

Uso de um SIG-T como apoio à análise da condição de pavimentos asfálticos

Use of a SIG-T as a support in the condition analysis of asphalt pavements

Uso de um SIG-T para apoyar el análisis del estado de pavimentos asfálticos

Larissa Gimenes¹

Heliana Barbosa Fontenele²

Carlos Alberto Prado da Silva Junior³

RECEBIDO EM 23/05/2023

ACEITO EM 11/09/2023

RESUMO

No Sistema de Gerência de Pavimentos, de forma a direcionar melhor os recursos destinados à infraestrutura, adotam-se métodos de avaliação dos pavimentos para verificar as condições funcionais e estruturais das vias. Atualmente, em auxílio ao Sistema de Gerência de Pavimentos, tem-se utilizado frequentemente os Sistemas de Informações Geográficas. Este trabalho tem como objetivo comparar dois tipos de métodos para avaliação da condição de pavimentos asfálticos: o subjetivo e o objetivo. Foram utilizados, na pesquisa, a avaliação subjetiva — com e sem o uso de uma escala visual de referência — e o método objetivo do *Pavement Condition Index*. Os resultados das avaliações foram comparados com o auxílio de um Sistema de Informações Geográficas para Transportes, a partir da geração de mapas temáticos. Foi possível observar que ambos os métodos de avaliação podem ser utilizados, visto que apresentam resultados coerentes entre si. Conclui-se que o uso de um Sistema de Informações Geográficas

¹ Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

larissa.gimenes@uel.br - <https://orcid.org/0009-0005-9414-0585>

² Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

heliana@uel.br - <https://orcid.org/0000-0003-2046-0568>

³ Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

cprado@uel.br - <https://orcid.org/0000-0003-0347-3404>

para Transportes pode auxiliar em futuras elaborações e estudos de planos para manutenção e reabilitação de pavimentos.

PALAVRAS-CHAVE: avaliação; pavimentos; sistemas de informações geográficas.

ABSTRACT

In order to direct better the resources allocated to infrastructure, the Pavement Management System uses pavement evaluation methods to verify the functional and structural conditions of the roads. Nowadays, Geographic Information Systems have been used very frequently to help the Pavement Management System. The present study aims to compare two types of methods for assessing the condition of flexible pavements: the subjective and the objective. In this research the subjective evaluation with and without the use of a visual reference scale and the objective method of the *Pavement Condition Index* were used. The results of the evaluations were compared with the aid of a Geographic Information System for Transport from the generation of thematic maps. It was possible to observe that both methods of evaluation can be used, since they present consistent results with each other. Besides it is concluded that the use of a Geographic Information System for Transport can help in future elaborations and studies of plans for pavements maintenance and rehabilitation.

KEYWORDS: evaluation; pavement; geographic information systems.

RESUMEN

Con el fin de orientar mejor los recursos destinados a la infraestructura, el Sistema de Gestión de Pavimentos utiliza métodos de evaluación de pavimentos para verificar las condiciones funcionales y estructurales de las vías. En la actualidad, para ayudar al Sistema de Gestión de Pavimentos, se han utilizado con mucha frecuencia los Sistemas de Información Geográfica. El presente trabajo tiene como objetivo comparar dos tipos de métodos para evaluar el estado de los pavimentos asfálticos: el subjetivo y el objetivo. En esta investigación se utilizó la evaluación subjetiva con y sin el uso de una escala de referencia visual y el método objetivo del Índice de Condición del Pavimento. Los resultados de las evaluaciones se compararon con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica para el Transporte basado en la generación de mapas temáticos. Se pudo observar que ambos métodos de evaluación pueden ser utilizados, ya que presentan resultados consistentes entre sí. Asimismo, se concluye que el uso de un Sistema de Infor-

mación Geográfica para el Transporte puede ayudar en futuras elaboraciones y estudios de planes de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

PALABRAS CLAVE: evaluación; pisos; sistemas de información geográfica.

1 Introdução

Nos últimos anos, o Brasil teve um aumento em sua frota de veículos, devido a vários incentivos financeiros oferecidos pelo governo. De acordo com os dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o país alcançou a marca de 115.116.532 veículos em 2022, número que cresceu 3,29% em relação a 2021. Entretanto, é importante ressaltar que os investimentos destinados à infraestrutura viária brasileira não acompanharam esse aumento, o que acarretou, então, uma maior deterioração dos pavimentos.

Segundo informações da Confederação Nacional de Transportes – CNT (2022), os recursos destinados à construção, manutenção e adequação de rodovias atingiram apenas 0,07% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2021. Cerca de 66% da extensão avaliada - de uma extensão total de 110,3 mil quilômetros de rodovias públicas e concedidas à gestão privada no Brasil - encontra-se em estado crítico de pavimentação, tendo condições que variam entre situação regular, ruim ou péssima.

Com poucos investimentos, cabe aos gestores analisar e priorizar quais seções do pavimento que necessitam de mais atenção, garantindo a manutenção da malha viária, a partir de um orçamento predefinido e com um período de tempo determinado. O mesmo problema ocorre nas universidades públicas, onde muitas vezes há falta de recursos, que aceleram a deterioração da infraestrutura local.

Tendo em vista o problema exposto, torna-se necessário o Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP).

