

## **AVALIAÇÃO DA DRENAGEM SUPERFICIAL EM PISTA DE POUSO E DECOLAGEM POR MEIO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM (PDI)**

**Ana Kássia Lopes Gonçalves**

**Francisco Heber Lacerda de Oliveira**

Universidade Federal do Ceará

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes

### **RESUMO**

Diante do cenário de inovações tecnológicas, novas técnicas de avaliação de drenagem superficial ganham destaque. Este relatório refere-se à dissertação em andamento, cujo objetivo é analisar o escoamento superficial das águas pluviais com avaliação da macrotextura de revestimentos asfálticos em pistas de pouso e decolagem por meio de Processamento Digital de Imagens (PDI). Para tanto, serão realizados os ensaios de Mancha de Areia e Drenabilidade como parâmetros para correlação com o método por PDI. Há poucos métodos propostos para avaliação da drenagem superficial do pavimento em pistas de pouso e decolagem, sendo a contribuição desse trabalho o avanço nas técnicas de avaliação, bem como para as questões de segurança das operações aeroportuárias.

### **1. INTRODUÇÃO**

O acúmulo de água em Pista de Pouso e Decolagem (PPD) pode representar perigo às operações de aeronaves, devido à ocorrência de um fenômeno conhecido como hidroplanagem ou aquaplanagem. A hidroplanagem é a presença de um fluido contaminante (geralmente água, gelo ou neve) que se interpõe entre o pneu e o revestimento, resultando na perda do contato da aeronave com pista de pouso e decolagem.

Nesse sentido, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2018) estabelece que o operador do aeródromo deve providenciar ações corretivas a fim de permitir que a PPD possua drenagem suficiente para não acumular água na superfície e, por consequência, facilitar as ocorrências de hidroplanagem.

A textura do revestimento é a responsável pela permanência do contato pneu-pavimento e pela expulsão das águas pluviais. Uma boa interação pneu-pavimento pode ser conseguida por meio de uma boa macrotextura e drenagem adequada. A avaliação da aderência em pistas molhadas envolve fatores como a geometria da pista, tipo de materiais e as características de textura da superfície.

As deficiências e restrições dos métodos convencionais fazem com que os resultados não sejam confiáveis. Entre as desvantagens estão o tempo de procedimento, a exigência de controle das operações aéreas, interrupção da PPD e operadores treinados, resultados de difícil repetibilidade, que acabam por exigir equipamentos de alto custo para obtenção de resultados mais acurados. Por isso, com o passar dos anos, avançaram-se as técnicas de avaliação por Processamento Digital de Imagens (PDI).

O desenvolvimento de novas tecnologias possibilitou o uso de *softwares* conectados a dispositivos a laser e, mais recentemente, aplicativos em *smartphones* que conseguem coletar e analisar os dados e imagens capturadas. Sendo assim, essas tecnologias são capazes de promover avaliações mais eficientes e sem maior influência do operador nos resultados.

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo analisar o escoamento superficial das águas pluviais com avaliação da macrotextura de revestimentos aeroportuários por meio de PDI.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A textura superficial do pavimento é como um desvio da superfície em comparação a uma superfície plana verdadeira, em que a distância entre picos varia de 0 a 500mm (PUZZO *et al.*, 2017). Segundo a classificação da PIARC (*The World Road Association*), a textura é classificada em: microtextura, macrotextura, megatextura e irregularidade.

A microtextura e macrotextura dependem da aspereza e rugosidade dos agregados e constituição da mistura do revestimento (Bernucci *et al.*, 2008). A microtextura possui comprimentos de ondas menores que 0,5mm e a macrotextura, de 0,5mm até 50mm. Para Rodrigues Filho (2006), a microtextura está associada à superfície do agregado e a macrotextura é representada pela altura média, em mm, do relevo da superfície.

