XXII SITRAER 2025
Simpósio de Transporte Aéreo

AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA EM PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS POR MEIO DE TECNOLOGIA *LASER* E ENSAIO DE MACHA DE AREIA

João Vitor Benevides de Castro[1], Adailson Araújo dos Santos, Francisco Heber Lacerda de Oliveira
Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia de Transportes

[1]joaovitor@det.ufc.br

ABSTRACT

The operational safety conditions on runways (RWY) depend, among other factors, on the pavement's macrotexture. The sand patch test, widely used to determine macrotexture, has limitations such as its dependence on operator skill and execution time. The adoption of new technologies has the potential to optimize data collection, reducing costs and human error. Laser technologies have been studied for measuring surface characteristics, in this case, macrotexture. This study evaluates macrotexture measurement data from the sand patch test and a laser device. Data were collected at two RWY in Brazil. For the same points, the mean macrotexture depths were measured by the sand patch test and the laser device. The RWY was measured alternately at stakes 100 m and 3 m from the centerline. The RWY were classified based on macrotexture. Subsequently, the correlation, standard deviation, and coefficient of variation between the collection methods were analyzed. The data showed a strong correlation with the mean data for only one of the RWY ($R^2 = 0.86$). For both RWY, the coefficients of variation were higher in the data produced by the laser device. It is concluded that, although there is a correlation between the macrotexture measurement methods, further investigation is needed to understand the dispersion of the data.

Keywords: Coefficient of Variation, Airport Pavement, Airport Pavement Management, Airport Safety.

1 INTRODUÇÃO

O número total de passageiros transportados por meio da aviação foi de 4,3 bilhões em 2023, um aumento de cerca de 32,4% em comparação ao ano anterior (ICAO, 2023). A demanda por esses serviços vem crescendo, evidenciando, assim, a importância dos requisitos de segurança nas operações aeroportuárias.

Nesse contexto, as excursões de pista foram a segunda maior causa de acidentes em 2024, sendo superada apenas pela ocorrência de ataque de cauda (IATA, 2024). A garantia do controle direcional das aeronaves durante os pousos e decolagens está relacionada com as condições de resistência à derrapagem do pavimento aeroportuário, especialmente em situações de pista molhada (Peng *et al.* 2021).

A resistência à derrapagem está associada à macrotextura, essencialmente pelo papel que exerce na drenagem da água na superfície dos pavimentos. Ainda que em baixo volume, quando presente, a água favorece a ocorrência de hidroplanagem, principalmente em altas velocidades. A macrotextura também é afetada pelo acúmulo de contaminantes, como borrachas, óleos e outras partículas, influenciando a segurança das pistas de pousos e decolagens (PPD) (FAA, 2007).

Uma superfície com macrotextura fechada, seja pelo polimento dos agregados ou pelo fechamento dos vazios, perde capacidade drenante e, consequentemente, compromete a aderência pneu-pavimento (Hall *et al*. 2009). Desse modo, a macrotextura é monitorada pelos operadores de aeródromos e os limites mínimos são estabelecidos pelas autoridades internacionais de aviação civil, com o objetivo de assegurar a segurança nas operações de pouso e decolagem.

O monitoramento da macrotextura das PPD tem sido feito pelo método da Mancha de Areia. Amplamente utilizado no Brasil, esse ensaio possui limitações, como a dependência da habilidade do operador para espalhar corretamente a areia na superfície e fazer as medições das áreas. Além disso, há a contaminação da pista com o material do ensaio e o custo operacional do tempo de ocupação da PPD durante a realização do ensaio. Com isso, a adoção de tecnologias avançadas, como a utilização de sistemas a *laser*, tem potencial para otimizar a coleta de dados e melhorar a qualidade dos resultados, reduzindo custos e aumentando a confiabilidade dos resultados dos ensaios.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é analisar se há diferenças nos resultados da medição da macrotextura em aeroportos do Brasil por meio de um dispositivo a *laser* e pelo método da mancha de areia, considerando a consistência entre as medições.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A resistência à derrapagem do pavimento constitui um parâmetro crítico para a segurança operacional do tráfego, influenciando diretamente a aderência pneu–pavimento, principalmente em condições adversas (Rasol *et al*. 2021). A aderência pneu-pavimento depende, predominantemente, da textura superficial do pavimento e das especificações dos pneus — como tipo, dimensões, profundidade das ranhuras e pressão de calibragem. A aderência pode ser compreendida como a resultante de duas componentes principais: uma relacionada à textura do revestimento e outra proveniente do atrito gerado na interface pneu–pavimento (Ferreira, 2016; Bernucci *et al*., 2022).