O SGP constitui-se, atualmente, em uma importante ferramenta de administração, objetivando determinar a forma mais eficaz da aplicação dos recursos públicos disponíveis, em diversos níveis de intervenção, de maneira

a responder às necessidades dos usuários dentro de um plano estratégico que garanta a melhor relação Custo-Benefício (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2011, p. 7).

No SGP, de forma a direcionar melhor os recursos destinados à infraestrutura, usam-se métodos de avaliação dos pavimentos para verificar as condições funcionais e estruturais das vias. A partir dessas avaliações, é possível identificar quais trechos necessitam de intervenção e que tipo de atividade é recomendado e estabelecer as prioridades, tendo em vista os limitados recursos.

As avaliações objetivas da superfície dos pavimentos flexíveis consistem na contagem e classificação dos defeitos que ocorrem na superfície do pavimento, a fim de auxiliar na identificação da melhor técnica de restauração ou reabilitação do pavimento.

Um dos índices objetivos utilizados para se calcular a condição de um pavimento é o método do *Pavement Condition Index* (PCI), conforme descrito na norma da American Society for Testing and Materials (ASTM, 2018). Tal método, segundo Leite e Silva (2013), permite avaliar a funcionalidade de um pavimento a partir das condições superficiais da via. Um exemplo é o trabalho de Aps, Balbo e Severi (1998), que avaliou pavimentos asfálticos em vias urbanas.

Tal método foi desenvolvido pelo grupo de engenheiros do exército dos Estados Unidos (USACE) e financiado pelo U.S. Air Force, que pretendia aplicar o método para gerenciar pavimentos de aeroportos. Com o tempo percebeu-se que o método seria eficiente para aplicação em pavimento de vias de tráfego rodoviário. Desde então ele se tornou um importante índice para gerenciamento e previsão de condições futuras dos pavimentos (Leite; Silva, 2013, p. 2).

Além dos métodos objetivos, como o do PCI, há os procedimentos subjetivos, por meio dos quais a avaliação também pode ser executada. A avaliação subjetiva consiste em determinar a condição da superfície de um pavimento segundo o ponto de vista dos usuários, a partir da atribuição de notas relativas ao conforto de viagem (DNIT 009/2003 - PRO).

Os estudos acerca das escalas visuais tiveram início com o trabalho de Hartgen *et al.* (1982), em que foram avaliadas subjetivamente as vias pavimentadas da cidade de Nova York, com o apoio de uma escala visual desenvolvida com fotos relacionadas aos intervalos da escala de valores adotada na avaliação. Fontenele e Fernandes Júnior (2013) utilizaram as opiniões de painéis de usuários para o estudo das condições de estradas não pavimentadas utilizando uma escala visual como referência, elaborada de forma similar à adotada por Hartgen *et al.* (1982).

Também com foco nas avaliações subjetivas, Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013) desenvolveram uma escala visual para a classificação de vias urbanas. A escala é constituída de cinco intervalos, com duas fotografias em cada um deles, variando de zero (condição péssima) a dez (condição ótima).

Essa escala foi avaliada posteriormente, em escritório, no trabalho de Pereira *et al.* (2013). Pelos valores obtidos na pesquisa, os autores concluíram que a escala visual é estável com o decorrer do tempo, podendo assim ser utilizada em avaliações futuras de pavimentos urbanos.

Atualmente, em auxílio ao SGP, tem-se utilizado frequentemente os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). A evolução dos SIGs possibilitou sua crescente utilização como ferramenta de auxílio à análise espacial, viabilizando a rápida avaliação de cenários geográficos e, conseqüentemente, tornando mais ágil as tomadas de decisão (Assis *et al.*, 2015). São várias as aplicações de SIG, a partir da superposição de mapas, na área de infraestrutura de transportes.

Segundo Munn (1979), a aplicação do método de superposição de mapas permite repartir a área de um mapa em porções, cada uma armazenando uma grande quantidade de informações. A superposição de mapas permite uma visualização espacial e geográfica da extensão dos impactos sofridos pela área de estudo e proporciona uma fácil comparação de alternativas.

Pesquisas focadas na área de infraestrutura de transportes, como as de Pantigoso (1998), Lima *et al.* (2004), Stuchi (2005), Fernandes Júnior *et al.* (2006), utilizaram um

SIG-T (Sistema de Informações Geográficas para Transportes). Nos trabalhos, ficou evidente que o uso de um SIG facilita as análises, agiliza o acesso aos dados necessários à gestão de pavimentos e proporciona uma maior integração dos múltiplos sistemas de gerenciamento de interesse aos administradores públicos municipais.

Neste estudo, buscou-se comparar dois métodos de avaliação da condição de pavimentos asfálticos: o subjetivo e o objetivo; e, ainda, verificar a aplicabilidade de uma escala visual a partir de comparações feitas com o auxílio de um SIG-T, bem como contribuir com o procedimento de avaliações subjetivas, com vista à aplicação de uma ferramenta simples em um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU).

