

Avaliação das condições de superfície de pavimentos urbanos com o auxílio de ferramentas de análise espacial

Urban pavements surface condition assesement using spatial analysis tools

Bruno de Oliveira Lázaro¹, Maria Lígia Chuerubim², Rogério Lemos Ribeiro³, Yuri Mendonça de Almeida⁴, Marcus Vinicius de Oliveira Tristão⁵

¹Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais – Brasil, brunodeoliveiralazaro.engcivil@gmail.com

²Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais – Brasil, marialigia@ufu.br

³Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais – Brasil, rogerio.ribeiro@ufu.br

⁴Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais – Brasil, ialmeidayuri@gmail.com

⁵Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais – Brasil, marcuspresbiteriano.2010@gmail.com

Recebido:

18 de janeiro de 2021

Aceito para publicação:

16 de novembro de 2021

Publicado:

30 de março de 2022

Editor de área:

Kamilla Vasconcelos

Palavras-chave:

Avaliação de pavimentos.

Análise espacial.

Geotecnologias.

Keywords:

Pavement assesement.

Spatial Analysis.

Geotechnologies.

DOI:10.14295/transportes.v30i4.2539

RESUMO

Neste trabalho são apresentadas abordagens distintas de avaliação da condição da superfície de pavimentos urbanos, fundamentadas em conceitos derivados de técnicas tradicionais de levantamento expedito, como também em metodologias de análise espacial e geoprocessamento. A partir desta problemática, elaborou-se um estudo de caso ao longo da Avenida Segismundo Pereira, na cidade de Uberlândia/MG, Brasil, onde foram coletadas informações associadas à frequência, à intensidade e a localização de manifestações patológicas da superfície do pavimento, com base na avaliação subjetiva, e com o auxílio de técnicas de geoprocessamento e de procedimentos estatísticos de análise espacial. Por meio dos resultados obtidos, observou-se que a superfície do pavimento da avenida analisada se encontra em estado predominantemente bom. No entanto, esta condição não se estende aos trechos da avenida inseridos em regiões submetidas às mudanças no padrão de uso e ocupação do solo, a intensidade e a composição do tráfego típico, nos quais a condição da superfície do pavimento foi diagnosticada como sendo ruim ou péssima.

ABSTRACT

In this work, different approaches for evaluating the surface condition of urban pavements are presented, based on concepts derived from traditional expedited survey techniques, as well as on spatial analysis and geoprocessing methodologies. From this issue, a case study was developed along Avenida Segismundo Pereira, in the city of Uberlândia/MG, Brazil, where information associated with the frequency, intensity and location of pathological manifestations of the pavement surface was collected, with based on subjective evaluation, and with the aid of geoprocessing techniques and statistical procedures for spatial analysis. Through the results obtained, it was observed that the pavement surface of the analyzed avenue is in a predominantly good condition. However, this condition does not extend to the stretches of the avenue inserted in regions subject to changes in the pattern of land use and occupation, the intensity and composition of typical traffic, in which the condition of the pavement surface was diagnosed as being poor or very bad.



1. INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das cidades, fenômeno experimentado em escala global e mais pronunciado em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento como o Brasil, vem acarretando mudanças estruturais na configuração do ambiente urbanizado (Medina, 1997; Prestes, 2001; Lessa *et al*, 2019). Entre estas mudanças, destacam-se aquelas relacionadas à mobilidade e aos transportes, como o aumento da demanda das populações urbanas por infraestruturas viárias resilientes, que permitem o fluxo de veículos, bens, serviços e pessoas de modo eficiente e seguro ao longo do espaço geográfico (Misra *et al*, 2003; Muñoz e Hidalgo, 2013).

Neste sentido, diversos autores têm empreendido esforços para o desenvolvimento de novas metodologias de planejamento, construção e gerenciamento de infraestruturas viárias, a fim de que estas possam desempenhar de maneira adequada e com qualidade suas funções (Liang *et al*, 2020; Pinatt *et al*, 2020). Desta forma, atualmente, muito se têm discutido entre profissionais da área de Engenharia de Transportes a elaboração de estudos que visam avaliar a condição dos elementos que compõem a infraestrutura viária, dentre os quais destacam-se os pavimentos viários urbanos.

Os pavimentos viários são estruturas perecíveis, pois estão sujeitas a ação direta de intempéries e ao fluxo constante de cargas dinâmicas (Misra *et al*, 2003; Li e Huang, 2014). Ademais, como qualquer obra de engenharia, os pavimentos estão sujeitos a inadequações de projeto, falhas de execução e processos de degradação provenientes de práticas inadequadas de manutenção e gestão viária (Lessa *et al*, 2019).

Diante da importância dos pavimentos viários ao desenvolvimento das cidades e em função de seus impactos na vida das populações urbanas, a comunidade científica internacional tem, constantemente, desenvolvido metodologias para avaliar a condição da superfície de pavimentos (Pinatt *et al*, 2020). Esta avaliação consiste, basicamente, em aferir as condições estéticas, funcionais e estruturais da camada de rolamento por meio da identificação, mensuração e classificação de defeitos ou manifestações patológicas (Kirbas e Karasahin, 2018; Liang *et al*, 2020; Pinatt *et al*, 2020). Porém, na maioria das vezes, o índice de condição do pavimento é o único indicador de qualidade disponível para muitos sistemas de gerência de pavimentos urbanos (Bertollo, 1997 *apud* Paéz, 2015).

Desta forma, torna-se necessário elaborar estudos que melhor permitam avaliar a condição de trafegabilidade dos pavimentos viários, de modo a estabelecer ferramentas que possibilitem a manutenção ou recuperação de sua qualidade e eficiência (Li e Huang, 2014; Kirbas e Karasahin, 2018; Pinatt *et al*, 2020). Com estes estudos, é possível orientar a tomada de decisão por parte de órgãos competentes a fim de otimizar o funcionamento da infraestrutura viária urbana e, com isso, auxiliar no desenvolvimento da mobilidade nas cidades de forma confortável, acessível, sustentável e inteligente (Mittal *et al*, 2017).

Nesta perspectiva, o presente trabalho realizou um estudo exploratório com o objetivo de empregar, de forma integrada, métodos tradicionais de avaliação de pavimentos e geotecnologias para avaliar, de forma subjetiva e espacialmente, a existência de patologias na superfície do pavimento ao longo de uma importante via da cidade de Uberlândia/MG – a Avenida Segismundo Pereira. Para tanto, elaborou-se uma escala de avaliação quantitativa e qualitativa do pavimento, baseada em recomendações técnicas nacionais e internacionais. Os valores obtidos com a avaliação foram espacializados com a finalidade de representar a variabilidade espacial da condição de superfície do pavimento na via analisada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção foi abordada uma breve revisão da literatura sobre o processo de avaliação de pavimentos, bem como sua importância para com a área de Engenharia de Transportes e Planejamento Urbano. Além disso, também foi exposto o atual estado da arte sobre a utilização de geotecnologias para a realização de estudos de avaliação da superfície de pavimentos.

2.1. Pavimentos urbanos e metodologias tradicionais de avaliação

No campo de estudo da Engenharia de Transportes e do Planejamento Urbano, os pavimentos se configuram como importantes elementos de infraestrutura das cidades (Kirbas e Karasahin, 2018; Lessa *et al*, 2019). Estes elementos são responsáveis por possibilitar o tráfego de bens, serviços e pessoas no ambiente urbanizado, favorecendo assim setores econômicos e culturais das cidades, além de influenciarem, de modo significativo, na dinâmica de uso e ocupação do solo (Arhin *et al*, 2015; Boyapati e Kumar, 2015).

