

DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES DE MACROTEXTURA E COEFICIENTE DE ATRITO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE FORTALEZA

PEDRO CAMPOS BRANDÃO¹, ROBERTO KELSEN DE AZEVEDO VASCONCELOS FILHO¹,
FRANCISCO HEBER LACERDA DE OLIVEIRA¹, MARCOS FÁBIO PORTO DE AGUIAR^{1,2}

¹Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

<pedrocamposbrandao@gmail.com>, <robertokelsen@hotmail.com>,
<heberoliveiracivil@hotmail.com>, <marcosfpa@hotmail.com>

Resumo. O conhecimento sobre textura superficial do pavimento, sobretudo aeroportuários, é de grande importância, pois a adequada textura contribui para a redução de acidentes, a otimização da drenagem e redução de contaminantes. A aderência pneu-pavimento é um fator determinante em relação à segurança do voo, por este motivo o presente artigo busca analisar a evolução dos índices da macrotextura e do coeficiente de atrito na pista de pousos e decolagens do Aeroporto Internacional Pinto Martins, localizado em Fortaleza, no Estado do Ceará. No estudo proposto, a evolução dos índices de macrotextura e de coeficiente de atrito é analisada através de tabelas e gráficos, constatando-se que a referida pista encontra-se dentro dos padrões para as operações de pousos e decolagens, porém com a elevação do índice de macrotextura e a mudança de classificação da pista, regulamentados pela alteração da legislação nacional pertinente, em vigor desde setembro de 2012, parte da pista se encontra em desacordo com a nova legislação.

Palavras-chaves: Pavimento. Macrotextura. Coeficiente de atrito.

Abstract. Knowledge of the surface texture of the pavement, especially airport, is of great importance, since proper texture contributes to the reduction of accidents, optimization of drainage and reduction of contaminants. The tire - pavement grip is a determining factor in relation to flight safety, for this reason the present article seeks to analyze the evolution of the indices macrotexture and friction coefficient of the runway takeoffs and landings Pinto Martins International Airport in Fortaleza in the state of Ceará. In the proposed study, the evolution of the indices macrotexture and friction coefficient is analyzed using tables and graphs, noting that if the said track is within the standards for operations of takeoffs and landings, but with the rise of the index macrotexture and change the classification of the track, regulated by changing the relevant national legislation, in force since September 2012, part of the track is at odds with the new legislation.

Keywords: Pavement. Macrotexture. Coefficient of friction.

1 INTRODUÇÃO

Diversas regiões do Brasil estão expostas a constantes chuvas, que em aeroportos vem a contribuir para a ocorrência de acidentes e incidentes nos momentos de pouso e decolagem, pois em pista molhada as condições aderência pneu-pavimento pioram. Tais condições são um importante indicador de comportamento funcional do pavimento. Devido à relevância da aderência pneu-pavimento, este artigo busca analisar os índices de ma-

crotextura e o coeficiente de atrito na pista de pouso e decolagem do aeroporto Internacional de Fortaleza, os quais são os principais parâmetros para uma adequada drenagem da água, em situações de pista molhada.

A metodologia para análise dos parâmetros da macrotextura foi realizada uma pesquisa de dados dos ensaios da mancha de areia (ANAC, 2012) e para o coeficiente de atrito foi utilizado o equipamento Skiddometer (VASCONCELOS FILHO, 2012) antes e próximo

ao término da obra de recuperação asfáltica da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional de Fortaleza. Os dados obtidos foram organizados em tabelas e, em seguida, reproduzidos seus respectivos gráficos para avaliação dos parâmetros.

2 A MACROTEXTURA E O COEFICIENTE DE ATRITO EM AEROPORTOS

Segundo considerações de Fonseca (1990), Kazda e Caves (2000), ICAO (2002), a textura das superfícies dos pavimentos aeroportuários é caracterizada pela microtextura e pela macrotextura. Isso pelo fato de que esses são os dois principais elementos que proporcionam características antiderrapantes à superfície dos pavimentos, sendo fundamentais para a composição do coeficiente de atrito e do processo de aderência pneu-pavimento.

A textura superficial de um pavimento, segundo Duarte (2011), é responsável por proporcionar o desenvolvimento das forças de atrito entre pneu e pavimento, pelo ruído e vibrações transmitidas ao interior das aeronaves e desempenha um papel importante na resistência ao deslocamento.

A macrotextura é o principal responsável pela drenagem ativa da água da superfície dos pavimentos aeroportuários. Por isso existe a preocupação com relação à impregnação e o acúmulo de borracha, já que esse contaminante pode preencher as ranhuras e não permitir o adequado escoamento da água, favorecendo os eventos de aquaplanagem.

De acordo com ICAO (2002), a macrotextura reduz a tendência dos pneus das aeronaves de experimentar a aquaplanagem dinâmica ao proporcionar maior drenagem da água presente na superfície dos pavimentos aeroportuários. Esse fenômeno é verificado durante os pousos e as decolagens, quando as aeronaves encontram-se com velocidades elevadas.

Em pavimentos asfálticos, o tamanho e a granulometria dos agregados são fundamentais para uma boa macrotextura. Uma pobre macrotextura não proporciona uma drenagem adequada para um eficiente contato pneu-pavimento.

