



ANÁLISE DE UM ÍNDICE DE CLASSIFICAÇÃO DA CONDIÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS URBANOS

ANALYSIS OF A CLASSIFICATION INDEX OF THE CONDITION OF FLEXIBLE URBAN PAVEMENTS

Matheus Silva¹ Vitor Hugo Salviatto² Karen Amanda Barbosa da Silva³ Carlos Alberto Prado da Silva Junior⁴ Heliana Barbosa Fontenele⁵ 

Resumo: A ausência de recursos e medidas racionais para a conservação dos pavimentos nacionais apresenta-se cada vez maior. Assim, surge a necessidade do desenvolvimento de ferramentas simples e eficazes de monitoramento da condição do pavimento para auxiliar um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos. Desse modo, esse trabalho teve como objetivo avaliar a aplicabilidade do Índice de Condição de Pavimentos Urbanos desenvolvido em João Pessoa (ICPU_{JP}), na classificação da condição dos pavimentos urbanos no norte do Paraná. Para isso, a condição da malha viária do campus da Universidade Estadual de Londrina foi avaliada subjetivamente, bem como objetivamente pelo método do *Pavement Condition Index (PCI)*, ambos os procedimentos foram os escolhidos na análise para o controle. Na avaliação subjetiva, para fins de comparação, foram utilizados dois painéis de avaliadores. Um deles recebeu apenas informações básicas do processo e o outro teve o apoio adicional de uma escala visual de referência. Os dados relativos aos defeitos obtidos no levantamento realizado pelo método PCI foram utilizados para calcular o ICPU_{JP}, de acordo com suas especificidades. As análises de correlação realizadas entre os índices de controle e o ICPU_{JP} variaram entre 0,54 a 0,61. Conclui-se que na comparação com índices utilizados como os valores de referência, o índice para classificar a condição de pavimentos urbanos desenvolvido na cidade de João Pessoa possui um resultado próximo ao mínimo necessário para considerá-lo satisfatório. Desse modo, infere-se que a aplicabilidade pode ter sido afetada por aspectos dos defeitos da região de análise que não são contemplados no ICPU_{JP}. Portanto, o modelo adotado para esse índice deve ser ajustado para aumentar a eficácia das classificações do estado de pavimentos em regiões diferentes daquela no qual ele foi desenvolvido e a consequente validade das tomadas de decisão nele sustentadas.

¹ Graduando do curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina, silva.ma@hotmail.com

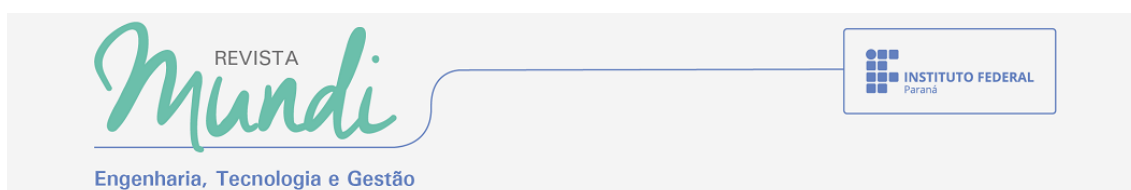
² Mestrando do curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina, vitorhsalviatto@hotmail.com

³ Mestranda do curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina, karen.amanda.b.s@uel.br

⁴ Professor Doutor, Universidade Estadual de Londrina, cprado@uel.br

⁵ Professora Doutora, Universidade Estadual de Londrina, heliana@uel.br

Palavras-chave: Sistema de Gerência de Pavimentos, Avaliação subjetiva, Avaliação objetiva, PCI.



Abstract: The lack of resources and rational measures for the conservation of national pavements is getting bigger and bigger. For this reason, it is necessary to develop a simple and effective tools for monitoring the condition of the pavement to help an Urban Pavement Management System. So, this research aimed to evaluate the applicability of the Urban Pavement Condition Index developed in João Pessoa (ICPU_{JP}), in the classification of the condition of urban pavements in northern Parana. For this, the condition of the road network of the State University of Londrina was assessed subjectively, as well as objectively by the method of the Pavement Condition Index (PCI), both procedures were chosen in the analysis for the control. In the subjective evaluation, for comparison purposes, two panels raters were used. One received only basic information about the process and the other had the additional support of a visual reference scale. The distresses data obtained in the survey carried out by the PCI method were used to calculate the ICPU_{JP}, according to its specificities. The correlation analyzes carried out between the control indexes and the ICPU_{JP} ranged from 0.54 to 0.61. It is concluded that in the comparison with indexes used as reference values, the index to classify the condition of urban pavements developed in the city of Joao Pessoa has a result close to the minimum necessary to consider it satisfactory. Thus, it is inferred that the applicability may have been affected by aspects of the distresses in the region of analysis that are not included in the ICPU_{JP}. Therefore, the model adopted for this index must be adjusted to increase the effectiveness of the classifications of the state of pavements in regions other than the one in which it was developed and the consequent validity of the decision making sustained in it.

