



44ª RAPv | **18º ENACOR**
44ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO | 18º ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA
4ª Expopavimentação
Os caminhos da integração . O maior evento rodoviário do País.
18 a 21 de agosto de 2015 . Hotel Bourbon . Foz do Iguaçu . PR

44ª RAPv – REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO E 18º ENACOR – ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA

Foz do Iguaçu, PR – 18 a 21 de agosto de 2015

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO AEROPORTUÁRIO EM FUNÇÃO DA RETEXTURIZAÇÃO POR HIDROJATEAMENTO A ALTA PRESSÃO

Rafael Allen de Almeida Tabosa¹; Francisco Heber Lacerda de Oliveira²; José Ciro Pinheiro Neto³ & Marcos Fábio Porto de Aguiar⁴

RESUMO

Este trabalho constitui-se de uma análise comparativa dos parâmetros de macrotextura e de coeficiente de atrito, respectivamente, das pistas de pouso e decolagem do Aeroporto Dragão do Mar, em Aracati, e do Aeroporto Internacional Pinto Martins, em Fortaleza, ambos no Estado do Ceará, antes e depois do processo de hidrojateamento a alta pressão para retexturização do revestimento. Essa análise segue as normas vigentes da Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC e da Organização da Aviação Civil Internacional - ICAO, priorizando a segurança das operações, com base nos dados cedidos pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária - INFRAERO. Descrevem-se os principais equipamentos de medição do coeficiente de atrito, o ensaio de mancha de areia para obtenção da macrotextura e o uso da tecnologia de hidrojateamento a alta pressão para remoção de contaminantes, tais como a borracha acumulada nas pistas e oriunda dos pneus das aeronaves, bem como a melhoria das condições de textura superficial. Por fim, é apresentada uma análise da macrotextura no Aeroporto Dragão do Mar, realizada em 2014, e do coeficiente de atrito no Aeroporto Internacional Pinto Martins, em 2009. A análise dos dados obtidos nos referidos aeroportos constatou que, percentualmente, a macrotextura parece comportar-se melhor ao processo de retexturização, pois mostrou desempenho cerca de três vezes maior que o coeficiente de atrito.

PALAVRAS-CHAVE: Aeroporto, Coeficiente de Atrito, Retexturização.

ABSTRACT

This paper presents a comparative analysis of macrotexture parameters and friction coefficient, respectively, of the runways of the Sea Dragon Airport in Aracati, and Pinto Martins International Airport in Fortaleza, Ceará State, before and after the hydroblasting process for high pressure texturing of the surface. This analysis follows the resolutions and regulations existing bodies such as the National Civil Aviation Agency - ANAC and the International Civil Aviation Organization - ICAO, prioritizing the safety of takeoffs and landings operations based on the data provided by Brazilian Airport Infrastructure - INFRAERO. Describes the measurement equipment main friction coefficient, sand spot test for obtaining the macrotexture and hydroblasting technology using high pressure to remove contaminants such as rubber tires coming from the aircraft during operations, and the improvement of surface texture. Finally, we present an analysis of the macrotexture on the Sea Dragon Airport, held in 2014, and the friction coefficient in the Pinto Martins International Airport in 2009. The analysis of data obtained in these airports found that the macrotexture seems to behave better the texturing process, it showed performance about three times higher than the coefficient of friction.

KEY WORDS: Airport, Coefficient of Friction, Texturing.

¹ Graduado em Engenharia Civil na Universidade de Fortaleza - UNIFOR. Centro de Ciências Tecnológicas. Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz. CEP 60.811-905. Fortaleza. Ceará. E-mail: rafaelallen@hotmail.com

^{2,4} Professores Assistente da Universidade de Fortaleza – UNIFOR e do Instituto Federal do Ceará. Fortaleza. Ceará. E-mail: heberoliveira@unifor.br; marcosporto@unifor.br

³ Aluno de Mestrado em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará - UFC. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes - PETRAN. Av. Mister Hull, 2977 – Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: ciropinheiro1992@gmail.com



INTRODUÇÃO

Com o ritmo de crescimento da atividade turística no Ceará, que atinge uma média de 6,7% desde 2007, o Governo do Estado busca multiplicar a capacidade para receber voos, tanto nacionais quanto internacionais. Em articulação com a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO) e o Governo Federal, foi captada a maior obra da estatal: a ampliação do Aeroporto Internacional Pinto Martins, localizado em Fortaleza, um investimento de R\$ 337 milhões, que ampliará a capacidade de atendimento atual de 6,2 milhões, para 11 milhões de passageiros por ano. Para atuar como apoio, a aviação regional está sendo reforçada com novos aeroportos nas duas extremidades do litoral cearense: o de Jericoacoara, no litoral oeste, e o de Aracati, no litoral leste (SETUR, 2013).

