

Avaliação de Pavimentos: Escala Visual Versus Pavement Condition Index

Karen Amanda Barbosa da Silva (Universidade Estadual de Londrina-UEL) E-mail:

karen_amanda@outlook.com

Lucas Aramayo Pereira (Universidade Estadual de Londrina-UEL) E-mail: lucasaramayo@hotmail.com

Luana Cristina Romero Palma (Universidade Estadual de Londrina-UEL) E-mail:

luanacrpalma@gmail.com

Carlos Alberto Prado da Silva Junior (Universidade Estadual de Londrina-UEL) E-mail: cprado@uel.br

Heliana Barbosa Fontenele (Universidade Estadual de Londrina-UEL) E-mail: heliana@uel.br

Resumo: Nas rodovias brasileiras são transportadas a maioria das pessoas e grande parte da produção nacional. A má qualidade dessas rodovias, associado à falta de recursos e um inadequado sistema de gerenciamento dos pavimentos, tem elevado os custos de operação dos serviços de transporte. Com base nisso é necessário que o país disponha de instrumentos de avaliação que possibilitem um acompanhamento das condições dos pavimentos existentes, fornecendo dados válidos e a baixo custo para que intervenções possam ser planejadas e executadas de forma adequada. Este trabalho tem como objetivo analisar a correlação entre dois tipos de métodos de classificação da condição da superfície dos pavimentos flexíveis. As avaliações foram realizadas num campus universitário por meio do método subjetivo, que leva em consideração a opinião do usuário sobre a condição do pavimento, tendo como base uma escala visual; e o método objetivo do *Pavement Condition Index* (PCI), que leva em consideração as densidades e severidades dos defeitos encontrados no pavimento. Conclui-se que o método subjetivo é válido para avaliação da condição da superfície dos pavimentos, pois apresentou satisfatória correlação com o método objetivo. Contudo há necessidade de adequação da escala visual para que esta possa auxiliar melhor os avaliadores.

Palavras-chave: Avaliação Subjetiva, Avaliação Objetiva, Defeitos, Painel de avaliadores.

Evaluation of Pavements: Visual Scale Versus Pavement Condition Index

Abstract: In the Brazilian highways are transported both the most of the people and great part of national production. The poor quality of these highways, associated with the lack of resources and an inadequate pavements management system, has elevated the costs of operating transportation services. On the basis of this, it is necessary for the country to have evaluation tools that allow monitoring of existing pavement conditions, providing valid and low cost data for the interventions can be planned and executed in a adequated way. This research aims to analyze the correlation between two methods for classification of the flexible pavements surface condition. The evaluations were carried out on a university campus by a panel of raters who used the following methods: the subjective one, which takes into account the user's opinion on the condition of the pavement, based on a visual scale; and the objective method of the Pavement Condition Index (PCI), which takes into account the densities and severities of pavement distresses. It is concluded that the subjective method is valid for evaluation of pavement surface condition, sinceit presented a satisfactory correlation with the objective method. However, there is a need to adjust the visual scale so that it can better aid the evaluators.

Keywords: Subjective Evaluation, Objective Evaluation, Distresses, Panel of raters.

1. Introdução

O Brasil passou por um grande período de recessão econômica com a crise que se iniciou no ano de 2015, sendo que apenas no segundo semestre de 2017 começou-se a registrar um processo de recuperação. Tendo em vista que nas rodovias do país são transportadas a maioria das pessoas e grande parte da produção nacional, um

investimento na recuperação e expansão destas possibilitaria um crescimento social e econômico para o país.

Segundo a Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2017), dos 105.814 km de rodovias pavimentadas no Brasil, tanto públicas quanto concessionadas, 61,8% encontram-se em condição crítica, variando entre uma situação regular, ruim ou péssima. Considerando somente as rodovias sob responsabilidade do poder público esse número é ainda pior, chegando a 70,4%.

A má qualidade das rodovias brasileiras, associado à falta de recursos e um inadequado sistema de gerenciamento dos pavimentos, tem elevado os custos de operação dos serviços de transporte, devido aos danos causados nos veículos e os gastos com combustível.

Com base nisso é necessário que o país disponha de instrumentos de avaliação que possibilitem um acompanhamento das condições dos pavimentos existentes, fornecendo dados válidos e a baixo custo dando subsídio à etapa de controle de qualidade referente à manutenção e reabilitação do pavimento, possibilitando uma melhor utilização dos recursos disponíveis.