Conforme Duarte (2011), a macrotextura tem especial importância no caso dos pavimentos aeroportuários. Devido às suas características geométricas particulares, a drenagem superficial torna-se bastante dificultada comparativamente a um pavimento rodoviário, pelo que vai ser essencial à questão do relevo da superfície do revestimento do pavimento para proporcionar uma boa drenagem com ênfase para as pistas de pouso e decolagem.

A profundidade da macrotextura da superfície dos pavimentos aeroportuários é um dos fatores que mais afetam a resistência à derrapagem de aeronaves em superfícies molhadas, pois possibilita maior ou menor perda de energia ao contato com os pneus (FONSECA, 1990).

Quanto aos valores a serem encontrados vários métodos são citados segundo ICAO (2002), como o método da mancha de areia, da mancha de graxa, papel carbono, estereofotográfico, medição direta no pavimento, régua de copiar perfis e corrente de água.

Quanto à classificação dos valores da macrotextura quando obtidos pelo ensaio da mancha de areia, obedecem a ANAC (2012), conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da macrotextura (ANAC, 2012).

Conceito	Profundidade média (T)
Muito Fechada	$T < 0,20 \text{ mm}$
Fechada	$0,20 \text{ mm} < T < 0,40 \text{ mm}$
Média	$0,40 \text{ mm} < T < 0,80 \text{ mm}$
Aberta	$0,80 < T < 1,20 \text{ mm}$
Muito Aberta	$T > 1,20 \text{ mm}$

Segundo a ANAC (2009), recomenda-se que para pavimentos aeroportuários a profundidade média mínima da macrotextura não deve ser menor que 0,50 mm para a pista de pouso e decolagem em operação. No caso de pavimentos flexíveis novos, de acordo com DAC (2001), ICAO (2002) e ICAO (2004), a macrotextura deve ser de, no mínimo, 1,00 mm.

Valores de macrotextura menores ou iguais a 0,40 mm (macrotextura muito fechada ou fechada) caracterizam um nível de manutenção imediata para os pavimentos, devido à possibilidade de existir um elevado risco de aquaplanagem dinâmica quando da presença de água.

Quanto ao coeficiente de atrito, ICAO (2002) conceitua, o atrito é caracterizado pelo seu coeficiente e definido como a relação entre a força tangencial necessária para manter um movimento relativo uniforme entre as duas superfícies em contato (os pneus da aeronave e a superfície do pavimento) e a força perpendicular que as mantém em contato (peso distribuído da aeronave sobre a área dos pneus da aeronave).

A aderência pneu-pavimento é fortemente influenciada pela qualidade da área de contato pneu-pavimento, sendo que a presença de água sobre as pistas é um fator importante a ser considerado. Essa aderência depende

ainda da força de atrito resultante do contato entre as duas superfícies, como afirmam Souza, Neves e Barros (1994).

Dados da ICAO (2002) mostram que os incidentes e acidentes relacionados à saída ou à derrapagem de aeronaves das pistas de aeroportos, indicam que, na maioria dos casos, a causa principal, ou pelo menos um dos fatores contribuintes, foram às características de atrito das pistas sobre a eficácia dos freios das aeronaves.

Para Wells e Young (2004), o atrito da superfície das pistas aeroportuárias permite que as aeronaves acelerem durante o procedimento de decolagem, assim como desacelerem seguramente após o pouso. A ausência de um efetivo coeficiente de atrito nessas pistas proporciona ocorrências de derrapagem ou aquaplanagem, com a consequente perda de controle das aeronaves na superfície.

Quanto à classificação dos valores do coeficiente de atrito obtidos através do equipamento Skidometer é baseado na legislação da ANAC (2009), conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Classificação do coeficiente de atrito (ANAC, 2009).

Conceito	Coeficiente de atrito (μ)
Nova	$\mu \geq 0,82$
Segura não supervisionada	$0,60 < \mu < 0,82$
Segura supervisionada	$0,50 < \mu < 0,60$
Insegura	$\mu < 0,50$

Conforme Oliveira (2009), as características de atrito das pistas de pousos e de decolagens mudam com o tempo e em de outras questões como o tipo e frequência das aeronaves, condições climáticas e ambientais, presença de contaminantes, especialmente a borracha proveniente das aeronaves. É preciso, então, provê-las adequadamente de forma que se garantam as condições mínimas de segurança operacional às aeronaves que utilizam essas pistas, evitando os acidentes.

As considerações de ordem operacional, segundo a ICAO (2002), determinam o método mais adequado que deve ser utilizado em determinado aeroporto. As medições devem ser realizadas, preferencialmente, através de dispositivos que permitam a medição contínua do atrito em toda a extensão da pista, em pontos distanciados a cada 10 m.

Os ensaios para medição do coeficiente de atrito devem ser realizados com equipamentos de medida contínua preconizados pela ICAO (2004), tais como: *Mu-Meter*, *Skidometer*, *Tatra* e *Grip Tester* (VASCONCELOS FILHO, 2012).

3 ANÁLISE DA MACROTEXTURA E DO COEFICIENTE DE ATRITO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE FORTALEZA

Atualmente o Aeroporto Internacional Pinto Martins possui uma pista de pousos e de decolagens, cuja extensão é de 2.545 m por 60 m de largura, três pátios de estacionamento de aeronaves, um terminal de aviação geral e um terminal de passageiros da aviação comercial, doméstica e internacional, que hoje está sendo ampliado. As cabeceiras do Aeroporto Internacional Pinto Martins são designadas 13 e 31 e, por consequência, a pista de pouso e decolagens denominada tecnicamente, conforme recomendações da ICAO (2004), por RWY 13/31, sendo RWY a abreviatura de Runway.