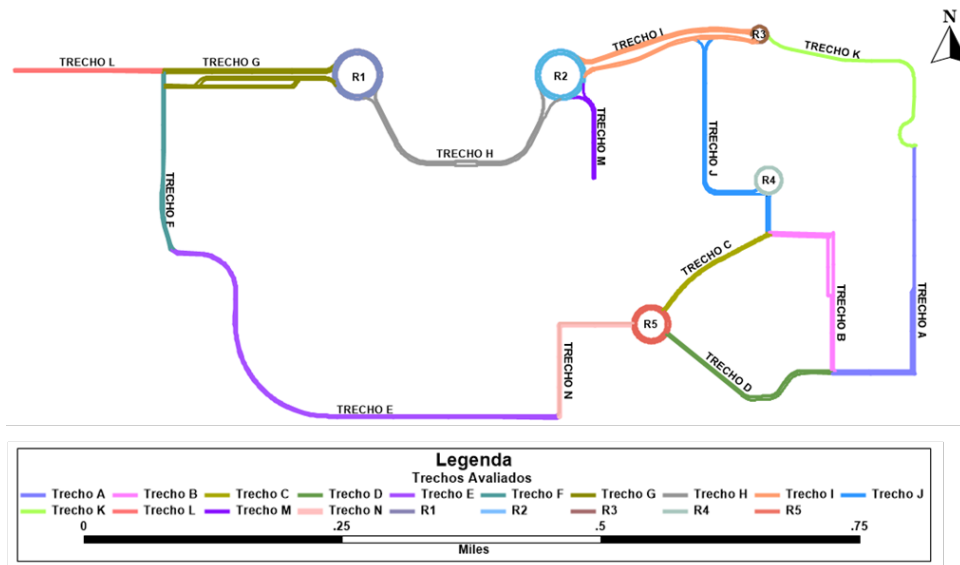
2 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi utilizado um banco de dados relativos às avaliações em trechos amostrais da rede de pavimentos de um *campus* universitário, realizadas no período de 2017 a 2018. Nos levantamentos, não foram considerados os parques (bolsões) de estacionamentos existentes no *campus*.

Inicialmente, o mapa da área de estudo precisou ser atualizado na base do SIG T, demarcando-se os trechos e suas subdivisões em seções e em Unidades Amostrais (UAs). A Figura 1 apresenta o mapa do *campus* com os 19 trechos avaliados.

Para as avaliações, os trechos foram divididos em seções, considerando cada faixa de tráfego (faixas 1 e 2), e estas, em UAs consecutivas de aproximadamente 135 a 315 m². No Quadro 1 estão discriminadas as divisões; as seções e as UAs são identificadas numericamente, e os trechos, por letras.

FIGURA 1 – Trechos analisados.



FONTE: Ignácio *et al.* (2018).

QUADRO 1 – Divisões das unidades amostrais, trechos e seções.

| UAs | Seções | Trecho | UAs | Seções | Trecho |
|-------|--------|--------|---------|--------|--------|
| 1-11 | 1 | K | 124-126 | 18 | N |
| 12-14 | 2 | R3 | 127-128 | 19 | |
| 15-22 | 3 | I | 129-130 | 20 | R5 |
| 23-30 | 4 | | 131-138 | 21 | |
| 31-40 | 5 | R2 | 139-141 | 22 | C |
| 41-47 | 6 | H | 142-144 | 23 | |
| 48-55 | 7 | | 146-148 | 24 | R4 |
| 56-65 | 8 | R1 | 145-152 | 25 | J |
| 66-73 | 9 | G | 153-161 | 26 | |
| 74-79 | 10 | | 162-170 | 27 | A |
| 80-87 | 11 | | 171-173 | 28 | |

| | | | | | |
|---------|----|---|---------|-------|---|
| 88-90 | 12 | L | 174-178 | 29 30 | D |
| | | | 179-183 | | |
| 91-93 | 13 | F | 184-189 | 31 | B |
| 94-98 | 14 | | 190-195 | 32 | |
| 99-103 | 15 | | 196-197 | 33 | M |
| 104-113 | 16 | E | 198-199 | 34 | |
| 114-123 | 17 | | | | |

Fonte: O próprio autor (2023).

As avaliações foram conduzidas em caminhadas durante os finais de semana, quando as condições meteorológicas eram favoráveis; especificamente, aos domingos, no turno da manhã, em função do horário concentrar menor tráfego de veículos, minimizando-se, assim, possíveis interrupções no procedimento e garantindo-se a segurança dos avaliadores durante as atividades.

A classificação subjetiva dos pavimentos foi realizada por meio de dois painéis. Em 2017, o painel foi composto por sete integrantes, e, em 2018, por seis integrantes. Em cada ano, foram realizadas duas avaliações subjetivas, separadas por um intervalo de aproximadamente três meses. Os membros de ambos os painéis eram discentes do curso de Engenharia Civil da própria instituição. Para um dos painéis (Painel_{info_básica}) foram oferecidas apenas instruções de como o processo de avaliação deveria ser feito, enquanto ao outro (Painel_{escala_visual}), além das instruções básicas, foi apresentada a escala visual, para ser usada como referência nas avaliações.

Assim, forneceu-se um formulário individual, em que foram registradas as imperfeições no pavimento, levando-se em conta o nível de desconforto que elas causavam aos usuários da via. Ao longo de todo o período de avaliação, os avaliadores atribuíram uma pontuação que variava de zero (péssimo) a cem (excelente) para cada uma das UAs do pavimento.