Na avaliação de pavimentos um dos métodos mais utilizados é o do *Pavement Condition Index* (PCI). Esse método objetivo foi desenvolvido por um grupo de engenheiros do exército dos Estados Unidos (USACE) e financiado pelo U.S. Air Force, que pretendia aplicar o método para gerenciar aeroportos, mas percebeu-se que o índice seria eficiente para aplicação em pavimentos urbanos.

O objetivo principal do método do PCI, segundo ASTM (2016) é desenvolver um Índice numérico de Condição de Pavimento para rodovias, por meio da avaliação da condição da superfície de uma seção do pavimento; com esse índice é possível determinar a necessidade de manutenção e de reabilitação, em função da condição do pavimento e o desempenho do pavimento, em função da determinação contínua do índice.

Além dos métodos objetivos, há o método subjetivo de avaliação, que consiste na atribuição de notas, segundo a opinião do usuário, sobre as condições da superfície dos pavimentos.

A avaliação subjetiva teve início nos EUA, através das pesquisas do AASHO *Roadtest*, realizadas por volta de 1950, tendo como base o conceito de serventia do pavimento. Segundo a norma do DNIT 009/2003-PRO, serventia é a capacidade de um trecho específico de pavimento proporcionar, na opinião do usuário, rolamento suave e confortável em determinado momento, para quaisquer condições de tráfego.

Nos últimos anos diversos estudos foram realizados acerca da avaliação de pavimentos, como por exemplo o de Schiavon (2017) que utiliza o método subjetivo, estabelecido na norma DNIT 009/2003 – PRO, e o objetivo, estabelecido na norma DNIT 006/2003, para a avaliação da condição do pavimento em um trecho da cidade de Ribeirão Preto, SP. O autor concluiu que a avaliação subjetiva gerou uma melhor nota para a condição do pavimento do que a avaliação objetiva, devido ao fato dos usuários do método subjetivo não terem conhecimento dos defeitos existentes no pavimento e de como eles afetam a condição do mesmo.

O início dos estudos voltados para as escalas visuais teve como marco o trabalho de Hartgen *et al.* (1982), onde foram avaliadas subjetivamente as vias pavimentadas da cidade de Nova York. O estudo consistia de 50 fotografias das vias urbanas da cidade

que foram classificadas por um grupo de especialistas na área. Através dessa classificação, foi obtido um conjunto de fotografias representativas para cada posição da escala de valores adotada, formando assim a concepção de uma escala visual.

Assim, de forma similar ao trabalho citado anteriormente, Oliveira et al. (2013) desenvolveram uma escala visual a partir de fotos dos pavimentos de duas cidades do interior da região sudeste e sul do Brasil para auxiliar o usuário durante as avaliações subjetivas. A partir da avaliação de especialistas, foram selecionadas 10 fotos para a escala visual, segundo as que melhor representavam os 5 intervalos da escala de classificação, que variava de 0 (condição péssima) a 10 (condição excelente).

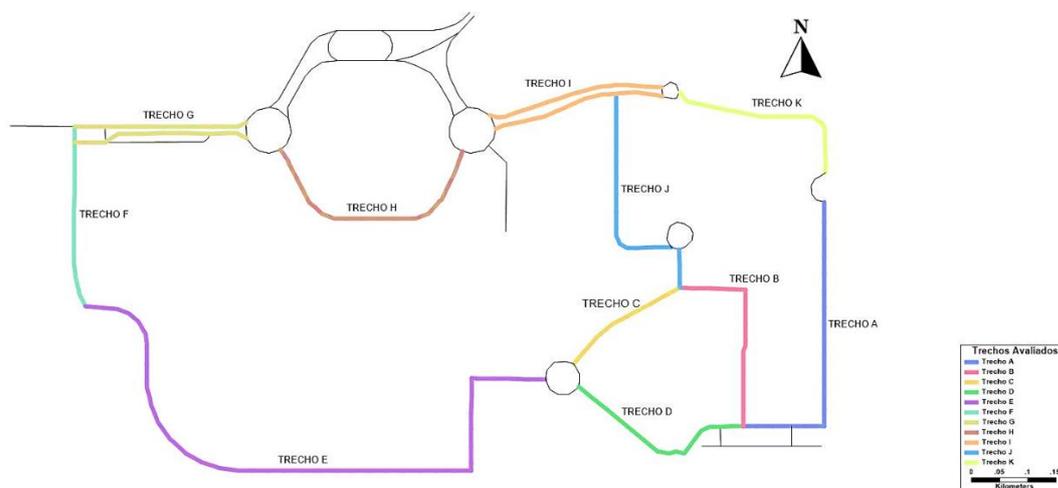
Posteriormente, Ramos e Fontenele (2016) avaliaram esta escala por intermédio de dois painéis de avaliadores, sendo que um painel teve acesso à escala visual para usá-la como referência (PAINELescala_visual) e o outro recebeu apenas informações básicas a respeito das avaliações (PAINELinfo_básico). As avaliações foram feitas nas vias de um campus universitário e concluiu-se que o PAINELescala_visual apresentou um menor desvio padrão nas avaliações, apresentando uma melhor homogeneidade entre suas avaliações.