Em agosto de 2011, foi iniciada a obra de recuperação do revestimento asfáltico da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Pinto Martins, objetivando a melhoria das condições do relevo superficial e o consequente aumento da segurança das operações das aeronaves na pista.

Em resumo o serviço realizado na pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Pinto Martins, denominada tecnicamente, conforme ICAO (2004) por RWY 13/31, baseia-se em remover o revestimento asfáltico em uso, através da fresagem, possivelmente deteriorado tanto pelo acúmulo da borracha, como por condições climáticas, entre outros fatores, e consequente, reposição de um revestimento novo.

Durante a execução dos serviços de recuperação do revestimento, realizaram-se ensaios para obtenção de coeficiente de atrito e macrotextura, para constatar se os índices estavam de acordo com a INFRAERO (2009). A metodologia utilizada para avaliação destes parâmetros foi uma pesquisa de dados obtidos pelo ensaio da mancha de areia para determinação da profundidade da macrotextura e o equipamento Skidometer para leitura do coeficiente de atrito. No Aeroporto Internacional de Fortaleza, conforme Campos (2012), os valores da macrotextura nos anos de 2011 e 2012 são apresentados na Tabela 3.

A representação gráfica correspondente à Tabela 3 consta na Figura 1, em 2011, e na Figura 2, em 2012, com dados obtidos por meio do ensaio mancha de areia e realizado no período que antecedeu o início da obra de recuperação do revestimento asfáltico da pista de pouso e decolagem do aeroporto em estudo e próximo ao término da obra.

A Tabela 4 apresenta os valores da média da macrotextura em cada trecho da pista de pouso e decolagem nos meses de abril, maio e julho de 2011 e nos meses de janeiro, fevereiro e junho em 2012. O gráfico correspondente dessa média está representado na Figura 3.

DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES DE MACROTEXTURA E COEFICIENTE DE ATRITO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE FORTALEZA

Tabela 3: Macrotextura da pista de pousos e de decolagens, em 2011 e 2012 (CAMPOS, 2012).

Localização em relação a cabeceira 13 (m)	abr/11	mai/11	jul/11	jan/12	fev/12	jun/12
	Profundidade da Macrotextura (mm)	Profundidade da Macrotextura (mm)	Profundidade da Macrotextura (mm)	Profundidade da Macrotextura (mm)	Profundidade da Macrotextura (mm)	Profundidade da Macrotextura (mm)
100	1,81	1,75	2,08	2,14	2,43	0,70
200	1,69	1,65	2,12	1,87	1,97	0,72
300	1,06	1,01	1,63	0,99	1,27	0,62
400	0,76	0,79	1,26	0,50	0,96	0,72
500	0,79	0,88	1,63	0,71	0,78	0,74
600	0,92	0,76	1,74	0,59	0,70	0,91
700	0,89	0,57	1,42	0,54	0,92	0,77
800	1,97	1,81	1,91	0,60	0,64	0,75
900	2,43	1,81	0,62	0,53	0,55	0,78
1000	3,27	3,09	0,3	0,61	0,56	0,72
1100	3,2	3,55	2,64	0,63	0,66	0,65
1200	2,53	3,13	3,22	0,70	0,75	0,57
1300	2,07	3,06	3,08	0,46	0,58	0,62
1400	3,39	3,06	3,15	0,67	0,59	0,63
1500	2,29	2,53	3,48	0,40	0,83	0,68
1600	2,89	3,06	3,29	0,56	0,51	0,62
1700	2,58	2,93	3,26	0,54	0,79	0,58
1800	2,63	2,66	3,11	0,42	0,83	0,51
1900	1,36	1,44	2,02	0,53	0,55	0,55
2000	1,31	1,3	2,26	0,44	0,58	0,55
2100	1,13	0,82	1,50	0,50	0,58	0,51

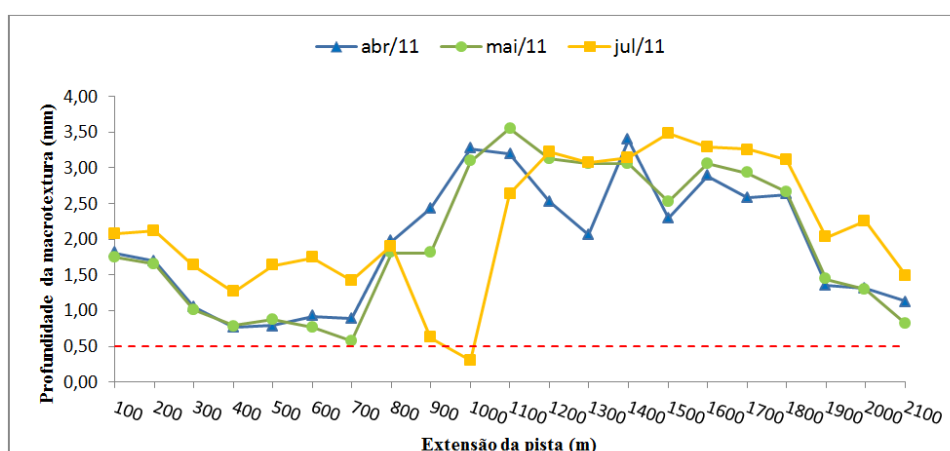


Figura 1: Gráfico da profundidade média da mancha de areia na pista de pousos e decolagens, em 2011.

DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES DE MACROTEXTURA E COEFICIENTE DE ATRITO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE FORTALEZA

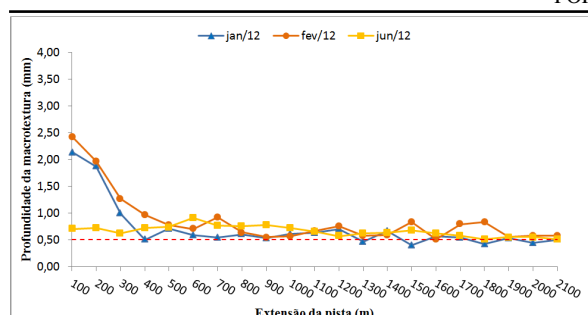


Figura 2: Gráfico da profundidade média da mancha de areia na pista de pouso e decolagem, em 2012.

Tabela 4: Macrotextura média da pista de pousos e decolagens, em 2011 e 2012 (CAMPOS, 2012).

Localização em relação a cabeceira 13 (m)	Média Relatórios abril, maio e julho de 2011	Média Relatórios janeiro, fevereiro, junho de 2012
100	1,88	1,76
200	1,82	1,52
300	1,23	0,96
400	0,94	0,73
500	1,10	0,74
600	1,14	0,73
700	0,96	0,74
800	1,90	0,66
900	1,62	0,62
1000	2,22	0,63
1100	3,13	0,65
1200	2,96	0,67
1300	2,74	0,55
1400	3,20	0,63
1500	2,77	0,64
1600	3,08	0,56
1700	2,92	0,64
1800	2,80	0,59
1900	1,61	0,54
2000	1,62	0,52
2100	1,15	0,53

Ao considerar a macrotextura média de cada terço da pista, como recomendam DAC (2001) e ANAC (2012), tem-se o resumo apresentado na Tabela 5.

Indica-se nas Figuras 1, 2 e 3 o valor mínimo de 0,50 mm para a profundidade média da macrotextura, estabelecido pela ANAC (2009). Pode-se perceber que no mês de julho de 2011, na extensão de 1000 m, o valor da macrotextura é de 0,30 mm, portanto abaixo do

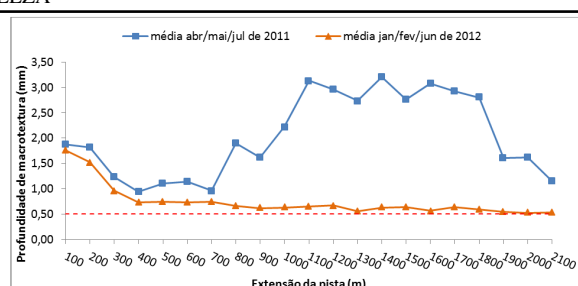


Figura 3: Gráfico da profundidade média da mancha de areia na pista de pouso e decolagem, em 2011 e 2012.

Tabela 5: Macrotextura dos terços da pista de pouso e decolagem, em 2011 e 2012.

Características	Profundidade da macrotextura (mm) em 2011	Classificação da macrotextura	Profundidade da macrotextura (mm) em 2012	Classificação da macrotextura
1º terço da pista	1,30	Muito aberta	1,03	Aberta
2º terço da pista	2,54	Muito aberta	0,63	Média
3º terço da pista	2,28	Muito aberta	0,57	Média

recomendado, o que pode resultar em uma maior dificuldade da drenagem das águas superficiais e, por consequência, na aderência entre os pneus das aeronaves e o revestimento do pavimento.

Nota-se que entre os pontos 1.100 m e 1.800 m, na Figura 1, os valores da macrotextura estão acima do limite recomendado. Isso resulta em um maior desgaste da macrotextura, consequentemente poderá haver uma maior incidência do acúmulo de borracha dos pneus das aeronaves causado pelo desgaste excessivo dos pneus e outros contaminantes sobre a pista.

Pode-se perceber, de acordo com a Figura 2, que houve uma redução nos valores da macrotextura após os serviços de recuperação asfáltica, executada a partir da cabeceira 13, em relação aos valores encontrados antes da obra de recuperação asfáltica em 2011.

De acordo com o gráfico da Figura 3, percebe-se que nos primeiros levantamentos os dados correspondentes aos pontos 1.100 m e 1.800 m revelam valores de macrotextura bem acima do limite estabelecido pela ANAC (2009). Com a recuperação da camada asfáltica nota-se nesses mesmos pontos uma redução nos valores da macrotextura, chegando a ficar quase no limite mínimo. Nota-se também, que nos pontos 2.000 m e 2.100 m os valores da macrotextura, após a obra de recuperação da camada asfáltica ficaram próximos do limite estabelecido pela ANAC (2012), 0,60 mm.

Observado os valores da profundidade média da ma-

crotextura antes do início da obra de recuperação da camada asfáltica nos três terços da pista de pousos e de decolagens, percebe-se que, quanto à classificação da macrotextura, todos apresentam macrotextura muito aberta.

