



Revista de la Asociación Latinoamericana  
de Control de Calidad, Patología y  
Recuperación de la Construcción

E-ISSN: 2007-6835

revistaalconpat@gmail.com

Asociación Latinoamericana de Control  
de Calidad, Patología y Recuperación de

Cardoso Parente, D.; Carvalho Felix, N.; Pessoa Picanço, A.  
Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial  
em pavimento asfáltico

Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y  
Recuperación de la Construcción, vol. 7, núm. 2, mayo-agosto, 2017, pp. 160-171  
Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la  
Construcción, A. C.  
Mérida, México

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427651116003>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico

D. Cardoso Parente<sup>\*1</sup>, N. Carvalho Felix<sup>2</sup>, A. Pessoa Picanço<sup>3</sup>

\* Autor de Contato: [denisparente@yahoo.com.br](mailto:denisparente@yahoo.com.br)

DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i1.161>

Recebido: 26-01-2017 | Aceito: 12-04-2017 | Publicado: 31-05-2017

### RESUMO

A presente pesquisa teve o propósito de desenvolver um procedimento alternativo e inovador para identificar as manifestações patológicas superficiais em pavimento asfáltico de um trecho da rodovia TO-050, em Palmas - TO. Como ferramenta foi utilizado um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), softwares para plano de voo e processamento de imagens, mosaicos de ortofotos e Modelo Digital de Superfície (MDS) da área em estudo. Por meio da interpretação visual dos produtos gerados foi possível identificar as manifestações patológicas em sua variedade, confrontando dados obtidos por meio das imagens com dados de inspeções no local. Mesmo apresentando elevado potencial de reconhecimento de áreas comprometidas, cabe destacar que a instabilidade da aeronave interfere consideravelmente na qualidade das imagens geradas.

**Palavras chave:** veículo aéreo não tripulado; patologia; pavimento asfáltico.

**Citado como:** D. Cardoso Parente, N. Carvalho Felix, A. Pessoa Picanço (2017), “Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico”, Revista ALCONPAT, 7 (2), pp. 160-171, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i1.161>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins – IFTO, Centro Universitário Luterano de Palmas CEULP / ULBRA, Brasil.

<sup>2</sup> Centro Universitário Luterano de Palmas - TO / CEULP ULBRA, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Tocantins – UFT, Brasil.

### Informação Legal

Revista ALCONPAT é uma publicação da Associação Latino-americana Controle de Qualidade, Recuperação Patologia e Construção, Internacional, A. C., Km. 6, antiga carreteira a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310, Tel. 5219997385893, [alconpat.int@gmail.com](mailto:alconpat.int@gmail.com), Website: [www.alconpat.org](http://www.alconpat.org)

Editor: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de direitos ao No. 04-2013-011717330300-203 uso exclusivo, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional do Direito de Autor. Responsável pela atualização mais recente deste número, ALCONPAT Unidade Computing, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antiga carreteira a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

A reprodução total ou parcial do conteúdo e imagens publicadas sem autorização prévia do ALCONPAT Internacional A.C é proibida. Qualquer discussão, incluindo a réplica dos autores, serão publicados na primeira edição do 2018, desde que a informação é recebida antes do encerramento da terceira edição de 2017.

## Use of unmanned aerial vehicle (UAV) in the identification of surface pathology in asphalt pavement

### ABSTRACT

The present research had the purpose of developing an alternative and new procedure to identify the surface pathological manifestations in asphaltic pavement of a stretch of highway TO-050, in Palmas - TO. An unmanned aerial vehicle (UAV), flight plan and image processing software, orthophotos and Digital Surface Model (MDS) of the study area were used as tool. By means of the visual interpretation of the generated products it was possible to identify the pathological manifestations in its variety, comparing data obtained through the images with in loco inspection data. Even though it presents a high potential for recognition of compromised areas, it is important to highlight that the instability of the aircraft interferes considerably with the quality of the images generated.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle; pathology; asphalt pavement.

