

43ª RAPv – REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO E 17º ENACOR – ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA

Maceió, AL - 27 a 30 de maio de 2014

ANÁLISE DA CORRELAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ADERÊNCIA DA PISTA DO AEROPORTO INTERNACIONAL PINTO MARTINS COM A MOVIMENTAÇÃO OPERACIONAL

Ícaro Holanda de Aguiar¹; Thamires de Queiroz Lemos²; Francisco Heber Lacerda de Oliveira³ & Marcos Fábio Porto de Aguiar⁴

RESUMO

A qualidade e as condições físicas e operacionais de uma pista para pousos e decolagens são fatores essenciais para o melhor funcionamento de um aeroporto, tornando suas operações mais seguras e econômicas, dado a gravidade e as proporções que um acidente de uma única aeronave pode ocasionar. A manutenção e a verificação das condições do revestimento de um pavimento, através de ensaios que avaliam sua aderência, tornam-se atividades cada vez mais importantes e frequentes no contexto aeroportuário. O Brasil terá o desempenho de seus principais aeroportos testado neste ano de 2014 e nos próximos, em função dos eventos mundiais da Copa do Mundo e dos Jogos Olímpicos, quando não somente as exigências normativas nacionais deverão ser plenamente cumpridas, mas também as normas internacionais deverão ser atentadas, principalmente no que diz respeito às condições de segurança operacional das pistas de pouso e decolagem. O presente trabalho discute as condições de aderência da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Pinto Martins, localizado em Fortaleza, Estado do Ceará, em diferentes períodos dos anos de 2011 a 2013, nas chamadas altas e baixas estações, quando o movimento operacional varia significativamente. Através dos dados de ensaios de Macrotextura e de Coeficiente de Atrito apresenta-se a relação desses parâmetros com as solicitações proporcionadas pelo volume de operações na pista de pouso e decolagem do referido aeroporto.

PALAVRAS-CHAVE: macrotextura, coeficiente de atrito, pousos, decolagens, pavimentos.

ABSTRACT

The quality and the physical and operating conditions of a runway for takeoffs and landings are essential to the better functioning of the airport, making their operations more safe and economical, given the severity and scale of an accident can cause a single aircraft. Maintenance and check the conditions of coating a pavement, through trials evaluating its grip, become increasingly important and frequent activities in the airport context. Brazil will have the performance of its main airports tested this year in 2014 and the next, depending on world events of the World Cup and the Olympic Games, when not only the national regulatory requirements should be fully met, but also international standards were to warnings be, especially with regard to the conditions of operational safety of takeoff and landing runways. This paper discusses the adhesion of the landing and takeoff from Pinto Martins International Airport in Fortaleza, Ceará, in different periods of the years 2011 to 2013, the high and low seasons calls when moving the operating ranges significantly. Through the test data macrotexture and friction coefficient shows the relationship of these parameters with the volume of requests provided by operations on the runway and takeoff of that airport.

KEY WORDS: macrotexture, coefficient of friction, landings, takeoffs, pavements.

^{1, 2} Alunos de graduação em Engenharia Civil da Universidade de Fortaleza - UNIFOR. Centro de Ciências Tecnológicas. Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz. CEP 60.811-905. Fortaleza. Ceará. E-mail: icaro.h@hotmail.com e thamireslemos@hotmail.com.

^{3, 4} Professores Auxiliares da Universidade de Fortaleza - UNIFOR. Centro de Ciências Tecnológicas. Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz. CEP 60.811-905. Fortaleza. Ceará. E-mail: heberoliveira@unifor.br e marcosporto@unifor.br.

O AEROPORTO INTERNACIONAL DE FORTALEZA

Com o intuito de construir uma nova base de apoio aos americanos que permitisse operações de grandes aeronaves e que facilitasse a operacionalidade até mesmo para os outros aeroportos, foi escolhido um local, na época conhecido por Cocorote, para a construção de uma pista de pousos e de decolagens pavimentada em asfalto. Segundo a Diretoria de Engenharia da Aeronáutica (DIRENG, 1978), o projeto previa a construção de uma pista com cerca de 2.100m de comprimento por 60m de largura.