Keywords: Pavement Management System, Subjective Evaluation, Objective Evaluation, PCI.

1 INTRODUÇÃO

É incontestável que o desenvolvimento de um país (não apenas econômico, mas também social) está intimamente ligado à sua infraestrutura de transportes. De acordo com a Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2019) o modo rodoviário no país é responsável por 61% do transporte de cargas e de 95% de passageiros. Embora esses dados traduzam o importante papel de manter as vias em condições adequadas, o relatório de 2019 da CNT aponta a piora nas condições ao longo do país com relação ao ano anterior, assumindo um valor de 52,4% das rodovias nacionais pavimentadas em situação que varia de regular a péssima. Embora tenha-se utilizado o meio rural para contextualizar, na área urbana das cidades do país a situação não é menos crítica.

Isso se deve principalmente à destinação insuficiente de recursos ou uso inadequado daqueles disponíveis para a conservação da malha viária pavimentada. Além da falta de recursos, outro problema é a falta da adoção de técnicas racionais para gerenciar os pavimentos.

Diante disso, surge a necessidade da implantação de um eficiente Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), que de acordo com Haas, Hudson e Zaniewski (1994) tem como definição fornecer aos tomadores de decisão, em todos os níveis de gestão, as melhores estratégias a serem analisadas com base em parâmetros dos pavimentos, sujeitos à critérios e restrições.

No âmbito urbano surge a figura do Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU), que de uma forma similar e voltado à área urbana tem, de acordo com Vieira (2016), o objetivo principal de alcançar a melhor aplicação possível para os recursos públicos disponíveis e oferecer um transporte rodoviário seguro, compatível e econômico. Para ser produtivo, um SGPU deve contar com ferramentas apropriadas que auxiliem os gestores na tomada decisão.

Ao longo dos anos desenvolveram-se inúmeros métodos para auxiliar os gestores na priorização de seguimentos para intervenção e na escolha das melhores alternativas de manutenção no pavimento. Uma dessas ferramentas são os índices com base em avaliações subjetivas da condição do pavimento. Esse tipo de avaliação considera a opinião do usuário quanto à serventia

oferecida pelo pavimento. Segundo DNIT (2003a), a serventia refere-se à capacidade de um trecho proporcionar, na opinião do usuário, um rolamento confortável e suave. As avaliações subjetivas são comumente utilizadas por apresentarem resultados coerentes e consistir em um tipo de avaliação simples de ser realizada.

No Brasil, o procedimento para a execução da avaliação subjetiva da condição dos pavimentos é descrito na PRO 009/2003 (DNIT, 2003a). Segundo a especificação de procedimento, um painel de avaliadores deve percorrer um trecho de pavimento e indicar, de acordo com sua percepção, uma nota para o conforto e suavidade ao rolamento, podendo a nota variar entre 0 (péssimo) a 5 (Ótimo). A média das notas atribuídas pelos avaliadores é tomada como o Valor de Serventia Atual (VSA) do pavimento.

Embora este tipo de avaliação apresente uma aplicação mais simples, seus resultados podem não corresponder a real situação dos pavimentos devido ao seu caráter pessoal. Desse modo, algumas ferramentas surgiram com o objetivo de auxiliar os avaliadores durante as avaliações e diminuir a dispersão das notas atribuídas ao pavimento. As escalas visuais são um exemplo dessas ferramentas. Elas são compostas por imagens de pavimentos com as mais diversas condições e suas respectivas notas.

Como marco no segmento de escalas visuais tem-se o estudo realizado por Hartgen *et al.* (1982), no qual foi realizada, junto ao departamento de transporte da cidade de Nova York, uma avaliação subjetiva das vias pavimentadas da cidade.

No Brasil, uma escala visual foi utilizada por Fontenele e Fernandes Jr. (2013) em seu estudo sobre avaliação da condição da superfície em estradas não pavimentadas. A escala visual foi elaborada para as vias de terra, podendo, segundo os autores, ser aplicada, com boa eficácia para a avaliação superficial das estradas em questão. De acordo com Pereira (2019), a aplicação de uma escala visual nas avaliações subjetivas contribui para o aumento da coerência e da homogeneidade das notas. Portanto, de acordo com o autor, o método subjetivo com apoio da escala visual pode ser utilizado para a avaliação de pavimentos flexíveis.