De acordo com Oliveira (2009), as práticas de conservação e de restauração dos pavimentos aeroportuários são questões essenciais e contribuem positivamente para a segurança de voo, pois envolvem as aeronaves, seus passageiros e tripulantes, e as cargas transportadas.

O objetivo deste trabalho é descrever o comportamento da aderência pneu-pavimento em revestimentos asfálticos aeroportuários após o processo de retexturização, com uso da tecnologia de hidrojateamento a alta pressão, analisando a evolução dos índices de macrotextura e de coeficiente de atrito, respectivamente, dos Aeroportos de Aracati e de Fortaleza, no Estado do Ceará, destacados na Figura 1.



Figura 1. Aeroportos do Estado do Ceará (DER, 2014).

O presente trabalho tomou como ponto de partida os estudos de Cavalcante (2012), em que foram descritos aspectos do processo de remoção de borracha e das condições da pista de pouso e decolagem



para o Aeroporto Internacional Pinto Martins, em Fortaleza.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como fundamentação teórica, foram analisados conceitos de coeficiente de atrito, textura superficial e remoção de borracha acumulada em pavimentos.

Coefficiente de Atrito

O atrito é caracterizado pelo seu coeficiente, simbolizado pela letra grega μ . Pode ser definido como a relação entre a força tangencial necessária para manter um movimento relativo uniforme entre as duas superfícies em contato e a força perpendicular que as mantém em contato (ICAO, 2002 *apud* OLIVEIRA, 2009).

Segundo Bernucci *et al.* (2008), através desse contato pode-se garantir o atrito, que é mobilizado quando uma das superfícies está em movimento em relação à outra. Quando o atrito fica reduzido, pode-se perder o controle da direção e ter sua frenagem prejudicada. Um fator que interfere consideravelmente na redução do atrito é o aumento da velocidade de deslocamento de uma das superfícies (no caso os pneus) em relação à outra (no caso os pavimentos).

Conforme Rodrigues Filho (2006), o atrito das superfícies dos pavimentos aeroportuários se deteriora ao longo do tempo devido a diversos fatores, dentre os quais se destacam:

- O desgaste mecânico e o polimento dos agregados causados pela ação de rolamento e frenagem das aeronaves;
- O acúmulo de borracha em sua superfície, proveniente do desgaste dos pneus.

Textura Superficial

De acordo com Rodrigues Filho (2006), a principal maneira de se caracterizar a superfície de um pavimento é através da avaliação da textura superficial, que pode ser explicada como o conjunto de características associadas à capacidade do pavimento em atender ao tráfego dos veículos que demandam sua utilização de forma segura, suave, confortável e econômica. Conceitualmente são reconhecidas quatro escalas de textura superficial: a microtextura, a macrotextura, a megatextura e a irregularidade. Nesse estudo será referenciado com mais ênfase o aspecto referente à micro e macrotextura, já que essas estão ligadas ao estudo de caso abordado.

Segundo Rodrigues Filho (2006), a microtextura é caracterizada pelo grau de rugosidade, ou aspereza individual da superfície das partículas do agregado que compõem a mistura asfáltica, sendo ela não visível a olho nu, mas percebida por meio do tato, identificando-se superfícies lisas ou ásperas. Já a macrotextura é caracterizada pelo tamanho do agregado, pela faixa granulométrica, pela configuração geométrica individual do agregado e pelos vazios existentes na mistura, como é detalhado na Figura 2.

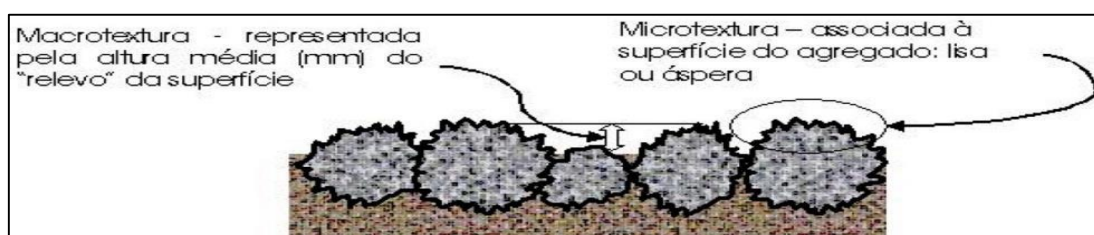


Figura 2. Detalhe da microtextura e macrotextura (Fonte: RODRIGUES FILHO, 2006).



Segundo Bernucci *et al.* (2008), um dos fatores que mais interferem no atrito é a macrotextura, portanto, qualquer defeito de superfície que promova o fechamento da textura é prejudicial.

Remoção da Borracha

A borracha contribui para a diminuição do atrito da superfície do pavimento, principalmente quando molhada, colocando em risco as operações de pouso e decolagem das aeronaves, podendo inclusive favorecer a ocorrência de hidroplanagem (ICAO, 1997 *apud* OLIVEIRA, 2008).