As metodologias tradicionais de avaliação da superfície de pavimentos são divididas em duas categorias: a objetiva e a subjetiva. A avaliação objetiva é definida como aquela na qual são utilizados equipamentos eletrônicos e/ou analógicos para a medição de parâmetros na superfície do pavimento, como a textura e as manifestações patológicas (Prestes, 2001). Neste tipo de avaliação, o técnico responsável pelo manuseio dos equipamentos não exerce influência significativa na avaliação final do pavimento.

A avaliação subjetiva, por sua vez, é definida como aquela em que um corpo técnico se torna responsável por avaliar, por meio de uma escala numérica de notas, a condição da superfície da pista de rolamento. Nesta situação, as experiências individuais e a precisão da percepção dos avaliadores influenciam, significativamente, na análise final de modo a ser necessário a aplicação de técnicas de homogeneização estatística para a padronização dos resultados obtidos na avaliação (Danieleski, 2004; Boyapati e Kumar, 2015).

Todavia, de modo geral, os procedimentos metodológicos desenvolvidos para a avaliação da superfície de pavimentos viários orientam a análise dos seguintes parâmetros (AASHTO, 1993; DNIT, 2003):

- Tipo de defeito ou manifestação patológica: corresponde à identificação da anomalia na superfície do pavimento e sua classificação conforme causa e aspecto;
- Severidade das patologias: corresponde ao grau de evolução do defeito identificado e no estado de deterioração da área observada, e,
- Dimensão dos defeitos: corresponde à extensão geográfica, em área, ocupada pela patologia na superfície do pavimento.

Desta maneira, as metodologias de avaliação da superfície dos pavimentos são propostas com o objetivo de padronizar, direcionar e otimizar a realização de estudos avaliativos. Assim, elas se configuram como ferramentas que visam garantir a qualidade e eficiência das obras de pavimentação, além de oferecer resultados que possam servir como base para a tomada de decisão no que diz respeito à gestão dos pavimentos e da infraestrutura urbana de transportes (Danieleski, 2004, Liang *et al*, 2020).

Entretanto, apesar de se assemelharem em seus objetivos e fundamentos teóricos, as diversas diretrizes utilizadas para se avaliar pavimentos viários se distinguem no que diz respeito aos procedimentos para a avaliação (Corazza *et al*, 2016; Kirbas e Karasahin, 2018).

Cada metodologia leva em consideração uma tipologia de defeito a ser aferida, uma forma de levantamento de dados, modelos para a validação estatística dos dados obtidos e, por fim, recomendações vinculadas ao local em que se desenvolve a avaliação (Li e Huang, 2014).

A Tabela 1 apresenta as principais metodologias de avaliação da superfície de pavimentos viários abordadas na literatura. Maiores detalhes podem ser encontrados nos trabalhos desenvolvidos pelos autores referenciados na respectiva tabela.

Em relação às metodologias apresentadas na Tabela 1, salienta-se que apenas o Método de Zimmerman *et al* (1994) foi desenvolvido levando em consideração as particularidades de projeto, construção e gestão das vias urbanas. As demais metodologias se desenvolveram com o objetivo de promover a avaliação da superfície de pavimentos em vias rurais e rodovias interurbanas, não contemplando assim questões associadas ao uso e à ocupação do solo, a morfologia urbana, a dinâmica espaço-temporal de padrões construtivos e a interação do fluxo de tráfego com a condição da superfície do pavimento.

Tabela 1 – Principais metodologias de avaliação da superfície de pavimentos

Metodologia	Procedimento	Autores
Método PCI	<i>Pavement Condition Index</i>	Shahin e Khon (1979)
Manual de identificação SHRP	<i>Strategic Highway Research Program</i>	SHRP (1993)
Método de Zimmerman	Avaliação de pavimentos de Zimmerman	Zimmerman <i>et al</i> (1994)
Método Paragon	Avaliação e diagnóstico de pavimentos rodoviários PARAGON	Gontijo (1995)
Método VIZIR	Avaliação de condições superficiais de pavimentos de VIZIR	LCPC (1997)
PRO 006/2003	Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento	DNIT (2003)
PRO 007/2003	Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias	DNIT (2003)
PRO 008/2003	Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Procedimento.	DNIT (2003)
PRO 009/2003	Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento	DNIT (2003)

No Brasil, tradicionalmente, as normas DNIT PRO 006, DNIT PRO 007, DNIT PRO 008 e DNIT PRO 009, elaboradas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) são as mais utilizadas para se realizar a avaliação de pavimentos viários. Estas normativas orientam, respectivamente, a realização de levantamentos contínuos, objetivos e subjetivos, para a elaboração de estudos associados a desempenho, serventia e condição superficial de pavimentos tanto em rodovias quanto no ambiente das cidades.

Entretanto, as normativas brasileiras também não foram desenvolvidas com o objetivo específico de se promover a avaliação da superfície de pavimentos em áreas urbanas. Assim, os procedimentos metodológicos designados nestas normas se fundamentam em proposições gerais e análises estatísticas clássicas, de forma a não contemplar questões particulares associadas ao próprio desenvolvimento das cidades e que podem influenciar, de modo significativo, na conservação do estado da superfície das vias urbanas.

2.2. Novas abordagens para a avaliação da superfície de pavimentos

O crescimento acelerado das cidades, atrelado à preocupação das populações urbanas com questões relacionadas à qualidade e ao desempenho do ambiente construído, colaborou com a mudança na percepção de como o espaço urbano é planejado, construído e gerenciado. Esta mudança se não se restringiu apenas à cidade como um todo, mas também a seus elementos de infraestrutura que passaram a ser compreendidos e estudados de modo multicausal e

sistêmico (Lessa *et al*, 2019; Pinatt *et al*, 2020). Neste sentido, a comunidade científica tem empreendido esforços para estudar os diversos fatores que influenciam no funcionamento dos mais variados equipamentos de infraestrutura das cidades, dentre os quais se destacam as vias urbanas pavimentadas.

Atualmente, entende-se que o pavimento urbano possui projeto, construção, gestão e manutenção diferentes daqueles experimentados por um pavimento rodoviário (Vieira *et al*, 2016; Pinnat *et al*, 2020). Isso se deve, dentre vários fatores, à dinâmica espaço-temporal vivenciada pelas cidades e que provoca modificações geográficas, sociais, econômicas e ambientais substanciais tanto na infraestrutura que as define quanto nas populações que se residem em sua área de abrangência (Arhin *et al*, 2015).

Deste modo, as metodologias tradicionais de avaliação da superfície de pavimentos podem não contemplar a complexidade que envolve a pavimentação de vias urbana (Kirbas e Karasahin, 2018). Sendo assim, torna-se necessário a elaboração de novos procedimentos metodológicos ou a adequação das técnicas tradicionais para que seja possível compreender, de forma holística, os fenômenos multicausais que influenciam e/ou são influenciados pela condição de superfície dos pavimentos urbanos (Li e Huang, 2014, Vieira *et al*, 2016).

Nesta perspectiva, tem ganhado destaque na literatura especializada, estudos realizados com a utilização de geotecnologias, dentre as quais destacam-se as técnicas de sensoriamento remoto e fotogrametria aplicadas na avaliação das condições da superfície de pavimentos nas cidades (Chen *et al*, 2012; Boyaparti e Kumar, 2015). Estes estudos partem da utilização de imagens orbitais de alta resolução, fotografias e filmagens aéreas, receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*) e drones para a obtenção e a interpretação de informações georreferenciadas sobre as manifestações patológicas que acometem os pavimentos (Trombetta *et al*, 2010; Chen *et al*, 2012; Li e Huang, 2014; Boyaparti e Kumar, 2015; Vieira *et al*, 2016; Pinnat *et al*, 2020).