A macrotextura e a microtextura estão diretamente ligadas ao fenômeno de aderência pneu-pavimento em pistas com lâmina d'água. Enquanto a microtextura é responsável pela ruptura da película d'água que se forma entre o pneu e o pavimento molhado, a macrotextura está associada ao tempo de drenagem desta mesma lâmina de água (PEREIRA, 2010).

A macrotextura refere-se às irregularidades de textura de escala grosseira da superfície do pavimento que afeta o seu atrito (MATAEI *et al.*, 2018). Em condições molhadas, a camada de água age como um lubrificante e reduz o contato entre os pneus e a superfície do revestimento (GERARDO, YINGJIAN e AL-QADI, 2005). Portanto, a macrotextura está associada à capacidade de drenagem da água superficial, o que interfere no contato pneu-pavimento.

Muitos estudos demonstraram a relação entre o contato pneu-pavimento no pavimento molhado e características da textura da superfície do pavimento. Aps (2006), Silva (2008), Pereira (2010) e Oliveira (2018) avaliaram a textura e o coeficiente de atrito em diferentes revestimentos asfálticos de rodovias e aeroportos. Os autores utilizaram os ensaios convencionais para poder evidenciar a importância das características da textura do pavimento na segurança de aeródromos e rodovias e sugerir que a superfície do pavimento seja monitorada continuamente.

A macrotextura do pavimento é geralmente medida por um método volumétrico. Nesse método, um volume conhecido de material homogêneo é espalhado na superfície do pavimento e a área resultante é medida (MATAEI *et al.*, 2016). Com avanços da tecnologia e no poder computacional alguns sistemas estão disponíveis para medir a macrotextura mais rapidamente.

Com a necessidade de diminuir a influência do operador nos ensaios convencionais, Pidewerbesky e Gransberg (2006), Araújo (2017), Puzzo *et al.* (2017) e Mataei *et al.* (2018) avaliam a macrotextura através de técnicas fotográficas aliadas ao PDI. Muitos estudos revelam a aplicabilidade de técnicas computadorizadas na análise de macrotextura. Porém, a associação do pavimento molhado com a macrotextura é pouco avaliada por tais técnicas, tanto em rodovias quanto em aeroportos.

## 3. MÉTODOS E TÉCNICAS

A pesquisa será realizada em um aeródromo situado na cidade de Aquiraz, Região Metropolitana de Fortaleza, no Ceará. O aeródromo possui uma pista com 720m de comprimento e 18m de largura (Figura 1). O revestimento da PPD é o Concreto Asfáltico e parte dela possui Microrrevestimento Asfáltico a Frio. Os dois tipos de revestimentos começaram a ser analisados por ocasião desta pesquisa.



**Figura 1:** Pista de pouso e decolagem do aeródromo da pesquisa.

O estudo será dividido em três fases, além da revisão bibliográfica para embasamento do estudo e a seleção da quantidade de amostras.

Inicialmente, na Fase I serão realizados os ensaios de Mancha de Areia e Drenabilidade, normalizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2016) e pela *American Society For Testing And Materials* (ASTM, 2009).

Na Fase II, se procederá com a captura das imagens e com PDI. A captura será realizada através de câmeras digitais de *smartphones*. Para isso, será necessário saturar o pavimento com um líquido que será colorido para melhor visualização do escoamento. As fotos serão capturadas no tempo zero e ao final do tempo de escoamento de 40 segundos. A metodologia de processamento digital de imagens será desenvolvida através de um código elaborado no software Matlab R2017a, como também processada no *software* QGIS 2.18 *with grass*, a fim de comparação.

A Fase III se procederá com a análise dos dados obtidos com o PDI. Será proposto uma classificação da capacidade de drenagem do pavimento. Esta classificação será baseada pelo o que é recomendado por ANAC (2018), em que a contaminação acontece quando a lâmina d'água estiver presente numa região de 150m de comprimento, considerando 12m centrais da largura da pista.

Além disso, serão realizadas correlações entre os métodos convencionais de levantamento de macrotextura com o método proposto de avaliação de drenagem.