Além da avaliação subjetiva, os índices podem ter como base levantamentos de defeitos para verificar a condição atual da superfície dos pavimentos. Entre os índices mais utilizados mundialmente pode-se citar o *Pavement Condition Index* (PCI), cuja versão mais recente está na norma da ASTM (2018). O PCI consiste em uma análise objetiva, pois trabalha com medidas diretas dos defeitos encontrados, bem como suas severidades e extensões. Os 20 tipos de defeitos considerados pelo método do PCI são apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Defeitos considerados pelo método do PCI

1 Trinca por Fadiga	11. Remendo e Uso de Remendo Recortado
2. Exsudação	12. Agregado Polido
3. Trincas em Bloco	13. Buracos
4. Saliências e Deformações	14. Passagem de Ferrovia
5. Corrugação	15. Trilhas de Roda
6. Depressão	16. Deformação Plástica do Revestimento
7. Trincas de Borda	17. Trincas Parabólicas
8. Trincas por propagação de juntas	18. Empolamento
9. Desnível entre pista e acostamento	19. Desintegração
10. Trincas Longitudinais e Transversais	20. Intemperismo

Fonte: Adaptado de ASTM (2018)

Embora seja um método confiável, o PCI é um método que demanda grande quantidade de tempo devido a observação de muitos tipos de defeitos, ao tipo de caracterização da severidade, a extensão dos defeitos e o processo complexo de cálculo para obtenção da nota que representa a condição do pavimento. Assim, para facilitar a análise da condição da superfície de um pavimento, foram desenvolvidos alguns índices que consideram um número reduzido de tipos e demais informações referentes aos defeitos. Um exemplo é o Índice de Condição de Pavimentos Urbanos de João Pessoa (ICPU_{JP}) desenvolvido por Albuquerque (2017). O ICPU_{JP} considera os seis principais defeitos encontrados na malha urbana de João Pessoa/PB: Trincas por fadiga (TF), Remendos (RM), Painéis (PN), Depressões (DP), Desgaste (DE) e

Agregados Polidos (AP). Portanto, a escolha desses defeitos considerou aspectos característicos da região em que foi desenvolvido. Para o cálculo deste índice, utiliza-se a Equação 1, na qual a melhor condição do pavimento recebe a nota 5 e tem sua nota reduzida conforme forem verificados a existência dos defeitos no pavimento. As abreviaturas representam a densidade para cada tipo de defeito que é determinada através do produto do fator severidade e do percentual do defeito na amostra analisada (razão entre a extensão do defeito e a área da unidade avaliada).

$$ICPU_p = 5 - TF. 0,016 - RM. 0,030 - PN. 0,266 - DP. 0,049 - DE. 0,02 - AG. 0,16 \quad (1)$$

O fator de severidade é atribuído da seguinte forma: 0,5 para severidade baixa, 1 para severidade média e 2 para alta severidade. No entanto, diferentemente do método do PCI, os defeitos “Afundamento de trilha de rodas” e “Desgaste na superfície” são considerados sempre de severidade média.

Existe na literatura uma gama de índices diferentes para avaliar a condição de pavimentos flexíveis, cada qual com seus diferentes procedimentos e métodos de desenvolvimento. Porém, muitos dos que estão disponíveis são desenvolvidos e destinados a rodovias e a sua “adaptação” ao uso em áreas urbanas torna sua aplicação mais difícil, por possuírem métodos complexos, e conseqüentemente, não adequados. Isso se reflete, principalmente no que diz respeito ao que foi pontuado por Salviatto *et al.* (2019): a existência de aspectos e defeitos causados por elementos específicos dos espaços urbanos, como a deterioração causada por raízes de árvores. Essa afirmação traz à luz a necessidade do desenvolvimento de índices gerados especificamente para a avaliação de pavimentos da malha urbana.

Alguns exemplos de índices encontrados na literatura que têm sido relatados com maior aplicação na rede interurbana: *Pavement Quality Index* (PQI) estudado por Reza, Boriboonsomsin e Bazlamit (2006) na cidade de Ohio; o *Índice de Gravidade Global* (IGG) da PRO 009/2003 (DNIT, 2003b), aplicado por Soncim e Fernandes Júnior (2015) no estado da Bahia e o *Present Serviceability Index* (PSI) utilizado por Shah, Jain e Tiwari (2013) na cidade de

Noida, localizada nas proximidades da capital da Índia. Neste último os autores tentaram calibrar a equação da *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)* para o PSI e gerar modelos adequados para as condições dos pavimentos indianos.

Um SGPU deve adotar um método que seja simples e forneça dados que retratem a realidade do estado de um pavimento em uma determinada região. Assim, além de ser necessário desenvolver um índice para avaliação da condição de pavimentos urbanos faz-se necessário verificar a utilidade daqueles que foram gerados em diferentes regiões.