Quanto às avaliações objetivas, foram coletados dados referentes aos defeitos presentes em cada UA da malha de pavimentos do *campus*, conforme o procedimento do método PCI (ASTM, 2018). Ressalta-se que o levantamento de defeitos para o cálculo do PCI só foi realizado uma vez em cada ano de análise.

Com as avaliações em mãos, partiu-se para a geração dos mapas temáticos em função das classificações das seções e trechos. Para tanto, as coordenadas geográficas referentes aos pontos de início e fim das seções e dos trechos foram estimadas a partir do *Google Earth*, e uma base de pontos e de linhas foi desenvolvida no SIG-T.

A partir da média das notas atribuídas às UAs, chegou-se às notas de cada seção. Para os trechos, por sua vez, calculou-se a média das notas das seções contidas em cada um. A escala de cores correspondente a cada classificação da condição da superfície do pavimento que foi utilizada nos mapas seguiu a recomendação da ASTM (2018) e está reproduzida na Figura 2.

FIGURA 2 – Escala de cores adaptada da American Society for Testing and Materials (2018).

| | Padrão PCI | Cores |
|-----|------------|------------------------|
| 100 | Excelente | Verde Escuro |
| 85 | Muito Bom | Verde Claro |
| 70 | Bom | Amarelo |
| 55 | Regular | Vermelho Claro |
| 40 | Ruim | Vermelho Intermediário |
| 25 | Muito Ruim | Vermelho Escuro |
| 10 | Péssimo | Cinza Escuro |
| 0 | | |

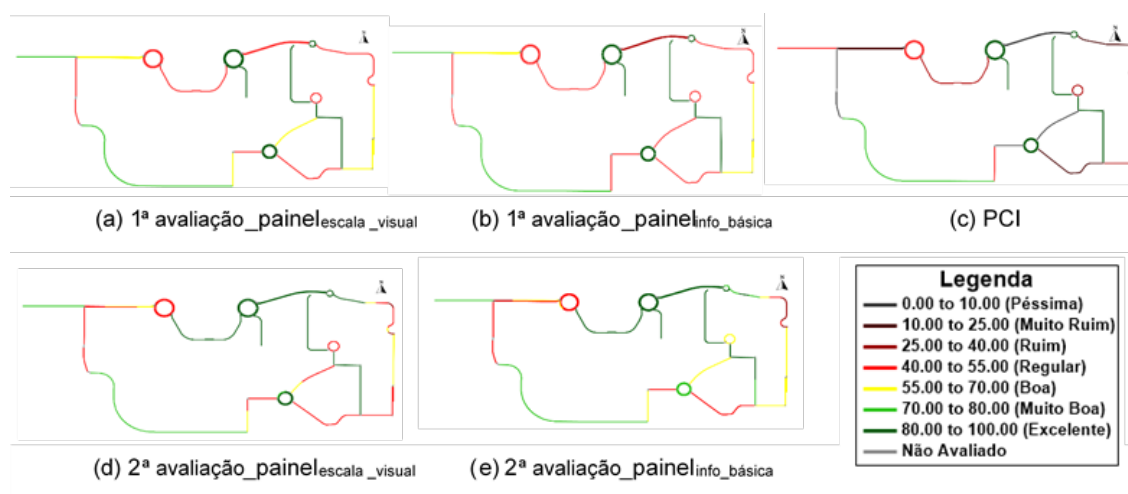
FONTE: Adaptado de ASTM (2018).

3 Resultados e Discussão

Com base nos mapas temáticos gerados, foram realizadas análises comparativas entre as avaliações subjetivas e objetivas. Na Figura 3 (faixa 1) e na Figura 4 (faixa 2), estão os mapas obtidos com as médias das classificações, por seções, avaliadas no ano de 2017.

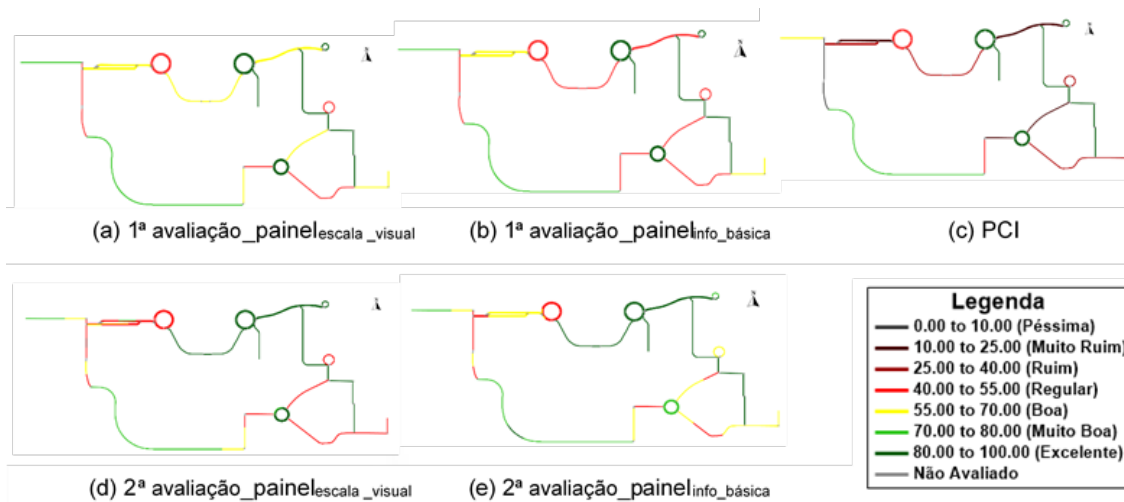
Ao se analisar os mapas das Figuras 3 e 4, referentes à avaliação do ano de 2017, percebe-se que, tanto para a faixa 1 quanto para a faixa 2, quando comparadas as avaliações subjetivas, nota-se proximidade nas classificações entre os dois painéis, em ambos os momentos das avaliações. Há uma discordância nas notas na região superior do mapa, o que, possivelmente, é resultado do recapeamento asfáltico realizado nessas UAs entre as avaliações.

