

ANÁLISE COMPARATIVA DA AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE TRECHO DA BR-116 NO ESTADO DO CEARÁ, APRESENTADO NO XIX CONGRESSO IBERO-LATINO-AMERICANO DO ASFALTO

Túlio Rodrigues Ribeiro¹, Joyce Pascoal de Oliveira Silva²,
Francisco Heber Lacerda de Oliveira³

¹Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Bloco 703, Fortaleza-CE, tuliorodrigues.engcivil@gmail.com

²Universidade de Fortaleza, Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz, Fortaleza-CE, joyce_pascoal@hotmail.com

³Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Bloco 703, Fortaleza-CE, heber@det.ufc.br

Resumo

Este trabalho consiste na realização de uma análise comparativa entre duas metodologias de avaliação funcional de pavimentos flexíveis, as quais foram executadas ao longo de um trecho da BR-116, no Estado do Ceará, de acordo com os procedimentos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. A metodologia de pesquisa baseia-se na revisão bibliográfica do tema e na execução de um inventário de patologias existentes na superfície da rodovia, objetivando calcular índices que atribuem ao pavimento conceitos de degradação: o Índice de Gravidade Global (IGG) e o Índice do Estado da Superfície (IES). Enquanto o IGG é obtido mediante a classificação e contagem das ocorrências e a medição das flechas nas trilhas de roda, após tratamento estatístico dos dados em unidades de amostra, o IES é obtido por meio de um Levantamento Visual Contínuo (LVC), em toda a extensão do trecho. Ao comparar os resultados obtidos para os dois índices, nos segmentos estudados, verificou-se divergência de conceitos e classificações em várias seções. Essa diferença pode ser atribuída à influência da opinião do avaliador sobre o estado de superfície do pavimento no método LVC. Dessa forma, o IES atribuiu ao pavimento uma pior condição de degradação, quando comparado ao IGG.

Palavras-chave: Avaliação funcional. IGG. IES.

1 Introdução

O crescimento econômico de um país está associado a um sistema de transportes desenvolvido, de forma a integralizar e modernizar os modos, uma vez que o objetivo principal do sistema é o transporte de pessoas e mercadorias de forma eficiente e segura. Desta forma, a conservação das rodovias é imprescindível para a infraestrutura viária do país.

Segundo o [1], o modal rodoviário brasileiro é responsável por 61% do transporte de mercadorias e por 95% do de passageiros, apesar de possuir somente 13% de malha pavimentada. Assim, verifica-se que a utilização das rodovias não está adequada com a sua qualidade e estado de conservação.

No aspecto qualitativo, a malha rodoviária pavimentada possui em sua grande parte defeitos superficiais e estruturais ocasionados por falta de manutenção ao longo do tempo, o que representa prejuízos à população e ao comércio. Por conta da condição de rolamento irregular das vias, o Brasil perde cerca de R\$ 3,8 bilhões/ano com a exportação de soja e milho [2].

Desta forma, faz-se necessário a execução de avaliações para gerenciar a manutenção das vias e analisar sua condição diante do tráfego atuante. Através delas são obtidos indicativos que

conferem conceitos de degradação ao pavimento. Esses indicativos são representados, por exemplo, pelo Índice de Gravidade Global (IGG) e pelo Índice de Estado da Superfície (IES).

O presente artigo tem como objetivo realizar uma análise comparativa funcional de um segmento da rodovia BR-116 no Estado do Ceará, através dos índices citados anteriormente, conforme metodologia descrita pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

2 Fundamentação teórica

Este capítulo tem o objetivo de abordar as definições de defeitos nos pavimentos flexíveis, bem como apresentar o conceito de avaliação funcional, a qual possui dois procedimentos descritos pelo [3] e [4] que podem determinar o IGG e o IES.