A Base do Cocorote, na época conhecida como Aeroporto do Cocorote, passou a denominar-se, de acordo com o SENADO FEDERAL (2007), Aeroporto Pinto Martins. A escolha do nome, de acordo com informações de OLIVEIRA (1997), foi devido a uma homenagem ao piloto cearense, Euclides Pinto Martins (1922 – 1924), natural do município de Camocim, que realizou o primeiro vôo entre Nova York e Rio de Janeiro a bordo de um hidroavião, entre setembro de 1922 e fevereiro de 1923.

Ao longo dos anos, a pista de pousos e de decolagens do Aeroporto Pinto Martins sofreu inúmeras adequações. Em 1963, essa pista foi ampliada para 2.545m, mantida sua largura, tendo essa mesma dimensão nos dias atuais. (OLIVEIRA, 2009).

Em janeiro de 1974, de acordo com a INFRAERO (2008), o Aeroporto Pinto Martins, até então sob o comando militar do Ministério da Aeronáutica, passou à administração da recém-criada Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária – INFRAERO, que proporcionou benfeitorias, sobretudo no complexo de pátios de estacionamento e no sistema de pistas.

Em junho de 1997, o Aeroporto Pinto Martins obteve a classificação de internacional, de acordo com a INFRAERO (2008), e passou a se designar de Aeroporto Internacional Pinto Martins, tendo o novo terminal de passageiros e o novo pátio de estacionamento de aeronaves inaugurados em 07 de fevereiro de 1998.

Em outubro 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, sendo concluída em setembro de 2012.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo DUARTE (2011), a textura superficial de um pavimento é responsável por proporcionar os desenvolvimentos das forças de atrito entre pneu e pavimento, pelo ruído e vibrações transmitidas ao interior das aeronaves e é importante na resistência ao deslocamento.

De acordo com as considerações de FONSECA (1990), DIRENG (1991), KAZDA e CAVES (2000), ICAO (2002) e FAA (2003b) *apud* OLIVEIRA (2009), a textura das superfícies dos pavimentos aeroportuários é caracterizada pela microtextura e pela macrotextura. Isso pelo fato de que esses são os dois elementos que mais proporcionam características antiderrapantes à superfície dos pavimentos, sendo fundamentais para a composição do coeficiente de atrito e do processo de aderência pneu-pavimento.

MACROTEXTURA

Conforme DUARTE (2011), a macrotextura caracteriza-se por ser a profundidade média dos espaçamentos entre as partículas de agregado na mistura e é a grande responsável pela drenagem superficial, proporcionando um melhor contato entre os pneus e o pavimento. Para a ICAO (2002), a macrotextura reduz a tendência dos pneus das aeronaves de experimentar a aquaplanagem dinâmica.

São muitas as metodologias recomendadas pela ICAO (2002) para a obtenção de valores de macrotextura, mas a mais adequada e também utilizada pelas administrações aeroportuárias é o método da mancha de areia. Conforme RODRIGUES FILHO (2006), o ensaio executado pelo método mancha de areia determina a profundidade média da altura da mancha de areia formada entre os picos e os vales da textura da superfície.

O método da Mancha de Areia constitui-se no espalhamento uniforme de um volume de 24cm³ de areia com granulometria entre as peneiras 50 e 100, sobre a superfície do pavimento a ser avaliado, em movimentos circulares, com o auxílio de um espalhador, conforme demonstrado na Figura 1.