Com base no exposto, verifica-se a importância do estudo na área. Assim como o estudo de Ramos e Fontenele (2016) esta pesquisa usou como referência a escala visual elaborada por Oliveira *et al.* (2013), concebida com o auxílio de profissionais da área de transportes.

2. Método de Pesquisa

Para o desenvolvimento do banco de dados deste trabalho foram avaliadas as vias de um campus universitário tendo como justificativa o fato da região apresentar características de uma minicidade e, portanto, de vias urbanas. A divisão da malha viária foi feita de acordo com a norma do PCI (ASTM, 2016), ou seja, as vias foram divididas em trechos, estes foram divididos em seções e as seções foram divididas em unidades amostrais (UAs) de cerca de 225 ± 90 m, sendo a largura fixa, correspondendo a faixa de tráfego, e o comprimento variável. Na Figura 1 os trechos avaliados são apresentados.

Figura 1 – Divisão dos trechos no campus



Fonte: Pescador Junior, *et al.* (2018)

Após a determinação dos trechos, seções e UAs, foi realizada a avaliação subjetiva por um painel de 7 discentes do curso de Engenharia Civil. Cada membro do painel recebeu uma cópia da escala desenvolvida por Oliveira *et al.* (2013) e instruções sobre o processo de avaliação. As informações foram baseadas na norma do DNIT 009/2003-PRO e adaptadas em função das condições específicas adotadas nesta pesquisa. Na Figura 2 está apresentada a escala visual ajustada para intervalos de 0 a 100 para que pudesse ser feita, posteriormente, a correlação com o PCI. As avaliações foram realizadas por meio de caminhada e durante os finais de semana, pois nesse período havia baixo volume de tráfego de veículos no campus. As notas do painel foram registradas em formulários individuais.

Figura 2 – Escala Visual Utilizada



Fonte: Adaptado Oliveira, *et al.* (2013)

Após a avaliação subjetiva, foi realizado o levantamento de defeitos de acordo com o método do PCI. Posteriormente, com base na densidade e na severidade de cada defeito, foram encontrados os valores-dedução e calculados os valores do PCI. A classificação do pavimento foi então obtida com base na escala do PCI apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação segundo método PCI

Nota PCI	Classificação
100 - 86	Excelente
85 - 71	Muito Boa
70 - 56	Boa
55 - 41	Regular
40 - 26	Ruim
25 - 11	Muito Ruim
10 - 0	Péssima

Fonte: Adaptado ASTM (2016)

A média das notas subjetivas com as notas do PCI para cada trecho foram correlacionadas. Os trechos que obtiveram uma correlação menor que 40% foram considerados insatisfatórios e foram reanalisados com base nas avaliações das seções que os compunham. Nas seções que apresentaram baixa correlação (abaixo de 40%) procedeu-se à análise da correlação entre as avaliações de suas unidades amostrais.

3. Resultados e Discussões

Nesta seção são apresentados e discutidos os principais resultados da pesquisa. No

Quadro 2 a nota final de cada um dos trechos avaliados acompanhados das correspondentes classificações subjetivas e objetivas são apresentados. Ressalta-se que as notas finais por trecho foram obtidas a partir da média das notas das UAs que os compõem.

