BR-010 no estado do Maranhão, com objetivo de identificar, classificar e quantificar os defeitos existentes no pavimento fornecendo um diagnóstico atual sobre este subsistema rodoviário importante. Os resultados obtidos serviram de base para a proposição de uma solução corretiva para os problemas encontrados. Justifica-se a escolha deste segmento pela importância socioeconômica da BR-010 para o escoamento de produtos e serviços, integração nacional entre regiões e a precariedade do estado de conservação da via.

A ficha rodoviária da BR-010 indica as principais características de qualidade da via e estão sintetizadas no Quadro 1. Esta possui trechos em diversos estados de conservação, trechos estaduais recém incorporados na malha e indicados como projeção, e, trechos em reabilitação e readequação da capacidade.

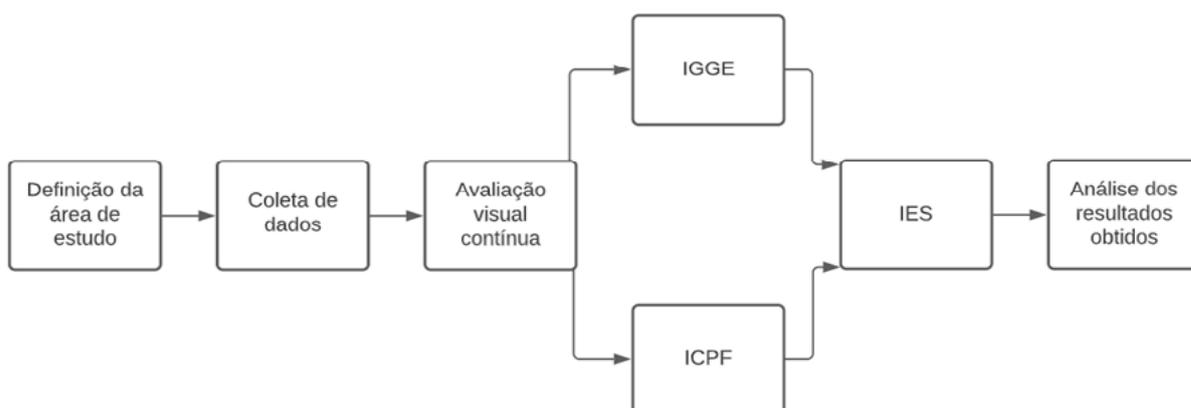
Quadro 1 - Características Gerais da BR010

UF		DF, GO, MA, PA, TO
Situação da Rodovia (KM)	Pavimentada	1052,9
	Não Pavimentada	176,6
	Duplicada	112,7
	Em Obra	67,2
	Planejada	655,8
Extensão Total		2065,20

Fonte: DNIT (2019a)

No subsistema maranhense da BR-010, dos 387,7 KM, os 34 KM iniciais são apenas projetados e os 344,7 KM restantes são em pavimento flexível – Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), sendo que alguns trechos possuem contrato de conservação e estão em boas condições de trafegabilidade. O trecho que avaliado possui pista simples em toda a extensão e foi dividido em dez subtrechos para melhor caracterização.

Na primeira etapa do diagnóstico do trecho indicado, foi feita a identificação e quantificação das patologias segundo os critérios da norma DNIT 005/2003–TER seguido pela aplicação do LVC para avaliação e classificação das patologias aparentes seguindo a norma DNIT 008/2003–PRO. A aplicação do LVC foi realizada *in loco* entre fevereiro e abril de 2022, e permitiu a obtenção de alguns índices balizadores da qualidade da via, sendo: o ICPF (Índice de Condições dos Pavimentos Flexíveis), o IGGE (Índice de Gravidade Global Expedito) e o IES (Índice do Estado de Superfície do Pavimento), conforme sequência apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma representativo do Método do Levantamento Visual Contínuo.