No contexto aeroportuário, com altas velocidades das aeronaves ao tocar o solo, a macrotextura da superfície assume ainda mais importância para a segurança. Fonseca (1990) afirma que a profundidade da macrotextura nas superfícies de pavimentos aeroportuários é um dos principais fatores que influenciam a aderência das aeronaves em condições de pista molhada, pois determina o nível de dissipação de energia no momento do contato entre os pneus e o revestimento.

A macrotextura nos pavimentos asfálticos tende a reduzir com o tempo, em função do desgaste gerado pelas solicitações do tráfego e da perda gradual de partículas finas da camada superficial (*Transport Canada*, 2024). Além disso, nas PPD a profundidade média da macrotextura é afetada

pela impregnação de borracha proveniente dos pneus sobre o pavimento. Esse material contaminante tende a preencher os vazios da rugosidade superficial, reduzindo a efetividade da macrotextura e comprometendo o escoamento da lâmina d'água, condição essencial para a segurança (Oliveira, 2009). Em busca de prevenir a ocorrência de acidentes, torna-se necessário ações de manutenção da infraestrutura aeroportuária (Oliveira *et al*., 2015).

A macrotextura pode ser determinada pelo método da mancha de areia (ASTM, 2024), amplamente utilizado por sua simplicidade operacional e baixo custo. O ensaio de macrotextura consiste na aplicação uniforme de um volume conhecido de areia sobre a superfície do pavimento, a fim de determinar a profundidade média pela razão entre o volume de material aplicado e a área de espalhamento (Specht *et al*., 2007). Contudo, esse método depende de alguns fatores como a experiência do operador e as condições ambientais no momento da aplicação, o que pode comprometer a precisão e a reprodutibilidade dos resultados (Yaacob *et al*., 2014).

Adicionalmente, por se tratar de um procedimento manual, a execução do ensaio pode demandar tempo significativo, especialmente quando são necessárias múltiplas medições para garantir representatividade em áreas extensas de PPD. Essa exigência eleva o tempo total de avaliação e, por consequência, os custos operacionais envolvidos (Kim *et al*., 2013; Kuchiishi *et al*., 2014).

Buscando reduzir a dependência da habilidade humana e otimizar o tempo de execução do ensaio, sem comprometer a qualidade dos dados, busca-se o desenvolvimento e a aplicação de técnicas mais modernas, como a tecnologia a *laser*, para a avaliação de macrotextura. Chen, *et al.* (2024) avaliaram as características da textura da superfície do pavimento asfáltico com base na tecnologia de varredura a *laser* tridimensional, indicando resultados satisfatórios para essa tecnologia.

Dispositivos de atrito e *scanners a laser* 2D/3D têm sido usados na avaliação da profundidade média de perfil e da profundidade estimada de textura (Zieja *et al.*, 2024). Tais métodos possibilitam medições contínuas em pavimentos aeroportuários, contribuindo para o desenvolvimento de novos critérios de avaliação da textura superficial, com vistas à garantia da segurança nas operações de pouso e decolagem.

Sistemas a *laser* também foram testados com sucesso na medição da macrotextura em pavimentos rígidos (Oracheff *et al.*, 2022). Experimentos comparativos em dispositivos de medição de macrotextura, evidenciaram a precisão e repetibilidade de *lasers* de alta velocidade para coleta de dados em larga escala (Fernando *et al.* 2022). Dados de profundidade média de macrotextura medidos pelo ensaio da mancha de areia e por dispositivo *laser* nas mesmas PPD foram analisados por Batista *et al.* (2025). Os resultados indicaram forte correlação entre os valores médios, e maior precisão nas leituras com *laser.* Esses trabalhos demonstram uma equivalência técnica entre os dispositivos a *laser* e o método da mancha de areia.

3 MÉTODO DA PESQUISA

Os dados analisados neste trabalho são de duas PPD brasileiras. A PPD 01 possui 2.286m de extensão em Concreto Asfáltico (CA) e tratamento de *grooving* no primeiro e terceiro terços. A PPD 02 possui 1.500m de extensão também em CA sem tratamento de *grooving.* Optou-se pela análise de cada PPD para que as coletas de profundidade média de macrotextura de uma PPD não influenciasse os resultados das outras. As PPDs foram divididas em segmentos de 100m, e em cada um deles foram realizadas coletas a 3m do seu eixo de forma alternada. Foram coletados dados pelo ensaio de mancha de areia e com o dispositivo *laser.* Organizou-se os dados usando planilha eletrônica, na qual também foram realizadas as análises estatísticas e geração de gráficos.

O ensaio da mancha de areia foi feito de acordo com ASTM (2024). Em cada um dos segmentos, foram feitas 03 (três) medições, e a média dessas medições é a profundidade média da macrotextura (MTD - *Mean Texture Depth*) naquele ponto.

