

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS COM O AUXÍLIO DE UM SIG-T

COMPARISON OF EVALUATION METHODS OF FLEXIBLE PAVEMENT CONDITION WITH A GIS-T ASSISTENCE

Antonio Carlos Pescador Junior¹, Carlos Alberto Prado da Silva Junior², Heliana Barbosa Fontenele²

¹Universidade Estadual de Londrina, Discente de Engenharia Civil. Rodovia PR 445, km 380. Bairro Universidade. Londrina. Paraná. Brasil. CEP 86050-070. E-mail: antoniocpescador@gmail.com

²Universidade Estadual de Londrina, Docentes do Departamento de Engenharia Civil. Rodovia PR 445, km 380. Bairro Universidade. Londrina. Paraná. Brasil. CEP 86057-970. E-mails: cprado@uel.br; heliana@uel.br

RESUMO

Este trabalho objetiva comparar os resultados de dois métodos (subjetivo e objetivo) de avaliação da condição de pavimentos flexíveis por meio de mapas temáticos gerados em um Sistema de Informação Geográfica para Transportes (SIG-T). A geração dos mapas foi feita com base em um banco de dados de avaliações de algumas vias de um campus universitário. As avaliações subjetivas foram realizadas por dois painéis de avaliadores contendo 5 membros em cada painel, sendo estes 3 homens e 2 mulheres. Um dos painéis recebeu apenas informações básicas sobre o procedimento de avaliação (painel_{info_basica}), enquanto o outro utilizou uma escala visual como referência (painel_{escala_visual}) com o objetivo de homogeneizar a pontuação atribuída pelos seus membros. As avaliações objetivas foram feitas pelo método do *Pavement Condition Index* (PCI), que se baseia nos tipos, medidas e severidades dos defeitos para a classificação do pavimento. Concluiu-se que ambos os tipos de avaliações subjetivas (com ou sem a escala visual) podem ser utilizadas, visto a semelhança entre os mapas gerados. Além disso, há certa semelhança com os resultados das avaliações objetivas. Finalmente, percebe-se que um SIG-T pode ser usado como ferramenta para auxiliar nas análises das condições dos pavimentos flexíveis e apoiar as tomadas de decisão dos gestores.

Palavras-chave: avaliação objetiva, avaliação subjetiva, escala visual, defeitos.

ABSTRACT

This research aims to compare the results of two methods (subjective and objective) for assessing the condition of flexible pavements through thematic maps generated in a Geographic Information System for Transport (GIS-T). The generation of the maps was done based on a database of evaluating of some university campus streets. The subjective evaluations were carried out by two panels of raters with 5 members in each, being these 3 men and 2 women. One of the panels received only basic information about the evaluation procedure (panel_{basic_info}), while the other used a visual scale as reference (panel_{visual_scale}), with the aim of homogenizing the score attributed by its members. The objective evaluations were done by the *Pavement Condition Index* (PCI) method, which verifies the types, measures and severities of the distresses for the pavement rating. It was concluded that both types of subjective evaluations (with or without visual scale) can be used, given the similarity between the generated maps. In addition, there is some similarity with the results of the objective evaluations. Finally, a GIS-T can be used as a tool to assist the analysis of flexible pavements condition and to support the managers' decision-making.

Keywords: objective evaluation, subjective evaluation, visual scale, distresses.

1. INTRODUÇÃO

A partir da constatação da crescente redução de recursos destinados à infraestrutura, que reflete na falta de investimentos na manutenção da infraestrutura viária, nota-se uma acelerada deterioração dos pavimentos.

Assim, com poucos investimentos cabe aos gestores analisar e definir quais seções do pavimento necessitam de uma intervenção mais rápida, para garantir uma manutenção eficaz dentro de um orçamento predefinido e em um determinado período de tempo.

Surge aí a importância da implementação de adequados Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP). O SGP visa direcionar os recursos disponíveis, de maneira eficaz, a partir da avaliação do desempenho das vias, estabelecendo qual delas terá prioridade na manutenção da malha, de acordo com o tipo de intervenção necessária e a melhor relação Custo-Benefício (DNIT, 2011).

A condição da superfície dos pavimentos pode ser obtida por meio de avaliações objetivas, como por exemplo, o método do PCI (ASTM, 1999) e de avaliações subjetivas (DNIT 009/2003-PRO). O método do PCI foi desenvolvido pelo grupo de engenheiros do exército dos Estados Unidos (USACE), e financiado pelo *U.S. Air Force*, com o objetivo de gerenciar a pavimentação de aeroportos. Em pouco tempo notou-se que o método possuía aplicabilidade para a gerência de pavimentos rodoviários, passando a ser muito utilizado nos Estados Unidos e tornando-se um índice importante para o gerenciamento e previsão de condições futuras de pavimentos (Leite *et al*, 2013).