FIGURA 3 – Mapas das avaliações de 2017 - Seções faixa 1.



FONTE: O próprio autor (2023).

FIGURA 4 – Mapas das avaliações de 2017 - Seções faixa 2.

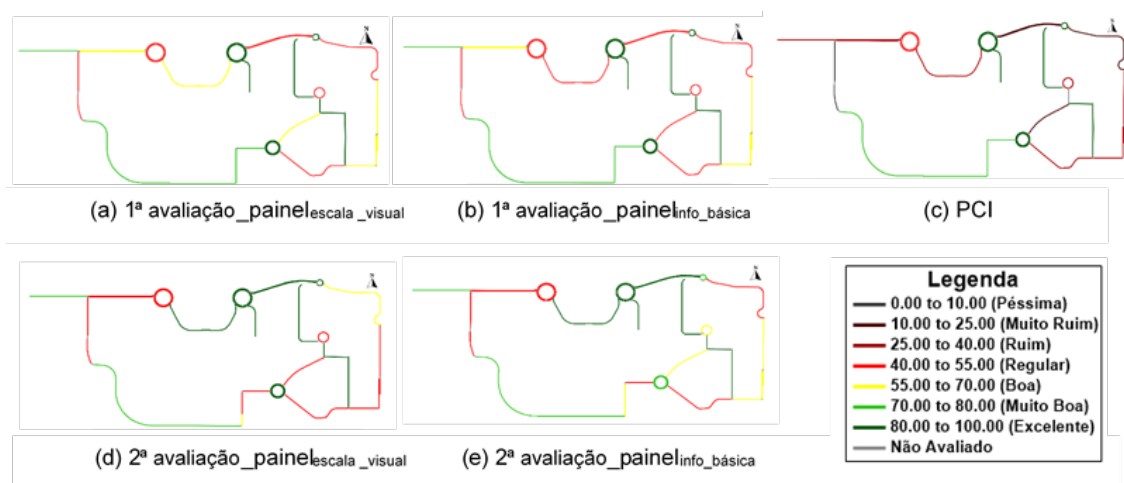


FONTE: O próprio autor (2023).

Porém, ao se comparar as classificações subjetivas com a objetiva, nota-se que, na primeira avaliação, a média das notas no método PCI é inferior à das notas atribuídas pelos dois painéis. Ou seja, as classificações obtidas pelo PCI foram mais rigorosas.

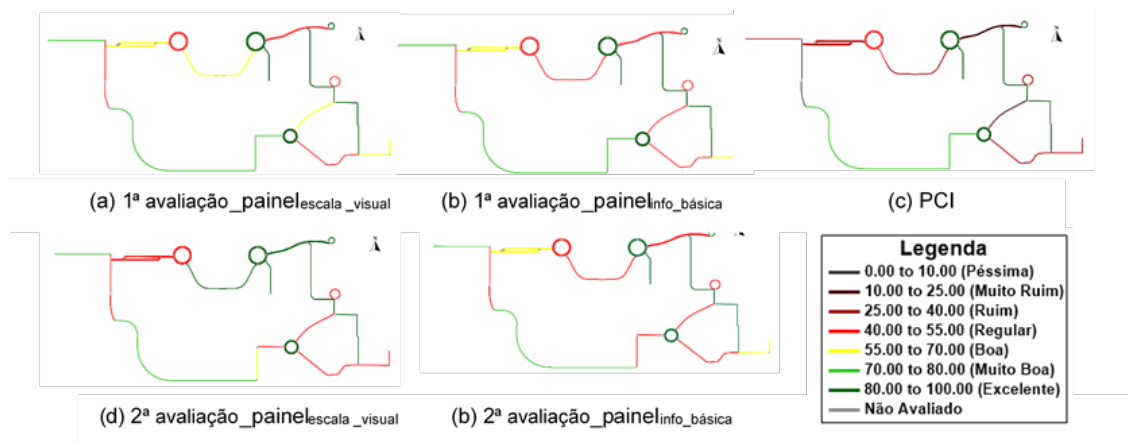
Nas Figuras 5 e 6 são apresentados os mapas de classificação dos trechos no ano de 2017.

FIGURA 5 – Mapas das avaliações de 2017 - Trechos faixa 1



FONTE: O próprio autor (2023).