Desse modo, este trabalho tem como objetivo verificar a aplicabilidade do $ICPU_{JP}$ nos pavimentos urbanos da cidade de Londrina, localizada na região norte do Paraná, usando para isso os índices de condição obtidos por procedimentos subjetivo e objetivo como valores de referência na análise comparativa. A verificação do nível de correlação do $ICPU_{JP}$, e assim sua aplicabilidade na região para embasar tomadas de decisão quanto ao planejamento e execução das atividades de manutenção, virá contribuir para que o SGPU possa contar com a opção de um instrumento de aplicação fácil e rápida e que forneça dados coerentes com as necessidades do local.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos por meio de avaliações subjetiva e objetiva da condição da superfície de pavimento realizadas no ano de 2019 na malha viária de um *campus* universitário. Este local foi escolhido por apresentar um considerável fluxo diário de veículos, o que resulta em pavimentos de variadas condições. Para facilitar o registro e análise dos dados, e de forma a atender os objetivos desta pesquisa, a malha viária do *campus* foi dividida em 19 trechos, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Divisão da malha viária da Universidade Estadual de Londrina



Fonte: Ignácio *et al.* (2018)

Os trechos dos pavimentos da rede viária foram ainda subdivididos em porções menores chamadas de Unidades Amostrais (UAs). Cada uma, de um total de 199 UAs, possuía largura de pavimento equivalente a uma faixa de tráfego e comprimentos variados, desde que a área final de cada unidade possuísse entre 135 e 315 m², conforme indicado na ASTM (2018).

A avaliação subjetiva foi baseada nos princípios do procedimento descrito em DNIT (2003) e ajustado de acordo com as necessidades da pesquisa como: o número de avaliadores, a execução da avaliação por caminhada, o uso de uma escala visual de referência, a escala de valores adotada para as notas e o tamanho das amostras de pavimento avaliadas.

Assim, participaram da avaliação doze discentes do curso de Engenharia Civil, aos quais foram atribuídos um número identificador com o objetivo de manter o anonimato. Para realizar a avaliação, os avaliadores foram divididos em dois painéis de seis avaliadores.

Os avaliadores do primeiro painel, denominado Painel_{info_básica}, atribuíram notas para o conforto e a suavidade ao rolamento proporcionado pelo pavimento baseados unicamente em sua percepção, levando em consideração os defeitos ali existentes e o consequente efeito negativo que provocariam na qualidade e conforto de viagem sobre a respectiva superfície. Para tanto, foram dadas apenas instruções básicas de como executar a avaliação, como, por exemplo, evitar diálogos excessivos e não avaliar as UAs com base nas notas dadas às UAs avaliadas anteriormente. Os avaliadores também foram conscientizados de

que não existem notas certas ou erradas. A média das notas atribuídas pelos integrantes do painel foi tomada como o Índice de Condição do Pavimento atribuído pelo painel que possuía apenas as informações básicas ($ICP_{info_básica}$).

Os avaliadores do segundo painel, denominado $Painel_{escala_visual}$, receberam, além das instruções apresentadas ao $Painel_{info_básica}$, uma escala visual desenvolvida por Pereira (2019). A escala visual é composta por imagens de pavimentos com as mais variadas condições e suas respectivas notas para servir de referência aos avaliadores no momento da avaliação subjetiva, conforme representada na Figura 3. A média das notas atribuídas pelos integrantes do painel foi tomada como o Índice de Condição do Pavimento atribuído pelo painel que possuía a escala visual (ICP_{escala_visual}).

Figura 3 – Escala visual adotada durante o estudo



Fonte: Pereira (2019)

A avaliação subjetiva de ambos os painéis foi realizada por meio de caminhada sobre a superfície do pavimento onde, ao fim de cada UA, os avaliadores atribuíam as notas em um formulário individual apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Formulário utilizado pelos avaliadores durante a avaliação subjetiva

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DA SUPERFÍCIE

Avaliador:		
Data:	Hora início:	Hora término:

Escala de notas para classificação da condição da superfície da estrada:		
100		
85		Excelente
70		Muito boa
55		Boa
40		Regular
25		Ruim
10		Muito ruim
0		Péssima

Nº U.A.	Nota	Nº U.A.	Nota	Nº U.A.	Nota
01		28		43	
02		29		44	
03		30		45	

Fonte: Adaptada de Pereira (2019)

A avaliação objetiva foi realizada de acordo com o método do PCI, cujo procedimento é descrito na ASTM (2018). Por meio de inspeção visual os avaliadores levantaram os tipos, severidades e extensões dos defeitos presentes no pavimento, conforme sugere o método. Para fazer o levantamento correto dos defeitos, os avaliadores receberam a norma que descreve o método e um manual de identificação de defeitos.