Já a avaliação subjetiva consiste em avaliar a condição do pavimento asfáltico pela atribuição de notas por um grupo de usuários, que determinam o conforto da viagem de acordo com o seu ponto de vista.

Para auxiliar nesse tipo de avaliação, foi desenvolvida uma escala visual por Oliveira *et al*. (2013). Tal escala apresenta 5 intervalos de classificação, com variações entre 0 (condição péssima) à 10 (condição excelente), onde cada intervalo contém duas fotografias que apresentam a condição do pavimento para aquele intervalo. Posteriormente, Pereira e Fontenele (2013) avaliaram a escala em escritório, concluindo que a escala é estável e que poderia ser aplicada em avaliações de pavimentos asfálticos no futuro.

Ao longo do mundo, para mapear e gerenciar a situação existente nas vias urbanas, vem sendo utilizados com maior frequência os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Isso se deve à evolução das ferramentas com a superposição de mapas, que permite repartir a área de um mapa em porções, onde cada uma armazena uma grande quantidade de informações (Munn, 1979). A superposição de mapas proporciona uma fácil comparação de alternativas por permitir a visualização espacial e geográfica dos impactos na área.

De acordo com pesquisas na área de infraestrutura de transportes, realizadas por Pantigoso (1998), Lima *et al*. (2004), Stuchi (2005) e Fernandes Júnior *et al* (2006), que se utilizaram de um Sistema de Informações Geográfica para Transportes (SIG-T), ficou evidente que um SIG facilita as análises e o acesso às informações necessárias aos administradores, o que possibilita uma integração dos múltiplos sistemas de gerenciamento.

Com isso, desenvolveu-se este trabalho para comparar os métodos objetivo e subjetivo de avaliação de pavimentos com o auxílio de um SIG-T e que permitiu verificar a aplicabilidade de uma escala visual. Dessa forma, com o estudo é possível contribuir com uma alternativa ao procedimento de avaliações subjetivas a partir do uso de uma ferramenta simples em um SGP.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, usou-se como área de estudo a Universidade Estadual de Londrina (UEL). As vias avaliadas foram divididas em Unidades Amostrais (UAs) consecutivas com 30 metros de extensão cada, de forma a apresentarem uma área de $225 \pm 90 \text{ m}^2$, conforme exigido no método PCI. As UAs foram distribuídas ao longo de 11 Trechos (Ramos e Fontenele, 2016). Os trechos foram definidos segundo as intersecções das vias dos pavimentos e classificados pelo método do PCI (avaliação objetiva), e por avaliações subjetivas com dois painéis. Um dos painéis recebeu apenas informações básicas do procedimento de avaliação (painel_{info_basica}) e o outro usou uma escala visual como referência para suas avaliações (painel_{escala_visual}). As informações do procedimento subjetivo dada

a ambos os painéis foram baseadas na norma do DNIT 009/2003-PRO e adaptadas de acordo com as condições específicas desta pesquisa.

Para a comparação visual dos dados obtidos em campo, mapas temáticos foram gerados. Para tanto, o mapa do Campus da UEL foi importado do *software* AutoCAD, com sua localização geográfica determinada, para o SIG-T. O próximo passo foi criar bases de dados de linhas para representar os trechos das vias do campus, as seções contidas em cada trecho e as UAs contidas em cada seção. Na Figura 1 está apresentado o mapa gerado com a representação dos trechos avaliados.