2.1 Defeitos nos Pavimentos Flexíveis

O pavimento rodoviário pode apresentar defeitos na sua estrutura ou no seu funcionamento. Assim, os serviços de manutenção devem ser dimensionados de acordo com a origem dessas alterações ou defeitos [5].

Segundo [6], o defeito é classificado como estrutural quando atinge a capacidade de suporte do pavimento. Enquanto o defeito funcional afeta o conforto ao rolamento da via. Os defeitos apresentados na superfície da rodovia são mais perceptíveis aos usuários, pois afetam diretamente a trafegabilidade dos mesmos.

As patologias dos pavimentos flexíveis são identificadas pela norma [7], a qual conceitua e classifica os defeitos de acordo com suas particularidades. A natureza e as causas dos defeitos são informações valiosas para a elaboração de uma solução técnica. Assim, pode-se criar um plano de manutenção específico para resolver os problemas de uma determinada rodovia.

2.2 Procedimento DNIT 006/2003

Segundo [6], a avaliação funcional tem como objetivo analisar o estado de superfície do pavimento e como essa condição influencia no conforto ao rolamento. A identificação dos defeitos presentes na rodovia consiste em um método objetivo de realizar essa análise. No Brasil, os dois principais procedimentos utilizados estão reproduzidos nas normas [3] e [4].

Este procedimento tem como objetivo a determinação do Índice de Gravidade Global (IGG) do pavimento. O parâmetro é obtido através da contagem e classificação dos defeitos observados na via e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda.

O procedimento é realizado manualmente nas superfícies de avaliação, as quais são segmentadas em trechos de 6 metros. No caso de rodovias de pista simples os segmentos são demarcados alternadamente em relação ao eixo da via e com espaçamento de 20 m. Enquanto nas rodovias de pista dupla, o procedimento é realizado a cada 20 m na faixa com maior solicitação do tráfego.

A medição das deflexões máximas (afundamentos) nas trilhas de roda é realizada em todas as superfícies de avaliação com o auxílio de uma trelça metálica normatizada. A norma classifica as ocorrências em oito tipos, aos quais correspondem, respectivamente, um fator de ponderação. Esses fatores são relacionados, também, à média aritmética das médias e das variâncias das trilhas de roda interna e externa.

O Índice de Gravidade Individual (IGI) é obtido através da multiplicação da frequência relativa de cada tipo de ocorrência pelo fator de ponderação. O somatório do IGI de cada defeito equivale ao IGG, o qual é atribuído ao conceito de degradação, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Conceitos de degradação em função do IGG [3]

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

2.3 Procedimento DNIT 008/2003

Esta norma tem como objetivo a determinação do Índice de Condição de Pavimento Flexíveis (ICPF), do Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e do Índice de Estado de Superfície (IES). Estes parâmetros são obtidos por meio do Levantamento Visual Contínuo (LVC) realizado no pavimento.

O LVC é realizado por dois ou mais avaliadores (inclusive o motorista) em um veículo trafegando a uma velocidade média aproximada de 40 km/h por todo o trecho em análise que é segmentado em extensões de mesmo comprimento. Os avaliadores percorrem os segmentos e ao final de cada um deles é atribuída uma frequência para cada tipo de defeito encontrado. Desta forma, o valor do ICPF é estimado de acordo com a atividade de manutenção ou reparação determinada pelos avaliadores. O valor do ICPF é equivalente à média dos valores estimados pelos avaliadores.

Os defeitos registrados são divididos em três grupos: trincas, deformações (ondulações e afundamentos), panelas e remendos. O IGGE é definido em função das frequências e os pesos de cada grupo. Através dos valores do IGGE, do ICPF e do IES, pode ser definido o conceito do pavimento, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Determinação do IES [4]