## Uso de vehículo aéreo no tripulado (VANT) en la identificación de patología superficial en pavimento asfáltico

### RESUMEN

La presente investigación tuvo el propósito de desarrollar un procedimiento alternativo e innovador para identificar las manifestaciones patológicas superficiales en pavimento asfáltico de un tramo de vía identificado como TO-050, en Palmas - Tocantins. Como herramienta se utilizó un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT), softwares para plano de vuelo y procesamiento de imágenes, mosaicos de ortofotos y Modelo Digital de Superficie (MDS) del área en estudio. Por medio de la interpretación visual de los productos generados fue posible identificar las manifestaciones patológicas en su variedad confrontando datos obtenidos por medio de las imágenes con datos de inspecciones en sitio. Aun cuando presenta un elevado potencial de reconocimiento de áreas comprometidas, hay que destacar que la inestabilidad del vehículo interfiere considerablemente en la calidad de las imágenes generadas.

**Palabras clave:** vehículo aéreo no tripulado; patología; pavimento asfáltico.

## 1. INTRODUÇÃO

Em virtude de poucos investimentos ferroviários e hidroviários, e do alto custo do transporte aéreo, no Brasil, a grande maioria do transporte de cargas e de pessoas são realizadas pelo meio rodoviário. Entre os tipos de pavimentos rodoviários existentes tem-se o flexível (cujo revestimento é constituído por material betuminoso) e o rígido (formado por placas de concreto). (LUCENA, 2016)

Os pavimentos rodoviários, segundo o DNIT (2011), configuram um patrimônio valioso, que deve ser conservado e restaurado de forma a garantir a sua preservação. Qualquer interrupção ou redução na intensidade ou na frequência dos serviços de manutenção desses pavimentos implica em aumentos nos custos de operação dos veículos e na necessidade de investimentos cada vez maiores com recuperação.

Segundo Vieira *et al.*, (2016, a degradação precoce dos pavimentos reabilitados e, também dos novos, está relacionada a aplicações de projetos inadequados para as vias, projetos que muitas vezes são elaborados sem um levantamento detalhado do pavimento ou da situação em que o terreno se

encontra. Em alguns casos ocorre que os métodos de avaliação das condições reais das vias são utilizados de forma inadequada ou ineficiente.

A identificação das patologias tem por finalidade avaliar o estado de conservação dos pavimentos asfálticos, permitindo um diagnóstico da situação funcional e com isso estabelecer soluções tecnicamente adequadas, indicando as melhores alternativas para a manutenção ou restauração do pavimento. (MARCON, 1996)

Atualmente existem métodos de avaliação de pavimentos asfálticos que podem passar informações nas quais permitiram saber a real condição da superfície do pavimento asfáltico, e com esses resultados seriam utilizadas as melhores maneiras para que seja realizada uma ação preventiva ou mesmo uma restauração na via. (SHAHIN, 1996)

Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar a potencialidade das imagens obtidas por meio de VANT como subsídio no processo de identificação de patologia em pavimentos, com aplicação em um trecho da rodovia TO-050, em Palmas – TO.

## 2. VANTs E A IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIA EM PAVIMENTO

Muito embora as inspeções visuais sejam indispensáveis e a qualidade do produto gerado traga de forma fidedigna o estado de conservação dos trechos de rodovias, este processo vem ganhando suporte com o avanço de novas tecnologias. Uma delas é a tecnologia de sensoriamento por VANTs, que apresenta características, como aquisição rápida de dados e mobilidade frente às adversidades temporais.

Segundo Bento (2008), a integração de sensores de imageamento com sensores de posição (Global Navigation Satellite System - GNSS) na plataforma do VANT possibilita o georreferenciamento direto, permitindo os processos de geração de Modelo Digital de Superfície (MDS) e de ortoimagens, ferramentas utilizadas nessa pesquisa buscando a identificação de patologias superficiais em um trecho pavimentado.

Nos últimos anos, o uso de VANTs para fins civis começou a aumentar graças aos avanços tecnológicos, redução de custos e tamanho dos sensores relacionados ao Sistema de Posicionamento Global (GPS), voos pré-programados, IMUs (unidades de movimento inercial) e auto-pilotos. Neste sentido, a tecnologia pode preencher algumas lacunas de conhecimento, melhorando a resolução espacial e temporal dos sistemas de sensoriamento remoto atuais mais comuns. (NISHAR et al., 2016)

Breen *et al.*, (2015) relata que a relação custo-eficácia, facilidade de utilização, flexibilidade de planeamento e implantação de voo, a disponibilidade de uma gama de sensores de alta resolução e software de pós-processamento conferem a essa ferramenta o potencial superior em relação às imagens de satélite e imagens de aviões tripulados.