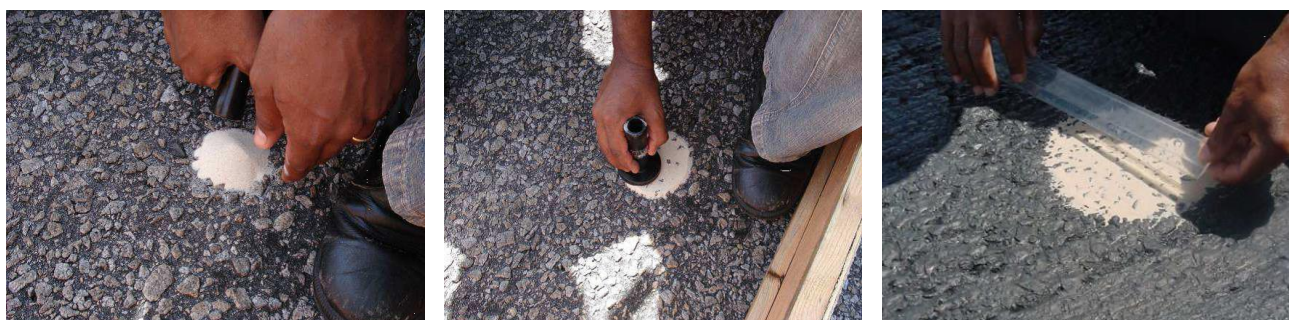


Figura 1. Ensaio de Mancha de Areia (Fonte: OLIVEIRA, 2009)

Depois de feitas as medições dos diâmetros em três posições distintas, calcula-se a área do círculo formado. A profundidade da textura será a divisão entre o volume conhecido de areia pela área do círculo formado por essa mesma areia. De acordo com o estabelecido pela DIRENG (1991) e INFRAERO (2007), os valores da macrotextura obedecem a classificação apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação da Macrotextura

Profundidade – P (mm)	Classificação
$P \leq 0,2$	Muito Fechada
$0,2 < P \leq 0,4$	Fechada
$0,4 < P \leq 0,8$	Média
$0,8 < P \leq 1,2$	Aberta
$P > 1,2$	Muito Aberta

COEFICIENTE DE ATRITO

Na definição da ICAO (2002), tem-se que o coeficiente de atrito é 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 mantêm em contato (peso distribuído do avião sobre a área dos pneus do avião).

Para WELLS e YOUNG (2004), a ausência de um efetivo coeficiente de atrito nessas pistas proporciona ocorrências de derrapagem, deslizamento ou aquaplanagem, com a conseqüente perda de controle das aeronaves na superfície.

Para a medição do coeficiente de atrito no pavimento aeroportuário, a ANAC (DAC, 2001), especifica a utilização do equipamento conhecido por *Mu-Meter*, conforme apresentado na Figura 2.



Figura 2. Equipamento Mu-Meter (Fonte: OLIVEIRA, 2009)

Conforme RODRIGUES FILHO (2006), o *Mu-Meter* é um equipamento rebocável, com peso total em torno de 245 kg composto de três rodas – duas laterais dedicadas a medir o coeficiente de atrito e a terceira central para medição das distâncias percorridas.

As medições são feitas pelo equipamento rebocável a uma velocidade de 65 km em toda extensão da pista, tendo início na cabeceira de maior operacionalidade, em alinhamentos paralelos, distantes 3 m de cada lado do eixo da pista, com a presença de uma lâmina d'água de 1mm de espessura. A avaliação do coeficiente de atrito deve ser realizada em pontos distanciados a cada 10 m, de acordo com o estabelecido pela INFRAERO (2007b):

Tabela 2 – Classificação do Coeficiente de Atrito

Equipamento	Tipo de Pneu	Pressão (kPa)	Velocidade do ensaio (km/h)	Profundidade da lâmina de água simulada (mm)	Nível de manutenção (Coeficiente de Atrito)	Nível mínimo (Coeficiente de Atrito)
Mu-meter	A	70	65	1,0	0,52	0,42

ESTUDO REALIZADO

Os dados sobre os parâmetros funcionais da pista de pouso e decolagem, Macrotextura e Coeficiente de Atrito, foram relacionados com a movimentação média de aeronaves nos anos de 2012 e de 2013, obtida por meio de dados estatísticos da INFRAERO (Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária). O estudo em questão procurou dar uma ênfase maior para os dados

do ano de 2013, especificamente nos meses de fevereiro e de agosto, os quais foram utilizados como meses de referência para o estudo apresentado.