Os dados levantados na avaliação objetiva foram ainda utilizados para calcular o Índice de Condição de Pavimento Urbanos de João Pessoa (ICPU_{JP}). Devido a diferença entre os métodos do PCI e do ICPU_{JP}, uma adaptação nos dados foi necessária. Os defeitos “Deformação Permanente” e “Desgaste” no método do ICPU_{JP} corresponderam aos defeitos “Afundamento de trilha de roda” e “Desgaste na superfície” do método do PCI, respectivamente.

Os resultados obtidos pelo ICPU_{JP} foram comparados com os índices (considerados como os valores de controle) de cada um dos painéis provenientes da avaliação subjetiva e com o PCI mediante análise de correlação. Além disso, foi verificada e comparada a classificação de cada trecho da malha viária obtido em função dos valores médios calculados a partir dos índices (subjetivos e objetivos) atribuídos às UAs que o compunham.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

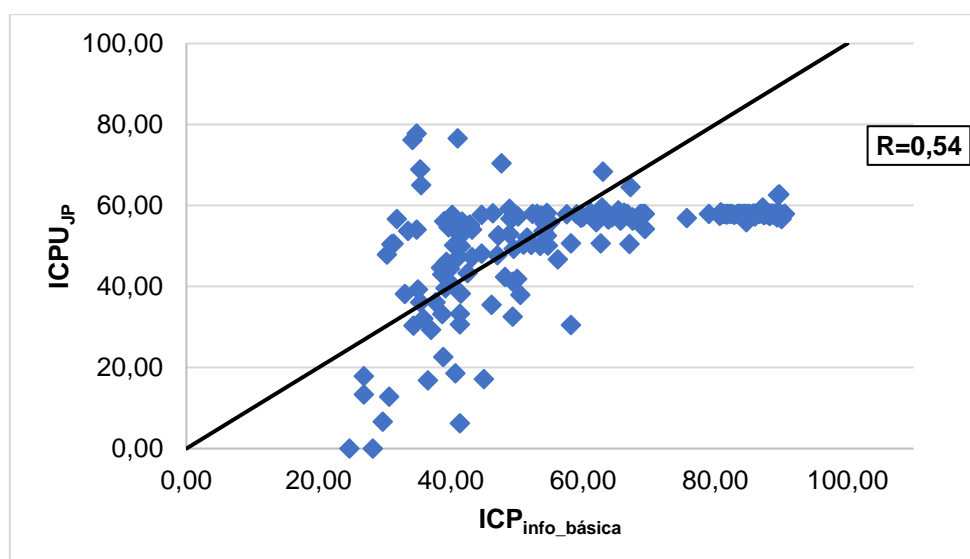
Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos na comparação do $ICPU_{JP}$ com os índices de condição utilizados neste trabalho como referência: o $ICP_{info_básica}$, o ICP_{escala_visual} e o PCI.

3.1 Análise da correlação entre o $ICPU_{JP}$ e o $ICP_{info_básica}$

Após o levantamento dos dados foi determinada a correlação entre o $ICPU_{JP}$ e o $ICP_{info_básica}$. O gráfico de dispersão com a correlação obtida entre os índices é apresentado na Figura 5.

Foi obtida uma correlação entre os índices de 54%, o que indica que eles estão medianamente correlacionados. No entanto, observa-se que, na maioria das UAs, os valores de $ICPU_{JP}$ mantiveram-se em uma mesma faixa de notas, enquanto as notas do $ICP_{info_básica}$ variaram consideravelmente. Tal resultado pode ser atribuído as limitações existentes no $ICPU_{JP}$, pois em alguns defeitos considerados os valores não alteram a partir de um determinado patamar. Como o $Painel_{info_básica}$ atribuiu suas notas baseadas na sua percepção do conforto ao rolamento, a variabilidade era esperada.