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
$\text{IGGE} \leq 20$ e $\text{ICPF} > 3,5$	0	A	Ótimo
$\text{IGGE} \leq 20$ e $\text{ICPF} \leq 3,5$	1	B	Bom
$20 < \text{IGGE} \leq 40$ e $\text{ICPF} > 3,5$	2		
$20 < \text{IGGE} \leq 40$ e $\text{ICPF} \leq 3,5$	3	C	Regular
$40 < \text{IGGE} \leq 60$ e $\text{ICPF} > 2,5$	4		
$40 < \text{IGGE} \leq 60$ e $\text{ICPF} \leq 2,5$	5	D	Ruim
$60 < \text{IGGE} \leq 90$ e $\text{ICPF} > 2,5$	7		
$60 < \text{IGGE} \leq 90$ e $\text{ICPF} \leq 2,5$	8	E	Péssimo
$\text{IGGE} > 90$	10		

3 Metodologia

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho se constitui inicialmente em definir os limites dos segmentos homogêneos do trecho para calcular os parâmetros IGG e IES, de acordo com as normas [3] e [4]. Os dados foram fornecidos por empresa de engenharia rodoviária especializada através de relatórios específicos do trecho.

Por fim, foi realizada uma análise comparativa entre os resultados da avaliação funcional pelos dois índices citados no parágrafo anterior.

4 Estudo de caso

O estudo de caso consiste em realizar a avaliação da condição de superfície de um trecho da BR-116, utilizando duas metodologias distintas, com o objetivo de realizar uma análise comparativa.

4.1 Índice de Gravidade Global (IGG)

De acordo com a norma [3], para calcular o IGG foram realizadas a enumeração e a classificação dos defeitos aparentes, assim como a medição das deformações permanentes nas trilhas de roda.

A extensão em estudo foi fracionada em 64 segmentos homogêneos com 10 superfícies de avaliação cada, totalizando 640 unidades de amostra, nas quais foi reconhecido e registrado todo e qualquer defeito no pavimento. Além disso, foi realizada a medição das flechas nas trilhas de roda interna e externa (TRI e TRE), na qual foram registrados os maiores valores correspondentes a cada trilha.

Os defeitos encontrados foram os seguintes: fissuras (FI), trincas tipo 1 (FC-1), trincas tipo 2 (FC-2), trincas tipo 3 (FC-3), afundamentos (AF), ondulação (O), desgaste (D), exsudação (EX), remendo (R) e panela (P). A Tabela 3 expõe a quantidade de superfícies de avaliação em que sucedeu cada patologia, bem como o seu percentual de ocorrência.

Tabela 3. Incidência e percentual de ocorrências dos defeitos

DEFEITOS		QUANTIDADE DE ESTAÇÕES COM DEFEITO	OCORRÊNCIA (%)
FC-1	FI	639	99,84
	TTC	398	62,19
	TLC	354	55,31
FC-2	J	150	23,44
	TB	26	4,06
FC-3	JE	6	0,94
	TBE	7	1,09
	AF	18	2,81
	O	31	4,84
	P	13	2,03
	EX	23	3,59
	D	640	100,00
	R	144	22,50

Através da Tabela 3 verificou-se que a maior ocorrência foi do defeito desgaste, o qual foi identificado em todas as estações, seguido dos defeitos do tipo fissura, trinca transversal curta e trinca longitudinal curta. Já os de menor ocorrência foram os do tipo 3: trincas tipo couro de jacaré com erosão acentuada nas bordas e trincas tipo bloco com erosão acentuada nas bordas.

Em seguida, o IGI foi calculado com base nas frequências relativas, nos fatores de ponderação e nos grupos de patologias. Enquanto os cálculos das trilhas de rodas foram realizados em função da média das medidas e da variância. Por fim, através do somatório do IGI foi calculado o IGG para cada segmento homogêneo. Através deste índice foi possível atribuir um conceito de estado do pavimento para cada trecho. Os resultados obtidos foram organizados de acordo com a Tabela 4, na qual estão representados os dez primeiros segmentos.

