

IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS ATRAVÉS DE VOO COM DRONE, TOMANDO COMO BASE A RUA MANOEL JOVINO PATRÍCIO, EM CRICIÚMA, SC

Pedro Henrique Barcelos Scheffer¹
Luciléia Marcon²

Resumo

Este estudo propõe o desenvolvimento de uma metodologia eficaz para a detecção de patologias em pavimento asfáltico por meio de voo com drone, utilizando como área de análise uma via específica no município de Criciúma, Santa Catarina. A metodologia envolveu voos em diferentes alturas (50, 100 e 120 metros) com um equipamento da marca DJI, modelo Mavic Air, cujas imagens foram processadas em software especializado em gerar ortomosaicos georreferenciados. Foram identificadas irregularidades como fissuras, trincas, buracos e áreas de desgaste, com voo a 50 metros de altura proporcionando maior detalhamento para patologias menores, enquanto alturas mais elevadas, como 120 metros, mostraram-se mais eficientes para cobertura de grandes áreas e detecção de buracos de maior dimensão. Conclui-se que a técnica é viável e superior aos métodos tradicionais de inspeção manual, oferecendo maior precisão, segurança e eficiência, além de sugerir a criação de um sistema de informações georreferenciadas (SIG) para otimizar o planejamento de ações corretivas e preventivas na manutenção de pavimentos.

Palavras-Chave: Pavimento Asfáltico. Patologias. Drone. Buracos.

¹ Acadêmico do curso de engenharia civil do Instituto Federal de Santa Catarina.
pedro.hb2001@aluno.ifsc.edu.br

² Professora do curso de engenharia civil do Instituto Federal de Santa Catarina.
lucileia.marcon@ifsc.edu.br

IDENTIFICATION OF PATHOLOGIES IN ASPHALT PAVEMENTS THROUGH DRONE FLIGHTS, BASED ON MANOEL JOVINO PATRÍCIO STREET IN CRICIÚMA, SC

Abstract:

This study proposes the development of an effective methodology for detecting asphalt pavement pathologies through drone flights, using a specific roadway in the municipality of Criciúma, Santa Catarina, as the analysis area. The methodology involved flights at different altitudes (50, 100, and 120 meters) using a DJI Mavic Air drone, with images processed in specialized software to generate georeferenced orthomosaics. Irregularities such as cracks, fissures, potholes, and wear areas were identified, with flights at 50 meters providing greater detail for smaller pathologies, while higher altitudes, such as 120 meters, proved more efficient for covering large areas and detecting larger potholes. The study concludes that this technique is viable and superior to traditional manual inspection methods, offering greater accuracy, safety, and efficiency. Additionally, it suggests the development of a Geographic Information System (GIS) to optimize the planning of corrective and preventive maintenance actions for pavement management.

Keywords: Asphalt Pavement, Pathologies, Drone, Potholes.

1 INTRODUÇÃO

O pavimento de rodovia é uma estrutura de múltiplas camadas, apoiadas em terraplenagem de solo, com a finalidade de resistir esforços provenientes do tráfego de veículos, podendo vir a ocorrer patologias em decorrência de intempéries e longo uso.

Ao decorrer do tempo, as estradas começam a apresentar degradação do pavimento e defeitos. Tais processos acabam sendo acelerados devido a projetos insatisfatórios de terraplenagem e pavimentação, (...) e ainda pode-se citar a falta de manutenção adequada. (BRANDÃO, 2020)

A manutenção deste pavimento é fundamental para garantir o fluxo de veículos e principalmente a segurança no trânsito das rodovias. Para que essa manutenção seja garantida, os órgãos responsáveis precisam ter conhecimento das ocorrências das patologias e os locais que se apresentam.

Um dos meios para identificar e localizar as ocorrências de patologias é manualmente, por caminhamento nos trechos rodoviários. Esse método apresenta dificuldades em identificação, visto que, o trânsito de veículos interfere nesse trabalho em campo, e além disso pode expor o trabalhador a possíveis acidentes, pois interromper o fluxo de veículos não é agradável à população da cidade para realizar periodicamente essa tarefa.