Figura 5 - Correlação entre $ICPU_{JP}$ e $ICP_{info_básica}$



Fonte: Autores

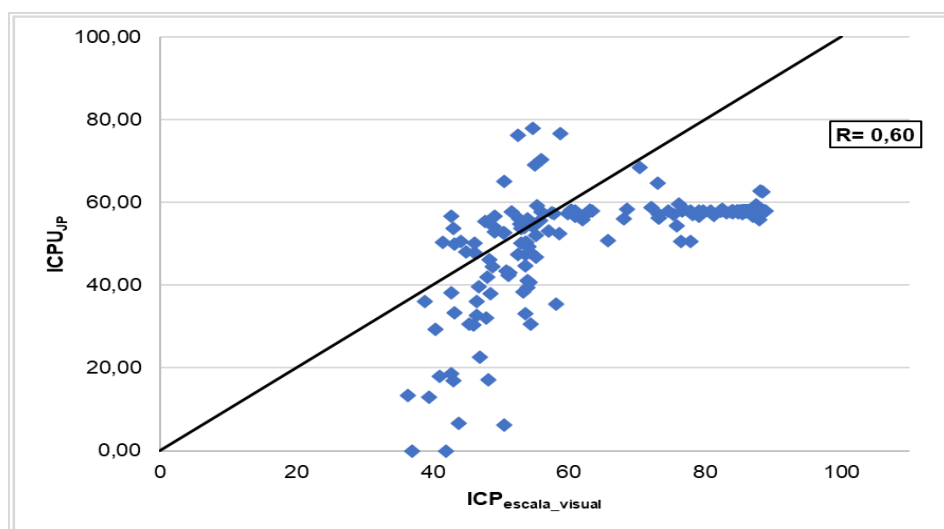
Além disso, percebe-se que os avaliadores do painel subjetivo foram, em sua maioria, mais otimistas em relação a qualidade do pavimento. Em contrapartida, o ICP_{JP} apresentou valores inferiores à condição do pavimento o que pode ser justificado pelo fato do índice de João Pessoa considerar os defeitos que, do ponto de vista dos avaliadores, podem não ter influência na qualidade de rolamento por eles avaliada como, por exemplo, trincas em estágio inicial, remendos bem executados e agregados polidos.

Ainda, os defeitos “Desgaste” e “afundamento de trilhas de rodas” no ICP_{JP} são considerados sempre como de severidade média. Assim, quando os avaliadores do painel subjetivo julgam a determinada unidade como “Excelente”, por considerar que esses defeitos existentes não impactam no conforto ao rolamento, o ICP_{JP} classifica a unidade como “Boa”. Portanto, estes dois tipos de defeitos proporcionaram que as unidades apresentassem valores sempre intermediários no ICP_{JP}.

3.2 Análise comparativa entre o ICP_{JP} e o ICP_{escala_visual}

Para realizar a análise comparativa entre o método ICP_{JP} e o ICP_{escala_visual}, elaborou-se o gráfico de dispersão dos dados, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Correlação entre ICP_{JP} e ICP_{escala_visual}



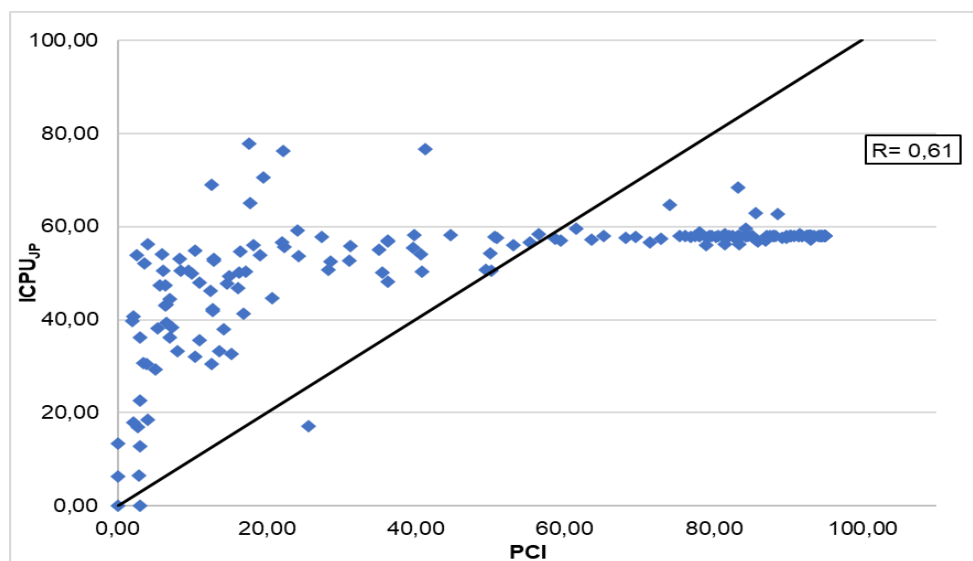
Fonte: Autores

Por meio da análise do gráfico de dispersão, percebe-se que a correlação obtida entre o $ICPU_{JP}$ e o ICP_{escala_visual} foi de 60%, uma correlação moderada entre os índices. O valor de R entre o $ICPU_{JP}$ e a avaliação que utilizou a escala visual como referência é, portanto, um pouco superior à anterior, fruto da diminuição da dispersão entre os avaliadores do referido painel. As demais observações feitas no item anterior se também se aplicam neste.