Os índices descritos relacionam e quantificam os defeitos, afundamentos e ondulações, permitindo uma classificação em níveis de danos como Alta (A), Média (M) e Baixa (B), que estimam a qualidade superficial dos pavimentos da via em estudo. A frequência destes problemas é representado pelo cálculo do Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE), que pondera cada tipo de patologia por grau de severidade e atribui um grau de relevância de acordo com a incidência dos defeitos.

$$IGGE = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (Ppr \times Fpr) \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde,

- *Ft, Pt* = Frequência e Peso do conjunto de trincas *t*;
- *Foap, Poap* = Frequência e Peso do conjunto de deformações;
- *Fpr, Ppr* = Frequência (quantidade por km) e Peso do conjunto de panelas e remendos.

O LVC foi executado a partir de um veículo operado a uma velocidade de 40 km/h, percorrendo a rodovia em um único sentido, com dois técnicos embarcados listando os defeitos existentes nas duas faixas da via em um formulário específico presente na norma DNIT 008/2003. Os defeitos são classificados segundo o Quadro 2. O levantamento em campo dos subtrechos da rodovia foi acompanhado de registros fotográficos e anotações em planilhas normatizadas que auxiliavam na ordem, quantidade de patologias e sua frequência ao longo do trecho avaliado. Após isto, os resultados foram tabulados e apresentados os principais defeitos encontrados, seguidos de uma sugestão de solução técnica para recuperação da patologia identificada. Com a aplicação destes procedimentos, foi possível avaliar se a qualidade do pavimento descrita por DNIT (2019b) está coerente com a situação real do campo e se a amostra está em conformidade com as normas vigentes e utilizadas

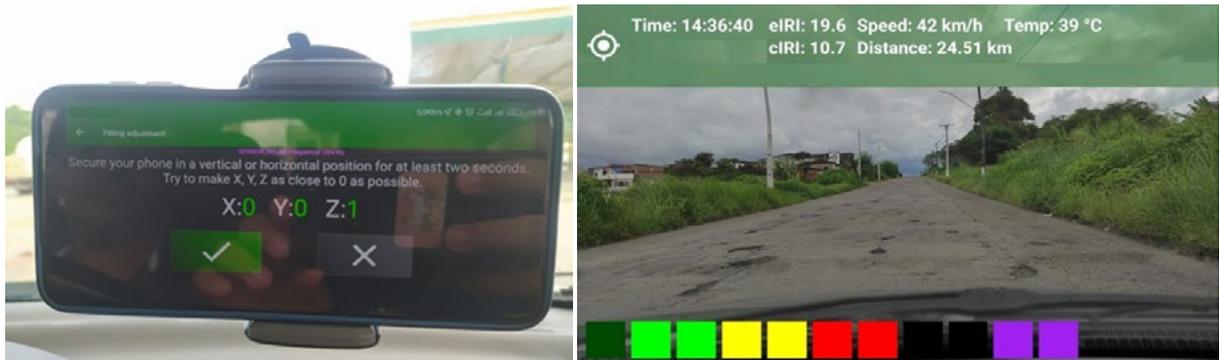
Quadro 2 - Tipos de defeitos a serem identificados pelo método LVC.

Codificação	Tipo de Patologia
P	Panela
TR	Trinca isolada
TJ	Trinca couro de jacaré
TB	Trinca em bloco
AF	Afundamento
O	Ondulação
E	Escorregamento do revestimento betuminoso
D	Desgaste do pavimento
EX	Exsudação
R	Remendo

Fonte: DNIT (2003b)

Complementando a avaliação, utilizou-se durante o percurso de campo o aplicativo RoaDroid para o acompanhamento visual e registro das irregularidades da pista de rolamento (Figura 3). O aplicativo em questão faz uso do acelerômetro e inclinômetro do *Smartphone* para registro dos movimentos (vibração, inclinação e esforços) nos eixos x, y e z, com registro fotográfico e geoespacial por meio do GPS do aparelho.

Figura 3 - Aplicativo RoaDroid em funcionamento.