Além disso, uma rodovia que apresenta problemas faz com que o fluxo de veículos diminua devido às avarias que podem causar aos que nela trafegam, pneus estourados e prejuízos com amortecedores podem ser citados como exemplo. Ainda podendo, em rodovias que abrangem comércios, atrapalharem os empreendedores locais.

Visto isso, o objetivo geral deste estudo é desenvolver um método mais rápido e prático para identificar patologias em pavimentos asfálticos utilizando voos com drone. De forma específica, busca estudar sobre patologias em pavimentos asfálticos e fotogrametria com drone, identificar as patologias tomando como base a Rua Manoel Jovino Patrício utilizando o método tradicional, com visita in loco, realizar voos com drone nessa rua em alturas de 50 metros, 100 metros e 150 metros, processar as imagens capturadas utilizando o software Agisoft Metashape, comparar as imagens obtidas em diferentes alturas de voo e avaliar a qualidade das imagens para identificar as patologias detectadas.

A escolha da Rua Manoel Jovino Patrício, em Criciúma, Santa Catarina, como área de estudo, justifica-se pelo fato de seu pavimento asfáltico atender aos requisitos da pesquisa, como a presença de patologias, além da proximidade com o Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Criciúma.

Além disso, a motivação para a realização deste estudo surgiu devido a um estágio realizado pelo autor no departamento de infraestrutura da Prefeitura Municipal de Criciúma, onde observou-se que existe uma carência por parte da mesma em identificar patologias em pavimentos. Atualmente, as observações são realizadas manualmente, por meio de inspeção visual, ou através de informações fornecidas pelos próprios moradores da cidade.

No Brasil, 95% das estradas pavimentadas utilizam pavimento asfáltico (BERNUCCI et.al.,2022). Esse tipo de pavimento ao longo do tempo devido aos esforços aplicados e ação dos elementos naturais tende a apresentar fissuras, buracos, trincas, entre outras patologias, tornando-se essencial a realização de

inspeções regulares para identificar esses problemas.

Conforme explica Nóbrega (2003), após a liberação ao tráfego, o pavimento “começa a ser castigado pela ação do tráfego, do intemperismo, etc.” e, ao atingir “o valor máximo admissível de degradação, deve ser feita uma intervenção a fim de restabelecer condições aceitáveis para a circulação de veículos.”

No Brasil, segundo a CNT: Confederação Nacional de Transportes (2017), esse problema é ainda mais recorrente:

O estudo divulgado pela CNT mostra que a metodologia utilizada no Brasil para projetar rodovias tem uma defasagem de quase 40 anos em relação a países como Estados Unidos, Japão e Portugal.

[...]A falta de fiscalização é outro problema. Muitas obras são entregues fora dos padrões mínimos de qualidade, exigindo novos gastos para correção de defeitos que podem corresponder a até 24% do valor total da obra. Com poucas balanças em operação e sem fiscalização adequada, também cresce o problema do sobrepeso no transporte de cargas, cujo impacto reduz a vida útil do pavimento.

[...]De acordo com o estudo, a má qualidade dos pavimentos se agrava com a falta de investimentos em manutenção preventiva.

De acordo com Cassaniga (2017 apud KIM e RYU, 2014), existem três métodos de detecção de buracos e trincas (tipos de patologias) em pavimentos: métodos que utilizam técnicas de detecção de buracos e trincas por vibração; métodos que utilizam o varrimento de lasers para reconstrução 3D; e métodos baseados em visão. Essa última, ainda de acordo com o autor, acaba sendo demorada e tendo um custo elevado. Cassaniga (2017) aponta que, em muitos casos, a detecção dessas patologias é realizada manualmente, um processo que demanda tempo e esforços consideráveis.

Nesse contexto, a presente pesquisa torna-se relevante ao propor uma comparação entre o método manual de identificação de patologias e a análise por meio de imagens capturadas por drones. Trata-se de um dos métodos baseados na visão computacional que, conforme Calixto (2020), oferece benefícios como alta produtividade, detalhamento, redução de custos e maior agilidade.

Corroborando com Cassaniga (2017), Oliveira (2020) expressa “Uma das ferramentas introduzidas no mercado, na última década, e que vem sendo cada vez mais aplicada em diversos campos da Engenharia são os veículos remotamente pilotados”.