3.3 Análise comparativa entre o $ICPU_{JP}$ e o PCI

Na Figura 7 são apresentados os valores de correlação obtidos ao comparar os índices $ICPU_{JP}$ e o PCI.

Figura 7 – Correlação entre $ICPU_{JP}$ e o PCI



Fonte: Autores

Nota-se a existência de uma correlação equivalente a 60%. Contudo, ainda que o valor de correlação se caracterize como moderado, nota-se a discrepância existente entre as notas dos dois métodos avaliativos.

O principal fator que resulta na grande divergência encontrada são os defeitos considerados. O PCI considera vinte tipos de defeitos, enquanto o $ICPU_{JP}$ considera apenas seis tipos. Ainda, de acordo com as normas de

aplicação do índice, os defeitos “desgaste da superfície” e “Agregados Polidos” possuem apenas severidade média pelo método do ICPU_{JP}. Portanto, existem UAs que o PCI classifica com condição “Excelente” por haver apenas desgaste da superfície com severidade leve, enquanto o ICPU_{JP} classifica com condição “Boa” por considerar sempre o defeito desgaste da superfície com severidade média. Além disso, também existem unidades onde a classificação do PCI é “Péssima” ou “Muito ruim” devido ao grande número de defeitos, como por exemplo Trincas, Empolamentos e Trincas de borda, enquanto a classificação do ICPU_{JP} continua sendo “Boa”, pois estes tipos de defeitos não são considerados.

Outro ponto importante é que quando o desgaste da superfície da unidade é classificado como baixo ou alto pelo método do PCI, as notas atribuídas pelos índices divergem significativamente. O PCI mantém suas notas tanto no extremo superior quando no inferior da escala de pontuação, enquanto o ICPU_{JP} mantém suas notas em uma classificação mediana.

Em poucas unidades os índices convergiram. Nestas unidades não ocorreram defeitos que se apresentem exclusivamente no PCI. Além disso, nestes trechos o desgaste da superfície registrado pelo PCI foi de severidade média. No entanto, na maior parte das UAs, observa-se uma grande divergência nos valores dos índices.

3.4. Análise comparativa das médias dos índices por trecho

Nesta seção são apresentadas na Tabela 1 as médias dos valores calculados para os índices utilizados nesta pesquisa para cada um dos 19 trechos da malha viária do campus universitário estudado.

A partir dos dados da Tabela 1 pode ser observado que nos trechos classificados pelos índices ICPU_{JP}, ICP_{info_básica} e ICP_{escala_visual} numa situação entre regular e boa, o PCI creditava a eles uma pior condição. Tal fato pode ser atribuído novamente à diferente variedade de defeitos considerados no cálculo do PCI.

Um outro fato que pode ser apontado é que nos trechos classificados pelo $ICP_{info_básica}$, ICP_{escala_visual} e PCI como de condição muito boa a excelente, o $ICPU_{JP}$ manteve um valor constante que representa a condição boa, numa diferença de pontuação numa ordem de 30 pontos. Reforçando o fato anteriormente comentado de que o defeito desgaste da superfície pelo $ICPU_{JP}$ sempre obteve a severidade média.

Tabela 1 – Relação dos Índices médios por trecho

Trecho	$ICPU_{JP}$	$ICP_{info_básica}$	ICP_{escala_visual}	PCI
A	50	45	55	21
B	58	87	86	89
C	51	44	50	18
D	42	36	47	14
E	58	64	73	72
F	22	34	43	6
G	56	43	54	23
H	58	89	88	89
I	58	88	86	88
J	58	85	86	92
K	39	55	58	33
L	56	59	73	60
M	58	88	87	93
N	44	42	49	25
R1	47	52	51	23
R2	58	89	86	91
R3	58	83	85	81
R4	54	50	55	14
R5	58	80	84	84

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, observa-se que existe uma moderada correlação com o $ICPU_{JP}$ (considerado nesta pesquisa como o índice a ser testado assumindo como referências os índices subjetivos e o PCI) dos índices subjetivo e objetivo adotado, que foi representada por valores de R que variaram

entre 0,54 e 0,61. Ao comparar o $ICPU_{JP}$ apenas com os resultados das avaliações subjetivas (o $ICP_{info_básica}$ e o ICP_{escala_visual}), percebeu-se que, entre os painéis, aquele auxiliado pela escala visual apresentou valores de classificação mais próximos ao $ICPU_{JP}$. Assim, pode-se inferir que, neste caso, a utilização da escala pode ter contribuído para se obter uma melhor correlação. Além disso, observou-se que o $ICPU_{JP}$ permaneceu constante na maior parte das unidades, enquanto os valores de $ICP_{info_básica}$ e de ICP_{escala_visual} oscilaram entre os extremos. Portanto, devido à praticidade e velocidade da aplicação das avaliações subjetivas observa-se indícios de limitação da aplicabilidade do $ICPU_{JP}$ na área analisada.