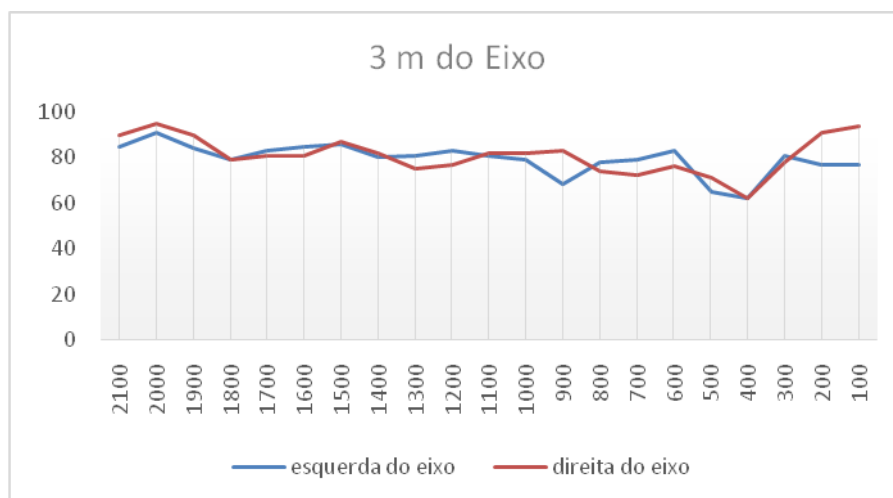
De acordo com o gráfico 1, observa-se que o mês de fevereiro possui a menor quantidade de aeronaves operando em voos domésticos, enquanto que o mês de agosto apresenta um significativo aumento na operacionalidade do aeroporto. Por isso, esses dois meses foram escolhidos para estudo a fim de verificar se há alteração nos parâmetros funcionais da pista do Aeroporto Internacional Pinto Martins.

Gráfico 1 – Relação do número de vôos no período de 2013 com os respectivos meses



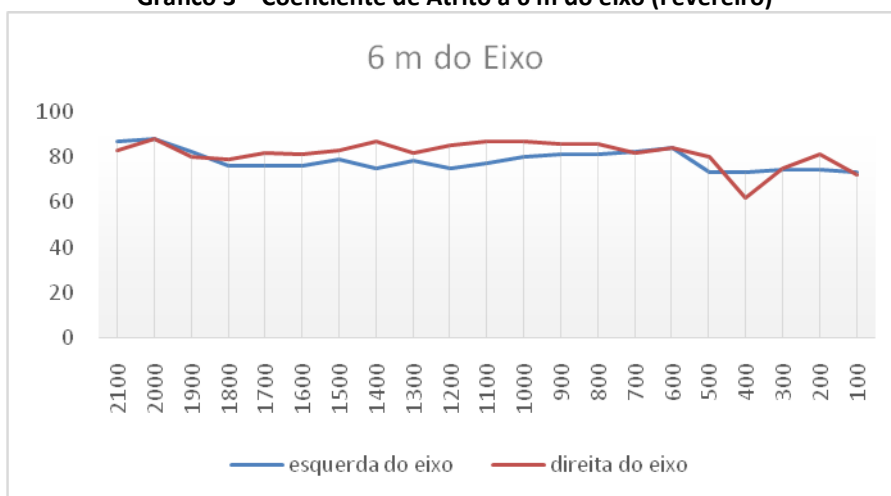
As medições do Coeficiente de Atrito foram realizadas por meio do equipamento rebocável *Mu – Meter*, enquanto que, para os valores de Macrot textura, utiliza-se o método do Ensaio de Mancha de Areia. Esses dados foram adquiridos pelo Relatório Técnico do Aeroporto Internacional Pinto Martins realizado pela INFRAERO. Os ensaios, correspondentes ao mês de fevereiro, foram realizados nos dias 22 e 27. O gráfico 2 apresenta as medições do coeficiente de atrito a 3 m do eixo da pista de pouso e decolagem.