#### 4. RESULTADOS ESPERADOS

Nas análises por (PDI), será possível obter boas correlações entre os métodos convencionais e avaliação por PDI de macrotextura. Araújo (2017), Puzzo *et al.* (2017) e Mataei *et al.* (2018) concluem que é possível calcular todos os indicadores de macrotextura em um estágio de pós-processamento, limitando a interferência com as condições normais de operação do operador durante o levantamento.

A maioria dos métodos que avaliam as características da textura do pavimento baseia-se na situação seca da superfície do pavimento. Até onde seja de conhecimento da autora, há poucos métodos propostos para avaliação da drenagem superficial do pavimento. Desse modo, verifica-se que é possível desenvolver métodos mais eficientes de avaliação de drenagem superficial a partir do PDI, contribuindo, assim, com o desenvolvimento dos procedimentos de avaliação da segurança aeroportuária.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da CAPES no desenvolvimento deste trabalho, através da concessão de bolsa de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAC (2018) *Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Nº 153, de 27 de fevereiro de 2018*. Agência Nacional de Aviação Civil. Secretaria de Aviação Civil. Brasília, DF.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (2009) *E-2380: Test Method for Measuring Pavement Texture Drainage Using an Outflow Meter*. USA, 2009
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2016) *NBR 16504 – Misturas asfálticas – Determinação da profundidade média da macrotextura superficial de pavimentos asfálticos por volumetria – Método da mancha de areia*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- APS, M. (2006) *Classificação da Aderência Pneu-Pavimento pelo Índice Combinado IFI – International Friction Index para Revestimentos Asfálticos*. Tese (Doutorado), Escola Politécnica – USP, São Paulo, SP.
- ARAÚJO, V. M. C. (2017) *Avaliação da Textura de Misturas Asfálticas em Face a Compactação para uso em Revestimentos Aeroportuários a partir de Processamento Digital de Imagens*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, CE.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. (2008) *Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros*. Rio de Janeiro: Petrobras/Abeda.
- GERARDO W. F., YINGJIAN L., AL-QADI I. L. (2005) *Analysis of the Effect of Pavement Temperature on the Frictional Properties of Flexible Pavement Surfaces*, 84th Transportation Research Board Annual Meeting Vol. 21, 2005. Disponível em: <https://trid.trb.org/view/1157120>
- MATAEI, B. NEJAD, F. M. MOHSEN, Z. HAMZEH, Z. (2018) *Evaluation of pavement surface drainage using an automated image acquisition and processing system*. Automation in Construction, [s. l.], v. 86, n. November 2016, p. 240–255, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.010>
- OLIVEIRA, H. F. (2018) *Contribuição para Análise da Ocorrência de Aquaplanagem em Rodovias*. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica – USP, São Paulo, SP.
- PEREIRA, C. A. (2010) *Análise da Aderência Pneu-Pavimento em Rodovias dos Estados de Pernambuco e da Paraíba com Elevado índice de Acidentes*. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- PIDWERBESKY, B. D.; GRANSBERG, D. D. (2006) *Road Surface Texture Measurement Using Digital Processing and Information Theory*. Land Transport New Zealand.
- PUZZO, L. A. LOPRENCIPE, G. TOZZO, C.D'ANDREA, A. (2017) *Three-dimensional survey method of pavement texture using photographic equipment*. Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, [s. l.], v. 111, n. January, p. 146–157, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2017.07.040>
- RODRIGUES FILHO, O. S. (2006) *Características de Aderência de Revestimentos Asfálticos Aeroportuários – Estudo de Caso do Aeroporto Internacional de São Paulo Congonhas*. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica – USP, São Paulo, SP.
- SILVA, J. P. S. (2008) *Aderência Pneu-Pavimento em Revestimentos Asfálticos Aeroportuários*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

---

Ana Kássia Lopes Gonçalves (anakassia@det.ufc.br)  
Francisco Heber Lacerda de Oliveira (heber@det.ufc.br)  
Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará  
Campus do Pici, Bloco 703 – Fortaleza, CE, Brasil