## 3. PROCEDIMENTO

Com o intuito de avaliar a aplicabilidade das imagens obtidas por VANTs para mapeamento e identificação das patologias existentes em um trecho da rodovia TO-050, propõe-se o presente estudo, de caráter metodológico exploratório-descritivo e qualitativo.

### 3.1. Área de estudo

Como unidade amostral para a pesquisa, foi escolhido um trecho de aproximadamente 3,0km da rodovia estadual TO-050. Trata-se de uma via de pista simples, pavimentada que liga as cidades de Palmas, Porto Nacional e Silvanópolis com uma extensão total de 124km. No mapa rodoviário abaixo, é possível ver a abrangência da TO-050.

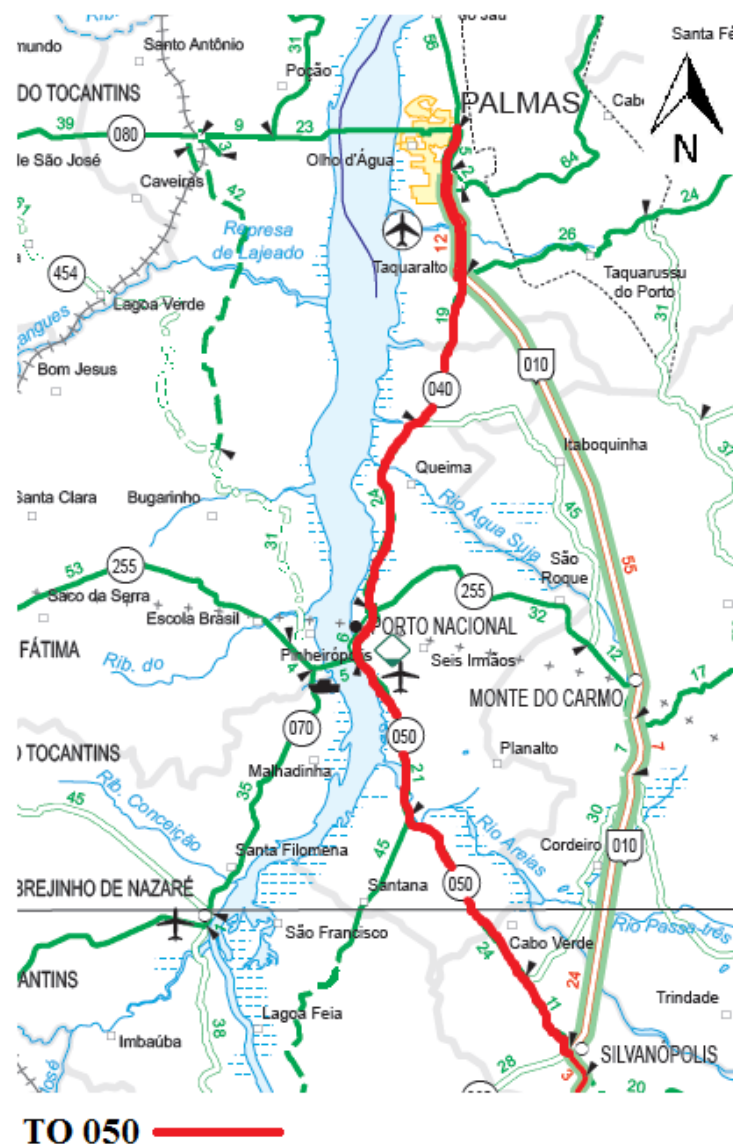


Figura 1. Rodovia estadual TO-050 ligando as cidades de Silvanópolis, Porto Nacional e Palmas.

Atualmente o trecho em estudo é considerado de extrema importância para a mobilidade urbana da capital Palmas, uma vez que liga a área central da cidade aos bairros Aurenys, Taquaralto, Setor Sônia Regina, Setor Jardim Santa Barbara, entre outros, apresentando assim um fluxo de veículos em horários comerciais bastante intenso.

## 3.2. Materiais

### 3.2.1 VANT eBee e softwares de processamento de imagens

Para a coleta das imagens foi utilizado o veículo aéreo modelo eBee (Figura 2). Compreende uma plataforma aérea com sensores específicos acoplados que permitem a obtenção de imagens fotográficas e vídeos. A aeronave traz incorporados sensores que possibilitam a estabilidade do equipamento em missão, bem como a transmissão de dados que garantem o acompanhamento direto da execução do voo.