Estes estudos permitem estabelecer a associação de manifestações patológicas na superfície dos pavimentos à atributos de localização, permitindo modelar o comportamento espaço-temporal dessas patologias (Trombetta *et al*, 2010; Li e Huang, 2014). Além disso, os mesmos possibilitam analisar, de maneira sistêmica, como as patologias dos pavimentos se desenvolvem, influenciam e/ou são influenciadas pelos mais diversos fenômenos urbanos (Mittal *et al*, 2017; Albuberque e Núñez, 2012).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são apresentados os procedimentos metodológicos e os materiais utilizados para a realização do estudo de avaliação das condições das superfícies dos pavimentos urbanos por meio da utilização da metodologia de avaliação subjetiva e da utilização de geotecnologias no processo de aquisição de dados e na espacialização dos resultados obtidos por meio da abordagem proposta. Para tanto, foi desenvolvido um estudo de caso ao longo da Avenida Segismundo Pereira em Uberlândia/MG, Brasil, que representa uma das principais vias urbanas e que integra o Corredor Leste do sistema de transporte público da cidade.

3.1. Caracterização da área de estudo

A Avenida Segismundo Pereira localiza-se na região Leste da cidade de Uberlândia-MG, Brasil. Esta via possui, aproximadamente, seis quilômetros de extensão e se insere na área de

abrangência de quatro grandes bairros da zona urbana do município, sendo estes o Santa Mônica, o Segismundo Pereira, o Novo Mundo e o Vida Nova, conforme ilustra a Figura 1.

O corredor de ônibus que se instala na Avenida é composto por 11 estações de embarque e desembarque, além de um terminal de ônibus em sua extremidade final localizada no bairro Novo Mundo. Atualmente, este sistema de transporte promove o deslocamento de mais de 50 mil passageiros e oferece serviços de mobilidade urbana a moradores de cerca de 11 bairros da região Leste da cidade (Prefeitura Municipal de Uberlândia, 2020).

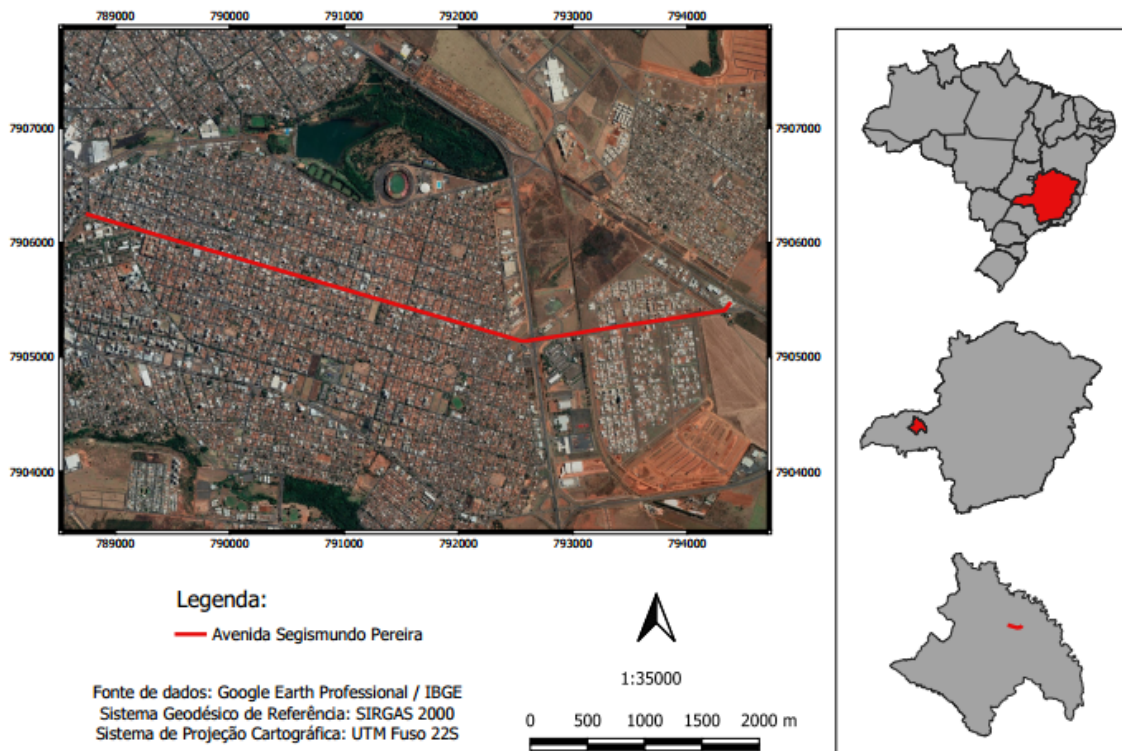


Figura 1. Localização da área de estudo

3.2. Coleta de informações georreferenciadas

Para a coleta de informações relacionadas à condição da superfície do pavimento ao longo da Avenida Segismundo Pereira, foram realizados dois procedimentos que serão descritas a seguir: as visitas em campo e a análise de imagens orbitais de alta resolução,

3.2.1. Visitas em campo para coleta de dados

As visitas em campo foram realizadas em toda a extensão da Avenida Segismundo Pereira, cujo trajeto foi percorrido a pé e por veículo, tanto no sentido Leste-Oeste quanto no sentido contrário. Foram realizadas sete visitas em dias distintos durante o período da manhã, das quais seis foram efetuadas a pé e uma por veículo automotivo. Optou-se por realizar as visitas no período da manhã, devido a intensidade do trânsito no local ser menor neste horário e, assim, possibilitar maior conforto e segurança aos técnicos durante o percurso.

Nas coletas realizadas a pé, as manifestações patológicas, os defeitos e as anomalias encontradas na superfície do pavimento foram registradas por meio de fotografias digitais. Além disso, foram utilizados receptores GNSS para registrar as coordenadas das estações de embarque e desembarque do corredor de ônibus.

Enquanto que na coleta realizada com veículo, foi registrado um vídeo contínuo do pavimento ao longo de toda a extensão da via. Além disso, no vídeo, também foi registrada a configuração dos padrões de uso e ocupação do solo circunjacente à Avenida Segismundo Pereira.

3.2.2. Coleta de informações por imagens orbitais

Em um primeiro momento, foram registrados dados relativos às manifestações patológicas na superfície do pavimento por meio de imagens orbitais de alta resolução. Estas informações foram obtidas de forma remota no *software Google Earth Professional* (2020), com satélites que ofereciam imagens digitais do satélite QuickBird multicromáticas, relativas ao período de maio de 2020, de resolução espacial da ordem de 1,00 m, parâmetros estes que atendem aos objetivos propostos neste trabalho de avaliação inicial de manifestações patológicas na superfície de pavimentos e são consonantes com os recomendados pela literatura (Arhin *et al*, 2015; Corazza *et al*, 2016; Kirbas e Karasahin, 2018; Pinatt *et al*, 2020).

As imagens foram salvas no próprio ambiente digital do *Google Earth Professional* a fim de permitir correções de distorção, contraste, saturação e contornos para, posteriormente, serem analisadas. Esta análise, por sua vez, se deu com o processo de inventário e de avaliação das manifestações patológicas na superfície do pavimento que eram perceptíveis nas imagens digitais. As informações coletadas nesta etapa foram validadas por meio dos dados coletados em campo.

3.3. Segmentação da via para a avaliação das patologias por trechos

Após a coleta das informações relativas à condição da superfície do pavimento, estes dados foram agrupados e segmentados em trechos equidistantes, de acordo com as recomendações da literatura (Danieleski, 2004; Li e Huang, 2014; Arhin *et al*, 2015; Pinatt *et al*, 2020). Deste modo, foram criados 12 trechos que correspondem ao espaço geográfico entre duas estações de embarque e desembarque subsequentes, ao longo do corredor de ônibus da Avenida Segismundo Pereira (Figura 2).