Quadro 2 – Nota e classificação dos trechos

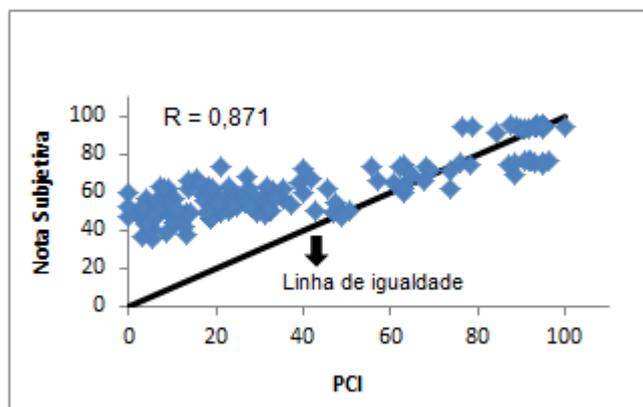
Trecho	Método Subjetivo		Método Objetivo	
	Nota	Classificação	PCI	Classificação
A	55,87	Bom	27,48	Ruim
B	94,68	Excelente	92,40	Excelente
C	58,14	Bom	14,80	Muito Ruim
D	49,91	Regular	29,12	Ruim
E	69,06	Bom	66,91	Bom
F	50,57	Regular	6,90	Péssimo
G	61,45	Bom	26,72	Ruim
H	55,78	Bom	28,02	Ruim
I	52,37	Regular	15,87	Muito Ruim
J	94,82	Excelente	91,47	Excelente
K	48,49	Regular	17,96	Muito Ruim

Fonte: Próprio Autor

No Quadro 2 nota-se que apenas três trechos (B, E e J) tiveram nota classificatória do PCI próxima a nota subjetiva, sendo que nos demais trechos a nota do PCI foi inferior à subjetiva.

O gráfico de correlação geral, ou seja, com todas as UAs avaliadas está na Figura 3.