Quando os valores de macrotextura estão muito acima do limite mínimo estabelecido, com uma macrotextura classificada como aberta ou muito aberta, pode ocorrer desgaste excessivo dos pneus, acúmulo de borraça na pista, aumento do consumo de combustível e outros contaminantes sobre a pista. Essa ocorrência, caso não seja tratada no momento oportuno, proporciona prejuízos na segurança das operações.

Juntamente, com os levantamentos da macrotextura foram feitas medições do coeficiente de atrito nos mesmos períodos nos meses de abril, maio e junho de 2011, antes do início da obra de recuperação asfáltica, e nos meses de janeiro, fevereiro e junho de 2012, durante a execução e próximo ao término da obra.

Conforme ANAC (2009), o valor do coeficiente de atrito é a média aritmética dos valores obtidos para cada extensão de 100 m, considerando uma vez de cada lado da pista, para distância de 3 m (no caso de aeronaves *narrow body*) e 6 m (no caso de aeronaves *wide body*) do eixo da pista, em aeródromos com operação de aeronave com letra do código D, E ou F como é o caso do Aeroporto Internacional de Pinto Martins, classificado como E.

Para a obtenção dos valores do coeficiente de atrito utilizou-se o equipamento *Skidometer* com uma velocidade de 65 km/h, com valor de manutenção adotado do coeficiente de atrito é de 0,60, conforme ANAC (2009).

Os valores dos levantamentos do coeficiente de atrito, em 2011 e 2012, na pista de pousos e decolagens, são os apresentados na Tabela 6.

A representação gráfica do coeficiente médio de atrito ao longo da pista, em 2011, é mostrada na Figura 4, para uma distância de 3 m do eixo, e na Figura 5, para uma distância de 6 m do eixo.

A representação gráfica do coeficiente médio de atrito ao longo da pista, em 2012, é mostrada na Figura 6, para uma distância de 3 m do eixo, e na Figura 7, para uma distância de 6 m do eixo.

A Tabela 7 apresenta os dados correspondentes à média do coeficiente de atrito em cada trecho da pista, nos três primeiros levantamentos em 2011 e nos três últimos levantamentos em 2012.

Os gráficos correspondentes à Tabela 7 são as Figuras 8 e 9.

Ao considerar o coeficiente de atrito médio de cada terço da pista, como recomenda a ANAC (2009), tem-se

o resumo apresentado na Tabela 8.

Cabe ressaltar que os valores de classificação dos gráficos estão baseados na classificação da ANAC (2009), conforme a tabela 2.

De acordo com os gráficos das Figuras 4 e 5, nota-se que o mês de junho, em ambas as medições, possui valores de coeficientes de atrito maiores do que nos outros meses, exceto em alguns pontos no 1º terço. Em ambos os levantamentos, percebe-se que os dados encontrados estão acima do nível de manutenção, e, em alguns trechos, próximo ou acima do índice de pista nova, conforme ANAC (2009).

Na Figura 6, observa-se uma grande diferença nos valores do coeficiente de atrito em todos os meses, para a medição a 3 m do eixo. Diferente das Figuras 6 e 7 nota-se certa constância nos valores com exceção do mês de junho quando houve uma redução nos valores do coeficiente de atrito. Percebe-se também na Figura 8 um decréscimo dos valores a partir do 1º terço, exceto o mês de junho. Portanto, as obras de recuperação da camada asfáltica da pista de pouso e decolagem proporcionaram uma uniformidade da textura superficial.

De acordo com a Figura 9, observa-se um aumento no coeficiente de atrito, por toda a pista, que se aproxima da classificação de pista nova com valores iguais ou maiores que 0,82. Comparando os valores da medição a 3 m com os valores da medição a 6 m, nota-se que são inferiores visto que na medição a 6 m a grande maioria dos pontos levantados é classificada como pista nova.

Observa-se, de acordo com a Tabela 8, que os valores do coeficiente de atrito tiveram um aumento ficando acima do nível de manutenção, tanto no início da obra de recuperação, como durante e próximo ao término da obra de recuperação do pavimento. Além disso, percebe-se um maior aumento nos valores do coeficiente de atrito na medição a 6 m do eixo em 2012, estando todos os terços classificados como pista nova. Observado a classificação do coeficiente de atrito na medição a 3 m do eixo, pode-se notar que tanto em 2011, como em 2012 não houve alterações permanecendo na classificação pista segura não supervisionada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem apresentada neste artigo levou em consideração as condições de superfície do Aeroporto Internacional de Fortaleza, especificamente da pista de pousos e de decolagens, apresentando as avaliações da textura superficial e do coeficiente de atrito obtidas no citado aeroporto antes e durante a sua obra de recuperação da camada asfáltica.

DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES DE MACROTEXTURA E COEFICIENTE DE ATRITO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE FORTALEZA

Tabela 6: Levantamentos do coeficiente de atrito em 2011 e 2012 (INFRAERO, 2011; VASCONCELOS FILHO, 2012).