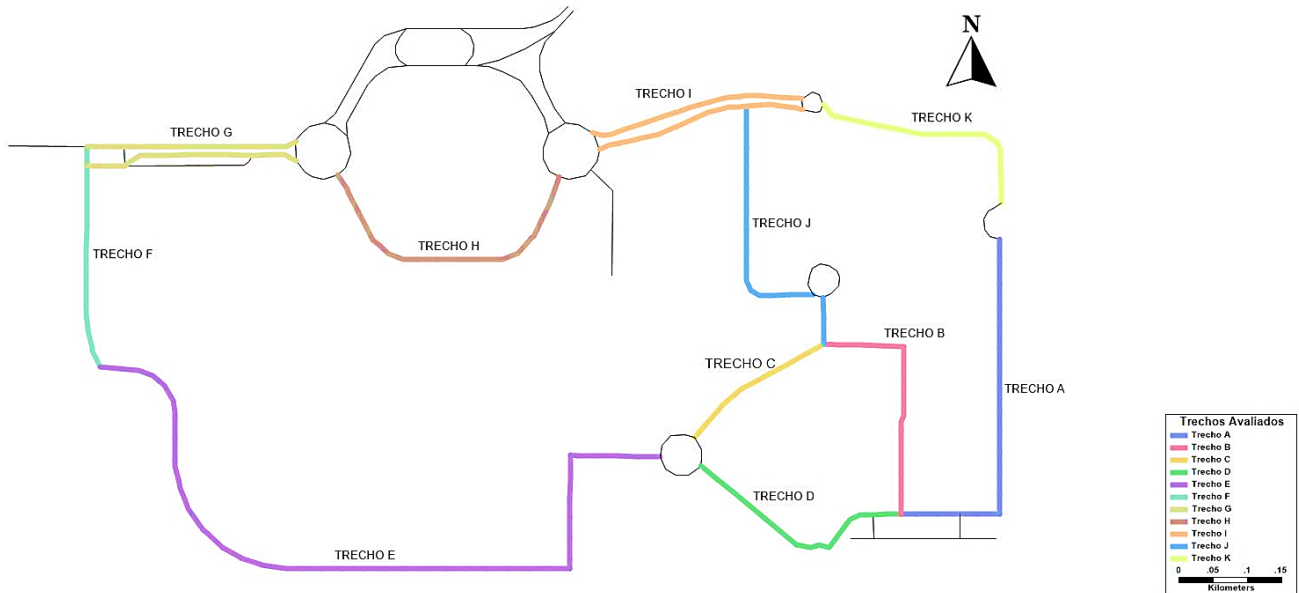


Figura 1: Mapa dos trechos avaliados no campus universitário

Na *dataview* da base de linhas das UAs foram inseridas colunas com os valores das avaliações realizadas em campo em cada UA contendo: as notas médias gerais de cada painel; os valores de PCI; as notas de cada membro dos painéis (Av1, Av2 etc.); as notas médias por sexo dentro de cada painel. Na Figura 2 uma parte da referida *dataview* está apresentada como exemplo.

ID/Ds	Length/Nome	Subjetiva_esc_visual	Subjetiva_info_basica	PCI_1982	Av1_fem	Av2_masc	Av3_fem	Av4_masc	Av5_masc	Av6_fem	Av7_masc	Av8_fem	Av9_masc	Av10_masc	m_fem_info_basica
1	0.04 Rua Bambuzal	59	62	51.00	50	70	55	55	65	52.50	50	65	70	50	57.50
2	0.03 Rua Bambuzal	62	70	77.00	70	75	45	55	67	57.50	67.00	60	80	80	75
3	0.03 Rua Bambuzal	66	71	66.00	70	76	50	65	70	60.00	70.00	65	80	80	72.50
4	0.03 Rua Bambuzal	67	76	90.00	70	75	55	60	75	62.50	75.00	65	80	90	77.50
5	0.03 Rua Bambuzal	75	81	84.00	80	80	65	70	80	72.50	80.00	70	85	90	80.00
6	0.03 Rua Bambuzal	70	69	83.00	65	75	65	60	83	65.00	73.00	65	75	80	72.50
7	0.03 Rua Bambuzal	61	65	83.00	50	75	50	50	82	50.00	75.00	60	70	70	65.00
8	0.03 Rua Bambuzal	70	67	78.00	60	75	65	70	80	62.50	75.00	60	60	75	67.50
9	0.03 Rua Bambuzal	59	64	84.00	50	60	50	55	74	50.00	60.00	55	75	60	57.50
10	0.03 Rua Bambuzal	59	65	72.00	50	70	50	50	75	50.00	70.00	55	75	60	57.50
11	0.03 Rua Bambuzal	55	61	66.00	50	70	50	45	61	50.00	61.00	60	60	60	60.00
12	0.03 Rua Bambuzal	54	53	68.00	40	75	40	50	66	40.00	66.00	50	40	50	50.00
13	0.03 Rua Bambuzal	47	47	34.00	40	60	30	40	67	35.00	60.00	45	40	45	42.50
14	0.03 Rua Bambuzal	63	57	68.00	60	70	60	70	53	60.00	70.00	50	60	60	50.00
15	0.03 Rua Bambuzal	58	54	66.00	60	70	50	55	55	55.00	55.00	45	50	50	47.50
16	0.03 Rua Bambuzal	55	56	64.00	50	69	45	60	52	47.50	60.00	50	50	60	55.00
17	0.03 Rua Bambuzal	50	54	62.00	45	60	40	55	50	42.50	55.00	45	50	60	52.50
18	0.02 Rua Bambuzal	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
19	0.03 Rua Tipuana	35	29	48.00	20	58	25	30	41	22.50	41.00	25	30	20	22.50
20	0.03 Rua Tipuana	38	27	18.00	40	50	30	35	35	35.00	35.00	25	25	20	22.50
21	0.03 Rua Tipuana	36	24	23.00	30	55	30	35	32	30.00	35.00	20	15	20	20.00

Figura 2: *Dataview* com os valores do PCI, avaliadores e médias para cada UA.