Figura 2. VANT modelo eBee.

O planejamento de voo é elaborado por meio da estação base com o seguinte conjunto: o software eMotion 2, responsável pela programação do voo e execução do trajeto da aeronave, e uma antena transmissora, que permite o acompanhamento em tempo real do sobrevo, bem como o envio de comandos de pouso, mudanças de direção ou tomada de imagens. A interface do programa mostra informações importantes sobre o nível de bateria, temperatura ambiente, altitude, posição, duração e velocidade do voo, velocidade do vento, resolução e sobreposição longitudinal e latitudinal da área a ser sobrevoada, altitude e link do rádio.

Para processamento das imagens e geração dos mosaicos ortorretificados, a aeronave também dispõe de software específico, o Terra 3D. Nesse processo os pontos capturados pelo GPS da aeronave são associados a cada uma das imagens.

### 3.2.2 Câmeras

As câmeras utilizadas na captura das imagens reuniram características adequadas e compatíveis com o sistema eBee e o aplicativo de formação de ortomosaico, dois modelos S110 NIR e S110 RGB, adaptadas de forma a serem controladas pelo piloto automático da aeronave. A câmera NIR adquire dados na banda do infravermelho próximo e a câmera RGB obtém dados de imagem no espectrovisível que consiste na possibilidade de reproduzir qualquer cor, a partir de uma mistura de apenas três cores primárias juntamente com a luz: azul, verde e vermelho.

## 3.3. Métodos

### 3.3.1 Planejamento de voo e aquisição das imagens

Uma vez selecionada a área de voo e o tamanho do pixel, o software disponibiliza automaticamente a área, tempo estimado de voo, altitude, espaçamentos entre linhas de trajeto e distância a ser percorrida. O plano estabelecido para a presente pesquisa vislumbrou a identificação de patologias superficiais em um trecho de 3,0km de rodovia, por meio de um único arranjo de sobreposições de voo e utilização de dois tipos de sensores na captura das imagens. A Figura 3 traz detalhado o processo de sobreposição de imagens.

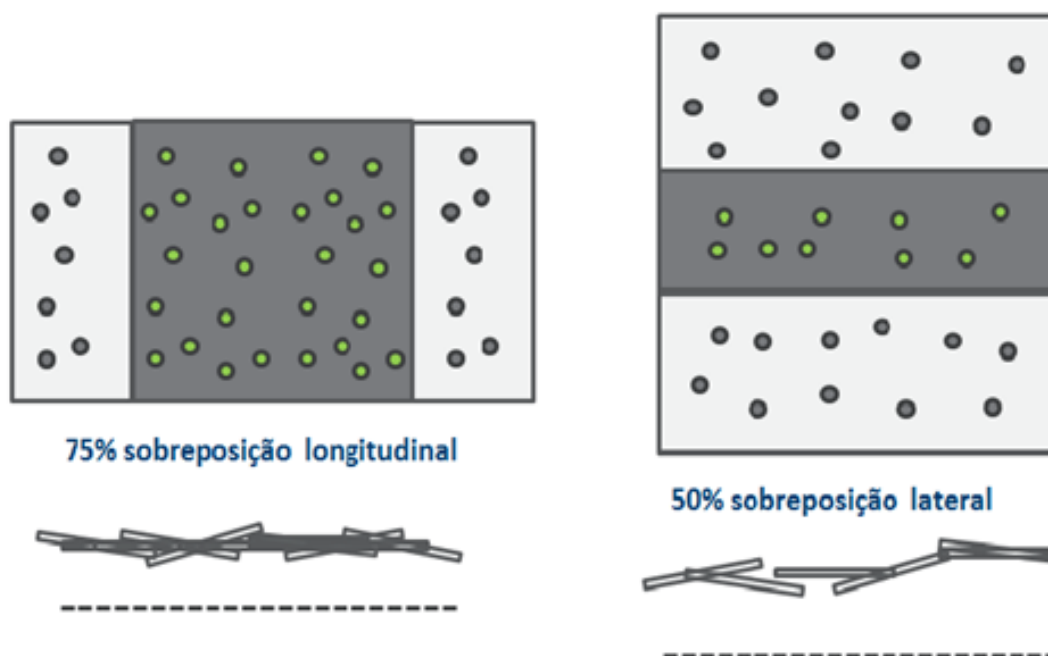


Figura 3. Sobreposição longitudinal e lateral de imagens.