Localização em relação à cabeceira 13 (m)	abr/11		mai/11		jul/11		jan/12		fev/12		jun/12	
	3m	6m	3m	6m	3m	6m	3m	6m	3m	6m	3m	6m
100	0,76	0,82	0,75	0,82	0,76	0,81	0,83	0,90	0,83	0,87	0,82	0,85
200	0,79	0,81	0,74	0,81	0,81	0,87	0,78	0,93	0,81	0,91	0,82	0,86
300	0,76	0,84	0,74	0,82	0,82	0,86	0,80	0,91	0,80	0,91	0,74	0,82
400	0,72	0,85	0,75	0,85	0,83	0,84	0,84	0,90	0,74	0,88	0,70	0,80
500	0,73	0,86	0,77	0,86	0,82	0,86	0,84	0,94	0,78	0,90	0,74	0,77
600	0,72	0,84	0,78	0,84	0,83	0,87	0,84	0,89	0,84	0,88	0,79	0,87
700	0,77	0,83	0,77	0,83	0,81	0,85	0,83	0,89	0,81	0,89	0,83	0,84
800	0,78	0,79	0,80	0,80	0,84	0,87	0,82	0,85	0,84	0,89	0,84	0,85
900	0,77	0,78	0,80	0,77	0,86	0,87	0,83	0,84	0,85	0,87	0,82	0,82
1000	0,77	0,79	0,80	0,77	0,84	0,87	0,78	0,84	0,83	0,87	0,81	0,84
1100	0,77	0,78	0,80	0,77	0,83	0,86	0,71	0,84	0,80	0,86	0,80	0,83
1200	0,78	0,74	0,78	0,77	0,84	0,85	0,76	0,84	0,79	0,84	0,81	0,85
1300	0,78	0,77	0,79	0,77	0,84	0,86	0,70	0,83	0,80	0,83	0,79	0,83
1400	0,77	0,78	0,79	0,78	0,84	0,86	0,70	0,82	0,71	0,80	0,80	0,82
1500	0,77	0,78	0,78	0,79	0,83	0,86	0,74	0,85	0,75	0,81	0,77	0,81
1600	0,76	0,75	0,76	0,76	0,81	0,87	0,74	0,87	0,75	0,85	0,77	0,87
1700	0,75	0,73	0,74	0,71	0,77	0,84	0,74	0,81	0,75	0,79	0,81	0,85
1800	0,72	0,73	0,75	0,72	0,77	0,77	0,76	0,82	0,75	0,81	0,81	0,82
1900	0,74	0,74	0,74	0,72	0,81	0,77	0,89	0,81	0,73	0,80	0,80	0,82
2000	0,74	0,75	0,76	0,73	0,82	0,81	0,83	0,82	0,78	0,83	0,81	0,82
2100	0,74	0,71	0,74	0,73	0,83	0,78	0,78	0,80	0,82	0,84	0,77	0,82

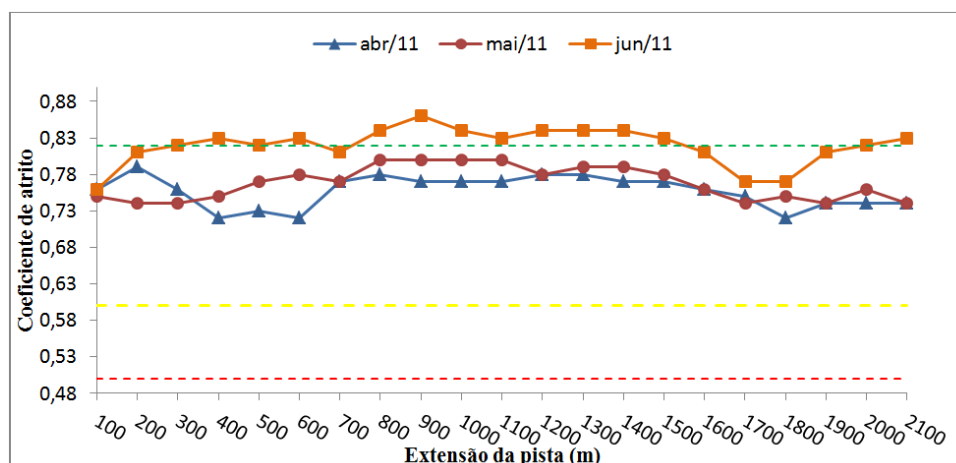


Figura 4: Gráfico do coeficiente de atrito a 3 metros do eixo da pista de pouso e decolagem, em 2011.

DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES DE MACROTEXTURA E COEFICIENTE DE ATRITO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE FORTALEZA

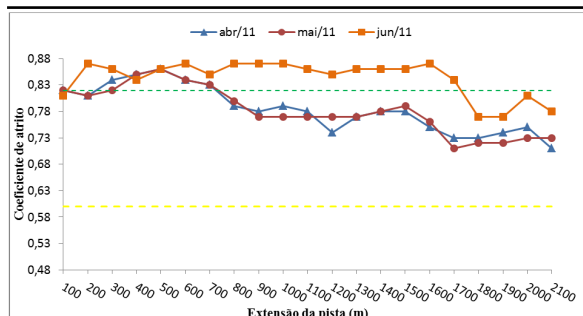


Figura 5: Gráfico do coeficiente de atrito a 6 metros do eixo da pista de pouso e decolagem, em 2011.

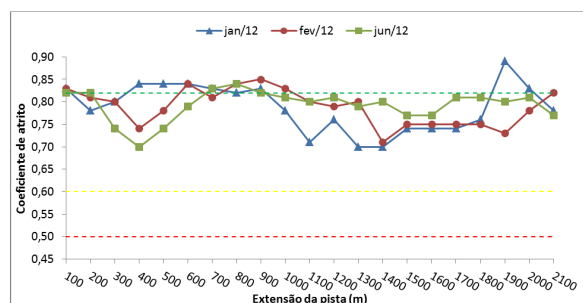


Figura 6: Gráfico do coeficiente de atrito a 3 metros do eixo da pista de pouso e decolagem, em 2012.