Por meio da análise comparativa entre o PCI e o $ICPU_{JP}$, observa-se que as notas se apresentam semelhantes apenas em locais onde a classificação do PCI para a UA é “Regular” ou “Boa”, pois nestas seções o único defeito considerado pelos dois métodos é o desgaste da superfície de severidade média.

Constatou-se que o $ICPU_{JP}$ possui aplicabilidade na malha viária do *campus* universitário avaliado próxima ao mínimo para ser considerada satisfatória, pois as correlações existentes com índices obtidos por métodos subjetivo e objetivo (PCI) utilizados para avaliar pavimentos ao longo do mundo não são superiores a 61%. Embora o índice tenha apresentado melhor correlação com o PCI na maioria das unidades, existe uma grande divergência entre os métodos. Estas divergências ocorrem devido ao diferente número de tipos de defeitos considerados. O PCI considera vinte tipos de defeitos com suas respectivas severidades, enquanto o $ICPU_{JP}$ considera apenas seis tipos, sendo dois com severidades constantes.

Outro ponto importante está relacionado à severidade dos defeitos “desgaste da superfície” e “Trilha de roda”, onde ambos são considerados unicamente como de severidade “média”, provavelmente devido a incidência desta única severidade no local de desenvolvimento no índice. No entanto, na malha viária estudada a maioria das UAs apresentou severidades destes defeitos entre “Alta” ou “Baixa”, o que justifica a divergência entre os índices de classificação de pavimentos estudados. Assim, a aplicação deste índice em um local onde as características são diferentes do seu local de gênese pode

comprometer a confiabilidade dos resultados obtidos. Desse modo, faz-se necessário o ajuste do ICPU_{JP} para outras regiões do território nacional para tornar seus resultados mais representativos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro à pesquisa (processo nº 408409/2016-9), à CAPES, à Universidade Estadual de Londrina pela infraestrutura disponibilizada e aos avaliadores que colaboraram nos levantamentos de campo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. P. Índice de condição baseado em defeitos superficiais para gerência de pavimentos urbanos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

ASTM – American Society for Testing Materials. ASTM D 6/433 – 18 – Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (CNT). Pesquisa CNT de Rodovias 2019. Brasília: CNT: SEST SENAT, 2019. Disponível em <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf> >

DNIT - 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, 2003a.

_____. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Procedimentos DNIT 006/2003 – PRO. Rio de Janeiro: IPT, 2003b.

FONTENELE, H. B; FERNANDES JÚNIOR, J.L. Desenvolvimento de um Instrumento para Avaliação da Condição de Estradas não Pavimentadas. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, n. 1, p. 11-21, 2013.

HAAS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. Modern Pavement Management. Krieger Publishing Company. Malaba. Florida, 1994.

HARTGEN, D. T.; SHUFON, J.J.; PARRELLA, F. T.; KOEPPPEL, K. W. P. Visual Scales of Pavement Condition: Development, Validation, and Use. Transportation Research Record nº 893, p.1-6, 1982.

IGNÁCIO, L.F.S.; PEREIRA, L.A.; PALMA, L.C.R.; SILVA JÚNIOR, C.A.P.; FONTENELE, H.B. Análise da estabilidade de uma escala visual na avaliação de pavimentos. 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET. Gramado, Rio Grande do Sul, 2018.

VIEIRA, S. A.; PINHO JÚNIOR, A. A. E.; OLIVEIRA, F. H. L.; AGUIAR, M. F. P. Análise Comparativa de Metodologias de Avaliação de Pavimentos Através do IGG e PCI. Revista Conexões – Ciência e tecnologia, v.10, p. 20-30, 2016.

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, 201

PEREIRA, L. A. Escala Visual: uma ferramenta para a avaliação da condição da superfície de pavimentos urbanos. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2019.

SONCIM, S.P.; FERNANDES JÚNIOR, J.F. Modelo de previsão do índice de condição dos pavimentos flexíveis. The Journal of Transport Literature. 2015.

SHAH, Y. U.; JAIN, S. S.; TIWARI, D.; JAIN, M. K. Modeling the Pavement Serviceability Index for Urban Roads in Noida. Pavement Res. Technol. 2013.

REZA, F.; BORIBOONSOMSIN, K.; BAZLAMIT, S. Development of a Pavement Quality Index for the State of Ohio. California Digital Library.2006

Enviado em: 11 jun. 2020

Aceito em: 17 fev. 2021

Editores responsáveis: Bianca Neves Machado / Mateus das Neves Gomes