FIGURA 6 – Mapas das avaliações de 2017 - Trechos faixa 2



FONTE: O próprio autor (2023).

Observa-se, nas Figuras 5 e 6, que as classificações de ambos os painéis são praticamente idênticas. Em relação aos trechos em que existe uma diferença, na primeira avaliação, o Painel_{escala_visual} obteve notas superiores, como “boa” no trecho C e “excelente” em R5. No entanto, na segunda avaliação, as notas atribuídas pelo Painel_{info_básica} foram superiores às do Painel_{escala_visual}, como, por exemplo, “boa” e “regular”, respectivamente, para os trechos A e C.

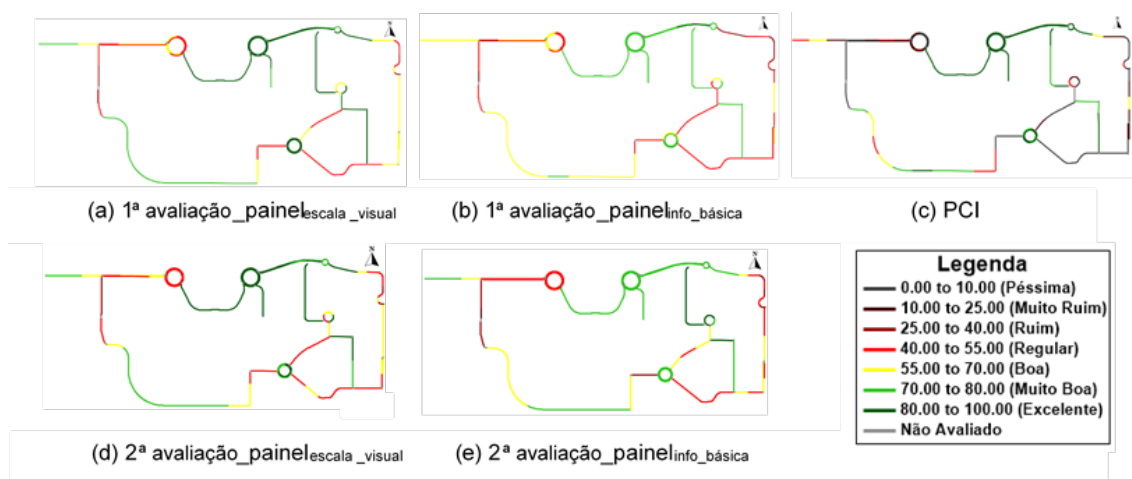
Analisando-se as diferenças entre a primeira e a segunda avaliação, percebe-se que no Painel_{escala_visual} houve divergências em seis dos dezenove trechos (Trechos G, H, K, A, C e N). Destacando-se que, em quatro desses trechos, a primeira avaliação registrou notas mais altas que a segunda. Já no Painel_{info_básica} houve concordância em treze dos dezenove trechos (Trechos A, B, D, E, F, I, J, K, L, M, R1, R2 e R3), e, em quatro trechos, a segunda avaliação registrou notas superiores às da primeira avaliação.

No que tange à comparação das classificações resultantes do procedimento objetivo, é perceptível que, na primeira avaliação realizada pelos painéis, dez dos dezenove trechos avaliados obtiveram notas em diferentes intervalos de

classificação, sendo as notas atribuídas pelos avaliadores superiores àquelas obtidas pelo método do PCI.

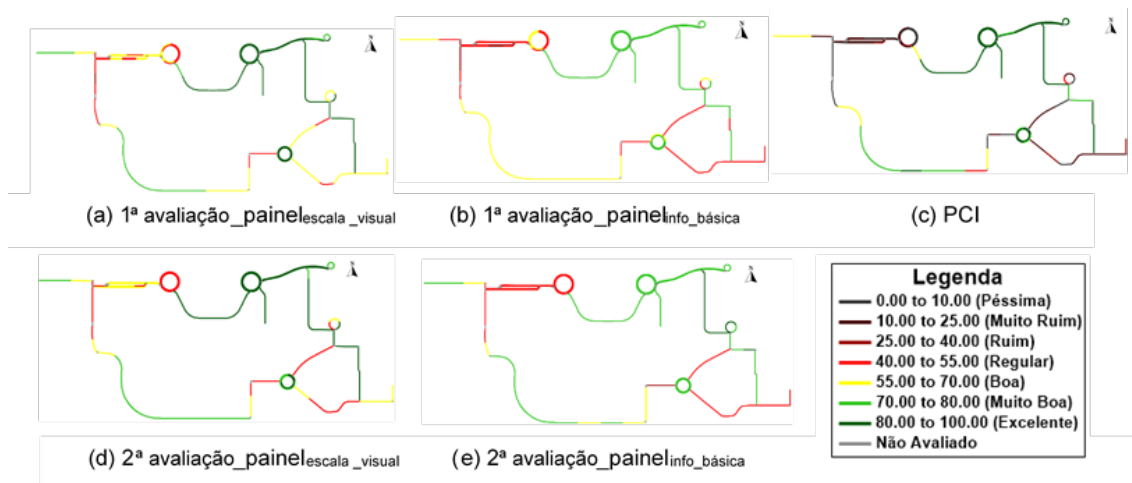
Os mapas temáticos gerados com a média das seções realizadas no ano de 2018 estão apresentados nas Figuras 7 e 8.