Figura 2. Segmentação dos trechos de análise

Embora a segmentação por trechos, segundo a literatura, costuma ser realizada levando em consideração a existência de regiões com características similares, no caso deste trabalho, a segmentação por trechos equidistantes foi realizada a fim de facilitar a visualização, a interpretação e a modelagem estatística dos dados espaciais. Deste modo, cada trecho é considerado equidistante em termos de extensão total, perfazendo uma distância aproximada de 250,00 metros entre as estações e, com isso, avaliou-se a quantidade e a severidade de um conjunto de manifestações patológicas ao longo de cada trecho e na via como um todo.

3.4. Identificação e avaliação das manifestações patológicas

Após a segmentação da avenida, elaborou-se uma planilha de avaliação da condição superficial do pavimento ao longo dos 12 trechos equidistantes, tanto no sentido Leste-Oeste quanto no sentido oposto. Esta planilha foi criada com base nas recomendações da literatura sobre a avaliação subjetiva da superfície de pavimentos (Shahin e Khon, 1979; SHRP, 1993; Zimmerman *et al*, 1994; Gontijo, 1995; LCPC, 1997; DNIT, 2003), a fim de descrever a ocorrência das seguintes observações: Trincas e Fissuras (TF), Afundamento de Trilha de Roda (ATR), Painelas (P), Exsudação (E), Segregação (S), Acúmulo de Água (AA), Conforto de Rolamento (CR), Qualidade Visual do Pavimento (QVP) e Sensação de Segurança no tráfego (SS).

Neste sentido, cada uma das manifestações patológicas e condições superficiais expostas anteriormente foram avaliadas por meio de uma escala numérica de pesos, variando de 1 a 5, relativas ao grau de severidade e intensidade com que a observação foi avaliada. Esta escala foi elaborada com base na literatura e encontra-se descrita na Tabela 2 (Shahin e Khon, 1979; SHRP, 1993; Zimmerman *et al*, 1994; Gontijo, 1995; LCPC, 1997; DNIT, 2003).

Tabela 2 – Escala de avaliação do pavimento

Peso	Significado	Interpretação
1	Péssimo	Superfície totalmente acometida
2	Ruim	Muitas ocorrências e grande severidade
3	Regular	Quantidade e severidade regulares
4	Bom	Poucas ocorrências e pouca severidade
5	Ótimo	Inexistência de ocorrências ou severidade mínima

Para a avaliação propriamente dita, cada um dos 12 trechos equidistantes foi avaliado por 4 técnicos, tanto no sentido Leste-Oeste quanto no sentido oposto. Deste modo, para cada trecho, foram registrados 4 conjuntos de notas, que variam de 1 a 5, conforme descrito na Tabela 2, atribuídas subjetivamente pelos técnicos a cada uma das análises das manifestações patológicas e das condições de superfície.

3.5. Análise estatística dos valores de avaliação

Conforme apresentado nas seções anteriores, este trabalho objetivou realizar uma avaliação subjetiva da condição geral de superfície do pavimento existente ao longo da Avenida Segismundo Pereira. Neste sentido, conforme recomendações encontradas na literatura, torna-se necessária a realização de procedimentos de normalização estatística, a fim de diminuir os efeitos individuais da avaliação realizada por cada técnico (Shahin e Khon, 1979; SHRP, 1993; Zimmerman *et al*, 1994; Gontijo, 1995; LCPC, 1997; DNIT, 2003).

Assim, em um primeiro momento, foram calculadas as médias, as variâncias e os desvios padrão do conjunto de notas atribuídas pelos 4 técnicos em cada trecho. Desta maneira, calculou-

se a severidade da manifestação patológica em cada segmento. Após este procedimento, foram calculadas também a nota média, a variância e o desvio padrão levando em consideração a totalidade da via. Os resultados obtidos nesta etapa encontram-se descritos na seção 4 deste artigo.

3.5. Análise espacial das manifestações patológicas no pavimento

Após o cálculo das notas médias relativas à avaliação da condição de superfície do pavimento, optou-se por construir uma matriz de densidade georreferenciada para a representação visual da variabilidade espacial dos dados obtidos. Esta matriz foi elaborada no *software PAST* versão 3.0 (PAST, 2020) e apresenta, em seu eixo horizontal, os 12 trechos equidistantes da avenida Segismundo Pereira. Já em seu eixo vertical, a matriz apresenta as manifestações patológicas e condições analisadas neste trabalho.

A representação das notas de severidade na matriz se deu por meio de uma escala de cores, variando em níveis de cinza, sendo tons mais próximos do preto correspondentes a notas mais altas, enquanto que os tons próximos do branco correspondem a notas mais baixas. A matriz, bem como as discussões a seu respeito, encontram-se descritas na próxima seção deste artigo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Avaliação da superfície do pavimento por trechos equidistantes

A avaliação subjetiva da condição superficial do pavimento da Avenida Segismundo Pereira se deu por meio da atribuição de notas, por 4 diferentes técnicos, para cada um dos 12 trechos equidistantes traçados entre as estações de embarque e desembarque do corredor exclusivo de ônibus localizado na via analisada. Deste conjunto de notas, calculou-se a média, a variância e o desvio padrão para cada observação, nos dois sentidos da via (Leste-Oeste e Oeste-Leste). A Tabela 3 apresenta os valores de notas médias calculadas para cada trecho para cada uma das variáveis analisadas.

Tabela 3 – Média das avaliações da superfície do pavimento por segmento

ENTIDO	VARIÁVEL/TRECHO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Oeste/Leste	TF	4,25	4,25	3,25	3,25	3,00	2,75	2,50	2,25	1,50	4,00	3,75	4,25
	ATR	4,25	4,25	3,75	3,75	3,00	2,75	2,75	2,00	1,00	3,00	4,00	4,25
	P	4,25	4,00	4,25	4,00	4,00	4,25	2,75	2,25	1,50	3,75	4,00	4,25
	E	2,00	2,00	4,00	3,50	3,75	3,75	3,50	3,25	3,50	4,00	2,00	3,75
	S	4,00	4,00	4,00	4,00	3,50	4,00	3,75	2,00	1,25	2,50	3,75	4,00
	AA	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,25	2,25	1,00	2,75	3,25	3,00
	CR	4,50	4,50	4,25	4,00	4,00	4,00	2,75	3,00	1,50	2,25	4,00	3,75
	SS	4,25	4,25	4,00	3,75	4,00	4,00	3,50	2,00	2,00	2,50	2,75	2,75
	QVP	4,25	4,50	4,00	3,50	2,75	3,50	2,50	1,75	1,25	3,75	4,00	3,75
SENTIDO	VARIÁVEL/TRECHO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Leste/Oeste	TF	4,00	4,00	3,25	3,00	2,75	3,00	2,25	2,00	1,50	4,00	4,00	4,00
	ATR	4,25	4,00	3,75	4,00	3,00	3,00	3,00	2,00	1,00	3,00	4,00	4,25
	P	4,00	4,25	4,00	4,00	4,00	4,00	2,50	2,00	1,50	3,75	4,00	4,25
	E	2,25	2,00	4,25	3,50	3,75	4,00	4,00	3,75	3,25	4,00	2,00	3,75
	S	4,25	4,25	4,00	4,00	3,50	4,00	3,75	2,25	1,00	2,50	3,75	4,25
	AA	4,00	4,00	3,75	4,00	4,00	4,00	3,50	2,00	1,00	2,50	3,25	3,00
	CR	4,25	4,25	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	1,25	2,00	3,75	3,75
	SS	4,25	4,25	4,00	3,75	4,00	4,00	4,00	2,25	1,75	2,50	2,50	2,50
	QVP	4,25	4,50	4,00	3,50	3,00	3,50	3,00	2,00	1,25	4,00	4,00	3,25

Cada um dos trechos 12 analisados recebeu a nomenclatura Ti, com i variando de 1 a 12.