Tabela 4. IGG e Conceitos dos segmentos

SEGMENTOS	IGG	CONCEITOS
1	82	Ruim
2	105	Ruim
3	94	Ruim
4	125	Ruim
5	62	Regular
6	72	Regular
7	57	Regular
8	214	Péssimo
9	179	Péssimo
10	121	Ruim

Os resultados obtidos estão resumidos no gráfico da Figura 1, o qual está representado pela frequência dos segmentos com as classes de valores do IGG. Verifica-se que a faixa de IGG entre 40 e 60 (condição Regular) foi a de maior ocorrência.

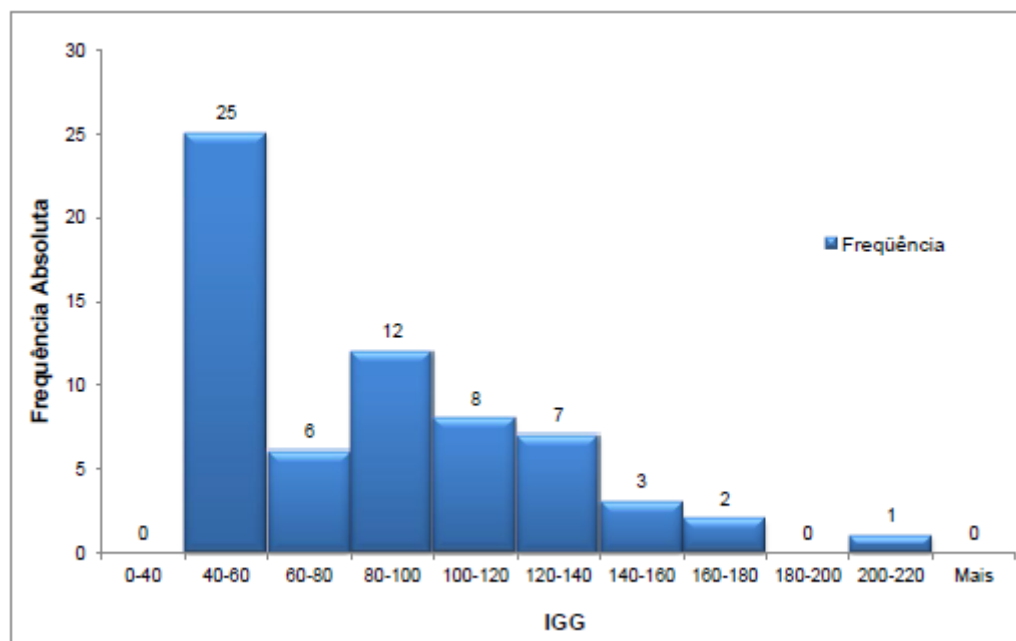


Figura 1 Número de segmentos por classe de valores do IGG

A partir dos resultados, obteve-se um IGG médio de 86,94 e um desvio padrão de 37,81, o que representa uma condição Ruim de degradação. Através destes valores obteve-se um coeficiente de variação de 43%. Isto representa uma grande dispersão dos valores em relação à média.

4.2 Índice de Estado de Superfície (IES)

A extensão em estudo foi fracionada em 692 segmentos com 200 m de comprimento cada, nos quais foi realizado um inventário de defeitos de acordo com a norma [4]. Esse reconhecimento foi realizado através do Levantamento Visual Contínuo (LVC), o qual forneceu as informações necessárias para o cálculo dos parâmetros ICPF, IGGE e IES.

Através da Tabela 5 pode-se observar a porcentagem de ocorrência especificada para cada tipo de defeito em relação à extensão total do trecho em estudo.

Tabela 5. Porcentagem de ocorrência dos defeitos em relação à extensão total do trecho em estudo

DEFEITOS		OCORRÊNCIA (%)
FC-1		100,00
	J	16,33
FC-2	TB	2,60
	JE	1,59
FC-3	TBE	0,72
	AF	3,90
	O	100,00
	P	1,16
	EX	0,43
	D	88,29
	R	37,28
	E	4,19

Ainda pela Tabela 5, verificou-se que os defeitos mais representativos foram as trincas isoladas e as ondulações/corrugações, pois estão presentes em todos os segmentos em estudo. As ocorrências menores foram: trincas tipo 3 (1,59% e 0,72%), panela (1,16%) e exsudação (0,43%).