A subdivisão dos trechos em seções foi feita de modo que cada trecho possuísse duas seções com cerca de 3 e 5 UAs cada. De acordo com os critérios considerados, apresenta-se, na Tabela 1, a divisão adotada no estudo.

Tabela 1: Organização da divisão dos Trechos, Seções e UAs

Trecho	Seções	UAs		Trecho	Seções	UAs	
Trecho A	A1	1-5		Trecho G	G1	93-97	
	A2	6-9			G2	98-102	
	A3	10-13			G3	103-107	
	A4	14-17			G4	108-112	
Trecho B	B1	18-21		Trecho H	H1	113-114; 116-118	
	B2	22-25			H2	119-123	
	B3	26-28			H3	125-129	
Trecho C	C1	29-32		Trecho I	I1	130-134	
	C2	33-35			I2	135-139	
Trecho D					I3	140-144	
					I4	145-149	
				J1	150-154		
				J2	155-159		
Trecho E	D1	36-39		Trecho J	J3	160-163	
	D2	40-43			Trecho K	K1	164-167
	D3	44-46				K2	168-171
	E1	47-50	K3	172-174			
	E2	51-55					
	E3	56-60					
	E4	61-65					
	E5	66-70					
Trecho F	E6	71-75					
	E7	76-80					
	E8	81-84					
	F1	85-88					
Trecho F	F2	89-92					

Uma *dataview* foi criada para a inserção das classificações por seção. A nota de cada seção foi obtida através da média das notas atribuídas às UAs que a compõe. O mesmo foi feito para os trechos, sendo estes representados pelos valores médios das seções contidas em cada um. Tanto na *dataview* para as seções, como na *dataview* para os trechos, foram inseridos a média geral de cada painel, os valores de PCI e as médias por sexo dentro de cada painel.

Partindo-se dos dados inseridos nas *dataviews*, foram criados mapas temáticos representando as médias obtidas pelo painel_{escala_visual}, painel_{info_basica}, e PCI, tanto para as UAs, as seções, os trechos e por gênero dos avaliadores.

Durante a geração dos mapas temáticos os intervalos de classificação foram alterados de acordo com a escala de valores utilizada no PCI, assim como os nomes atribuídos a cada intervalo de classificação na legenda do mapa. As cores e espessuras das linhas utilizadas nos mapas também foram selecionadas de forma a proporcionarem melhores contrastes para que pudessem ser diferenciadas e realizadas as análises comparativas. A Figura 6 representa a caixa de diálogo para a customização dos mapas temáticos.

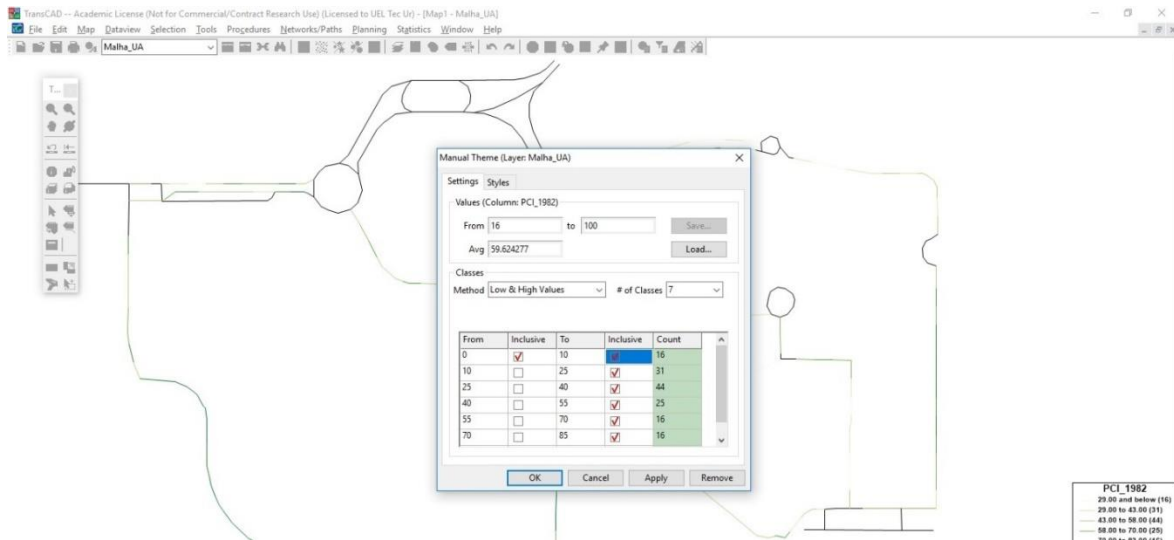


Figura 6: Caixa de diálogo para a customização dos mapas temáticos no SIG-TransCAD.