### 3.3.2 Montagem do ortomosaico

O mosaico devidamente georreferenciado foi obtido após uma série de etapas, que envolveram a remoção dos erros e distorções causadas pelo processo de aquisição das imagens, e visou orientar as imagens com relação umas às outras e com relação à cena completa.

O georreferenciamento das imagens é feito pelo software compatível com o modelo do sensor e da aeronave, que dispõe de GPS de navegação acoplado. As coordenadas capturadas orientam todas as imagens na formação do mosaico georreferenciado. Sua obtenção possibilita o levantamento de dados mensuráveis, como área e volume, facilitando a identificação de pontos imageados.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Análise da superfície do pavimento

A análise das patologias no trecho rodoviário da TO-050 foi realizada por meio da fotointerpretação dos mosaicos, que versa distinguir e identificar elementos na superfície terrestre, por meio das respostas espectrais dos dois sensores utilizados. Dentro da variedade de patologias superficiais encontradas, destacam-se erosões de borda, remendos e afundamentos com solevamento lateral.

A Figura 4 apresenta a erosão da borda do revestimento em um trecho do acostamento da rodovia. Percebe-se nessa imagem a perda de material entre o acostamento e o canteiro central, ocasionado pelo desvio irregular e a ausência de meio fio, o que torna o pavimento vulnerável a esse tipo de desagregação.



Figura 4. Perda de revestimento do acostamento.

Na Figura 5 são expostas áreas afetadas por remendos, patologia com maior incidência no trecho sobrevoado. Geralmente os remendos são causados por intervenções corretivas no pavimento, em razão de afundamentos, escorregamentos, trincas interligadas, buracos, etc.

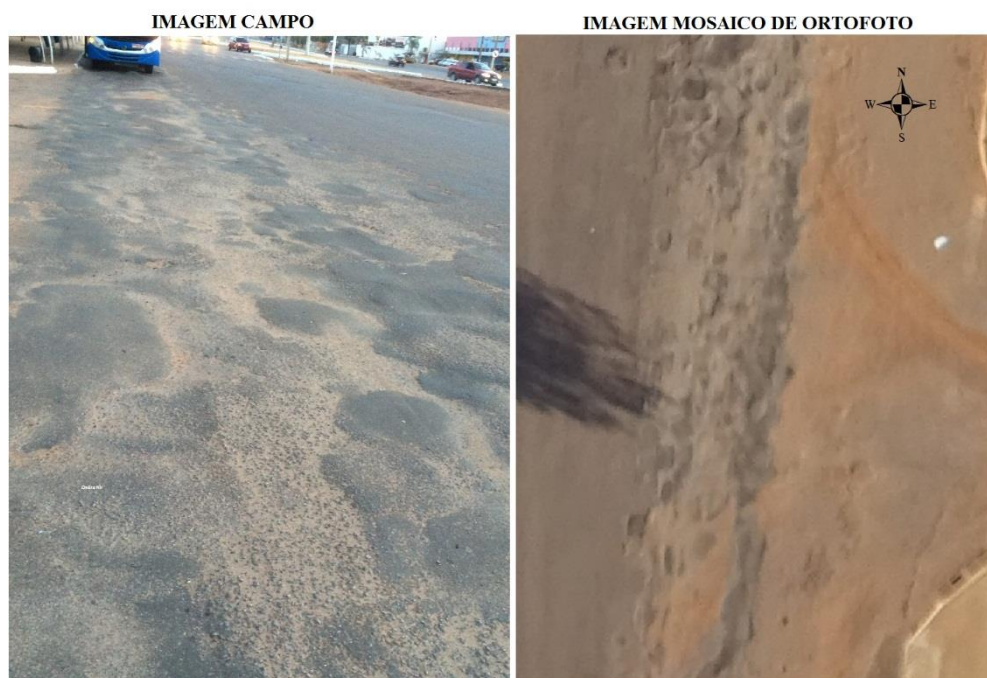


Figura 5. Remendos emergenciais.

Afundamentos e sollevamentos laterais também se mostram presentes em alguns trechos. A Figura 6 ilustra esse tipo de patologia, caracterizado pela formação de depressões no sentido longitudinal da via, acompanhada de deslocamento lateral ou elevações das áreas adjacentes. Essa manifestação patológica está associada ao tráfego de veículos pesados de transporte público (ônibus), que é mais intenso nessa faixa.