O aplicativo permite a avaliação em tempo real dos trechos estudados e o registro da densidade de patologias durante um percurso contínuo, fornecendo o Índice de Irregularidade/Rugosidade Internacional (IRI) em frequências e escalas pré-determinadas (**Erro! Autoreferência de indicador não válida.**). No caso deste trabalho foi configurada a 100 frequências por segundo para registro de patologias e irregularidades.

Quadro 3 - Legenda de classificação da rodovia utilizada pelo Roadroid

COR					
CLASSIFICAÇÃO	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
eIRI	< 2,2	2,2 - 3,8	3,8 - 5,4	> 5,4	> 10,8

Fonte: Adaptado do Manual do Aplicativo Roadroid

Nesta etapa, foi avaliada a qualidade e contabilizada a frequência de ocorrência dos defeitos registrados na planilha, seguindo os parâmetros indicados na tabela “frequência de defeitos” da norma DNIT 008/2003–PRO.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados observados pelo método LVC no trecho rodoviário são apresentados nas tabelas seguintes. No Quadro 4 e Quadro 5 são apresentados os resultados das observações de campo, sendo descritas as patologias encontradas e suas frequências em cada trecho observado.

Para a estimativa do ICPF, a norma DNIT 008/2003-PRO exige que sejam considerados todos os defeitos encontrados em cada subtrecho, também deve ser considerada a severidade e a extensão das patologias existentes atribuindo notas de acordo com os critérios da norma.

Quadro 4 - Resultado do Levantamento Visual Contínuo

TRECHO	FREQUÊNCIA DE DEFEITOS										ICPF
	(Alta - A, Média - M, Baixa - B, Satisfatória - S)										
	Nº	PANELAS	TRINCAS			REMENDOS	DEFORMAÇÕES E OUTROS DEFEITOS				
TR			TJ	TB	AF		O	D	EX	E	
1	S	B	S	B	S	B	B	M	S	S	3
2	B	M	A	M	A	M	M	M	S	S	2,5
3	M	M	A	A	B	B	M	M	S	B	2
4	M	A	A	M	A	B	B	A	M	B	2
5	A	M	A	A	A	S	M	A	S	M	1
6	A	A	A	A	A	A	M	A	S	M	1
7	A	M	M	A	A	A	M	A	S	M	2
8	A	M	A	A	A	A	A	A	S	A	1
9	A	B	B	B	A	M	A	A	S	A	2
10	B	M	A	A	A	B	S	M	S	S	2,5

.....

Utilizando a Eq.1 temos como resultado o IGGE o Quadro 4 onde é demonstrada a situação dos trechos rodoviários avaliados pelo critério do Índice do Estado da Superfície do Pavimento (IES) obtidos pelo método LVC.

Quadro 5 - Formulário do IES

Nº SEGMENTOS	ÍNDICES		RESULTADOS		
	ICPF	IGGE	IES		
			VALOR	CÓDIGO	CONCEITO
1	2,5	9	1	B	BOM
2	2,5	39,5	3	C	REGULAR
3	2	55,1	5	D	RUIM
4	2	43,5	5	D	RUIM
5	2	87,5	8	E	PÉSSIMO
6	2	87,5	8	E	PÉSSIMO
7	2	68,5	5	D	RUIM
8	2	87,5	8	E	PÉSSIMO
9	2	58	5	D	RUIM
10	3,5	40,1	3	C	REGULAR

Analisando os trechos classificados pelo IES do subsistema maranhense da BR-010, 10% foram classificados como ótimo a bom, 20% como regular, 30% como péssimos e 40% do trecho avaliado foi dado como ruim. Verifica-se que nenhum trecho atingiu o índice de qualidade para ser considerado como de ótimo estado de conservação, não sendo encontradas patologias significativas para além do desgaste superficial, embora tenha apresentado fissuras medianas isoladas e deformações em alguns pontos do tipo afundamento, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - (a) Trinca isolada do tipo transversal e (b) trilho de roda observados no trecho 01 da via.