Figura 3 – Gráfico de correlação de todas as UAs

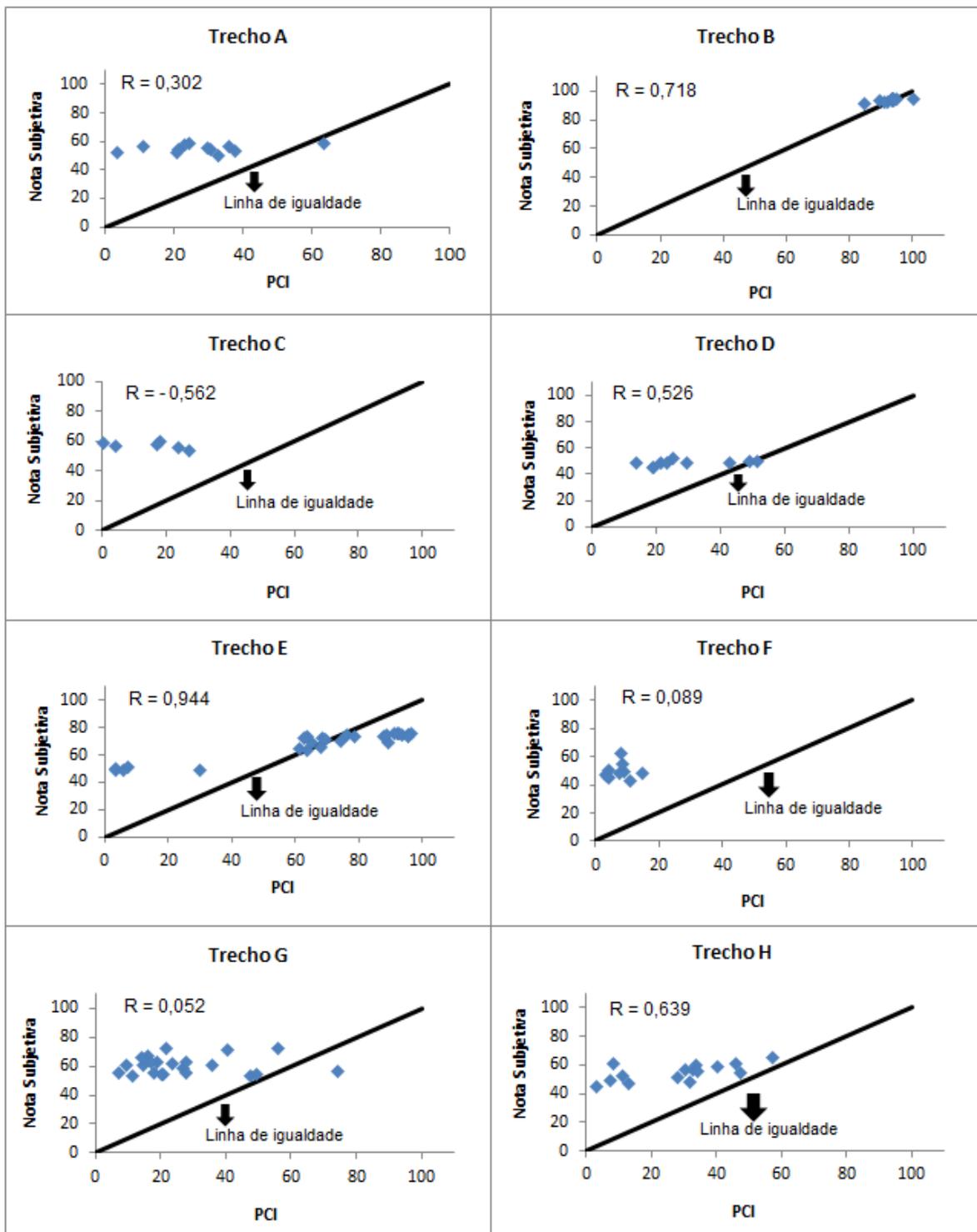


Fonte: Próprio Autor

Na Figura 3, observa-se que a correlação geral entre os métodos subjetivo e objetivo foi satisfatória, sendo de 87,1% ($R=0,871$), o que indica uma coerência de ambos os métodos.

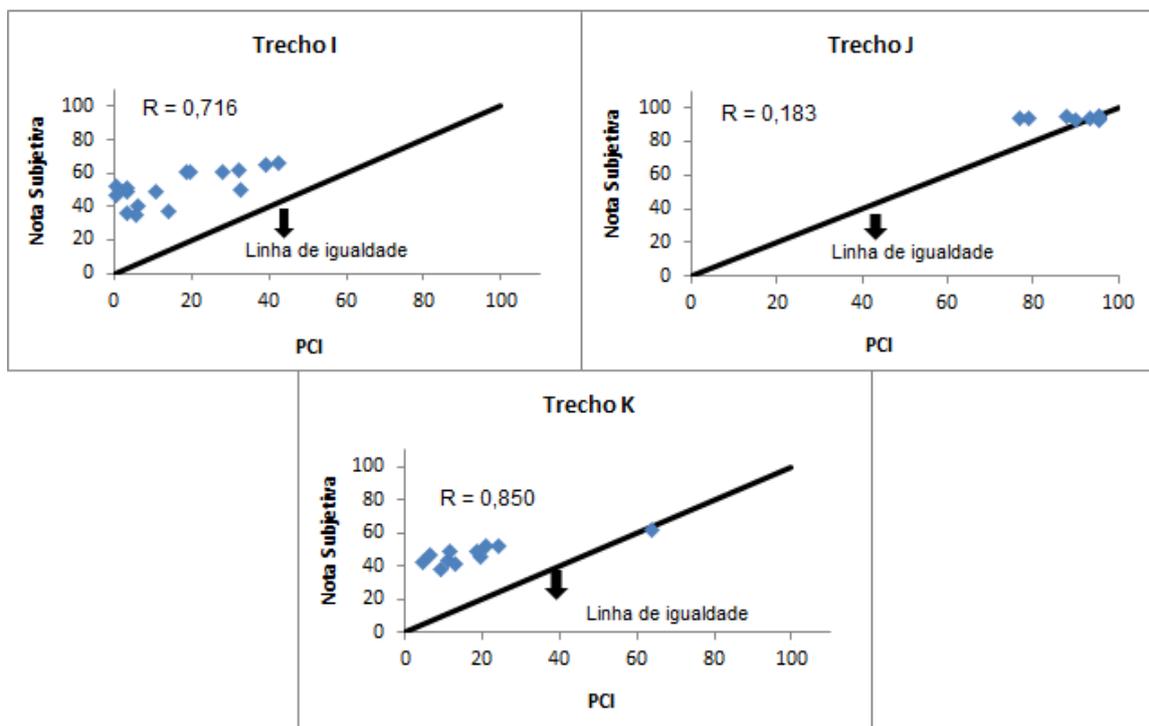
A correlação também foi verificada para cada trecho. Os gráficos com tal resultado estão expostos nas Figuras 4 e 5, assim como suas respectivas correlações.