Os índices de gravidade e os seus respectivos pesos foram definidos em função da frequência dos grupos de defeitos (trincas; deformações; panelas e remendos). Em seguida, foram obtidos os valores do IGGE através da multiplicação entre as frequências e os pesos respectivos de cada grupo, de acordo com a Tabela 6, na qual estão representados os dez primeiros segmentos. Enquanto o ICPF foi estimado para cada segmento com base na avaliação.

Tabela 6. Determinação do IGGE

SEGMENTO		TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELAS+REMENDOS			IGGE
Nº	Extensão	Ft (%)	Pt	Ft x Pt	Foap (%)	Poap	Foap x Poap	Fpr (nº)	Ppr	Fpr x Ppr	
1	0,20	74,00	0,65	48,10	41,00	0,70	28,70	0,00	0,70	0,00	76,80
2	0,20	62,00	0,65	40,30	39,00	0,70	27,30	0,00	0,70	0,00	67,60
3	0,20	72,00	0,65	46,80	40,00	0,70	28,00	0,00	0,70	0,00	74,80
4	0,20	72,50	0,65	47,13	42,00	0,70	29,40	0,00	0,70	0,00	76,53
5	0,20	73,00	0,65	47,45	39,00	0,70	27,30	9,00	1,00	9,00	83,75
6	0,20	68,00	0,65	44,20	40,00	0,70	28,00	1,00	0,70	0,70	72,90
7	0,20	79,00	0,65	51,35	43,00	0,70	30,10	2,00	0,70	1,40	82,85
8	0,20	63,00	0,65	40,95	41,00	0,70	28,70	0,00	0,70	0,00	69,65
9	0,20	73,00	0,65	47,45	33,00	0,70	23,10	0,00	0,70	0,00	70,55
10	0,20	68,50	0,65	44,53	44,00	0,70	30,80	0,00	0,70	0,00	75,33

Com isso, foi obtido o valor do IES para cada segmento, através do valor do IGGE e do ICPF. Assim, foi possível determinar o conceito sobre o estado de superfície, bem como definir uma medida de restauração aplicável ao pavimento. Os resultados foram organizados de acordo com a Tabela 7, a qual consta os dez primeiros segmentos analisados.

Tabela 7. Determinação do IES

SEGMENTO		IGGE	ICPF	IES	CONCEITO
Nº	Extensão				
1	0,20	76,80	1	8	Péssimo
2	0,20	67,60	1	8	Péssimo
3	0,20	74,80	1	8	Péssimo
4	0,20	76,53	2	8	Péssimo
5	0,20	83,75	2	8	Péssimo
6	0,20	72,90	2	8	Péssimo
7	0,20	82,85	2	8	Péssimo
8	0,20	69,65	1	8	Péssimo
9	0,20	70,55	1	8	Péssimo
10	0,20	75,33	1	8	Péssimo

De acordo com o gráfico da Figura 2, o trecho em estudo apresentou um estado ruim ou péssimo ($IES \geq 5$). Ainda, o levantamento apontou um IGGE médio de 57,94 e um ICPF médio de 1,39, o que equivale a um IES de 5, ou seja, um estado de superfície ruim.