Essa ferramenta, aliada aos avanços tecnológicos dos últimos anos, como a redução de custos e do tamanho dos sensores relacionados ao GPS, além de voos pré-programados com piloto automático, tem aumentado o uso de drones por civis, preenchendo algumas lacunas, conforme Cardoso (2017 apud NISHAR et al., 2016). Com isso, a relação custo-benefício, acompanhada da facilidade de uso, flexibilidade de planejamento e execução do voo, além dos softwares de pós-processamento, confirma o potencial do uso de drones e das imagens geradas por eles (BOLLARD-BREEN et al., 2015).

Na mesma linha de raciocínio, Parente (2017 apud Branco, 2016; Nishar et al., 2016) explica que, no que tange à aplicação dos VANTs (Veículo Aéreo Não Tripulado) na infraestrutura de transportes, seus sensores embarcados constituem uma nova e econômica fonte de informações e podem auxiliar, inclusive, os esforços de manutenção da estrada.

Ribas (2015) cita que, atualmente, o sistema mais utilizados para levantamentos topográficos com GNSS (Global Navigation Satellite System – Sistema Global de

Navegação por Satélite), devido à sua alta produtividade, são aqueles que utilizam a tecnologia RTK (Real Time Kinematic – Cinemática em Tempo Real). Essa tecnologia permite a transmissão em tempo real das correções da fase da onda portadora a partir de uma base de referência com coordenadas previamente conhecidas.

Além disso, Ribas (2015) menciona que outro método de comunicação entre a base e o rover (receptor móvel) é por meio da rede de telefonia móvel celular, conhecida como RTK/GSM (Global System for Mobile Communications – Sistema Global para Comunicações Móveis).

Por fim, ele conclui que o uso da tecnologia RTK/NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol – Transporte de mensagens RTCM em Rede via Protocolo de Internet) em levantamentos topográficos possibilita uma redução de aproximadamente 50% no custo de aquisição dos equipamentos de topografia, quando comparado aos métodos RTK UHF (Ultra High Frequency – Frequência Ultra Alta) ou RTK/GSM. Isso ocorre porque o equipamento GNSS, responsável por fornecer as correções diferenciais no formato RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services – Comissão Técnica de Rádio para Serviços Marítimos), já faz parte da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo), eliminando a necessidade de aquisição de uma estação base própria.

Com isso, este artigo busca evidências de que com a evolução tecnológica embarcada em drones, é possível conciliar rapidez e superar dificuldades apresentadas pelo método do caminhamento a campo.

1.1 ELECANDO PATOLOGIAS

A classificação dos defeitos é baseada na norma DNIT 005/2003 - TER, que trata da terminologia dos defeitos em pavimentos flexíveis e semirrígidos.

Existem oito principais tipos de patologias que podem ser encontradas em pavimentos asfálticos, sendo as fendas (fissuras e trincas), afundamentos, ondulação ou corrugação, escorregamento, desgaste, panela ou buraco, remendo e exsudação.

1.1.1 Fendas

As fendas são divididas em dois tipos, fissuras ou trincas.

1.1.1.1 Fissuras

São fendas capilares no revestimento asfáltico que ainda não provocam problemas funcionais ou estruturais na rodovia. Elas podem aparecer de maneira longitudinal, transversal ou oblíqua, e podem ser vistas a uma distância de até 1,5 m. O comprimento dessas fissuras é menor que 30 cm.

1.1.1.2 Trincas

As trincas são fendas facilmente visíveis, com abertura superior à da fissura. Quando identificadas de forma isolada, são divididas em transversais ou longitudinais, tomando como base o eixo da pista onde se encontram, e classificadas como curtas, com comprimento de até 100 cm, ou longas, com

comprimento superior a 100 cm. Também podem ser chamadas de “trinca de retração”, quando sua causa se deve aos efeitos de retração térmica ou de algum dos materiais de sua composição. Quando interligadas, dividem-se em “trinca tipo couro de jacaré”, que ocorre quando diversas trincas estão juntas, dando o aspecto de couro de jacaré, ou do tipo “bloco”, que forma lados bem definidos com características de blocos. Ambas podem ou não apresentar erosões nas bordas.