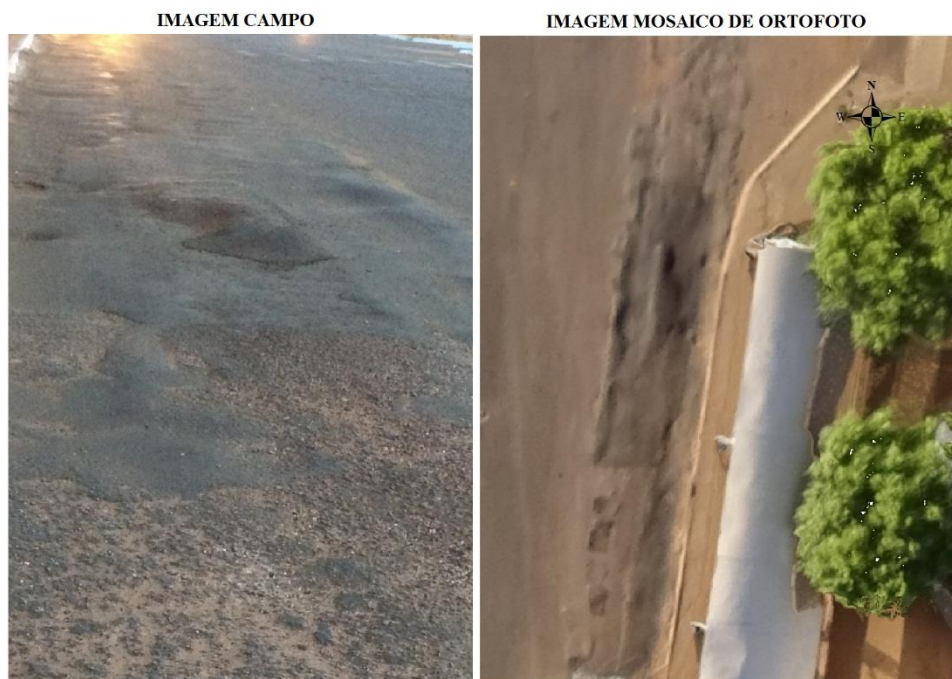


Figure 6. Afundamentos e solevamentos em trecho de tráfego pesado.

A Figura 7 evidencia uma área contendo juntas de serviço no sentido longitudinal, localizadas entre o velho e o novo pavimento executado para alargamento da pista.



Figura 7. Junta de serviço em trecho ampliado da rodovia.

Áreas comprometidas por desgaste superficial podem ser observadas na Figura 8. Nessas situações acontece a perda do filme asfáltico que envolve os agregados, podendo ser acompanhado pelo polimento dos agregados, expondo os mesmos à ação das rodas dos veículos, sendo agravado pela ação abrasiva do tráfego, onde ocorre assim a perda dos agregados, gerando aspereza superficial do pavimento.



Figura 8. Desgastes superficiais na entrada da cidade de Palmas - TO.

O aparecimento do material betuminoso sem agregado na camada de revestimento, a chamada exsudação, ilustrada na Figura 9, caracterizam-se por apresentar uma superfície brilhante, e também foi um tipo de patologia identificada.