Gráfico 2 – Coeficiente de atrito a 3 m do eixo (Fevereiro)



O gráfico 3 apresenta as medições do coeficiente de atrito a 6 m do eixo da pista de pouso e decolagem para o mês de fevereiro.

Gráfico 3 – Coeficiente de Atrito a 6 m do eixo (Fevereiro)



O gráfico 4 apresenta as medições dos valores de macrotextura da pista de pouso e decolagem para o mês de fevereiro.

Gráfico 4 – Valores de Macrotextura (Fevereiro)

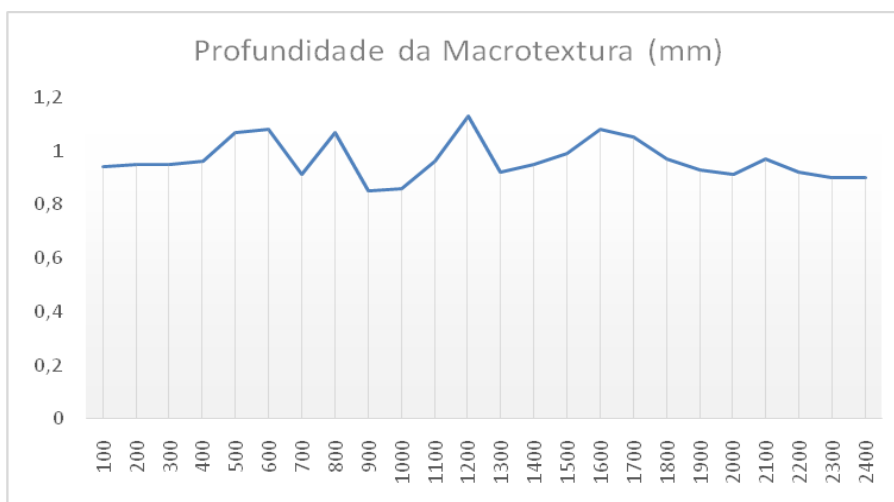


Gráfico 5 – Coeficiente de Atrito a 3 m do eixo (Agosto)

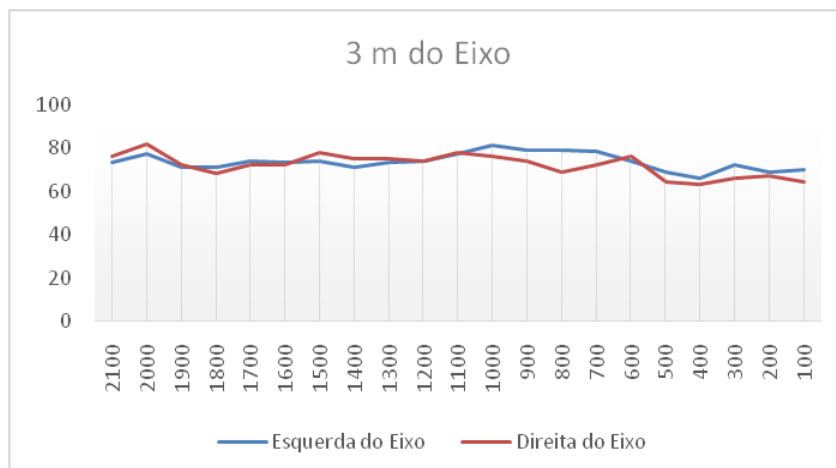


Gráfico 6 – Coeficiente de Atrito a 6 m do eixo (Agosto)