O dispositivo a *laser* captura a profundidade média de um perfil da superfície (MPD – *Mean Profile Depth*) conforme ISO (2019). O equipamento é configurado para escanear a superfície em um perfil com circunferência de 400mm, e então segmentar as leituras em trechos de 100mm. Essas leituras são convertidas pelo próprio dispositivo em profundidade de textura estimada (ETD – *Estimated Texture Depth*), que são equivalentes à profundidade média da macrotextura medida pelo ensaio de mancha de areia. Essa conversão é feita de acordo com a norma EN (2010). Para cada segmento, também foram realizadas três medições com o dispositivo a *laser.*

A primeira análise foi em relação à classificação da macrotextura para cada terço das PPD, segundo o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) N° 153 (2024) da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Em seguida, foram realizadas para os dados de mancha de areia e pelo dispositivo a *laser,* análises de correlação, desvio padrão e coeficiente de variação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 e na Figura 2, são apresentados os resultados das profundidades médias de macrotextura medidas para as PPD 01 e PPD 02, respectivamente. Pode-se observar que, para a PPD 01, nenhum dos pontos coletados apresentou valores inferiores ao limite determinado pela ANAC, de 0,60mm (ANAC, 2023). Por sua vez, a PPD 02 apresentou pontos medidos pelo ensaio de mancha de areia no limite recomendado e um ponto abaixo do limite.

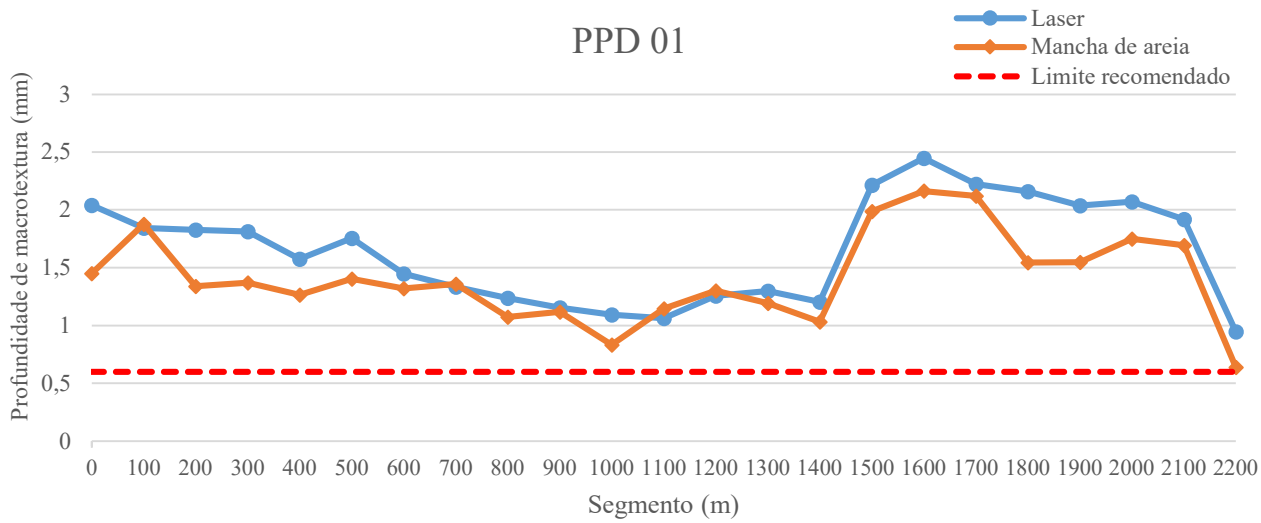


Figura 1: Profundidade da macrotextura para a PPD 01 a cada 100m.