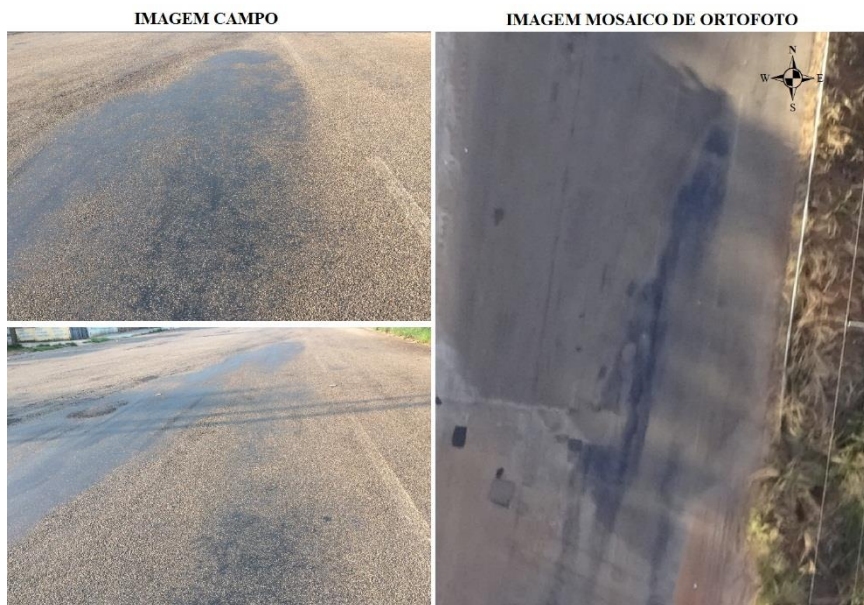


Figura 9. Exsudação em trecho próximo ao bairro Taquaralto.

#### 4.2. Comparativo das áreas comprometidas

A fim de atestar a confiabilidade dos dados levantados por meio das imagens, foram feitos comparativos entre as áreas de pavimento afetadas por patologias levantadas em campo e por meio do MDS da TO-050. A Figura 10 exemplifica o processo de levantamento de uma área afetada por remendo profundo.



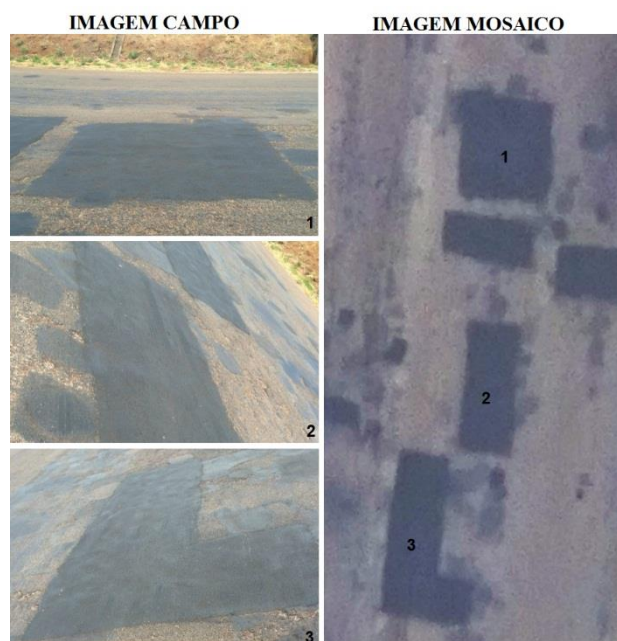


Figura 10. Remendos profundos nas proximidades da entrada do bairro Santa Helena.

Como unidade amostral foram pontuadas 10 áreas ao longo de toda a superfície do pavimento. Os resultados obtidos por meio dos mosaicos e medições in loco, bem como as diferenças absolutas e percentuais encontradas, estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Comparativo entre parcela de áreas de remendos identificados.

Figura	Área in loco (m <sup>2</sup> )	Área do MDS (m <sup>2</sup> )	Diferença entre áreas (m <sup>2</sup> )	Diferença percentual (%)
1	9,61	9,49	0,12	1,25
2	6,68	6,58	0,10	1,50
3	10,35	10,20	0,15	1,45
4	0,26	0,23	0,03	11,54
5	0,70	0,68	0,02	2,86
6	0,96	0,91	0,05	5,21
7	0,98	0,92	0,06	6,12
8	0,77	0,73	0,04	5,19
9	0,32	0,29	0,03	9,37
10	5,70	5,55	0,25	4,38

Os resultados evidenciam que quanto maior a área comprometida, menores as distorções proporcionais observadas no ortomapa. Tal fato pode ser explicado pelo recobrimento de uma mesma região afetada por um maior número de imagens, ou seja, áreas maiores aparecem em mais imagens sobrepostas, aumentando assim a precisão das análises.

A margem de acerto é relevante e corresponde a 95,43%, em média, de similaridade, levando-se em conta que os resultados extraídos tiveram um valor próximo ao valor real, o que constata a precisão dos MDSs e dos softwares de processamento.

### 4.3. Análise comparativa entre imagens NIR e RGB

Nas imagens RGB foi possível diferenciar remendos recentes e mais velhos, por meio das cores e dos formatos, enquanto nas imagens NIR, os remendos recentes são claramente evidenciados por possuírem uma tonalidade mais escura e uma geometria bem definida. A Figura 11 mostra que remendos mais antigos não aparecem nas imagens com infravermelho, ficando oculta a cor e o formato, o que dificultou a interpretação correta das patologias.