Figura 4 - Gráficos de dispersão dos trechos A, B, C, D, E, F, G e H



Fonte: Próprio Autor

Figura 5 – Gráfico de dispersão dos trechos I, J e K



Fonte: Próprio Autor

Os trechos A, F, G e J foram considerados insatisfatórios, pois apresentaram correlação (R) menor que 0,4. Para entender o motivo dessa baixa correlação analisou-se a correlação de suas seções, sendo estas expostas no Quadro 3.

Quadro 3 – Correlação das seções dos trechos A, F, G e J

Trecho	Seção	Correlação
A	27	0,346
	28	- 0,401
F	14	- 0,405
	15	0,078
G	9	0,680
	10	-0,308
	11	0,119
J	25	0,321
	26	-0,427

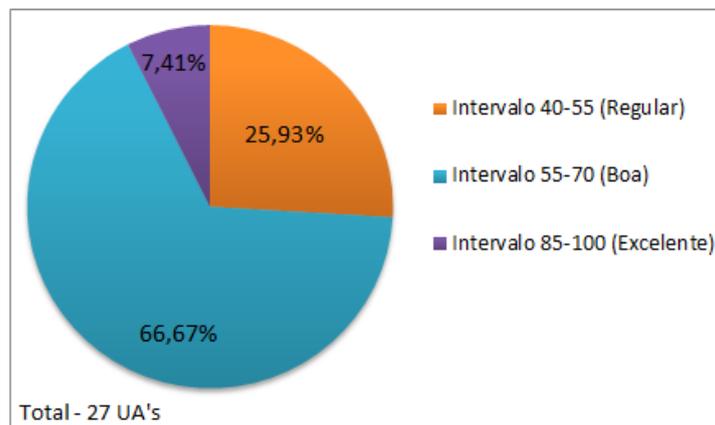
Fonte: Próprio Autor

No Quadro 3 nota-se que as seções A27, F15, G10, G11 e J26 também tiveram uma baixa correlação. Em função disso, nas UAs que as compunham foram verificadas as diferenças entre as notas dadas a elas pelo painel de avaliação e os respectivos valores encontrados de PCI. Nas UAs que apresentaram a diferença maior que 15 pontos foram verificados a qual intervalo da escala de campo essas notas se enquadravam, bem como os defeitos a elas pertencentes. Nessa situação foi contabilizado um total de 27 UAs, sendo consideradas neste trabalho como “classificações incompatíveis”.

Assim, na Figura 6, apresenta-se o respectivo percentual de UAs com as classificações incompatíveis para cada intervalo na escala que foi utilizada no formulário de campo durante a avaliação. Percebe-se que considerável percentual de notas são pertencentes a intervalos que não estão bem representados por imagens na escala visual. A baixa correlação que foi observada nas Figuras 4 e 5 e no Quadro 3 pode ser atribuída a tal fato, tendo em vista a possibilidade de ter sido um motivo de indecisão e da consequente dispersão entre os avaliadores pela falta do referencial. Percebe-se que para os intervalos de 55 a 70 e 40 a 55 da escala adotada em campo houve um percentual considerável de notas dadas.

Esse fato também foi observado no trabalho de Ramos e Fontenele (2016) onde a falta de correlação está nas seções que apresentam notas subjetivas dentro dos intervalos que não foram representados nas imagens da escala visual.

Figura 6 - Porcentagem de UAs com classificações incompatíveis por intervalo da escala de campo



Fonte: Próprio Autor

Quanto aos defeitos encontrados nessas 27 UAs, tem-se os principais defeitos dessas UAs na Tabela 1, considerando aqueles com frequência maior que 50%.

Tabela 1 - Defeitos encontrados nas 27 UAs com classificações incompatíveis

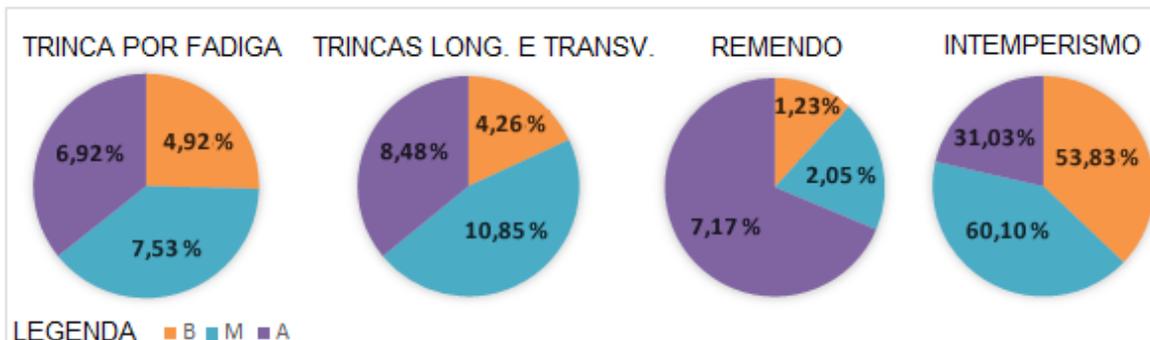
Índice	Defeito
1	Trinca por Fadiga
3	Trinca em Bloco
6	Depressão
7	Trincas na Borda
10	Trincas Longitudinais e Transversais
11	Remendo
13	Buracos
15	Trilhas de Roda
16	Deformação Plástica do Revestimento
18	Empolamento
19	Desintegração
20	Intemperismo