Assim, por meio da Tabela 3, observa-se que a maioria dos trechos analisados ao longo da avenida foram avaliados com escore médio acima de 4,00. Isto representa um trecho com condição superficial boa segundo a escala proposta na metodologia deste trabalho, ou seja, com poucas ocorrências e com baixa severidade nas anomalias inventariadas. Além disso, observa-se que alguns trechos também obtiveram nota média de avaliação entre 3,00 e 4,00, o que indica uma condição superficial regular. Por fim, alguns trechos apresentaram nota média entre 1,00 e 3,00, indicando condição entre péssima e regular (Tabela 3).

4.2. Avaliação da superfície do pavimento por manifestações patológicas

Analogamente ao procedimento de avaliação por trechos, também foi realizada a avaliação da superfície do pavimento da avenida, em sua totalidade, em relação às manifestações patológicas e as condições inventariadas pelos técnicos. Neste sentido, calculou-se, novamente, os valores da média, do desvio padrão, da variância e do Coeficiente de Variação (CV) do conjunto total de observações para cada trecho, em relação a cada variável apresentada na Tabela 1. A Tabela 4 apresenta esses valores.

Tabela 4 – Avaliação da superfície do pavimento por observação

Sentido	Variável	Média	Variância	Desvio Padrão	CV (%)
Oeste/Leste	TF	3,250	0,795	0,892	27,442
	ATR	3,229	1,028	1,014	31,392
	P	3,604	0,846	0,920	25,522
	E	3,250	0,614	0,783	24,101
	S	3,396	0,892	0,944	27,801
	AA	3,292	0,884	0,940	28,571
	CR	3,542	0,907	0,952	26,892
	SS	3,313	0,740	0,860	25,973
	QVP	3,292	1,032	1,016	30,864
Sentido	Variável	Média	Variância	Desvio Padrão	CV (%)
Leste/Oeste	TF	3,146	0,789	0,888	28,241
	ATR	3,271	0,982	0,991	30,301
	P	3,521	0,903	0,950	26,988
	E	3,375	0,676	0,822	24,367
	S	3,458	1,032	1,016	29,377
	AA	3,250	0,943	0,971	29,882
	CR	3,438	0,911	0,954	27,758
	SS	3,313	0,854	0,924	27,829
	QVP	3,354	0,903	0,950	28,322

Observa-se, por meio da Tabela 4, que todas as manifestações patológicas e as condições superficiais analisadas neste trabalho obtiveram nota média aproximadamente igual a 3,00. Deste modo, pode-se afirmar que as observações inventariadas ao longo de toda a extensão da Avenida Segismundo Pereira possuíam grau de severidade regular, de acordo com a escala de análise proposta. Neste contexto, pode-se afirmar que, de modo geral ao longo da extensão total da via, estas patologias do pavimento se desenvolveram com níveis de frequência e severidade que podem acarretar uma situação regular para o tráfego.

4.3. Análise espacial dos dados

Com base nos resultados obtidos e apresentados nas Tabelas 3 e 4, foi possível realizar a modelagem espacial dos dados relativos à condição da superfície do pavimento na Avenida

Segismundo Pereira. Desta forma, optou-se por criar duas matrizes georreferenciadas e um mapa temático, com o objetivo de representar a variabilidade espacial das ocorrências e severidades das manifestações patológicas ao longo da via analisada.

As matrizes foram elaboradas no *software* de análise estatística PAST versão 3.0 e estão representadas nas Figuras 3 e 4. Nelas, o eixo vertical representa cada um dos 12 trechos equidistantes que compõem a avenida, enquanto o eixo horizontal corresponde a cada uma das observações inventariadas (anomalias e parâmetros visuais do pavimento).

Os valores de variabilidade espacial foram atribuídos por meio da Escala Likert (Likert, 1932) e estão compreendidos entre 1 e 5, ou seja, de péssimo a ótimo. Para a representação gráfica, optou-se por um gradiente de cores padrão, onde a variação do contraste em níveis de cor representa os valores desta escala que variam no gradiente de tons de níveis mais quentes, que correspondem aos valores máximos, aos tons de níveis mais frios, que por sua vez correspondem aos valores mínimos da escala de análise.