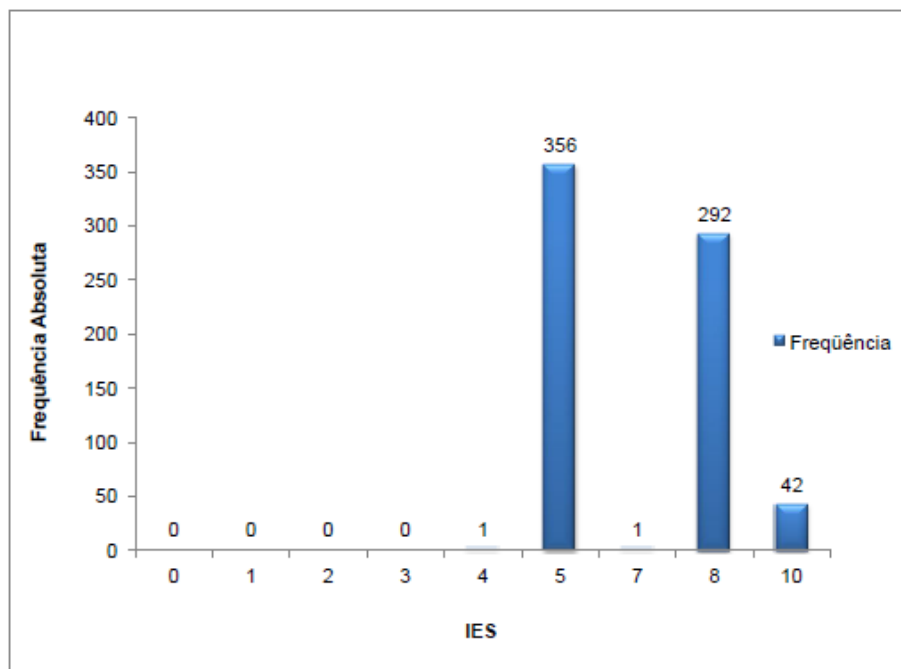


Figura 2 Número de segmentos por valor do IES

4.3 Análise dos resultados

A partir dos parâmetros calculados, foi realizada uma análise comparativa entre as avaliações pelo IGGE e pelo IES. Através do gráfico da Figura 3, pode-se perceber que em relação ao IGGE o trecho apresentou condição regular em sua maioria. Já se tratando em relação ao IES, o trecho apresentou condição ruim em sua maioria.

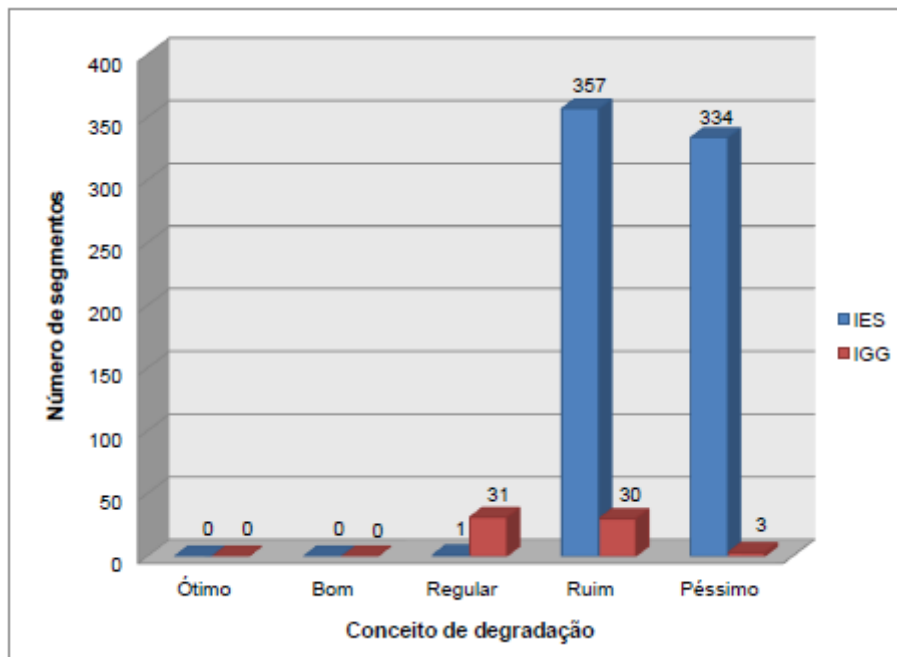


Figura 3 Condição do pavimento pelo IES e IGG

Através do gráfico da Figura 4, pode-se verificar que o IES apresentou um conceito Ruim para 51,6% do trecho, enquanto os 48,3% restantes apresentaram conceito Péssimo. Ainda, apenas 1 segmento (0,1%) apresentou conceito Regular. Os conceitos Ótimo e Bom não foram encontrados em nenhum segmento do trecho analisado neste artigo.