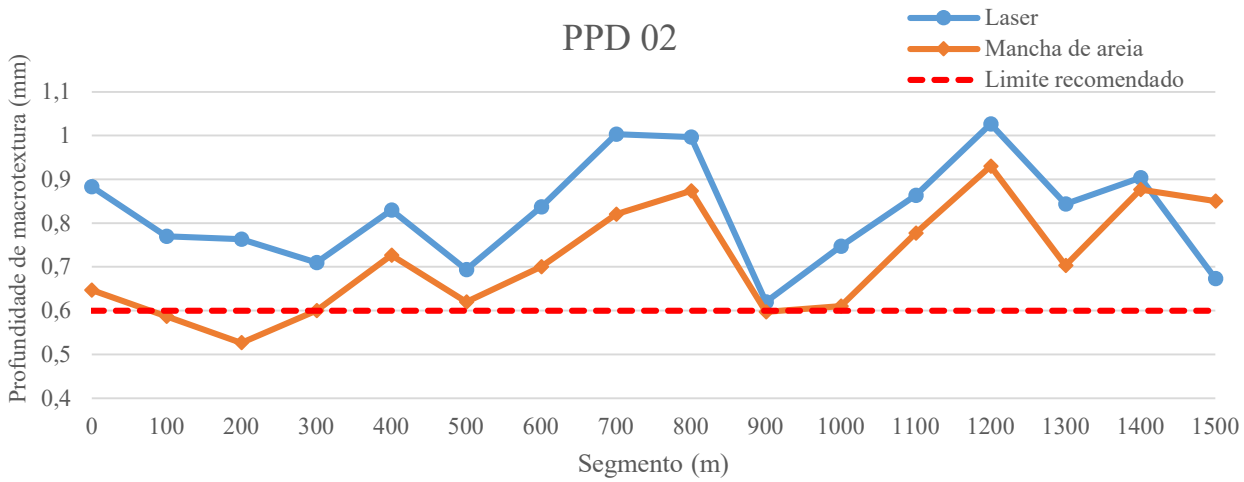


Figura 2: Profundidade da macrotextura para a PPD 02 a cada 100m.

O ponto coletado com profundidade média de macrotextura abaixo do recomendado está localizado no primeiro terço da PPD 02, região de toque do pneu com a superfície durante operações de pouso. Deve-se destacar que as condições de segurança no pouso e decolagem são comprometidas por valores baixos que macrotextura da superfície.

Pode-se observar, também, na Figura 2, que o dispositivo a *laser* apresentou leituras de profundidades médias de macrotextura maiores do que os resultados pelo ensaio de mancha de areia, inclusive no ponto abaixo do limite recomendado pela ANAC (2023). Essa diferença reforça a necessidade de se estudar qual dos dois métodos realmente representa as condições da superfície de uma PPD sob o aspecto da macrotextura.

A classificação da macrotextura pode ser vista na Tabela 1. Observa-se a diferença de classificação para a PPD 02 entre os dois métodos de medição da macrotextura. As profundidades medidas pelo dispositivo a *laser* foram classificadas como aberta, com exceção do primeiro terço.

Tabela 1: Classificação da macrotextura pelo ensaio de mancha de areia e dispositivo a *laser*.

	PPD 01				PPD 02			
	Mancha de Areia		Dispositivo a *Laser*		Mancha de Areia		Dispositivo a *Laser*	
Trecho	Profundidade média (mm)	Classificação	Profundidade média (mm)	Classificação	Profundidade média (mm)	Classificação	Profundidade média (mm)	Classificação
Extensão total da PPD	1,38	Muito aberta	1,59	Muito aberta	0,72	Média	0,82	Aberta
1º terço	1,38	Muito aberta	1,65	Muito aberta	0,62	Média	0,79	Média
2º terço	1,23	Muito aberta	1,33	Muito aberta	0,72	Média	0,83	Aberta
3º terço	1,50	Muito aberta	1,74	Muito aberta	0,79	Média	0,84	Aberta

Legenda: P > 1,2mm = Muito aberta; 0,8mm < P ≤ 1,2mm = Aberta; 0,4mm < P ≤ 0,8mm = Média. RBAC N° 153 da ANAC (2024).

É importante mencionar que as profundidades médias de macrotextura das PPD não estão sendo comparadas entre si. Trata-se de PPD em regiões e volumes de operações diferentes e que passaram por processos de remoção do acúmulo de borracha dos pneus em períodos distintos. Além disso, a PPD 01 possui tratamento de *grooving* no primeiro e no terceiro terços, enquanto a PPD 02 não possui.

A correlação entre os dados do método de mancha de areia e do dispositivo *laser* são apresentados na Figura 3 e na Figura 4. Procedeu-se a uma análise para as três leituras isoladas por segmento e para a média dessas leituras. Observa-se que a correlação para a média das leituras da PPD 01 é maior. Como a média representa um valor central, a correlação entre a média das três leituras foi superior à correlação dos dados isolados. Os resultados da PPD 02 mantiveram essa tendência, porém com correlações menores. A existência da correlação entre os métodos da mancha analisados, relatada por Batista *et al.* (2025), demonstra o potencial da tecnologia *laser* para medição de macrotextura em pavimentos.