Figura 11. Comparativo entre as imagens das câmeras RGB e NIR.

Quanto aos resultados obtidos, percebe-se uma diferença significativa, levando-se em consideração que algumas manifestações patológicas não aparecem no sensor NIR, principalmente as com tonalidades mais claras, como remendos, desgastes superficiais, afundamentos e sobrelevações.

## 5. CONCLUSÕES

O sistema VANT utilizado nessa pesquisa não visa substituir a metodologia preconizada pelas normas de engenharia para o levantamento de manifestações patológicas em pavimentos, e sim agregar novas informações ao método hoje empregado, maximizando as informações por meio de imagens georreferenciadas, que poderão ser consultadas no momento desejado, possibilitando o esclarecimento de incertezas.

Na avaliação visual das imagens obtidas pelos dois sensores, NIR e RGB, para a identificação de manifestação patológica obtida pelo sensor infravermelho, evidencia-se a necessidade da transferência de detalhes, para uma correta identificação dos defeitos do pavimento. Em contrapartida as imagens com associação das três bandas de cores apresentam maior riqueza de informações, facilitando a identificação e a interpretação correta da patologia.

No que refere ao levantamento das áreas comprometidas por patologias, observou-se que existe uma diferença pouco significativa em termos percentuais entre os dados levantados por meio dos mosaicos gerados e os levantados em campo.

A metodologia mostra-se, portanto, promissora, por apresentar resultados rápidos, podendo ser utilizada como subsídio para identificação dos defeitos e mensuração dos quantitativos de serviços de recuperação e manutenção do pavimento.

Como dificuldades encontradas a ferramenta mostrou-se instável em voo, o que pode gerar imprecisões geométricas dos seus produtos, e o fato da presença de sombras, caso os voos não tenham horários propícios planejados e previsões de velocidade do vento não sejam feitas. Contudo, apesar das limitações, a ferramenta apresentou uma boa contribuição para identificação de patologia em pavimentos.



## 6. REFERÊNCIAS

- Barella, R. M., “*Inventário de defeitos superficiais de pavimentos com o auxílio de imagens digitais*”, Tese de Mestrado, Escola Politécnica da USP, (2001) p 52.
- Bento, M. (2008), “*Unmanned Aerial Vehicles: An Overview*”, Inside GNSS, January/February, pp. 54-61.
- Breen, B., Brooks, J. D., Jones, M. L. R., Robertsons, J., Betschart, S., Kung, O., Cary, S. C., Lee, C. K., Pointing, S. B. (2015), “*Aplication of an unmanned aerial vehicle in spatial mapping of terrestrial biology and human disturbance in the McMurdo Dry Valleys, East Antarctica*”, Polar Biol, 38:573–578.
- Lucena, L. C. F. L., Silveira, I. V., Costa, D. B. (2015), “*Avaliação de ligantes asfálticos modificados com óleo da Moringa Olífera Lam para uso em misturas mornas*”, Revista Matéria, v. 21, n. 1, pp. 72 – 82.
- Manual de Gerência de Pavimentos – IPR 745/2011. Rio de Janeiro: DNIT, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, 2011.
- Marcon, A. F., “*Contribuições ao Desenvolvimento de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina*”, Tese de Doutorado, Instituto Tecnológico da Aeronáutica de São José dos Campos, (1996).
- Nishar, A., Richards, S., Breen, D., Robertson, J., Breen, B. (2016), “*Thermal infrared imaging of geothermal environments and by an unmanned aerial vehicle (UAV): A case study of the Wairakei - Tauhara geothermal field, Taupo, New Zealand*”, Renewable Energy 86 (2016) 1256 - 1264.
- Shahin, M. Y. (2005), “*Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots*”, second. New York: Chapman & Hall.
- Silva, J. S., Assis, H. Y. E. G., Brito, A. V., Almeida, N. V., “*VANT como ferramenta auxiliar na análise da cobertura e uso da terra*” In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, (2015).
- Vieira, S. A., Júnior, A. A. E. P., Oliveira, F. H. L., Aguiar, M. F. P., “*Análise comparativa de metodologias de avaliação de pavimentos por meio do IGG e PCI*” In: Conex. Ci. e Tecnol. Fortaleza, Ceara. v. 10, n. 3, p. 20 – 30, nov. 2016.