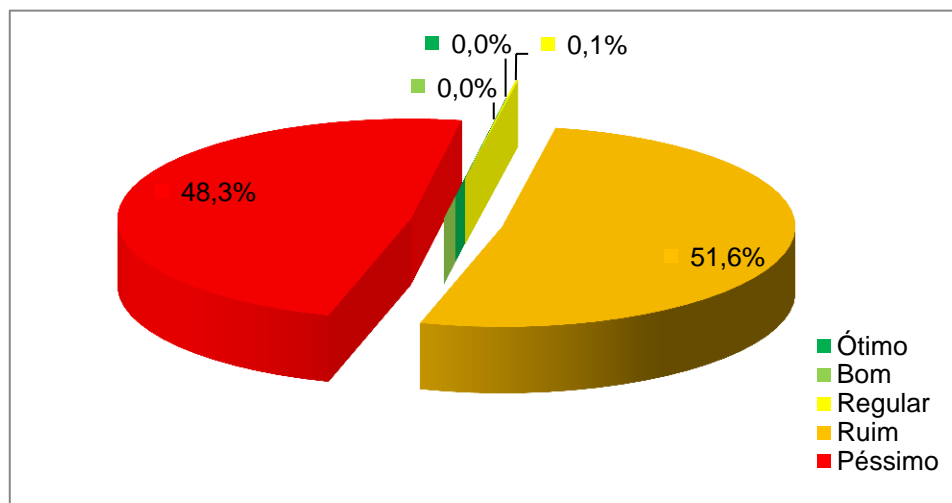


Figura 4 Percentual de condição do pavimento – IES

Em relação ao IGG, o pavimento apresentou um conceito péssimo para apenas 5% do trecho. Já os conceitos Ruim e Regular representaram, respectivamente, 47% e 48% do trecho. Os conceitos Ótimo e Bom, assim como para o IES, não foram encontrados em nenhum segmento do trecho.