1.1.2 **Afundamentos**

O afundamento é uma deformação permanente tanto na camada superior do pavimento quanto suas camadas inferiores, incluindo o subleito. Elas podem ser classificadas tanto em plásticas, quando são resultantes da fluência do material asfáltico, ou por consolidação, que é quando surge da densificação diferencial do solo ou das camadas subjacentes.

1.1.3 **Ondulação ou Corrugação**

São ondulações transversais na superfície da pista.

1.1.4 **Escorregamento**

Caracteriza-se pelo deslocamento da camada de pavimento asfáltico em relação às camadas inferiores, com surgimento de fendas em formato de meia-lua.

1.1.5 **Exsudação**

Excesso de ligante na superfície do pavimento, caracterizado pelo surgimento de manchas escuras.

1.1.6 **Desgaste**

Ocorre quando os agregados se desprendem da superfície do pavimento.

1.1.7 **Panela ou Buraco**

Cavidade no pavimento, atingindo do ou não as camadas inferiores.

1.1.8 **Remendo**

Panela preenchida.

1.1.8.1 *Remendo profundo*

Quando a preenchimento atinge uma ou mais camadas do pavimento.

1.1.8.2 *Remendo superficial*

Quando o preenchimento atinge apenas a camada do pavimento.

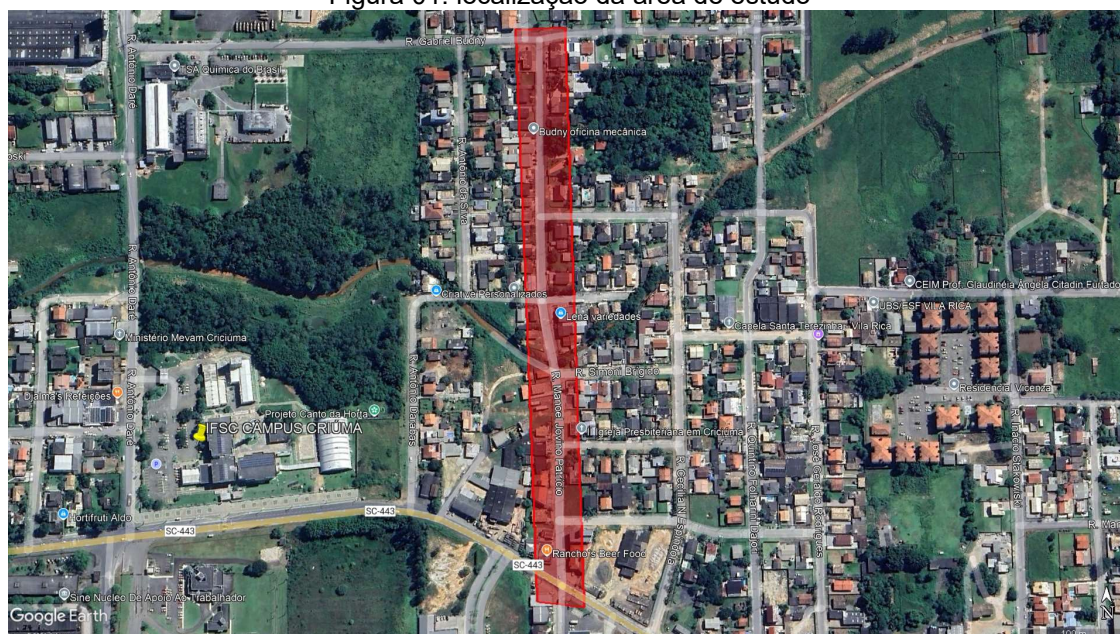
Diante da contextualização supracitada, o objetivo deste documento é buscar, por meio de voo com drone, a identificação de patologias em pavimentos asfálticos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Para a definição do local de estudo, buscou-se uma área que atendesse às necessidades da pesquisa, ou seja, um local revestido de pavimento asfáltico e que este possuísse patologias. Foi então definida a Rua Manoel Jovino Patrício (figura 01) devido a sua proximidade com o IFSC - campus Criciúma e pela sua quantidade de patologias consideradas satisfatórias para a realização da pesquisa.