3. RESULTADOS E ANÁLISES

A partir dos mapas gerados por meio do SIG-T é possível fazer a análise visual comparativa entre as avaliações subjetivas (por tipo de painel e por sexo) e as avaliações objetivas. Na Figura 7 são apresentados os mapas temáticos gerados de acordo com as médias das classificações das UAs.

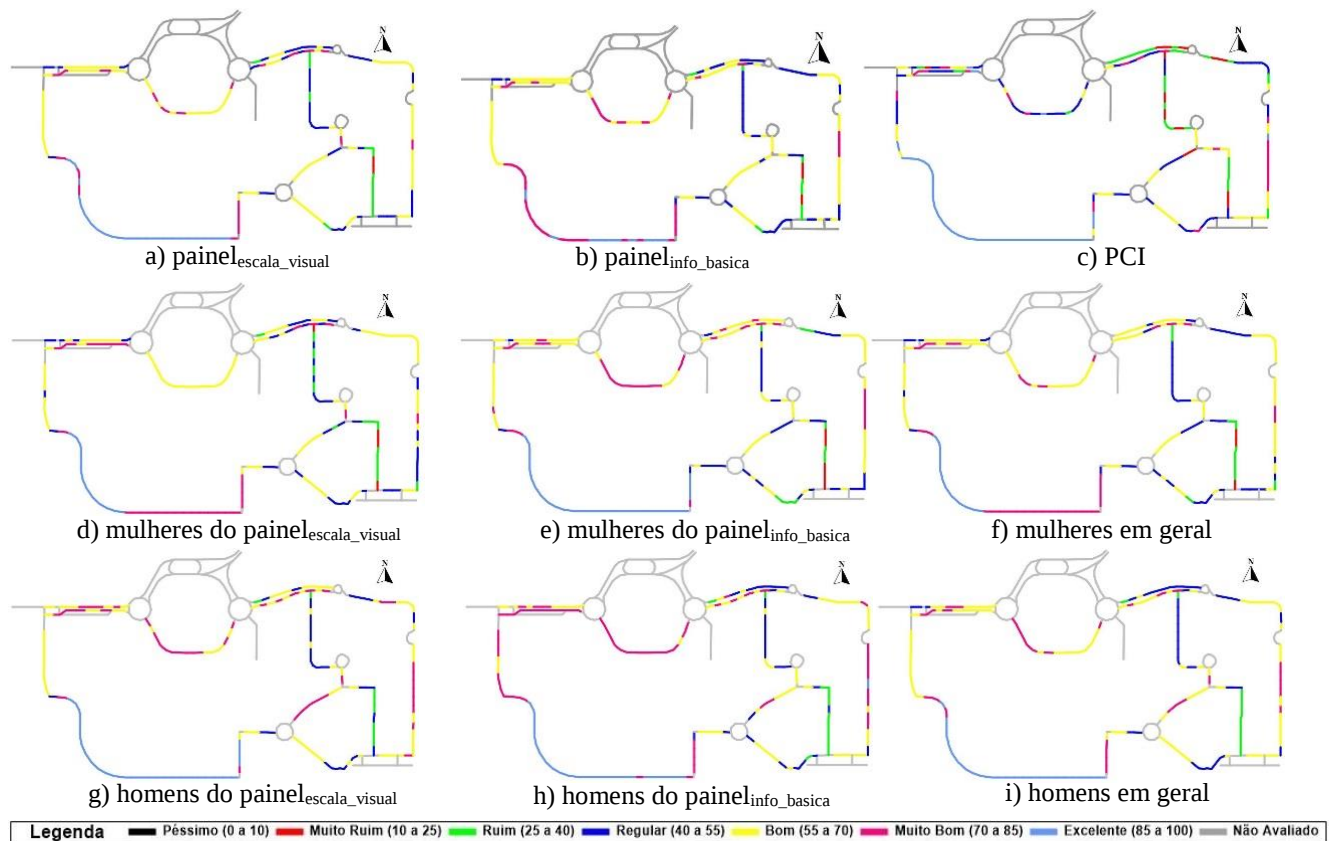


Figura 7: Mapas temáticos das avaliações por UAs

Ao analisar a situação existente na avaliação subjetiva, de acordo com a legenda apresentada para os mapas, nota-se que há certa proximidade entre os painéis. Essa concordância apresenta-se tanto para as comparações entre os painéis em sua totalidade, quanto na divisão por sexo dentro dos painéis.