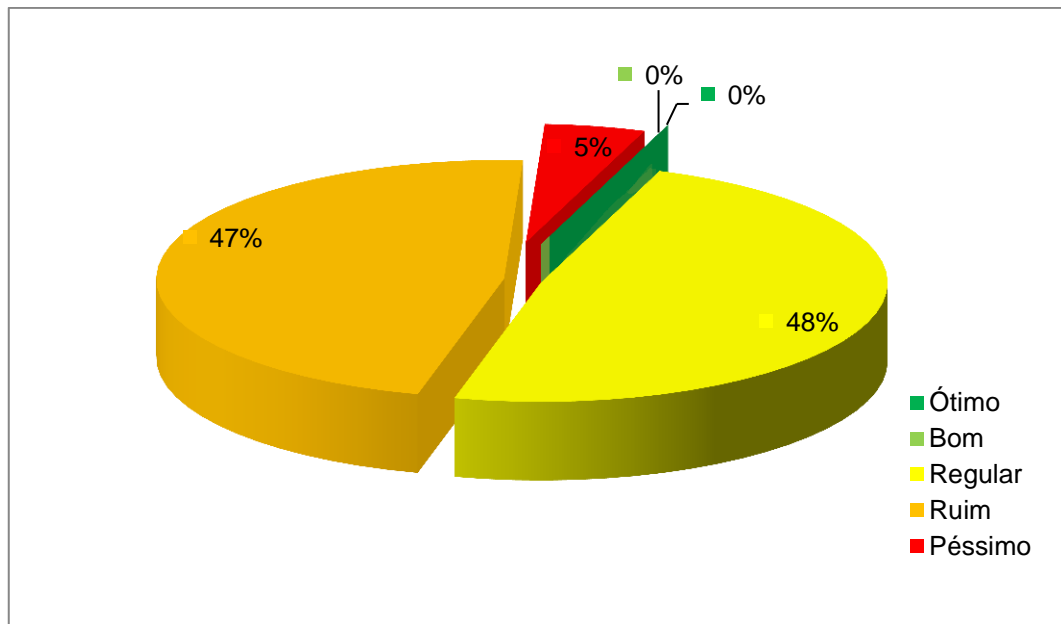


Figura 5 Percentual de condição do pavimento – IGG

5 Conclusões

Em razão de o sistema rodoviário ser o principal modo de transporte brasileiro, faz-se necessário garantir adequada trafegabilidade a qualquer momento e, independente da condição climática atuante, oferecer conforto ao rolamento e segurança ao usuário e as cargas transportadas. O pavimento após ser liberado para uso suporta diferentes solicitações ocasionadas tanto pelo tráfego de veículos quanto pelo intemperismo. Desta forma, podem vir a surgir defeitos no pavimento, sendo necessárias avaliações e intervenções para tornar as condições admissíveis ao tráfego.

As avaliações dos pavimentos têm como objetivo determinar a necessidade dessas intervenções, baseando-se na análise de um grupo de avaliadores ou no cálculo de parâmetros; em ambos os casos são atribuídos conceitos que atribuem grau de degradação ao pavimento. Esses procedimentos são imprescindíveis para determinar uma manutenção rodoviária adequada.

Neste artigo, foram utilizados os parâmetros de IGG e IES para a avaliação da superfície do pavimento de um trecho da BR-116. Após esse procedimento, foi realizada uma análise comparativa entre os dois tipos de avaliação, considerando a aproximação dos segmentos homogêneos.

A análise das avaliações entre os dois índices apresentou divergências em vários segmentos. O IES indicou com maior frequência uma condição pior ao pavimento. Isso pôde ser percebido quando, por exemplo, um segmento foi conceituado como Regular pelo IGG, mas como Ruim pelo IES. Esse contraste pode ser explicado pela maior subjetividade do método LVC.

O aspecto que mais influencia é a opinião do observador, pois pode apresentar discordâncias acerca do estado de superfície do pavimento. No decorrer do levantamento as frequências dos defeitos podem ser cadastradas de forma equívoca, assim como podem existir defeitos que não foram computados. Esses erros podem ocorrer devido a vários fatores que dificultam ou impedem a visualização por parte do avaliador.

O inventário pode ainda apresentar divergências de acordo com a equipe que executa o levantamento. Essas discordâncias ocorrem devido as diferentes opiniões entre os avaliadores acerca do tipo de defeito.

Ainda, os resultados dos procedimentos podem apresentar distorções por não considerar a severidade dos defeitos no cenário real (in situ), mas tão somente as suas quantidades.

6 Referências bibliográficas

- [1]MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Transportes no Brasil: síntese histórica. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/conteudo/54-institucional/136-transportes-no-brasil-sintese-historica.html>>. Publicado em: 13 out. 2014. Atualizado em: 12 nov. 2015. Acesso em: 17 fev 2016.
- [2]CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Pesquisa CNT de Rodovias 2015: Relatório gerencial. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2015. Color ;Mapas; Gráficos. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/>>. Acesso em: 27 jan 2016.
- [3]DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003b.
- [4]DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 008/2003 – PRO: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003c.
- [5]BALBO, José Tadeu. Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção. São Paulo: Plêiade, 1997.
- [6]BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ABEDA, 2007.
- [7]DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 005/2003 – TER: Defeitos no pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2003a.