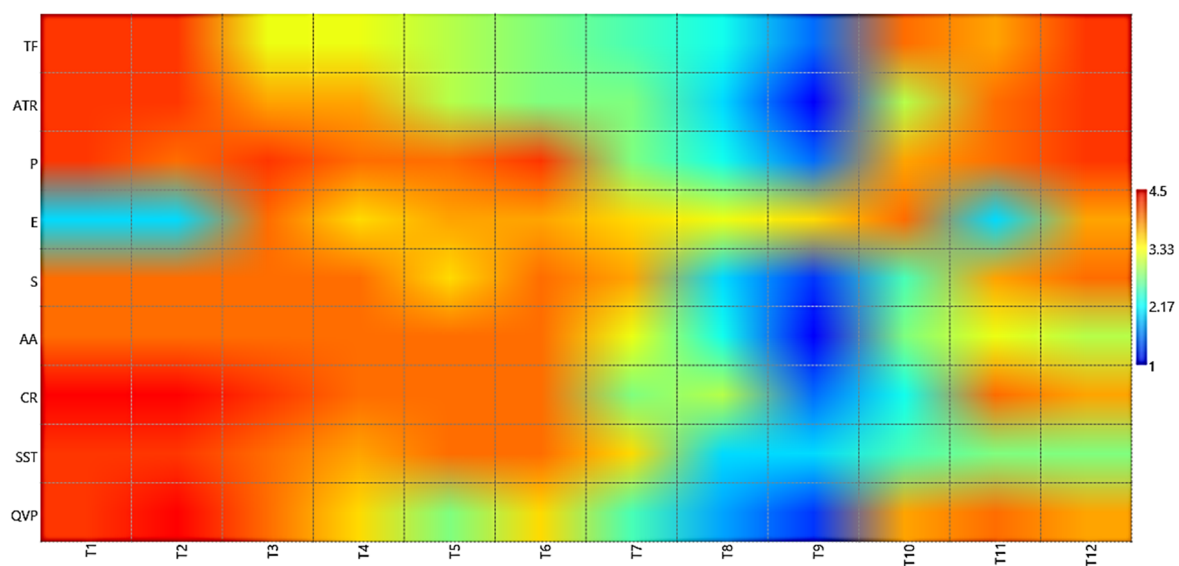


Figura 3. Matriz de variabilidade espacial sentido Oeste/Leste

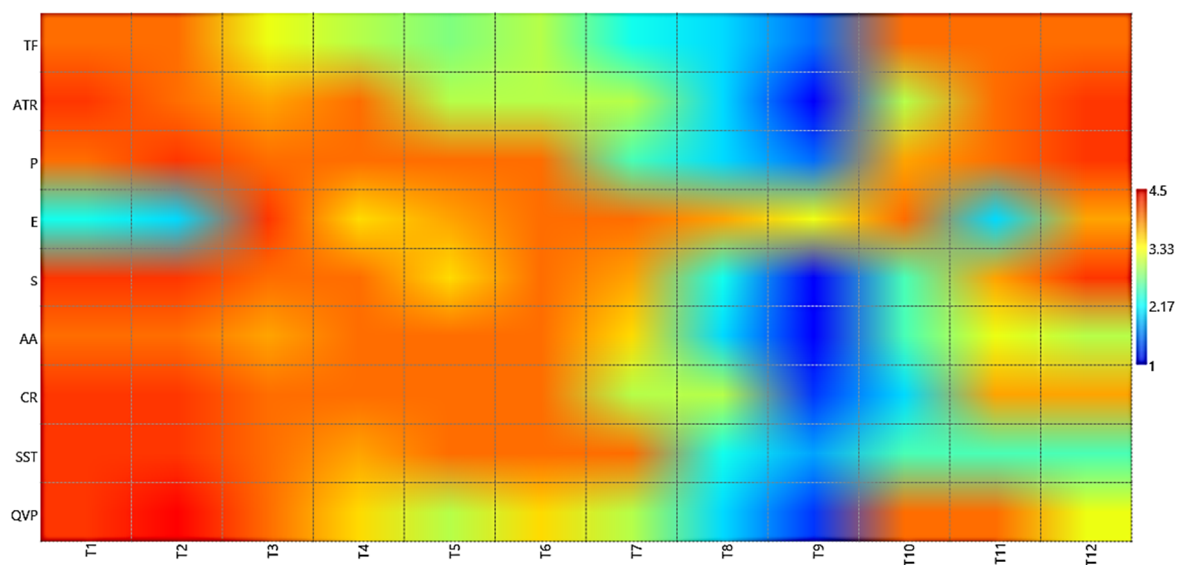


Figura 4. Matriz de variabilidade espacial sentido Leste/Oeste

Por meio da análise das matrizes (Figuras 3 e 4), pôde-se observar que as manifestações patológicas que apresentaram maior severidade ao longo do eixo da via foram: as Trincas e Fissuras (TF), o Afundamento de Trilha de Roda (ATR), as Painelas (P), a Segregação (S) e o Acúmulo de Água (AA). Estas patologias se concentraram na região localizada entre os trechos 8 e 10 da Avenida Segismundo Pereira, área onde se verificou uma intensa mudança na dinâmica de uso e ocupação do solo local, bem como o aumento considerável no fluxo de veículos pesados.

Esta mudança de uso e ocupação do solo, verificada durante o percurso a pé da avenida, está associada a diversos fatores, dentre os quais pode-se destacar a presença de intersecção da Avenida Segismundo Pereira com a Rodovia BR 050, na área de abrangência dos trechos 8 a 10. Além disso, também impactam na dinâmica urbanística local o término das áreas residências e comerciais na área de abrangência dos referidos trechos, com a prevalência de vazios urbanos e/ou edificações destinadas ao armazenamento e as atividades industriais; e a mudança do padrão construtivo da região com o surgimento de conjuntos habitacionais e áreas exclusivamente residenciais localizadas após o trecho 10.

Deste modo, pode-se afirmar que os trechos 8, 9 e 10 são os mais atingidos por patologias que influenciam negativamente no desempenho e na eficiência da superfície do pavimento asfáltico da via. Ainda neste contexto, por meio das Figuras 5 e 6, corrobora-se a ideia de que o trecho 9 é considerado o mais crítico, recebendo as menores médias do trecho analisado.

Ainda no contexto das Figuras 3 e 4, é possível observar que os trechos 1, 2 e 3 apresentam a melhor condição superficial. Isso se deve, principalmente, ao recente recapeamento realizado na região, a fim de otimizar o tráfego local em função da existência do *Campus* Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia nesta área. Todavia, nos trechos 1 e 2, foi possível observar a ocorrência de exsudação severa.

Por fim, com o objetivo de sintetizar as condições superficiais do pavimento ao longo de toda a Avenida Segismundo Pereira, os dados obtidos nas avaliações (Tabelas 4 e 5) e nas matrizes (Figuras 3 e 4) foram modelados digitalmente no *software* de SIG - Sistema de Informações Geográficas QGIS versão 3.4.6. Neste ambiente SIG, foram calculados os valores médios gerais dos escores atribuídos a cada trecho, em ambos os sentidos de tráfego, conforme exposto na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores finais gerais médios de avaliação

Trecho	Média	Variância	Desvio Padrão	Classe	Condição do pavimento
T1	3,958	0,465	0,682	V	Ótimo
T2	3,958	0,539	0,734	V	Ótimo
T3	3,917	0,081	0,284	V	Ótimo
T4	3,750	0,096	0,309	IV	Bom
T5	3,556	0,247	0,497	III	Regular
T6	3,694	0,239	0,489	III	Regular
T7	3,125	0,303	0,551	III	Regular
T8	2,333	0,294	0,542	II	Ruim
T9	1,556	0,519	0,720	I	Péssimo
T10	3,153	0,538	0,733	II	Regular
T11	3,486	0,496	0,704	II	Regular
T12	3,708	0,325	0,570	IV	Bom

Os valores apresentados na Tabela 5 foram, então, agrupados em cinco categorias distintas para a elaboração do mapa temático, com base nas recomendações da Escala Likert (1932). A classe V (ótimo) faz referência aos trechos que possuíram média superior a 3,80. A classe IV (bom) diz respeito aos trechos com média entre 3,70 e 3,80. A classe III (regular) representa os

trechos com média entre 3,00 e 3,70. A classe II (ruim) representa os trechos com média entre 2,00 e 3,00 e, por fim, a classe I retoma os trechos com média inferior a 2,00.