Os defeitos identificados no trecho 01 são decorrentes do tráfego intenso e ultrapassado que ocorre na via, necessitando de uma recuperação com uma selagem das trincas e restauração de aderência superficial, conforme recomendações descritas na norma de recuperação de

pavimentos flexíveis (DNIT, 2006), podendo ser aplicada lama asfáltica ou capa selante em apenas uma operação devido à baixa gravidade do problema. Esta intervenção tem o intuito de aumentar a vida útil do pavimento garantindo uma qualidade aceitável de operação enquanto uma recuperação mais abrangente é planejada. Já no trecho 02 e 10 foram observadas algumas anomalias do tipo “couro de jacaré”, tapa buracos, remendos superficiais mal aplicados na maior extensão dos trechos, alguns escorregamentos e desgastes superficiais do revestimento, apresentadas nas Figura 5 e Figura 6 que foram quantificados e inseridos dentro dos 20% considerados como regulares sob os critérios normativos do DNIT (2006).

Figura 5 - (a) desgastes e remendos observados no trecho 2 e (b) trincas “couro de jacaré” no trecho 10.

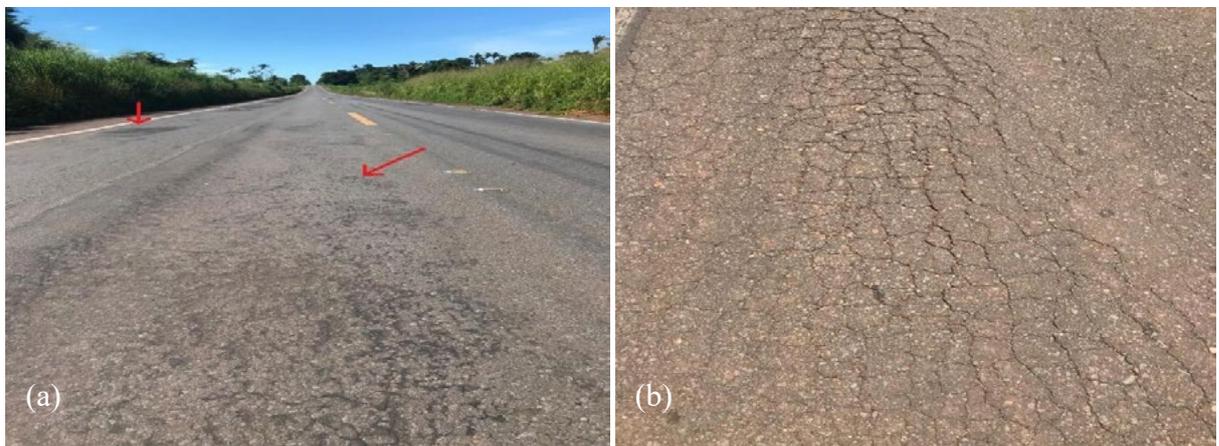


Figura 6 - Escorregamentos observados na lateral da via no trecho 10



Segundo Benucci et al. (2017), de modo geral, é recomendado para estas situações selar a trinca, no entanto, se houver um tráfego intenso no local, é necessário o corte de toda a seção com problemas e a execução de emendas profundas no local, evitando assim o reaparecimento destes problemas em períodos chuvosos. Outra solução é o recapeamento total de todo o trecho, evitando uma degradação maior do pavimento e uma redução da velocidade operacional repentina devido às patologias. No que diz respeito ao tratamento de panelas e remendos, Balbo (2016) indica que inicialmente é refeita a frisagem do pavimento com o intuito de recomposição da sua camada exterior denominada de capa ou base, esse processo é realizado através da aplicação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente e após o processo espera o processo de cura findar-se.

Os trechos 03, 04, 07 e 09 são os mais problemáticos, representando 40% do lote avaliado e considerado como ruim, com defeitos generalizados como alguns remendos superficiais e profundos aplicados em panelas, indicados na Figura 05. A solução indicada para estes casos não é a recuperação isolada destas manifestações como nos outros trechos, mas sim uma remoção e substituição do revestimento betuminoso por um novo, podendo reutilizar parte dos seus agregados não ultrapassando a quantidade estabelecida de 30% na mistura, conforme recomendações do DNIT (2006). Na Figura 7 está disposta imagens dos trechos citados.