Quando se comparam os diferentes métodos, essa correlação entre os painéis de avaliadores e o PCI acontece na metade Sul do campus, região por onde as avaliações iniciaram. Já na comparação entre os sexos, onde há diferenças entre os mapas das UAs, percebe-se que as médias das notas atribuídas pelos homens costumam ser maiores que as das mulheres, fato que pode indicar que, no caso deste estudo, membros do sexo feminino foram mais exigentes nas avaliações das vias avaliadas. Para exemplificar, em certas UAs os homens indicaram, em termos gerais, a classificação excelente (notas entre 85 e 100), enquanto que as mulheres as classificaram como muito boas (notas entre 70 e 85); já outras classificadas pelo sexo masculino como ruins (notas entre 25 e 40), receberam, pelo sexo feminino, a classificação de muito ruim (notas entre 10 e 25).

A Figura 8 representa os mapas temáticos relativos às notas médias das seções.

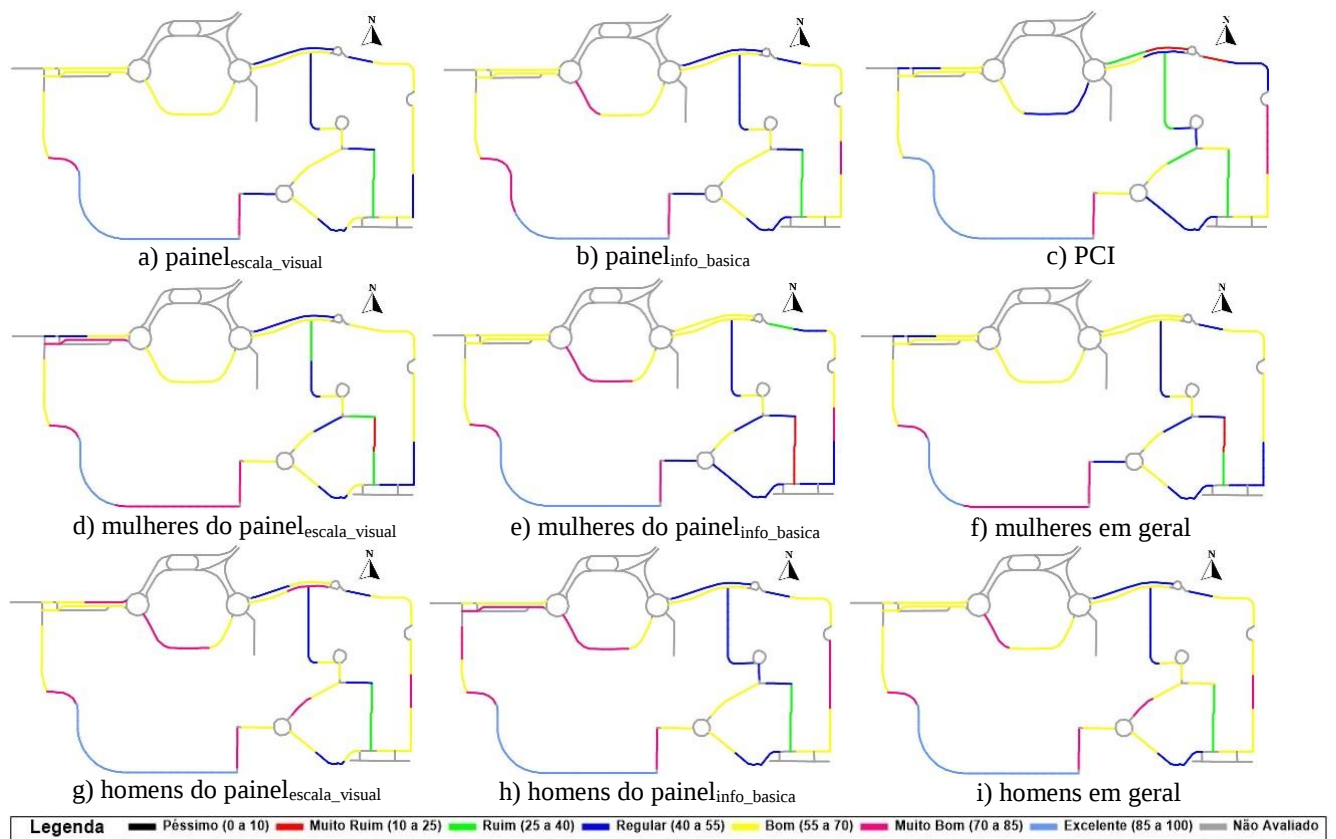


Figura 8: Mapas temáticos das avaliações por seções

Ao adotar a avaliação do pavimento por seções, representadas pelas médias de 3 a 5 UAs, verifica-se uma maior evidência na semelhança entre os painéis da avaliação subjetiva, e que estes, quando comparados com o método objetivo, apresentam similaridades na região Sul da UEL.