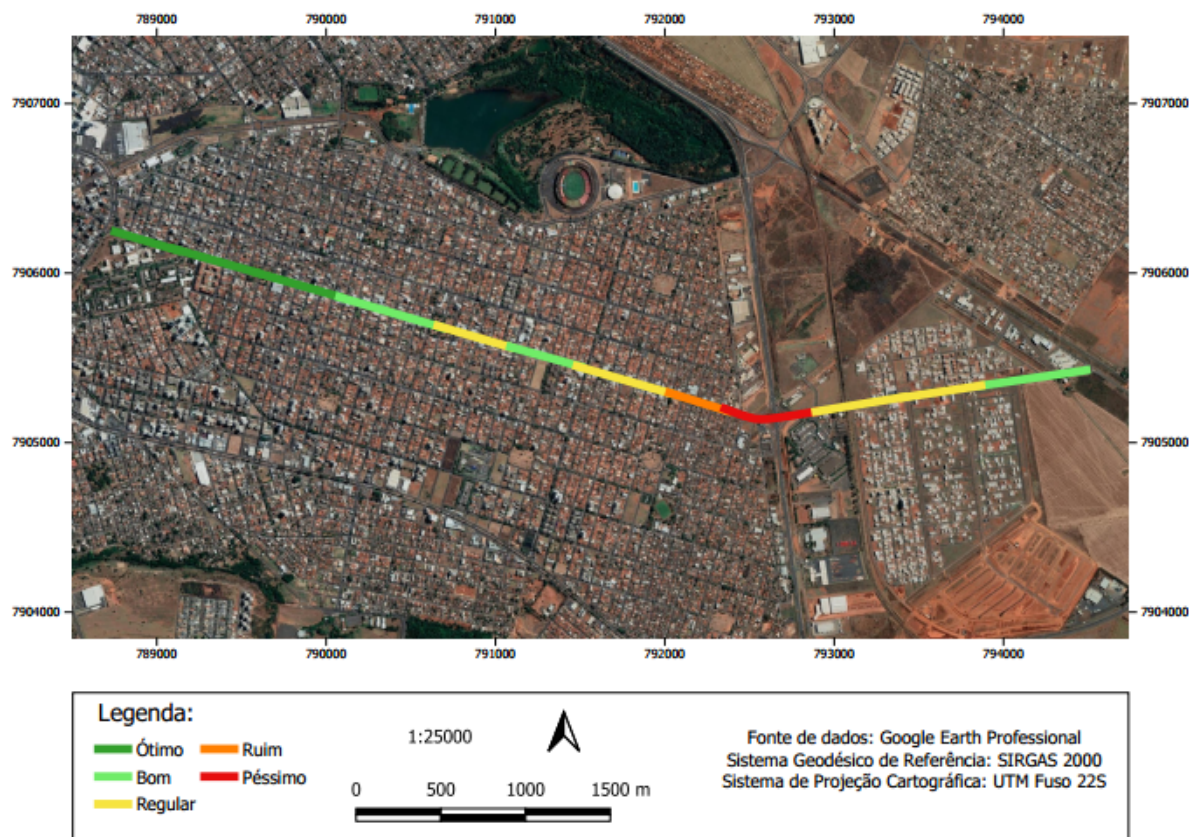


Figura 5. Mapa de condição superficial do pavimento

Com base na Figura 5, corrobora-se a hipótese observada previamente durante o percurso da avenida e reforçada pelas matrizes (Figuras 3 e 4) de que o trecho crítico é o Trecho 9. Isto se deve ao fato do trecho estar localizado exatamente em uma zona de mudanças na dinâmica de uso e ocupação do solo (mudança do padrão residencial para o padrão industrial), caracterizada por meio do cruzamento entre a Avenida Segismundo Pereira e a BR-050. Neste trecho, também foi perceptível as maiores variações de intensidade de tráfego e diversidade na composição de veículos que transitam no local, gerando assim maiores cargas para o pavimento e situações mais nocivas à integridade de sua superfície.

Assim, é possível observar que, de fato, as regiões com mudança no padrão morfológico e na dinâmica de uso e ocupação do solo circunjacente à Avenida Segismundo Pereira foram as que apresentaram as piores condições na superfície do pavimento.

4.4. Relação entre os parâmetros urbanísticos e as condições do pavimento

Conforme citado ao longo deste trabalho, processos associados aos transportes e à mobilidade devem ser considerados como fenômenos multicausais e complexos. Neste sentido, torna-se necessária uma abordagem holística que integre variáveis atreladas ao desenvolvimento das manifestações patológicas e as condições de superfície de pavimentos urbanos, com o objetivo de interpretar esse comportamento sistêmico de modo mais efetivo.

Neste artigo, foi possível perceber que diversos fatores urbanos estão correlacionados com a condição da superfície do pavimento, ao longo da Avenida Segismundo Pereira. Dentre estes fatores, podem ser destacados a dinâmica de fluxo veicular e os padrões de uso e ocupação do solo.

Assim, com o objetivo de analisar de modo sistêmico estes parâmetros e a condição da superfície do pavimento, foram adquiridas e manipuladas, digitalmente, imagens orbitais de alta resolução por meio do *software Google Earth Professional*. Por meio dos dados obtidos, elaborou-se um mapa de situação urbana da área de estudo (Figura 6), que representa a configuração urbanística da região localizada no entorno da Avenida Segismundo Pereira e seu corredor de ônibus.

O mapa de situação urbana representado na Figura 6 foi, então, analisado em conjunto com as matrizes de densidade georreferenciadas (Figuras 3 e 4) e com o mapa temático de avaliação da superfície do pavimento da via elaborado apresentado na Figura 5. Deste modo, possibilitou-se a interpretação de como alguns parâmetros associados à configuração e a dinâmica espacial urbana influenciam na condição da superfície do pavimento.



Figura 6. Situação urbana do corredor de ônibus

Observou-se que os trechos que apresentaram a situação de superfície crítica (ruim e regular) foram aqueles em que, presencialmente, se notou maior intensidade de tráfego (fluxo) de veículos pesados. Estes trechos encontram-se situados na zona de interseção entre as rodovias estaduais e federais, que cortam a área urbanizada do município de Uberlândia com a Avenida Segismundo Pereira. Nestes trechos, também foram constatadas menores velocidades diretrizes, descritas na sinalização viária e uma maior variação de tipologias veiculares em trânsito (predominância de carros de passeio, motocicletas, ônibus e caminhões).

Já em relação ao padrão de uso e ocupação do solo na área de estudo, pôde-se observar que os trechos que obtiveram classificação ruim e regular para a superfície do pavimento, foram aqueles que possuem maior densidade urbana. Nestes trechos, existe a predominância de uso do solo local para atividades mistas e/ou comerciais e, conseqüentemente, maior fluxo de veículos na via analisada.

Por fim, nos trechos avaliados com uma boa condição da superfície do pavimento, constatou-se a prevalência do uso do solo para as atividades residenciais e, conseqüentemente, há nestes trechos pouca densidade urbanística. Esta configuração espacial foi mais representativa no extremo Leste da Avenida Segismundo Pereira, região caracterizada por bairros recentes e pela infraestrutura urbana de transportes com menos de 5 anos de instalação, preservando assim boas condições de superfície no pavimento.

Portanto, com base na situação observada por neste trabalho, pode-se afirmar que o alto fluxo de veículos pesados é um parâmetro que contribui para a ocorrência de patologias construtivas na superfície de pavimentos urbanos. Além disso, a alta variabilidade de tipologias veiculares e os padrões de uso e ocupação do solo preponderantemente comercial/misto, atrelados a uma maior densidade construída, influenciam, de modo mais intenso, na perda de serventia e na depreciação da superfície de pavimentos asfálticos em áreas urbanas.

Neste sentido, salienta-se que as análises desenvolvidas ao longo deste artigo se comportam como importantes instrumentos técnicos e científicos que podem colaborar efetivamente com para a tomada de decisão referente aos processos de gestão e intervenção urbanas. Deste modo, a administração pública e/ou empresas privadas responsáveis pela manutenção da infraestrutura viária local podem otimizar a destinação de recursos, analisar padrões comportamentais e de distribuição espacial e realizar previsões de obras futuras com base nas análises espaciais e observações realizadas em campo.

5. CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho, foi possível perceber que a utilização de geotecnologias se configura como uma importante ferramenta para a elaboração de estudos sobre o ambiente urbano. Deste modo, observou-se que a associação de técnicas de investigação em campo, levantamento expedito, sensoriamento remoto, geoprocessamento e análise espacial permitiu o desenvolvimento de uma escala de avaliação da condição superficial de pavimentos em vias urbanas de modo georreferenciado e multidisciplinar.

Neste sentido, constatou-se que o estado de conservação da superfície de pavimentos urbanos pode ser compreendido como um fenômeno multicausal e que está relacionado as questões atreladas ao uso e à ocupação do solo das cidades, bem como aos parâmetros de tráfego e trânsito. Deste modo, torna-se evidente a necessidade de investimentos em pesquisas com abordagens sistêmicas, a fim de modelar parâmetros espaço-temporais que influenciam na condição destes pavimentos com o objetivo de garantir sua eficiência e serventia.

Por meio do estudo de caso elaborado ao longo deste artigo, avaliou-se que a Avenida Segismundo Pereira em Uberlândia/MG, Brasil, apresenta a superfície de seu pavimento em estado preponderantemente bom. Deste modo, pôde-se afirmar que o pavimento se encontrava em condições de rolamento que favoreciam o tráfego e a mobilidade local.

Todavia, em trechos onde foi diagnosticada a mudança nos padrões de uso do solo, verificou-se que a superfície do pavimento se encontrava em estado ruim ou péssimo. Além disso, esse estado de superfície também foi perceptível em áreas onde havia mudança na intensidade, na velocidade, na composição e na distribuição do tráfego. Nestas regiões, observou-se que as manifestações patológicas mais frequentes na superfície do pavimento estudado foram: afundamento de trilha de roda, trincas e fissuras, acúmulo de água, painéis e segregação.