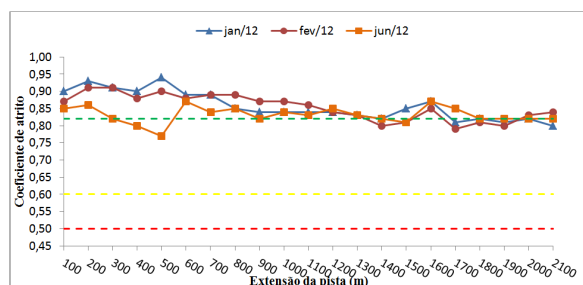


Figura 7: Gráfico do coeficiente de atrito a 6 metros do eixo da pista de pouso e decolagem, em 2012.

Do ponto de vista da segurança, pode-se concluir que a partir dos dados dos ensaios para obtenção da macrotextura observa-se uma variação da sua classificação em que passou de muito aberta para média ou aberta. Superfícies com macrotextura classificadas como média ou aberta, proporcionam melhor escoamento da água porventura acumulada e que, por sua vez facilitam o processo de frenagem das aeronaves.

A obra de recuperação asfáltica realizada na pista de

Tabela 7: Coeficiente médio de atrito na pista de pousos e decolagens, em 2011 e 2012 (VASCONCELOS FILHO, 2012).

Localização em relação à cabeceira 13 (m)	Coeficiente de atrito			
	Média Relatório de 2011		Média Relatório de 2012	
	3m	6m	3m	6m
100	0,76	0,82	0,83	0,87
200	0,78	0,83	0,80	0,90
300	0,77	0,84	0,78	0,88
400	0,77	0,85	0,76	0,86
500	0,77	0,86	0,79	0,87
600	0,78	0,85	0,82	0,88
700	0,78	0,84	0,82	0,87
800	0,81	0,82	0,83	0,86
900	0,81	0,81	0,83	0,84
1000	0,80	0,81	0,81	0,85
1100	0,80	0,80	0,77	0,84
1200	0,80	0,79	0,79	0,84
1300	0,80	0,80	0,76	0,83
1400	0,80	0,81	0,74	0,81
1500	0,79	0,81	0,75	0,82
1600	0,78	0,79	0,75	0,86
1700	0,75	0,76	0,77	0,82
1800	0,75	0,74	0,77	0,82
1900	0,76	0,74	0,81	0,81
2000	0,77	0,76	0,81	0,82
2100	0,77	0,74	0,79	0,82

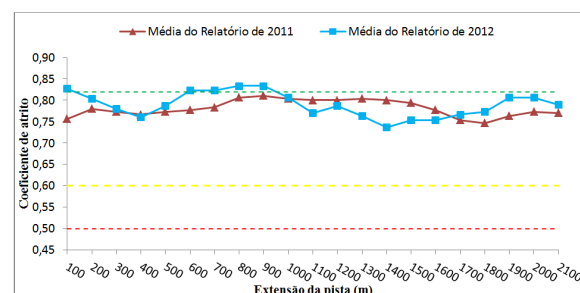


Figura 8: Gráfico do coeficiente de atrito a 3 metros do eixo da pista de pouso e decolagem, em 2011 e 2012.

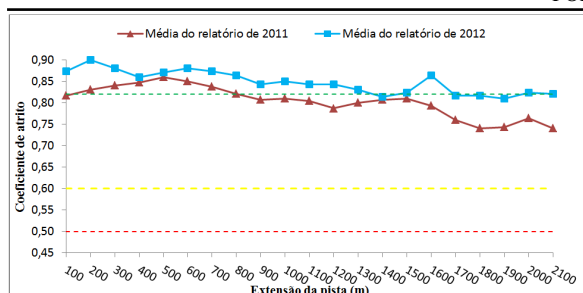


Figura 9: Gráfico do coeficiente de atrito a 6 metros do eixo da pista de pouso e decolagem, em 2011 e 2012.

Tabela 8: Coeficiente médio de atrito na pista de pousos e decolagens, em 2011 e 2012 (VASCONCELOS FILHO, 2012).

Características	Coeficiente de atrito em 2011		Classificação		Coeficiente de atrito em 2012		Classificação	
	3m	6m	3m	6m	3m	6m	3m	6m
1º terço da pista	0,77	0,84	Segura não supervisionada	Nova	0,80	0,88	Segura não supervisionada	Nova
2º terço da pista	0,80	0,80	Segura não supervisionada	Segura não supervisionada	0,79	0,84	Segura não supervisionada	Nova
3º terço da pista	0,77	0,76	Segura não supervisionada	Segura não supervisionada	0,78	0,82	Segura não supervisionada	Nova

pouso e de decolagem do Aeroporto Internacional Pinto Martins foi de suma importância para controlar e minimizar os efeitos danosos ao pavimento, como o acúmulo de borracha, e a propagação de possíveis defeitos/patologias, além de garantir, por um maior tempo, as características da macrotextura dentro dos padrões necessários à segurança das operações de pousos e decolagens.