Figura 01: localização da área de estudo



Fonte: Google Earth Pro 2024

2.2 VOO

2.2.1 Modelo de Drone Utilizado

Para este estudo, foi utilizado o drone Mavic Air, conforme figura 02, marca DJI, escolhido por ser um modelo simples e acessível, com custo relativamente baixo em comparação a drones de alta performance. A decisão visou evitar o uso de equipamentos com valores elevados, que embora pudessem oferecer resultados superiores, tornariam a aplicação da pesquisa financeiramente inviável.

Figura 02: drone utilizado



Fonte: o autor (2024)

2.2.2 Planejamento

O planejamento foi feito através do aplicativo gratuito “Pix4Dcapture Pro: drone flight”, com as especificações conforme figura 03.

Figura 03: Configurações do plano de Voo.

CONFIGURAÇÃO	UTILIZADO
Angulação da câmera	90°
Sobreposição frontal	80°
Sobreposição lateral	72°
Visualizar o centro do grid:	Não

Fonte: o autor (2024)

2.2.3 Execução De Voo

A execução do voo também foi feito através do aplicativo gratuito “Pix4Dcapture Pro: drone flight”.

Utilizando o mesmo planejamento, foram realizados três voos com diferentes alturas.

O primeiro foi realizado a uma altura de 50 metros, o segundo a 100 metros, e o terceiro foi utilizada a altura máxima permitida pelo modelo de drone sendo esta, 120 metros.

Abaixo está uma tabela com os dados de cada voo.

Voo (altura)	50 metros	100 metros	120 metros
Vel. média	7,9 m/s	8,0 m/s	8,5 m/s
Tempo de duração	9 min	4 min	3 min e 43s

Fonte: o autor (2024)

2.4 PONTOS DE CONTROLE

Os pontos de controle foram coletados com o receptor GNSS da marca Stonex, cujo Rover, do modelo S850A, com precisão especificada pelo fabricante de 8mm Horizontal + 1ppm Vertical 15mm + 1ppm foi conectado a estação geodésica da RBMC, instalada no IFSC - Campus Criciúma, de coordenadas de acordo com a figura 04, para georreferenciar as coordenadas coletadas e, posteriormente, o ortomosaico. A coletora utilizada foi também da marca Stonex, modelo SH5A.

Foram levantados cinco pontos de controle, conforme exemplo da figura 05, distribuídos ao longo da rua levantada, obtendo-se assim uma boa precisão na hora de processar as imagens e gerar a ortofoto.

Figura 04: Coordenadas da estação geodésica



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	99819	Nome da Estação :	99819	Tipo :	Estação GPS
Município :	CRICIÚMA			UF :	SC
Última Visita:	06/08/2022	Situação Marco Principal :	BOM	Última Atualização :	01/09/2022

Inscrição chapa : IBGE SAT 99819

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	28° 40' 40,25143" S	Altitude Normal(m)		Gravidade(mGal)	
Longitude	49° 19' 54,23830" W	Fonte		Datum	
Altitude Geométrica(m)	62,425	Sigma Altitude(m)		Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum		Data Cálculo	
Origem	Ajustada	Data Medição			
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo			
Data Medição	06/08/2022				
Data Cálculo	01/09/2022				
Sigma Latitude(m)	0,001				
Sigma Longitude(m)	0,001				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,004				
UTM(N)	6.826.566,253				
UTM(E)	663.002,879				
MC	-51				

Fonte: IBGE (2024)

Figura 05: Ponto de Controle



Fonte: o autor (2024)

2.5 COLETA DE IMAGENS EM CAMPO

Para aferir a funcionalidade da identificação das patologias em pavimentos asfálticos através do voo realizado com drone foram coletadas diversas fotos *in loco* com a ajuda de um celular com câmera fotográfica e uma trena (figura 07), para então fazer as análises após o processamento e geração do ortomosaico.

Figura 07: detalhe de uma patologia



Fonte: o autor (2024)

2.4 PROCESSAMENTO

O programa utilizado para processar as imagens foi o software Agisoft metashape. Nele foi possível importar as imagens e georreferenciar com precisão o ortomosaico através dos pontos de controle coletados em campo, gerando as imagens da área de estudo.