FIGURA 7 – Mapas das avaliações de 2018 - Seções faixa 1



FONTE: O próprio autor (2023).

FIGURA 8 – Mapas das avaliações de 2018 - Seções faixa 2

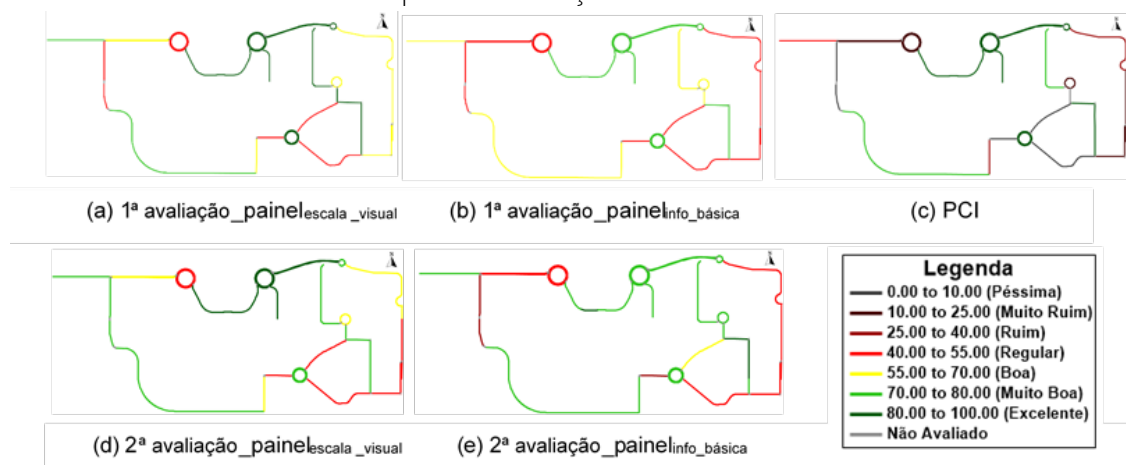


Fonte: O próprio autor (2023).

Em relação a primeira avaliação subjetiva do ano de 2018, as seções obtiveram notas similares. Na segunda avaliação do pavimento, verificou-se uma maior evidência na semelhança entre as classificações do Painel_{escala_visual} e do Painel_{info_básica}. De uma forma geral, no ano de 2017, os valores de PCI foram menores na avaliação da malha asfáltica, quando comparados com os valores fornecidos pelos avaliadores do Pain_{escala_visual} e do Painel_{info_básica}.

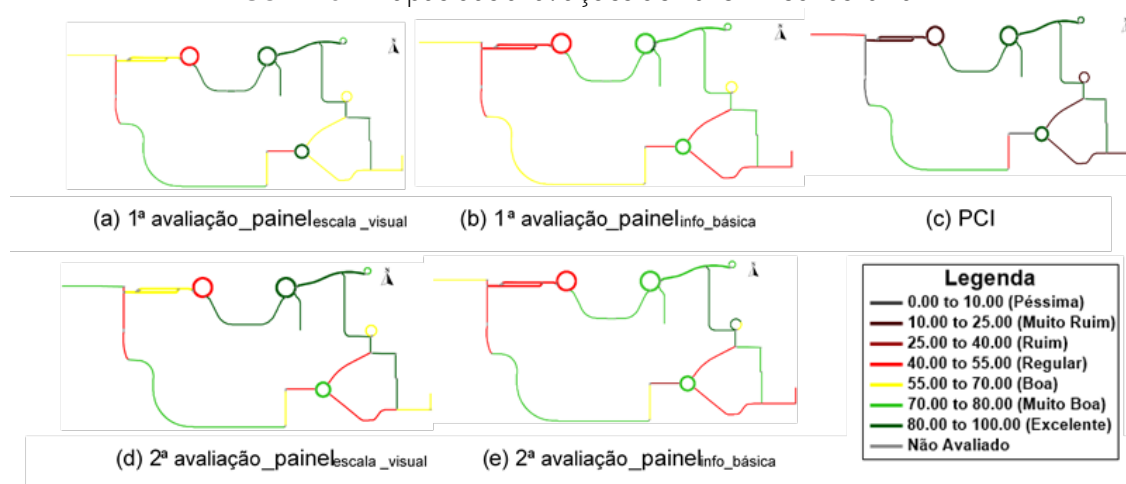
As Figuras 9 e 10 representam os mapas temáticos relativos às classificações dos trechos no ano de 2018.

FIGURA 9 – Mapas das avaliações de 2018 - Trechos faixa 1



Fonte: O próprio autor (2023).

FIGURA 10 – Mapas das avaliações de 2018 - Trechos faixa 2



Fonte: O próprio autor (2023).

Observando-se os mapas temáticos referentes à primeira avaliação de 2018, nota-se que dez dos dezoito trechos avaliados receberam notas coerentes entre os dois painéis. Dos nove trechos divergentes (L, E, B, J, G, H, M, R5 e R2), em cinco (B, H, M, R2 e R5) a avaliação Painel_{escala_visual} atribuiu nota superior. Já na segunda avaliação, houve uma certa proximidade entre as notas atribuídas.