Diante disto, sugere-se para trabalhos futuros que sejam analisados, de modo integrado, outros parâmetros que possam influenciar, direta ou indiretamente, na condição superficial de

pavimentos urbanos. Com a modelagem espaço-temporal dessas variáveis, é possível compreender melhor os fenômenos de ocorrência e desenvolvimento das manifestações patológicas que atingem a superfície dos pavimentos.

Ademais, o processo de modelagem de informações georreferenciadas associadas à condição da superfície de pavimentos nas cidades pode servir como instrumento preditivo no que diz respeito aos fenômenos que se desenvolvem nas camadas superficiais das vias urbanas. Desta maneira, é possível identificar, previamente, e demonstrar aos gestores públicos locais mais críticos, bem como elencar as principais demandas por adequações na superfície da infraestrutura viária urbana.

Além disso, sugere-se que sejam realizados estudos de avaliação objetiva da superfície de pavimentos urbanos e sua comparação com a metodologia proposta ao longo deste trabalho, bem como utilizar geotecnologias com capacidade de oferta de resolução espacial maior do que as utilizadas neste artigo. Com isso, é possível combinar diferentes procedimentos metodológicos e técnicas de análise com o objetivo de elaborar diagnósticos mais precisos e eficientes, contemplando diversas áreas do conhecimento científico e que possam colaborar de modo efetivo na implantação de uma infraestrutura viária urbana inteligente e sustentável.

REFERÊNCIAS

- Arévalo Páez, E. M. (2015) *Índice de condição do pavimento (ICP) para aplicação em sistemas de gerência de pavimentos urbanos*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. DOI: 10.11606/D.18.2015.tde-29072015-095704.
- Arhin, S. A.; L. N. Williams; A. Ribbison e M. F. Anderson (2015) *Predicting pavement condition index using international roughness index in a dense urban area*. Journal of Civil Engineering Research. v. 25, n. 2, p.10-17. DOI: 10.5923/j.jce.20150501.02
- AASHTO (1993) *Guide for design of pavement structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., EUA.
- ABNT (1982) *NBR 7207: Terminologia e Classificação de Pavimentação*. Rio de Janeiro/RJ, Brasil.
- Boyapati, B. e R. P. Kumar (2015) *Prioritisation of pavement maintenance based on pavement condition index*. Indian Journal of Science and Technology, v.8, p.1-5. DOI: 10.17485/ijst/2015/v8i14/64320.
- Chen, W.; J. Yuan e M. Li (2012) *Application of GIS/GPS in Shanghai Airport pavement management system*. Procedia Engineering, v.29, p.2322-2326. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.01.308.
- Corazza, M. V.; P. Di Mascio e L. Moretti (2016) *Managing sidewalk pavement maintenance: a case study to increase pedestrian safety*. Journal of Traffic and Transportation Engineering. v.3, p.203-214. DOI: 10.1016/j.jtte.2016.04.001.
- DNIT (2003) *PRO 006/2003 Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos*. Brasília/DF, Brasil.
- DNIT (2003) *PRO 009/2003 Avaliação subjetiva da superfície de pavimento flexíveis e semi-rígidos*. Brasília/DF, Brasil.
- DNIT (2003) *PRO 007/2003 Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos*. Brasília/DF, Brasil.
- Danieleski, M. L. (2004) *Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre*. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia. Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/5789>> (acesso em 25/03/2022).
- Gontijo, P. R. A. (1995) *Método PARAGON para avaliação e diagnóstico de pavimentos rodoviários*. Cuiabá/MT, Brasil. *Anais da 29ª Reunião Anual de Pavimentação*.
- Kirbas, U. e M. Karasahin (2018) *Determination of pavement performance thresholds for comfortable riding on urban roads*. Journal of Testing and Evaluation, n.47, v.1, p.57-77. DOI: 10.1520/JTE20170319.
- Laboratoire Central des Ponts et Chaussées – LCPC. (1997) *Catalogue des dégradations de surface des chaussées*. 1^ª Ed. Ministère de l'Équipement des Transport et du Logement. Paris/FR. France. 1997. Disponível em: <https://www.ifsttar.fr/fileadmin/user_upload/editions/lcpc/MethodedeEssai/MethodedeEssai-LCPC-ME52.pdf> (acesso em 10/10/2021).
- Lessa, D. A.; C. Lobo e L. Cardoso (2019) *Accessibility and urban mobility by bus in Belo Horizonte / Minas Gerais – Brazil*. Journal of Transport Geography, v. 77, n. 10 p. 1-10. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2019.04.004.
- Li, Y. e J. Huang (2014) *Safety impact of pavement conditions*. Transportation Research Record, n.2455, v.1, p.77-88. DOI: 10.3141/2455-09.
- Liang, J.; X. Gu; Y. Chen; F. Ni e T. Zhang (2020) *A novel pavement mean texture depth evaluation strategy based on three-dimensional pavement data filtered by a new filtering approach*. Measurement, n.166, v.1, p.100-112. DOI: 10.1016/j.measurement.2020.108265.
- Medina, J. (1997) *Mecânica de Pavimentos*. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Editora UFRJ. 1997.

- Misra, A.; A. Roodhanirad e P. Somboonyanon (2003) *Guidelines for a road management system for local governments*. Washington, D.C., EUA. Department of Transportation.
- Mittal, D.; A. Nautiyal e S. Sharma (2017) *Comparative study of development of overall pavement condition index for different cities of India*. International Journal of Novel Research and Development, v.2, p.35-47. ISSN: 2456-4184
- Muñoz, J. C. e D. Hidalgo (2013) *Bus rapid transit as part of enhanced service provision*. Research in Transportation Economics, v. 39, p.104-107. DOI: 10.1016/j.retrec.2012.06.001.
- Pinatt, J. M.; M. L. Chicati; J. S. Ildefonso e C. R. G. D. Filetti (2020) *Evaluation of pavement condition index by different methods: Case study of Maringá, Brazil*. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, v.1, n.4, p. 402-410. DOI: 10.1016/j.trip.2020.100100.
- Pinto, S. e E. Preussler (2001) *Pavimentação rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis*. 1ª Ed, Copyarte. Rio de Janeiro/RJ, Brasil.
- Prefeitura municipal de Uberlândia. (2020) Disponível em: <<https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/transporto-e-transportes/corredores-de-onibus/>> (acesso em: 15/04/2021)
- Prestes, M. P. (2001) *Métodos de avaliação visual de pavimentos – um estudo comparativo*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre/RS, Brasil. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/2304>> (acesso em 25/03/2022).
- Shahin, M. Y. e S. D. Khon (1979) *Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets and parking lots*. CERL-TR-M-268. 1ª Ed. USArmy. Washington, D.C., EUA.
- Strategic Highway Research Program – SHRP (1993) *Distress Identification Manual for Long-term Pavement Performance Project*. 1ª Ed. SHRP-P-338. Washington, D.C., EUA.
- Trombetta, J.; A. Pandolfo; A. Goldoni; A. P. Gomes e Secht, L. P. Secht (2010) Caracterização das ocorrências de defeitos em pavimentos asfálticos na cidade de Pato Branco-PR. *Revista Tecnologia*, v.31, n.2, p.239-247. Disponível em: <<https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/5350>> (Acesso em: 20/11/2020).
- Vieira, S. A.; P. A. A. E. Júnior; F. H. L. Oliveira e M. E. P. Aguiar (2016) *Análise comparativa de metodologias de avaliação de pavimentos através do IGG e do PCI*. Conexões Ciência e Tecnologia, v.10, n.3, p.20-30. DOI: 10.21439/conexoes.v10i3.799.
- Zimmerman, K. A.; C. A. Beckmeyer e D. G. Peshkin (1994) *Pavement condition survey guide for city streets*. Pierre/SD, USA. South Dakota Department of Transportation.