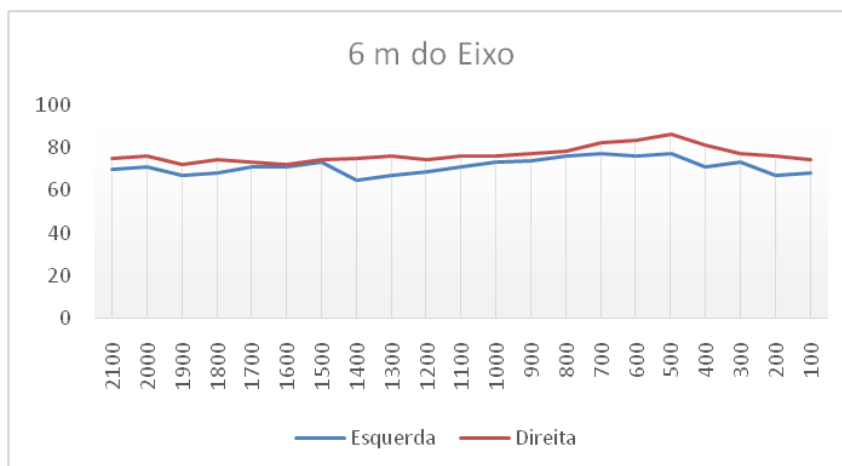
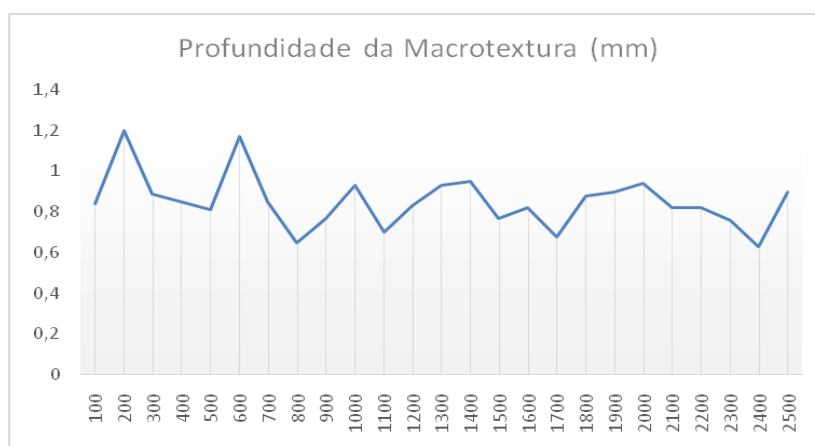


Gráfico 7 – Valores de Macrot textura (Agosto)



E o mesmo foi feito para o mês de agosto, cujo relatório foi emitido nos dias 24 e 25, o que se apresenta nos gráficos 5, 6 e 7.

Para esse estudo, deve-se considerar os seguintes aspectos:

- I) O primeiro contato da aeronave com o solo ocorre aproximadamente a 300 metros da cabeceira da pista;
- II) Os valores de Macrot textura e de Coeficiente de Atrito obtidos são ideais, pois foram realizados após a manutenção da pista, isto é, após a obra de recuperação do revestimento asfáltico da pista de pouso e decolagem no ano de 2011.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As Macrot texturas classificadas como fechadas dificultam o processo de drenagem do pavimento, assim, facilitando a aquaplanagem e diminuindo a aderência pneu-pavimento.

De acordo com os dados de Macrot textura para o mês de fevereiro, foi constatado que, em todos os locais medidos, a profundidade média obteve um valor acima de 0,80 mm, sendo classificada como aberta.

A análise dos parâmetros funcionais na pista de pouso e decolagem para o mês de agosto demonstrou que havia classificações de macrot textura média, com valores situados entre 0,60 mm e

0,80 mm. Dessa forma, este estudo apresentou que os parâmetros funcionais analisados estão relacionados com a operacionalidade do aeroporto. Como houve um aumento da movimentação média de voos em cada mês a partir de fevereiro, a pista aeroportuária se desgastou aos poucos, o que poderia ser realizado um planejamento para uma futura manutenção.

O acúmulo de borracha é um dos principais fatores que ocasionam a perda da aderência pneu-pavimento, devido ao polimento da pista por causa da impregnação desse material preenchendo os espaços da macrotextura e microtextura.