De acordo com a ANAC (2012), em vigor a partir de setembro de 2012, o limite mínimo de macrotextura em pavimentos aeroportuários no Brasil passou de 0,50 mm para 0,60 mm. Como esta pesquisa se refere à obra realizada antes de vigorar a nova resolução, foi feito o estudo com base no valor da resolução antiga (ANAC, 2009). Se analisarmos os dados coletados baseado na nova legislação vigente ANAC (2012), nota-se que o trecho correspondente ao 3º terço da pista não estaria dentro dos padrões, tendo uma profundidade de macrotextura de 0,57 mm.

Quanto ao coeficiente de atrito, os levantamentos realizados foram suficientes para constatar que a pista de pousos e decolagens do Aeroporto Internacional Pinto Martins, fundamentado em ANAC (2009), possui valores de coeficiente de atrito adequados para prover o atrito necessário nas diversas situações de operação, pois estão acima do nível de manutenção, bem como do nível mínimo.

Mesmo com a mudança da legislação (ANAC, 2009), para ANAC (2012), em vigor a partir de se-

tembro/2012, os parâmetros de coeficiente de atrito da pista de pousos e decolagens do Aeroporto Internacional Pinto Martins continuam dentro do nível de manutenção, proporcionando as operações, pois não houve mudanças significativas nos coeficientes de atrito. A mudança ocorreu apenas na classificação da pista, excluindo a classificação de pista nova, pois se entende que, a partir do momento que a pista é liberada para o tráfego, entra em operação, deixando de ser nova.

Verificou-se também que as obras de recuperação do revestimento asfáltico da pista de pousos e decolagens trouxeram melhorias aos valores de coeficiente de atrito, especialmente para faixa mais distante do eixo, localizada a 6,0 m.

Quando há presença de água na superfície associada ao acúmulo da borracha desprendidas dos pneus das aeronaves, compromete-se a segurança das operações de pousos e decolagens. Por este motivo, avaliações de superfície da pista de pousos e decolagens devem ser realizadas periodicamente, para se verificar a necessidade de remoção da borracha acumulada, objetivando a segurança das operações. Essas avaliações devem contemplar a análise das condições de macrotextura e do coeficiente de atrito.

REFERÊNCIAS

- ANAC. *Resolução No. 88, de 11 de maio de 2009*. Brasília, 2009. Acesso em 09 set. 2013. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br>>.
- _____. *Resolução Nº 236, de 05 de junho de 2012*. Brasília, 2012. Acesso em 09 set. 2013. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/resolucao/2012/RA2012-0236.pdf>>.
- BERNUCCI, L. B.; MOTA, L. M. G.; CERATI, J. A. P.; SOARES, J. B. *Pavimentação Asfáltica - Formação Básica para Engenheiros*. Rio de Janeiro: Petrobrás. Abeda, 2007.
- CAMPOS, P. B. *Análise da evolução da macrotextura em Pavimentos aeroportuários: estudo de caso do Aeroporto Internacional de Fortaleza*. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2012. Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Engenharia Civil).
- DAC. *Requisitos de Resistência à Derrapagem para Pistas de Pouso e Decolagem - IAC 4302. Instrução de Aviação Civil*. Brasília, 2001.
- DUARTE, J. P. S. *Avaliação do Coeficiente de Atrito em Aeroportos Portugueses: O caso do Aeroporto de Lisboa*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) —

- Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.
- FONSECA, O. A. *Manutenção de Pavimentos de Aeroportos*. Brasília: Diretoria de Engenharia da Aeronáutica. Divisão de Estudos e Projetos de Infraestrutura. Ministério da Aeronáutica, 1990.
- ICAO. *Manual de servicios de aeropuertos. Parte 2. Estado de los pavimentos*. 4. ed. Lima, 2002.
- _____. *Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation. Aerodrome Design and Operations*. 4. ed. Montreal, 2004. v. 1.
- INFRAERO. *Especificações de Serviços Técnicos de Reparo. Edital Obra de Recuperação Asfáltica do Aeroporto Internacional de Fortaleza*. Brasília, 2009.
- _____. *Estatísticas dos Aeroportos Brasileiros*. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. 2011. Acesso em: 18 set. 2013. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/images/stories/Estatistica/2011/Dez.pdf>>.
- KAZDA, A.; CAVES, R. E. *Airport Design and Operation*. New York: Pergamon, 2000.
- OLIVEIRA, F. H. L. Considerações sobre prática dos serviços de remoção de borracha em pavimentos aeroportuários. In: *Anais da 39ª Reunião Anual de Pavimentação - RAPv/13º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária - ENACOR*. Recife: [s.n.], 2008.
- OLIVEIRA, F. H. L. *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 Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. Dissertação (Mestrado), 2009.
- RODRIGUES FILHO, O. S. *Características de Aderência de Revestimentos Asfálticos Aeroportuários - Estudo de Caso do Aeroporto Internacional de São Paulo, Congonhas*. Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- SOUZA, F. S. V.; NEVES, M. A.; BARROS, R. V. Avaliação da resistência à derrapagem nas rodovias do estado do espírito santo. In: *Anais da 28ª Reunião Anual de Pavimentação*. Belo Horizonte: ABPV, 1994. p. 385 – 408.
- VASCONCELOS FILHO, R. K. de A. *Análise da evolução do coeficiente de atrito em pavimentos aeroportuários: estudo de caso do Aeroporto Internacional de Fortaleza*. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2012. Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Engenharia Civil).
- WELLS, A. T.; YOUNG, S. B. *Airport Planning & Management*. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2004.