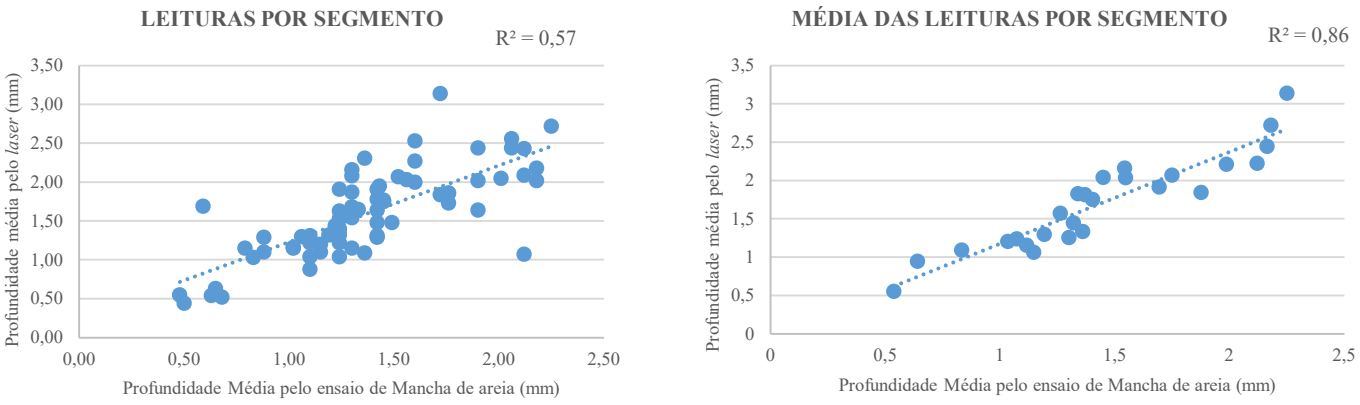


Figura 3: Correlação entre as profundidades da macrotextura para a PPD 01 pelos dois métodos.

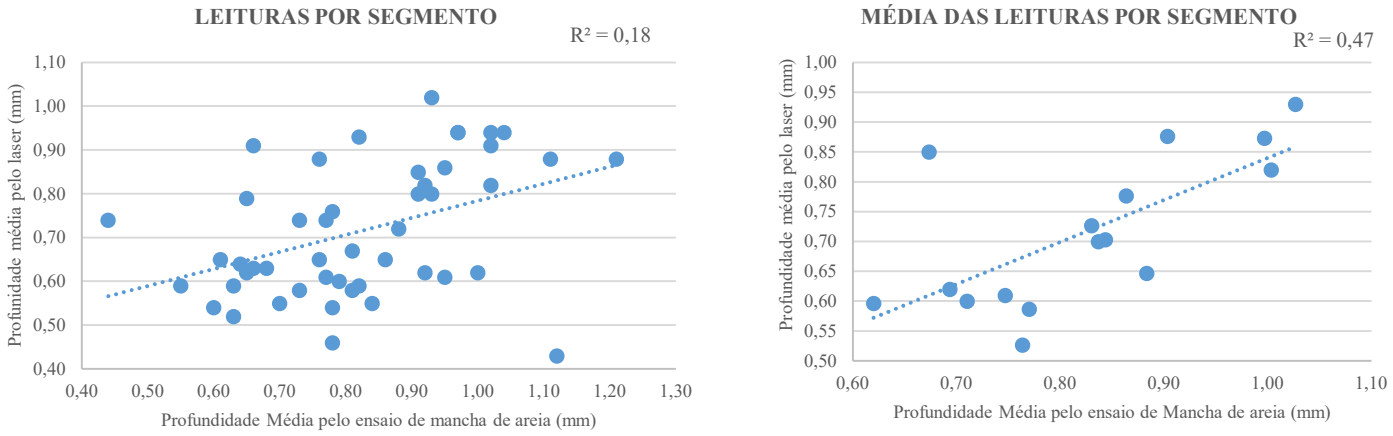


Figura 4: Correlação entre as profundidades da macrotextura para a PPD 02 pelos dois métodos.

Os valores de desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para as profundidades médias de macrotextura da PPD 01 e PPD 02 estão indicados na Tabela 2. Ao observar o desvio padrão e o CV dos terços em cada método de medição, nota-se que nenhum dos terços apresentou CV menor do que 10%. Considerando um CV de 10% como baixo, entende-se que nenhum dos dois métodos de medição analisados possui alta homogeneidade nos valores medidos de profundidade de macrotextura. Além disso, em todos os trechos da PPD 01, os valores de desvio padrão e CV foram maiores nas medições feitas com o dispositivo a *laser* do que no método da mancha de areia. A maior diferença está no 2º terço (terço sem *grooving*), com uma diferença de 0,16mm entre o desvio padrão pela mancha de areia e pelo dispositivo a *laser.* Para a PPD 02, o CV foi maior para o 2° e o 3° terços nos dados do dispositivo a *laser* do que nos dados do ensaio de mancha de areia, com diferenças em torno de 20%. Esses resultados mostram que o ensaio de mancha de areia, para essas PPD analisadas, apresentou dados mais bem agrupados.

Tabela 2: Dados de macrotextura pelo ensaio de mancha de areia e dispositivo a *laser* para a PPD 01.