Em relação ao Coeficiente de Atrito, os melhores resultados obtidos pelo ensaio foram o do mês de fevereiro, tanto os obtidos com distância de 3 metros, como a 6 metros do eixo da pista, conforme mostraram os Gráficos 2 e 3. O mês de agosto foi considerado como tendo valores mais baixos, em especial com distâncias medidas a 6,0m do eixo pelo lado esquerdo (Gráfico 6), mas, ainda assim, apresentou valores acima do mínimo recomendado para manutenção.

CONCLUSÃO

Este estudo se faz necessário para o Sistema de Gerenciamento de Pavimentos do Aeroporto (SGPA), pois prevendo-se as manutenções na pista, os custos poderiam ser menores, não precisando de reparos maiores. E o mais importante: a segurança dos passageiros e das aeronaves e a diminuição de acidentes causados em pousos e decolagens por causa de pistas com condições ruins de infraestrutura.

Uma forma de manter o padrão de segurança aceitável à pista de pousos e de decolagens seria a realização de Ensaio de Aderência da pista periodicamente, dentre eles estão a macrotextura e o coeficiente de atrito, cujas determinações por meio de ensaios são fatores usados como parâmetros de manutenção, como define a resolução 236 da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) de 05 de Junho de 2012, da pista, para garantir uma maior segurança para as atividades do aeroporto.

REFERÊNCIAS

ANAC (2011) **Segurança operacional em aérodromos – operação e manutenção e resposta à emergências**. Regulamento brasileiro de aviação civil. Agência nacional de aviação civil. Ministério da Defesa, DF.

COUCHINHO, R.P.S. (2011). **Medição do coeficiente de atrito da superfície de pavimentos**. Dissertação de Mestrado, na área de especialização de vias de comunicação de transtornos no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Portugal, pg. 116.

DAC (2001) **Requisitos de Resistência à Derrapagem para Pistas de Pouso e Decolagem- IAC 4301**. Instrução de Aviação Civil. Departamento de Aviação Civil. Comando da Aeronáutica. Brasília, DF.

DIRENG (1991) **Levantamento de Dados de Aeroportos Brasileiros**. Diretoria de Engenharia da Aeronáutica. Ministério da Aeronáutica. Brasília, DF.

DUARTE, J. P. S (2011) **Avaliação do Coeficiente de Atrito em Aeroportos Portugueses: O caso do Aeroporto de Lisboa**. Dissertação de Mestrado. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.

ICAO (2002) **Manual de servicios de aeropuertos**. Parte 2. Estado de la superficie de los pavimentos. Cuarta edición. Organización de Aviación Civil Internacional. Lima, Peru.

INFRAERO **Dados estatísticos de movimentação da Superintendência Regional do Nordeste**. Disponível em: < <http://www.infraero.gov.br/index.php/br/estatistica-dos-aeroportos.html>> Acesso em 7 maio, 2013.

INFRAERO (2008) **Ficha Técnica do Aeroporto Internacional Pinto Martins**. Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária. Fortaleza, CE

INFRAERO (2007) **Procedimentos operacionais e executivos para medição de atrito, de macrotextura e remoção de borracha nas pistas de pouso e decolagem dos aeroportos**. Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária. Brasília, DF.

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 Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, pg. 178.

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 da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

SBFZ, **Ensaio de macrotextura e coeficiente de atrito**, Fortaleza, INFRAERO, 2013.

SBFZ, **Ensaio de macrotextura e coeficiente de atrito**, Fortaleza, INFRAERO, 2012.

SENADO FEDERAL (2007) **Lei Nº. 1.602, de 13/05/1952**. Disponível em <<http://www.senado.gov.br/legislacao>>. Acessado em 10/05/2014.

WELLS, A. T. e YOUNG, S. B. (2004) **Airport Planning & Management**. 5th Edition. McGraw-Hill. New York, USA.