Figura 7 - (a) remendos e trincas observados no trecho 03; (b) trincas do tipo bloco no trecho 04; (c) remendos com algum grau de degradação no trecho 07; e remendos bastante degradados no trecho 09.



Já os trechos 05, 06 e 08 foram classificados como péssimos, com patologias do tipo panelas, trincas, deformações e remendos mal aplicados, além de outros defeitos generalizados que interferem na fluidez do tráfego, conforme indicado na Figura 8. Nestes trechos a recomendação é de uma reconstrução total do revestimento, podendo, em alguns trechos, ser necessário a recuperação da superestrutura do pavimento devido a degradação profunda de todas as camadas.

Figura 8 - (a) panelas bastante degradadas no trecho 05; (b) panelas e trincas observadas no trecho 06; (c) afundamento plástico e (d) afundamento por consolidação no trecho 08.



Ainda no trecho 05 (km 244) a superestrutura sofreu ruptura levando consigo todo o pavimento do acostamento, aumentando potencialmente o risco de acidentes graves e interrupções definitivas do tráfego, caso esta patologia evolua rapidamente, conforme pode-se ver na Figura 9. Acredita-se que este problema tenha ocorrido pela falta de calhas e dispositivos de drenagem na via, e, neste ponto houve a concentração do fluxo hídrico, interferindo na superestrutura do pavimento. Neste trecho é necessário urgentemente a reconstrução de todas as camadas do pavimento, com a criação de proteção para a saída do aterro rodoviário. No geral, os lotes avaliados como ruins ou péssimos, somam 70% do total de ocorrência. O resultado de campo encontrado se contrapõe ao divulgado pela CNT (2022) para a condição de qualidade do

pavimento na BR-010 para o estado do Maranhão. A metodologia de avaliação por amostragem do CNT fornece um panorama geral para a rodovia, onde, os índices mais baixos podem ser atenuados devido a sua grande extensão.

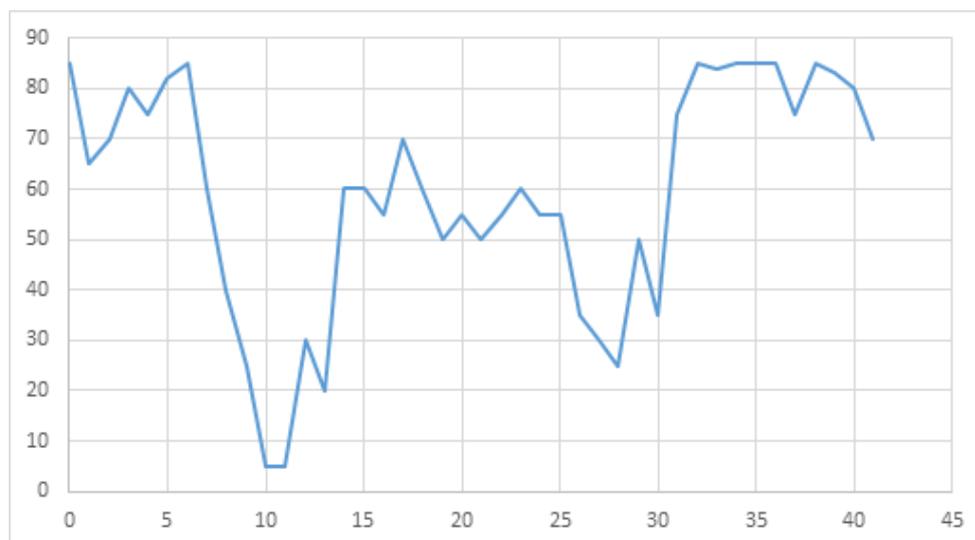
Figura 9 - (a) desgaste do acostamento, panelas, remendos e trincas;
(b) ruptura da superestrutura lateral. Ambos no trecho 05.