	PPD 01				**PPD 02**			
Trecho	**Mancha de Areia**		***Laser***		**Mancha de Areia**		***Laser***	
	Desvio Padrão (mm)	CV (%)	Desvio Padrão (mm)	CV (%)	Desvio Padrão (mm)	CV (%)	Desvio Padrão (mm)	CV (%)
Pista Completa	0,42	30,80	0,56	35,23	0,15	21,05	0,16	19,93
1º terço	0,23	16,40	0,30	18,10	0,12	19,42	0,13	16,50
2º terço	0,36	28,92	0,52	38,97	0,13	17,91	0,20	23,62
3º terço	0,59	39,57	0,73	41,80	0,15	18,94	0,17	19,59

Os gráficos dos coeficientes de variação da PPD 01 e PPD 02 são expostos na Figura 5 e na Figura 6, respectivamente. É possível observar na Figura 5, que existem CV discrepantes nos segmentos de 2.200m e 1.500m. Esses valores destoam dos demais devido às medições com resultados diferentes entre as três leituras realizadas nesses segmentos. Ainda que esses pontos fossem excluídos, pode-se observar que o método de medição de macrotextura com dispositivo a *laser* apresentou maiores valores de CV do que o método da mancha de areia na maioria dos segmentos da PPD 01. Para a PPD 02, os valores de CV foram mais próximos entre os métodos. Os resultados da macrotextura pelo dispositivo a *laser* apresentaram maior CV em 10 das 16 medições (62,5%) para a PPD 02.

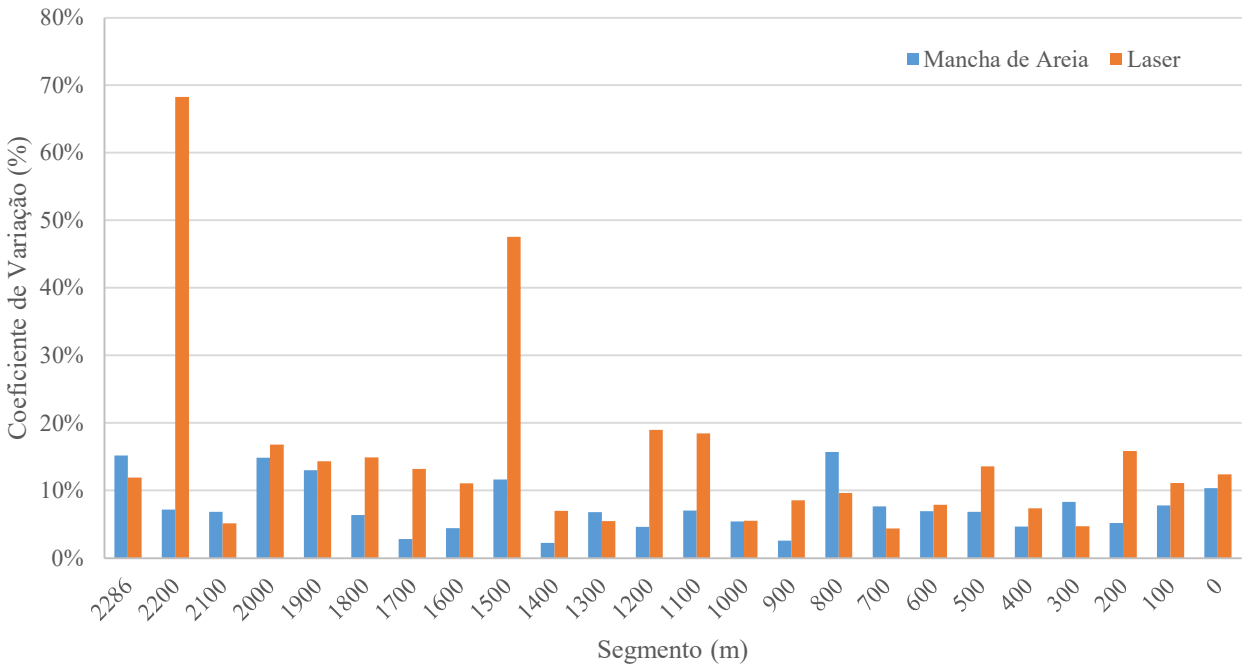


Figura 5: Coeficiente de Variação dos diferentes métodos para a PPD 01.