As seções também mostraram, assim como nas UAs, que na comparação entre os sexos, as avaliações realizadas pelas mulheres possuem notas menores, apresentando maior exigência, neste estudo, na avaliação da malha asfáltica. Ou seja, de uma forma geral, seções classificadas, por exemplo, pelos avaliadores como excelentes (notas entre 85 e 100), muito boas (notas entre 70 e 85) e ruins (notas entre 10 e 25), receberam pelas avaliadoras, respectivamente, as classificações: muito bom (notas entre 70 e 85), bom (notas entre 55 e 70) e muito ruim (notas entre 10 e 25). A Figura 9 contém os mapas temáticos gerados em função das classificações por trechos.

Em um panorama mais geral, os trechos tornam a comparação ainda mais fácil, e pode-se perceber que as avaliações são praticamente iguais entre os painéis (com e sem uma escala visual), diferenciando-se apenas no Trecho K onde a nota atribuída pelo painel_{escala_visual} foi relativamente superior à do painel_{info_basica}.

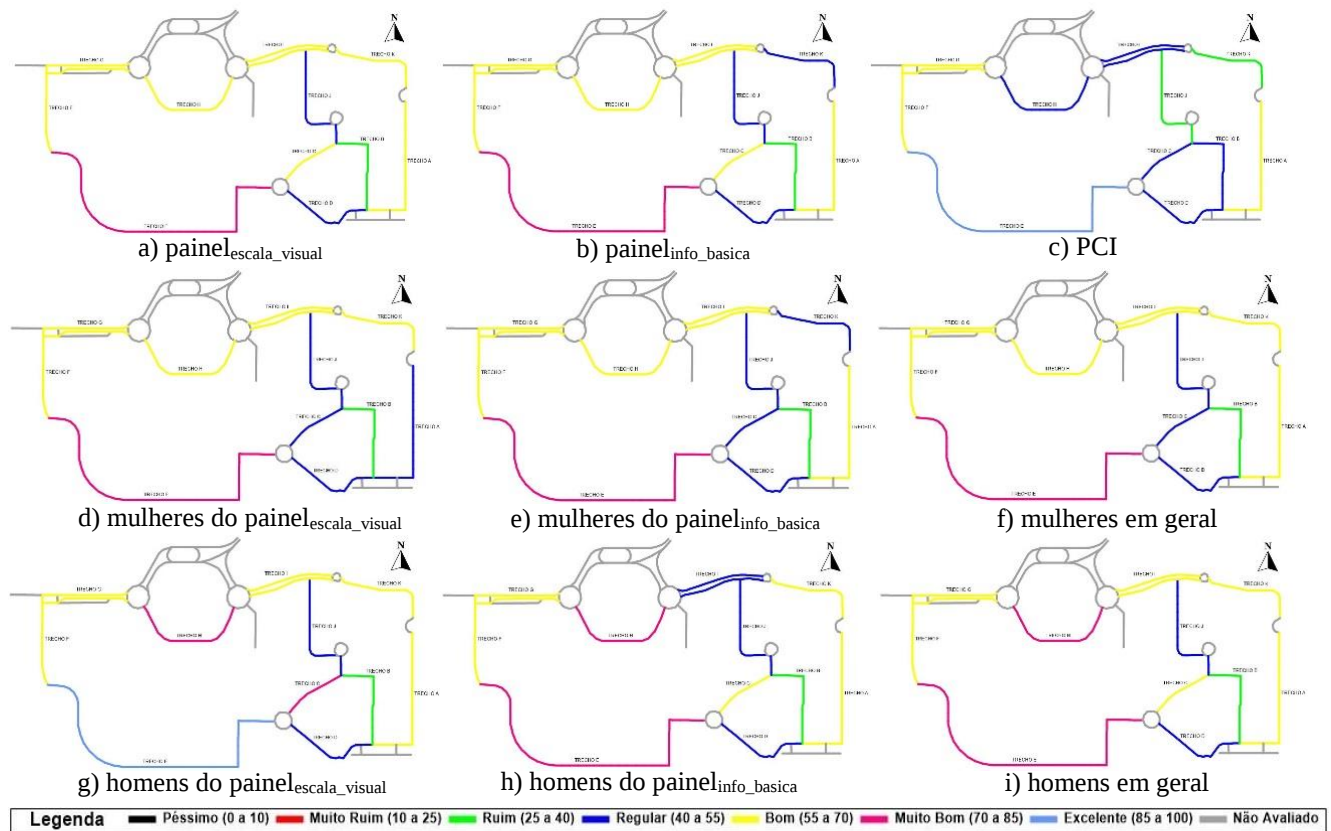


Figura 9: Mapas temático para as avaliações por Trechos

Ao comparar a avaliação subjetiva com a objetiva, nota-se que apenas 4 dos 11 trechos receberam notas equivalentes ao mesmo intervalo de classificação (trechos A, D, F e G). Além disso, percebe-se que dos 7 trechos restantes, apenas 2 tiveram notas maiores no PCI (trechos B e E) enquanto os demais 5 trechos foram classificados em pior situação de acordo com o PCI, incluindo o Trecho K, que obteve resultados diferentes em todas as avaliações.