Ao se comparar o Painel_{escala_visual} da primeira avaliação com o da segunda avaliação, percebe-se que seis dos dezoito trechos receberam notas divergentes, tendo a segunda avaliação registrado notas superiores, pois quatro desses trechos (Trechos B, J, R3 e R5) haviam passado por recapeamento da malha asfáltica.

Levando-se em consideração os mapas relacionados ao Painel_{info_basica} em 2018, dos dezoito trechos avaliados, cinco estão em intervalos de classificação diferentes (Trechos L, F, E, C e J); desses, a primeira avaliação registra nota superior em apenas um trecho.

Em relação às avaliações subjetiva e objetiva, as notas atribuídas por meio do PCI foram “péssimas” e “muito ruins” (Trechos A, C, D, G e R4), enquanto as conferidas por meio dos painéis subjetivos foram “boa” e “regular”.

4 Considerações finais

De forma geral, após as análises dos mapas temáticos, nota-se que as avaliações subjetivas foram consideradas coerentes, pois os resultados foram semelhantes entre si. Assim, conclui-se que ambas as formas de avaliação (com e sem a escala visual de referência) podem ser utilizadas. Da mesma maneira, apresentaram resultados próximos ou até superiores aos da avaliação objetiva em alguns trechos. Isso pode ter ocorrido pelo fato de alguns avaliadores julgarem que alguns defeitos (que são contabilizados no PCI) não influenciam na qualidade da viagem. Em virtude de o procedimento subjetivo

ser mais ágil e simples e proporcionar dados satisfatórios, infere-se que uma avaliação subjetiva para a verificação da condição asfáltica é aceitável em nível de rede.

Em relação ao método subjetivo, verificou-se, ainda, que as notas atribuídas não sofreram grandes alterações nas classificações entre a primeira e a segunda avaliação, diferindo em alguns trechos em que a malha asfáltica sofrera recapeamento. A partir disso, completa-se que a escala visual é estável ao longo do tempo.

Após a criação dos mapas temáticos, nota-se que a divisão por trechos conferiu melhor visibilidade dos resultados em comparação com a divisão por seções, facilitando a comparação entre os métodos estudados.

Por fim, conclui-se que o uso de um SIG-T pode auxiliar em futuras elaborações e estudos de planos para manutenção e reabilitação de pavimentos, por meio da geração de mapas temáticos, visto que eles possibilitam verificar rapidamente locais com necessidade de intervenção.

Referências

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D6433-18**: Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. West Conshohocken: ASTM International, 2018.

APS, M.; BALBO, J. T.; SEVERI, A. A. Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas utilizando o método do PCI. *In*: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 31., 1998, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ABPv, 1998.

ASSIS, J.; M.; O.; CALADO, L.; O.; SOUZA, W.; M.; SOBRAL, M.; C. Mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Belém de São Francisco – PE nos Anos de 1985 e 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 5, p. 859-870, 2015.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. **Pesquisa CNT de Rodovias 2022**. Brasília: CNT, 2022. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

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, 2003.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de gerência de Pavimentos**. Rio de Janeiro: DNIT, 2011.

FERNANDES JÚNIOR, J. L.; STUCHI, E. T.; LOPES, S. B. Interferências de obras de serviços de água e esgoto sobre o desempenho de pavimentos urbanos. *In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA*, 13., 2006, Maceió. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ABPv, 2006.

FONTENELE, H.; B.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. Desenvolvimento de um instrumento para avaliação da condição de estradas não pavimentadas. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 7, n. 1, p. 11-21, jun. 2013.

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.

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. *In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET*, 32., 2018, Gramado. **Anais [...]**. Gramado: ANPET, 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Frota de Veículos 2022**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120>. Acesso em: 15 ago. 2023.

LEITE, A. M. S.; SILVA, J. P. S. Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas de Palmas/TO, Utilizando o Método PCI (*Pavement Condition Index*). *In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 9., 2013, Palmas. **Anais [...]**. Palmas: UFT, 2013.

LIMA, J. P.; LOPES, S. B.; ZANQUETTA, F.; ANELLI, R. L. S.; FERNANDES JR, J. L. Uso de SIG para a Gerência de Infraestrutura de Transportes: Estudo de Caso em São Carlos-SP. *In: WORKSHOP Planejamento Integrado: em busca de desenvolvimento sustentável para cidades de pequeno e médio portes*, 1., 2004, Braga. **Anais [...]**. Braga, 2004.

MUNN, R. E. **Lecture 10 – What is environmental assessment?** Connecticut, Conservation of Natural Resources, 1979.

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

PANTIGOSO, J. F. G. **Uso dos Sistemas de Informação Geográfica para a Integração da Gerência de Pavimentos Urbanos com as Atividades das Concessionárias de Serviços Públicos**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

PEREIRA, L. A.; OLIVEIRA, F. M.; SILVA JUNIOR, C. A. P.; FONTENELE, H. B. Utilização de escala visual para avaliação das vias urbanas. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 5, n. 4, p. 140-150, dez. 2013.

STUCHI, E. T. **Interferências de obras de serviços de água e esgoto sobre o desempenho de pavimentos urbanos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.