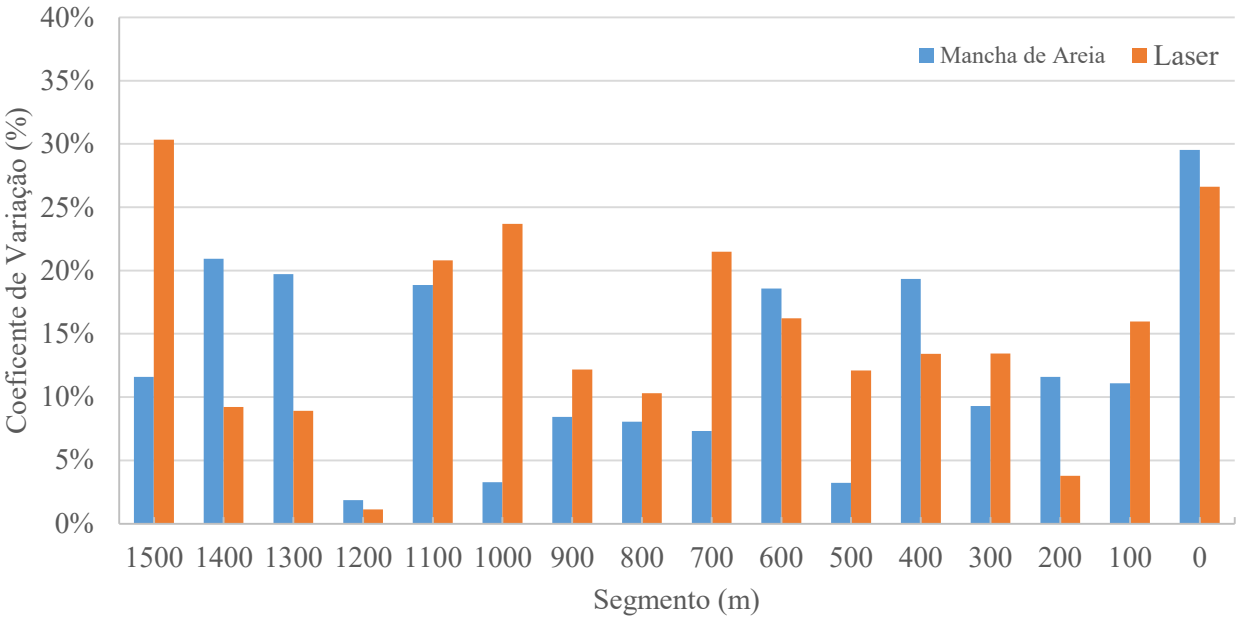


Figura 6: Coeficiente de Variação dos diferentes métodos para a PPD 02.

5 CONCLUSÕES

A análise dos dados de macrotextura de pavimentos aeroportuários são fundamentais para a avaliação de segurança operacional. Os dados analisados neste trabalho indicaram a variação entre as profundidades médias de textura pelo método da mancha de areia e por dispositivo a *laser*. Há diferença nos resultados, de tal forma que um mesmo trecho de uma pista de pouso e decolagem (PPD) pode receber duas classificações para macrotextura, a depender do método de coleta realizado.

A correlação existente entre os métodos de medição de macrotextura analisados corrobora com estudos para o uso de tecnologias a *laser.* No entanto, destaca-se que o dispositivo a *laser* apresentou menor homogeneidade nos resultados para as PPD analisadas, ao observar o coeficiente de variação. O ensaio de mancha de areia, mesmo com as limitações intrínsecas do método, obteve resultados mais homogêneos.

Conclui-se que as tecnologias a *laser* têm potencial para medição da macrotextura em pavimentos aeroportuários, mas que é necessária uma maior investigação sobre a dispersão dos dados produzidos. O objetivo da adoção de tecnologias a *laser* para medição de macrotextura não é apenas obter ganhos operacionais, mas também produzir leituras com acurácia e consistência adequadas.

6 REFERÊNCIAS

ANAC. (2023). Agência Nacional de Aviação Civil. Monitoramento da irregularidade longitudinal, atrito e macrotextura do pavimento da pista pouso e decolagem. Instrução Suplementar N° 153.205 001, Revisão C. Brasília, DF.

ANAC. (2024). Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC Nº 153 Emenda N° 08, de 15 de Julho de 2024 – Aeródromos - Operação, Manutenção e Resposta à Emergência. Brasília, DF.

ASTM International. (2024). ASTM E965-24: Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique. West Conshohocken: ASTM International.

Batista, P.H.T.; Gennesseaux, M.L.; Oliveira, F.H.L. (2025) Evaluation of Laser Technology for Measuring Macrotexture on Airport Pavements. Airfield and Highway Pavements 2025, p 545. doi: https://doi.org/10.1061/9780784486214.050.

Bernucci, L. B.; Motta, L. M. G.; Ceratti, J. A. P.; Soares, J. B. (2022) Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras/Abeda.

Chen, S.-H., Huang, Y.-C., and Tsai, M.-H. (2021). Assessing Surface Texture Features of Asphalt Pavement Based on Three-Dimensional Laser Scanning Technology. Buildings, v. 11, n. 12, p. 623. Available in: Acesso em: 24 set. 2024.

EN (2010). Road and airfield surface characteristics – Test methods - Part 1: Measurement of pavement surface macrotexture depth using a volumetric patch technique. SIST EN 13036-1:2010.