Outra possibilidade é que a pesquisa CNT (2022) considera outros fatores, como a geometria da via, verificando a necessidade de correções de traçado, e a qualidade da sinalização vertical/horizontal existente na via, que foram parâmetros não avaliados neste trabalho. Entretanto, no panorama apresentado pela CNT para todas as rodovias pavimentadas (federais e estaduais) existentes no estado, 70% delas apresentam algum tipo de deficiência, sendo consideradas como regulares a ruins.

Outra contraposição levantada pelos resultados é o que foi mencionado pelo DNIT (2019b) e apresentado na Tabela 02 para o trecho entre Imperatriz e Gov. Edson Lobão. A condição de tráfego divulgada pelo órgão informa que a rodovia se encontra em boa qualidade, devido ao trecho em questão possuir contrato de conservação do pavimento. Acredita-se que tais informações estejam desatualizados no informativo do órgão rodoviário e que a representação do mesmo ainda não fez uma inspeção recente.

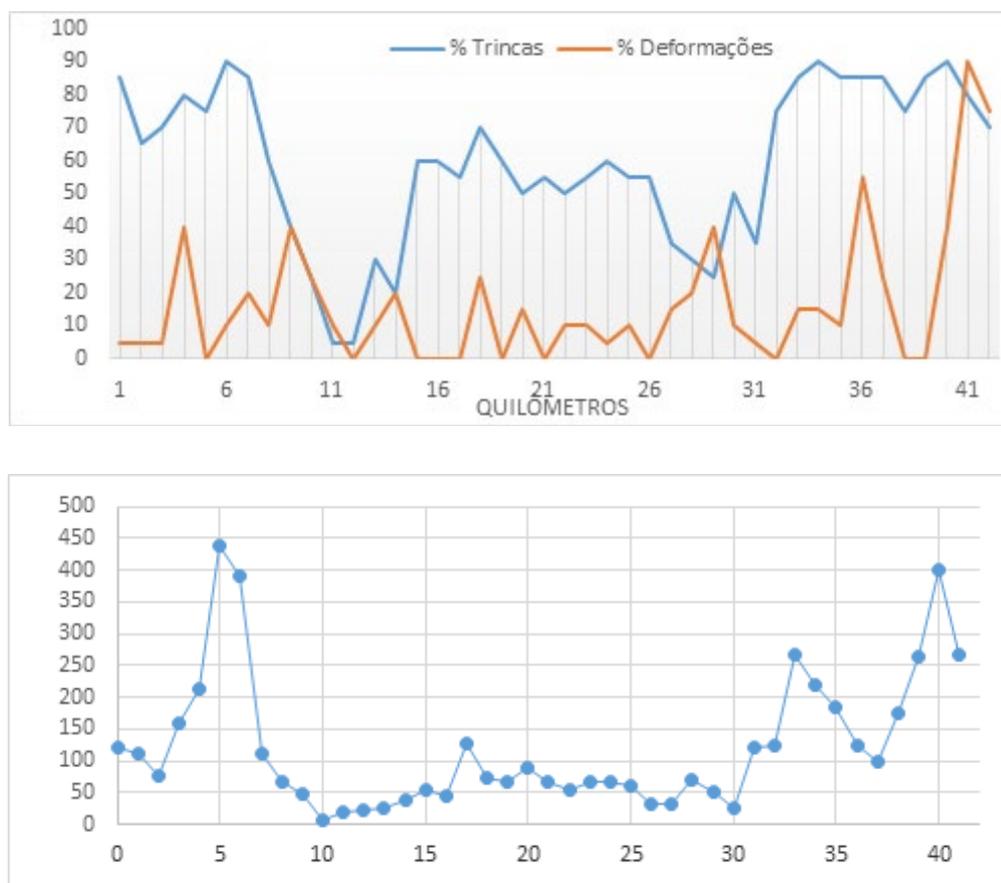
Como análise complementar da condição superficial dos pavimentos com o uso do aplicativo RoaDroid, obteve-se o Índice de Irregularidade Internacional (IRI). O aplicativo foi configurado para uma leitura em 41 trechos, com frequência de 100 leituras/Segundo para o registro das patologias, irregularidades e vibrações provocadas pela estado do pavimento. A Figura 10 mostra a variação da velocidade média em cada trecho durante o percurso, que deve ser mantida próxima a 80 km/h. Para quedas de velocidade, infere-se que houve uma interferência grave da condição do pavimento, fazendo com que o veículo reduza a velocidade média de percurso no trecho. A classificação dos trechos analisados pelo RoaDroid foi organizada no Quadro 6.