Avaliando as diferenças entre os membros de cada sexo, percebe-se que no painel_{escala_visual} houve concordância em 7 dos 11 trechos (Trechos B, D, F, G, I, J e K) e que nos demais 4 trechos, os avaliadores do sexo masculino atribuíram uma nota maior na sua percepção, em relação ao sexo feminino (Trechos A, C, E e H).

Já no painel_{info_basica} obteve concordância em 7 trechos, assim como no painel_{escala_visual}, porém em trechos diferentes (Trechos A, B, D, E, F, G e J) e nos 4 trechos que se diferem, 1 destes trechos apresentou nota maior entre os membros do sexo feminino (Trecho I), enquanto os 3 restantes estavam em melhor situação de acordo com os integrantes do painel do sexo masculino (Trechos C, H e K).

Porém, ao se comparar as médias obtidas pelas avaliações de todas as mulheres com as médias das avaliações de todos os homens, os mapas temáticos são praticamente idênticos, apenas os trechos C e H apresentam diferenças nos intervalos de classificação, sendo estes melhores na opinião dos homens. Ou seja, para os indivíduos do sexo masculino o trecho C está bom (nota de 55 a 70) e o trecho H está muito bom (nota de 70 a 85), já para os do sexo feminino estes trechos estão regular (nota de 40 a 55) e bom (nota de 55 a 70), respectivamente.

4. CONCLUSÕES

Após a análise dos mapas, nota-se que os mapas temáticos por trecho apresentam resultados mais claros que os das UAs e das seções e, portanto, facilitou a comparação entre os métodos. Conclui-se que ambas as avaliações subjetivas podem ser utilizadas, visto que, visualmente, produzem resultados semelhantes. As mesmas ainda apresentam resultados próximos aos da avaliação objetiva, com isso, o gestor pode utilizar uma avaliação subjetiva para verificar a condição asfáltica, visto que é um procedimento mais rápido e simples.

Contudo, verifica-se que a semelhança entre as avaliações subjetiva e objetiva estão mais presentes nos trechos em que o PCI apresenta uma nota média na escala, ou seja, entre regular e bom. As diferenças nos demais trechos podem ocorrer em função dos avaliadores julgarem que alguns defeitos, que são considerados nos cálculos do PCI, não influenciam na qualidade da viagem.

Ao utilizar um SIG-T, verifica-se que seu uso pode auxiliar as análises das condições dos pavimentos flexíveis através da geração de mapas temáticos, identificando rapidamente os locais em que os resultados demonstram a necessidade de manutenção e qual a sua urgência, apoiando as tomadas de decisão dos gestores.

Percebe-se também que o sexo do avaliador não influencia no resultado final. Apesar de os membros do sexo feminino, em alguns trechos, apresentarem maior rigor na avaliação, os resultados se aproximam daqueles gerados pelos homens.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica e pelo auxílio financeiro à pesquisa (Chamada nº 01/2016 – nº do processo: 408409/2016-9).

5. REFERÊNCIAS

ASTM – American Society for Testing Materials. ASTM D 6433 – 99. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. 1999.

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. 1. ed. p. 189. Rio de Janeiro, 2011.

FERNANDES JR., J. L.; STUCHI, E. T.; LOPES, S. B. Interferência de Obras de Serviços de Água e Esgoto Sobre o Desempenho de Pavimentos Urbanos. In: 13ª Reunião de Pavimentação Urbana, 2006, Maceió-AL. Anais da 13ª RPU. Rio de Janeiro-RJ: Associação Brasileira de Pavimentação – ABPv, 2006.

FONTENELE, H. B., FERNANDES JÚNIOR, J. L. Desenvolvimento de um instrumento para avaliação da condição de estradas não pavimentadas. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil. V.7, n.1, pp. 11-21, 2013

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*). 9º Seminário de Iniciação Científica. Palmas, 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. v. 1, p. 78-90, Braga, 2004.

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

PANTIGOSO, J. F. G. Uso dos sistemas de informações geográficas para a integração da gerência de pavimentos urbanos com as atividades das concessionárias de serviços públicos. 1998. 163 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – EESC/USP. 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. In: 19ª Reunião Pavimentação Urbana, 2013, Cuiabá. 19ª Reunião Pavimentação Urbana. v. 1. p. 1-12. Rio de Janeiro: ABPv, 2013.

RAMOS, M. C. Avaliação de Pavimentos com uma Escala Visual. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

STUCHI, E. T. Interferência de obras de serviço de água e esgoto sobre o desempenho de pavimentos urbanos. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – EESC/USP. São Carlos, 2005.