2.5 OBSERVAÇÕES CLIMÁTICAS

Cabe ressaltar que o voo foi realizado em um dia de sol, ao meio-dia, o que faz com que não tenhamos muitas interferências de sombras. Além disso, a chuva que ocorreu no dia anterior umidificou o pavimento e, com isso, há um destaque das patologias presentes, principalmente das trincas e fissuras, facilitando a visualização das mesmas nas imagens coletadas.

3 RESULTADOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar a utilização de drones na identificação de patologias em pavimentos asfálticos, considerando diferentes alturas de voo. Inicialmente, será apresentada uma visão geral da rua estudada, indicando a localização das patologias selecionadas, suas identificações e coordenadas geográficas no sistema SIRGAS 2000, zona 22S.

Em seguida, será realizada a comparação de três patologias observadas na via, com base nas imagens capturadas a 50 metros, 100 metros e 120 metros de al-

tura. As principais patologias identificadas ao longo da rua foram fissuras, trincas, desgaste, ondulação e buracos.

É importante ressaltar que fissuras e trincas de menor extensão não puderam ser identificadas de maneira clara nas imagens analisadas. Em contrapartida, patologias mais graves, como buracos, foram facilmente detectadas em todas as alturas avaliadas, sendo consideradas mais relevantes devido ao potencial de causar danos significativos aos veículos e aumentar o risco de acidentes.

Além disso, este método, mesmo sendo melhor e mais seguro ainda assim precisa ser controlado o trânsito para que veículos não sobreponham as patologias nas imagens coletadas.





Figura 07: visão geral da rua analisada



Fonte: o autor (2024)

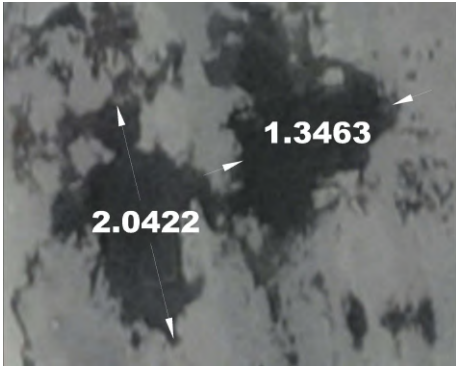



Quadro 1:

Patologia encontrada nas coordenadas N 6.826.654,4480 - E 663.294,1392

 <p>Dimensões em metros</p>	
IMAGENS	OBSERVAÇÕES
<p>50 metros</p> 	<p>Pode-se observar que a imagem apresenta boa nitidez para identificação da patologia analisada (buraco), devido a observação clara da cavidade no pavimento alcançando as camadas inferiores, além de apresentar também boa visibilidade das patologias que se encontram ao entorno como a trinca tipo bloco, que pode nos dar informações importantes do motivo do surgimento da patologia principal.</p>
<p>100 metros</p> 	<p>Assim como no voo a 50 metros de altura, pode-se observar que a imagem apresenta boa nitidez, porém inferior. Ainda assim, a identificação da patologia principal e das que se encontram no entorno é possível.</p>
<p>120 metros</p> 	<p>A imagem apresenta visibilidade média, tornando possível a identificação da patologia principal devido a sua maior dimensão, porém tornando difícil a identificação das patologias que a entornam por conta do embaçamento da foto.</p>

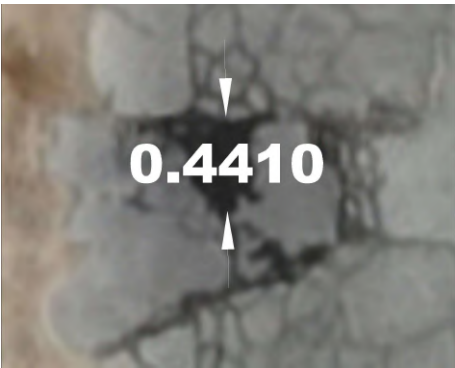



Quadro 2:

Patologia encontrada nas coordenadas N 6.826.654,0739 – E 663.300,7206

 <p>Dimensões em metros</p>	
IMAGENS	OBSERVAÇÕES
<p>50 metros</p> 	<p>Pode-se observar que a imagem apresenta boa nitidez para identificação da patologia analisada (buraco), identificável devido a percepção clara de uma cavidade no pavimento, principalmente no buraco localizado mais à esquerda da imagem. Além disso, apresenta boa visibilidade das patologias que se encontram ao entorno como a trinca de retração, que pode nos dar informações importantes do motivo do surgimento da patologia principal.</p>
<p>100 metros</p> 	<p>Assim como na imagem feita a 50 metros de altura, é possível a identificação da patologia principal e suas patologias no entorno, porém, com visibilidade reduzida e menor nitidez.</p>
<p>120 metros</p> 	<p>Observando a imagem gerada a 120 metros de altura, nota-se uma perda significativa de detalhes no entorno da patologia principal, porém, ainda é possível a identificação do buraco.</p>

Quadro 3:

Patologia encontrada nas coordenadas N 6.826.517,7187 - E 663.306,0309

 <p>Dimensões em metros</p>	
IMAGENS	OBSERVAÇÕES
<p>50 metros</p> 	<p>Pode-se observar que a imagem apresenta boa nitidez para identificação da patologia, que devido ao tom mais escuro se pode perceber que há uma profundidade atingindo as camadas inferiores do pavimento, caracterizando-se como buraco ou panela. Além disso, pode-se observar também as patologias que se encontram ao entorno como a trinca tipo couro de jacaré.</p>
<p>100 metros</p> 	<p>Neste voo realizado a 100 metros, por se tratar de uma patologia de dimensão inferior as outras analisadas anteriormente, a identificação da mesma se torna mais difícil e suas patologias do entorno praticamente não são visíveis.</p>
<p>120 metros</p> 	<p>Pode-se observar que a imagem apresenta nitidez ruim, tornando-se muito imprecisa a identificação da patologia.</p>

4. CONCLUSÃO

Realizando a análise dos resultados obtidos, podemos concluir que a utilização de drones para a identificação de patologias em pavimentos asfálticos possibilita análises detalhadas e eficientes. A realização de voos em diferentes alturas (50, 100 e 120 metros) permitiram avaliar a influência da variação da altura na detecção das patologias, demonstrando que a escolha da altura deve considerar o tipo e a dimensão da patologia a ser identificada.

Ainda analisando os resultados, observamos que voos a 50 metros se mostraram mais eficientes para a identificação de patologias menores (vide Quadro 03), como fissuras e trincas, devido a boa nitidez da imagem, possibilitando maior nível de detalhamento. Em contrapartida, a altura de 120 metros proporcionou também uma boa identificação de buracos maiores (vide Quadro 1), e ainda é capaz de coletar imagens de uma área mais ampla em menos tempo, sem comprometer a nitidez das mesmas.

Além disso, constatou-se que patologias mais evidentes, como buracos, foram facilmente identificadas em ambos os voos. No entanto, a detecção de fissuras e trincas menores se mostrou mais complexa em voos mais altos, evidenciando assim a necessidade de ajustes no planejamento dos voos conforme o tipo de patologia a ser analisada.

A comparação entre o método tradicional de identificação das patologias através de caminhamento e o uso de drones mostrou que a segunda opção traz maior segurança para os profissionais envolvidos, redução do tempo necessário para os levantamentos e ampliação da área analisada. A aplicação de softwares especializados no processamento das imagens, como o Agisoft Metashape, possibilitou a geração de ortomosaicos georreferenciados, permitindo um diagnóstico mais detalhado e auxiliando no planejamento de ações corretivas e preventivas para a manutenção de pavimentos asfálticos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma serventia importante aos dados coletados através dos voos com drone e geração dos ortomosaicos georreferenciados seria a criação de um SIG (sistema de informações georreferenciadas) para armazená-los. Esse sistema possibilitaria o mapeamento das patologias e informações como o tipo de cada uma. Com essas informações, a prefeitura poderia planejar ações de manutenção de forma eficiente, otimizando recursos e garantindo maior segurança para os usuários das vias.