Legenda ● Frequência maior que 50%

Fonte: Próprio Autor

Tendo como base os principais defeitos, analisou-se a densidade e a severidade dos mesmos, sendo estes expostos na Figura 7, ressaltando que nesta análise utilizou-se a densidade média para cada severidade.

Figura 7 - Densidade média para cada severidade nos principais defeitos



Fonte: Próprio Autor

Nota-se por meio da Figura 7 que os principais defeitos: 1, 10, 11 e 20, apresentaram, em sua maioria, alta densidade nas severidades entre média e alta, tendo como destaque o defeito n° 20 que afetou, em média, mais de 30% da área das UAs. Tal fato refletiu no valor dedução diminuindo consideravelmente o valor final do índice.

4. Conclusões

Nesta pesquisa foi possível observar que índice de condição objetivo atribuído aos pavimentos correspondeu a uma classificação mais crítica que aquela subjetiva. Isso já era esperado, tendo em vista que o método do PCI considera as densidades e severidades de cada defeito existente e os seus efeitos na condição do pavimento. Já os avaliadores, muitas vezes, não têm conhecimento de como esses defeitos interferem na condição do pavimento, e assim atribuem uma nota que, do seu ponto de vista, representa que eles não prejudicam a qualidade de viagem.

Apesar disso, houve uma satisfatória correlação entre os valores atribuídos às UAs representando certa coerência e homogeneidade. Assim também aconteceu na maioria dos trechos (correlação maior que 50%). Este resultado evidencia que o método subjetivo com apoio de uma escala visual pode ser utilizado para a avaliação de pavimentos flexíveis.

Ainda quanto à avaliação subjetiva usada neste trabalho, conclui-se que houve certa dificuldade dos avaliadores em atribuir notas para algumas UAs, devido ao fato destas pertencerem a intervalos que não estão bem representados por imagens na escala visual, fato que indica a necessidade de adequação da escala.

Referências

- ASTM – American Society for Testing Materials. *ASTM D 6433 – 16 – Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. 2016.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Procedimentos DNIT 009/2003 – PRO*. Rio de Janeiro: IPT, 2003.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Procedimentos DNIT 006/2003 – PRO*. Rio de Janeiro: IPT, 2003
- HARTGEN, D. T.; SHUFON, J.J.; PARRELLA, F.T.; KOEPEL, K.W.P. *Visual Scales of Pavement Condition: Development, Validation, and Use*. *Transportation Research Record* n°893, p.1-6,

1982.

OLIVEIRA, F.M.; SILVA JÚNIOR, C.A.P.; FONTENELE, H.B. *Desenvolvimento de escala visual para avaliação da condição de superfície de vias urbanas. Conexões: Ciência e Tecnologia*, v. 7, p. 31-47, 2013.

PESCADOR JUNIOR, A. C.; SILVA JUNIOR, C.A.P.; FONTENELE, H.B. *Comparação de Métodos de Avaliação da Condição de Pavimentos Flexíveis com Auxílio de um SIG-T. Revista CIATEC-UPF*, v. 10, n. 1, p. 95-103, 2018.

RAMOS, M.C.; FONTENELE, H.B. *Utilização de uma Escala Visual para Avaliação de Pavimentos em um Campus Universitário. 25º Encontro Anual de Iniciação Científica. Londrina, 2016.*

SCHIAVON, G. S. *Avaliação Objetiva e Subjetiva em superfície de pavimento flexível em trecho urbano – Análise da distância entre estações de avaliação em subtrechos homogêneos. Revista Científica Eletrônica Estácio*, v. 10, n. 10, p. 01-23, 2017.