FAA (2007). Federal Aviation Administration. Advisory Circular 150/5380-6B: Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavements. Washington, D.C.

Fernando, E. G., Hu, S., and Crockford, W. (2022). Comparative evaluation of pavement macrotexture measurements from different devices. Transportation Research Record.

Ferreira, J. C. (2016) Estudo e Avaliação da Influência da Macrotextura e Microtextura na Aderência Pneu-Pavimento. 2016. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Fonseca, O. A. (1990). Manutenção de Pavimentos de Aeroportos. Diretoria de Engenharia da Aeronáutica. Divisão de Estudos e Projetos de Infra-Estrutura. Ministério da Aeronáutica. Brasília, DF.

Hall, J. W., Smith, K. L., Titus-Glover, L., Wambold, J. C., Yager, T. J., Rado, Z. (2009) Guide for pavement friction. NCHRP. Web-only document 108. Contractor's Final Report NCHRP Project 01-43, Transportation Research Board of the National Academes, Feb. 2009.

IATA (2024) Annual Safety Report 2024. International Air Transport Association, Safety Report References, Definitions & Sources. 2024 Full Year Accident Update.

ICAO (2023) Presentation of 2023 Air Transportation Statistical Results. International Civil Aviation Organization, Annual Report.

ISO (2019). Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 1: Determination of Mean Profile Depth. ISO 13473-1:2019. Geneva: International Organization for Standardization.

Kim, H. B., Lee, S. W., Hyun, T.-J., and Lee, K. H. (2013). Measurement of Texture Depth of Pavement Using Portable Laser Profiler. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, v. 10, p. 1576-1589.

Kuchiishi, K., Callai, S. C., Vieira, T., and Bernucci, L. (2014) Estudo da macrotextura do pavimento a partir de ensaios de mancha de areia e drenabilidade em conjunto com análise da superfície por estereoscopia. In: XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET, Curitiba, 2014. Anais […]. Curitiba: ANPET, 2014.

Oliveira, F.H.L.; Ramos, S.P.; Almeida, L.C.; Aguiar, M.F.P. (2015). Análise Da Profundidade Média da Macrotextura Por Ensaio De Mancha De Areia E Coeficiente De Atrito Dos Pavimentos Aeroportuários. XVII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte – Concepción – 12 - 16 Octubre 2015.

Oliveira, F. H. L. (2009) Proposição de estratégias de manutenção de pavimentos aeroportuários baseadas na macrotextura e no atrito: estudo de caso do aeroporto internacional de Fortaleza. Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação em Engenharia de Transportes - PETRAN, Universidade Federal do Ceará, CE.

Oracheff, A., Wang, G., and Fletcher, J. (2022). Macrotexture Assessments Using Line-Laser Technology. Transportation Research Record.

Peng, N.; Khairuddin, F.; Sabri, W.; Yussof, Z.; Yee, Y.; Ramli, M. (2021) Estimating the Potential of Skid Incident at Airport Runway – A Case Study. Jurnal Kejuruteraan SI 4(1) 2021: 77-85. doi: https://doi.org/10.17576/jkukm-2021-si4(1)-10.

Rasol, M.; Schmidt, F.; Ientile, S.; Adelaide, L.; Nedjar, B.; Kane, M.; Chevalier, C. (2021) Progresso e oportunidades de monitoramento da resistência à derrapagem no transporte rodoviário: uma revisão crítica e sensores rodoviários. Remote Sens. 2021, 13, 3729.

Specht, L.P.; Rozek, T.; Hirsch, F.; Santos, R.T. (2007) Avaliação da macrotextura de pavimentos através do ensaio de mancha de areia. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n. 10, p. 30-38.

Transport Canada. (2024). Aerodrome Safety Circular. ASC 2004-024. Appendix A – Guidelines Respecting the Measurement, Evaluation and Maintenance of Airfield Pavement Surface Friction. Government of Canada. 2004. Disponível <http://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/opssvs/nationalops-audinspmon-programsafetycirculars-20040 24-862.htm>. Acesso em: 16 de ago. 2024.

Yaacob, H., Abdul Hassan, N., Hainin, M. R., and Rosli, M. F. (2014). Comparison of Sand Patch Test and Multi Laser Profiler in Pavement Surface Measurement. Jurnal Teknologi, v. 70, n. 4, p. 35-41.

Zieja, M., Wesołowski, M., Blacha, K., and Iwanowski, P. (2024) Analysis of the Anti-Skid Properties of New Airfield Pavements in Aspect of Applicable Requirements. Coatings, v. 11, n. 7, p. 778, 2021. Available in: https://www.mdpi.com/2079-6412/11/7/778. Acesso em: 24 nov. 2024.