Esse sistema também facilitaria a análise das causas das patologias, permitindo cruzamento de dados da tipologia das vias por exemplo e regiões da cidade, podendo assim investir melhor na manutenção e até mesmo no dimensionamento de vias novas a serem projetadas na região. A importância de iniciativas como essa fica evidente em situações como a sofrida pela prefeitura municipal de São Carlos (SP), onde em 2013, a mesma foi condenada a ressarcir todas as despesas médicas, além de pagar uma indenização de 25 mil reais a uma motociclista que se acidentou devido a um buraco em uma das ruas da cidade. (Rover, 2013)

Dessa forma, identificar, organizar e planejar ações corretivas e preventivas melhora a qualidade das vias, reduz custos e promove o bem-estar da comunidade.

REFERÊNCIAS

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: Abeda, 2022. 750 p.

BOLLARD-BREEN, B.; BROOKS, J. D.; JONES, M. R. L. et al. **Application of an unmanned aerial vehicle in spatial mapping of terrestrial biology and human disturbance in the McMurdo Dry Valleys, East Antarctica**. *Polar Biology*, v. 38, p. 573-578, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00300-014-1586-7>. Acesso em: 19 ago. 2024.

BRANDÃO, Anna Beatriz Bencke; SANTOS, Gisely Maria dos; SILVA, Roberta Jerônimo Fernandes da; SILVA, Pedro Henrique de França. **Patologias em pavimentos flexíveis**. *Revista Mangaio Acadêmico*, João Pessoa, v. 5, n. 1, p. 58-80, 28 jun. 2020.

CALIXTO, Felipe. **Uso de RPAS: descubra os benefícios do mapeamento aéreo com drones**. 2020. Disponível em: <https://itarc.org/beneficios-do-mapeamento-aereo-com-drones/>. Acesso em: 7 ago. 2024.

CASSANIGA, Mateus Junior. **Deteção de trincas e buracos em estradas asfaltadas**. 2017. 10 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Universidade do Vale do Itajaí (Univali), Itajaí, 2017. Disponível em: <https://periodicos.univali.br/index.php/acotb/article/view/10588>. Acesso em: 7 ago. 2024.

CNT: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (Brasil). **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** Brasília, 2017. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/cnt-divulga-estudo-por-que-pavimento-rodovias-brasil-nao-duram-resultados>. Acesso em: 7 ago. 2024.

DNIT. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2003.

IBGE. **Banco de Dados Geodésicos - BDG**. Disponível em: <http://www.bdg.ibge.gov.br/appbdg/>. Acesso em: 4 dez. 2024.

NÓBREGA, Eduardo Suassuna. **Comparação entre métodos de retroanálise em pavimentos asfálticos**. 2003. 365 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: http://www.coc.ufrj.br/es/component/docman/?task=doc_download&gid=1852&Itemid=. Acesso em: 7 ago. 2024.

OLIVEIRA, F. H. L. de; ARANTES, A. E.; LIMA NETO, P. de S. **Estudo de método para identificação de panelas e remendos em pavimentos urbanos com a utilização de UAS quadricóptero**. *Revista Tecnologia*, [S. l.], v. 41, n. 2, 2020. DOI: 10.5020/23180730.2020.10838. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/tec/article/view/10838>. Acesso em: 7 ago. 2024.

PARENTE, D. Cardoso; FELIX, N. Carvalho; PICANÇO, A. Pessoa. **Uso de veículo aéreo no tripulado (VANT) en la identificación de falla superficial en pavimento asfáltico.** Revista ALCONPAT, v. 7, n. 2, p. 160-171, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v7i2.161>.

RIBAS, Artur Amaral. **A utilização da tecnologia RTK Ntrip: análise da viabilidade do uso para georreferenciamento para imóveis rurais.** 2015. 13 f. Tese (Doutorado em Informações Espaciais Georreferenciadas) – Unisinos, São Leopoldo, 2015. Disponível em: https://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/5490/Artur+Amaral+Ribas_.pdf?sequence=1. Acesso em: 28 ago. 2024.

ROVER, Tadeu. **Prefeitura tem de indenizar devido a buraco na rua.** 2013. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2013-mar-31/prefeitura-condenada-indenizar-acidente-causado-buraco-rua/>. Acesso em: 24 dez. 2024.

STONEX (Itália). **GNSS Receivers.** Disponível em: <https://www.stonex.it/gnss-receivers/>. Acesso em: 4 dez. 2024.