Figura 10 - Velocidade ao longo do percurso

Quadro 6 - Classificação da Rodovia pelo aplicativo Roadroid por subtrechos homogêneos

Segmento Homogêneo	Trecho Homogêneo		CLASSIFICAÇÃO	
	início	fim	eIRI	Conceito
0-8	0	9	6,22	RUIM
9-16	9	17	3,84	REGULAR
17-25	17	26	5,11	REGULAR
26-30	26	31	7,90	RUIM
31-41	31	41,6	14,75	PÉSSIMA
TOTAL	0	41,6	7,81	RUIM

De maneira geral, a rodovia tem característica péssima a ruim, tanto pelo método LVC quanto pelo eIRI. Nota-se que o trecho 26 a 30 apesar de classificado como “Regular” se aproxima ao limite médio de eIRI = 7,81, que, por sua vez, é acima ao recomendado pelo manual do aplicativo para esta categoria de via. Outro destaque é o segmento 31 a 41 classificado como “Péssimo”, onde foi observado uma região com grande fluxo de veículos comerciais de grande porte como os rodotrens de carga. Neste trecho, o eIRI é de 14,75 sendo 3 vezes maior que o recomendado para trechos ruins.

Com isto, em uma análise holística dos dados obtidos pelo aplicativo, nota-se que as irregularidades contidas nas rodovias foram identificadas de forma contínua enquanto no método tradicional considera as patologias discretas. A Figura 11 apresenta a densidade de patologias identificadas pelo aplicativo, que, pode ser comparado com a variação do IGGE obtido pelo método LVA. Nota-se uma coincidência entre as patologias, o IGGE e as quedas de velocidade, mostrando-se como uma ferramenta auxiliar para a análise das condições de superfície do pavimento.

Figura 11 - Incidência de patologias (a) e Evolução do IGGE nos subtrechos (b)


4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A priorização do transporte rodoviário com a falta de gerência da mesma trouxe graves consequências, dentre elas, a intensa deterioração dos revestimentos asfálticos das rodovias. Esses desgastes, muitas vezes, estão ligados ao excesso de peso do transporte comercial e ao período prolongado de não manutenção da via, fazendo que as vias alcancem o número elevado de passadas levando-o a fadiga e ruptura dos revestimentos. Isto indica a necessidade de investimentos na recuperação das vias, com atualização das bases de dados e programa de manutenção rigorosa para uma via troncal de extrema importância nacional como a BR-010.

Sobre a metodologia de avaliação visual e automatizada, elas apresentam resultados satisfatórios na identificação dos defeitos aparentes e se complementam bem em uma análise geral, sendo adequadas para uma análise inicial para identificação das condições da via. Tais métodos possuem custos baixos e podem indicar ao gestor a necessidade de informações mais detalhadas dos trechos mais críticos, requerendo métodos mais apurados para uma análise de qualidade dos pavimentos como o Levantamento da Irregularidade Longitudinal (IRI) por perfilamento a laser embarcado em veículos, medições de planicidade com perfilógrafo e até os Veículos de diagnóstico das rodovias (VDR).

As patologias identificadas pelo método LVC e corroborados pelo eIRI, consideram os

tipos de defeitos, a frequência de ocorrência e os cálculos dos índices foram condizentes com a realidade encontrada no campo. Ficou evidente a necessidade de uma intervenção em diversos níveis para cada subtrecho devido às patologias encontradas, indo desde uma manutenção preventiva do trecho em melhor condição até uma reconstrução total para os piores trechos. Outro fator que influenciou diretamente na durabilidade dos pavimentos é o controle de carga trafegada aplicada sobre a via, já que não foram encontradas balanças para controle dos veículos comerciais pesados durante as incursões em campo no estado do Maranhão. Neste caso, faz-se necessário um plano de recuperação da via e implantação de postos de pesagem e fiscalização ao longo dos trechos mais críticos da BR-010 como forma de coibir o tráfego de veículos com sobrepeso que causam danos e reduzem o ciclo de vida útil projetado da rodovia.

Por fim, evidencia-se a importância do planejamento da conservação rodoviária, controle de tráfego de equipamentos com sobrepeso e gerenciamento de longo prazo. Sendo uma alternativa a ser considerada estudos do trecho maranhense para concessão direta para a iniciativa privada ou uma parceria público-privada que garanta a manutenção contínua dos pavimentos dado o volume de tráfego existente. Busca-se com isso maior conforto, segurança e redução no custo operacional dos transportadores promovendo o desenvolvimento regional.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M. A., **Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto)**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento. São Paulo, Ano 01, Edição 11, Vol. 10, pp. 187-196, novembro de 2016. www.nucleodoconhecimento.com.br/engenhariacivil/metodos-de-pavimentacao
- BALBO, T. J. **Pavimentação Asfáltica** .3.ed. Oficina de Textos - Painelas ou buracos, 2016.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 2017.
- CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias**. Edição 2022., 173p., Brasília, 2022.
- DEIMLING, M. F., Revista de Administração do Unifatea. **Análise da Influência da Logística de Transportes Rodoviários no Custo Brasil**. Santa Catarina, v.13, n.13, p. 6-188, 2016.
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. <https://ontl.infrasa.gov.br/wp-content/uploads/2023/07/MapaRodoviario.pdf>
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi rígidos: terminologia**. Norma DNIT 005/2003 – TER. Rio de Janeiro, 2003a.
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: procedimento**. Norma DNIT 008 - PRO. Rio de Janeiro, 2003b.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentação**. 3ed., 274p. 2006, (IPR, Publ., 719).

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Ficha catalográfica BR-010 – Condições da rodovia**. Rio de Janeiro. 2019a. Acessado em 10 maio de 2022: https://transportes.gov.br/images/BIT_TESTE/Fichas/Rodovias/Fichas_Rodovias_-_010.pdf

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Ficha catalográfica BR-010 – Condições da rodovia no Maranhão**. Rio de Janeiro. 2019b. Acessado em 10 maio de 2022: <http://servicos.dnit.gov.br/condicoes/condicoesdrf.asp?BR=010&Estado=Maranh%E3o&drf=15>

HORACIO, L. N. **Custos de obras de pavimentação: a importância do centro de custos nas obras de pavimentação**. 2012. 38 p. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis, 2012.

MARQUES, G. B..Análise de pavimento flexível: estudo de um trecho crítico na rodovia ERS-421.Lajeado: Universidade do Vale do Taquari, 2014.

MATTOS, J.R.G. **Monitoramento e análise do desempenho de pavimentos flexíveis da ampliação da rodovia BR-290/RS – A implantação do projeto rede temática de asfalto no Rio Grande do Sul**. 2014. 253p. Tese – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LÓPEZ, J.M.M., et al. Revista Mecanica Computacional. **Modelagem do trincamento de misturas asfálticas pelo método dos elementos discretos**. Buenos Aires, v.29, p. 5321-5339, 2010.

RAMOS, M. M. **Gerenciamento de pavimentos flexíveis – Acompanhamento de um caso real de estudo BR 010/MA**. 2018. 207 p. Dissertação (Mestrado) - Curso em Construções Cívicas, Escola Superior de Tecnologia e Gestão. 2018.

ROCHA, R.S. **Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações: Estudo de caso da Avenida Pinto de Aguiar**. 2009. 24 p. Artigo (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Salvador, Salvador, 2009.