A impregnação da borracha no revestimento do pavimento ocorre principalmente na zona ou ponto de toque das aeronaves nas pistas dos aeroportos. Essa região corresponde, geralmente, ao primeiro terço do comprimento total de uma pista, em ambos os sentidos de suas cabeceiras (OLIVEIRA, 2008).

A macrotextura da superfície tende a fechar e diminuir com o tempo, pelo desgaste superficial ou pela deposição de contaminantes, como a borracha. A manutenção periódica é necessária para a remoção de contaminantes ou mesmo para a reabertura desses microcanais (CAMPEDELLI e AULICINO NETO, 2007).

A retirada da borracha da textura superficial pode ocorrer através dos seguintes métodos: solventes químicos, ar comprimido quente, jato de água de alta pressão (hidrojateamento), solventes químicos e jato de água de alta pressão concomitantemente (ICAO, 2002 *apud* OLIVEIRA, 2008).

No Brasil, tem-se aplicado mais comumente a técnica de remoção por hidrojateamento a alta pressão, figura 3. Esse método tem se mostrado, na maioria dos casos, eficaz em áreas ligeiramente contaminadas. Entretanto, antes da execução do processo de hidrojateamento recomenda-se uma inspeção prévia dos pavimentos, por equipe técnica experiente, para saber quais as áreas que deverão ser submetidas ao processo de retirada de borracha, evitando, assim, trabalhos em áreas não afetadas pelo contaminante (OLIVEIRA, 2008).



Figura 3. Retexturização da pista do Aeroporto Dragão do Mar (INFRAERO, 2014).

Segundo a INFRAERO (2009), o equipamento utilizado atualmente tem capacidade do tanque de água de 12.000 litros e do reservatório de resíduos sólidos de 7.200 litros, com peso total veículo 24.900 Kg, sendo 9.580 Kg no eixo dianteiro e 15.320 Kg nos eixos traseiros. Possui uma caixa de transmissão automática e sistema hidrostático para deslocamento contínuo e uniforme (piloto



automático). Opera com 02 (dois) chuveiros rotativos, cada um com 600mm de diâmetro e bicos espargidores.

Na tabela 1 apresentam-se as diferenças entre o antigo e o atual equipamento usado no processo de remoção da borracha acumulada nas pistas de pouso e decolagem dos aeroportos da rede INFRAERO.

Tabela 1. Diferenças entre os equipamentos usados pela INFRAERO (INFRAERO adaptado, 2009).

Características	Equipamento	
	Atual	Anterior
Pressão de trabalho da bomba	de até 30.000 PSI (2068,42 bar) sem auxílio de produto químico	de até 10.877,83 PSI (750 bar) com auxílio de produto químico
Operadores	1 ou 2	De 3 a 5
Remoção de resíduos	Por meio de bomba de vácuo com reservatório próprio	Lavagem da pista com remoção dos resíduos para área lateral
Produção	De 2.000 a 3.600 m ² /h	De 480 a 600 m ² /h
Remoção de faixas	Sem utilização de produto químico e alto rendimento	Com auxílio de produto químico e baixo rendimento

As grandes vantagens do equipamento usado atualmente pela INFRAERO são sua maior capacidade de armazenamento de resíduos sólidos, com caixa de transmissão automática e sistema hidrostático para deslocamento contínuo e uniforme; somente um ou dois operadores; dois chuveiros rotativos dotados de bicos espargidores com pressão quase três vezes maior que a do equipamento anterior; e uma grande produção na remoção de resíduos na pista, já que possui reservatório próprio, não necessitando de outra equipe para a realização da limpeza. Essa produção, em m²/h (metros quadrados por hora), é quase seis vezes maior que a do equipamento anterior (INFRAERO, 2009).

ESTUDO DE CASO

De acordo com a PREFEITURA DE ARACATI (2014), o município, localizado a 150km da capital cearense Fortaleza, possui uma população de 75.285 habitantes. Junto ao Aeroporto Internacional de Jericoacoara, o Aeroporto de Aracati, vai descentralizar a entrada de turistas, hoje concentrada apenas no Aeroporto Internacional Pinto Martins, na capital, e desenvolver localidades turísticas. Também vão aperfeiçoar a logística de escoamento de produtos agrícolas exportáveis, tais como frutas irrigadas cultivadas nas regiões do Vale do Jaguaribe e Chapada do Apodi (por meio de Aracati), e Ibiapaba (por meio de Jericoacoara) (PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, 2012).

O moderno Aeroporto Dragão do Mar Figura 4, foi construído a partir de uma pista de pouso em atividade há mais de 50 anos e localiza-se na altura do quilômetro 137 da rodovia CE 040. Projetado para receber aviões de grande porte, que normalmente operam em voos internacionais - como, por exemplo, a família Boeing 737. Com vida útil de 20 anos, pode operar 1.200 movimentos por ano (SETUR, 2013).



44ª RAPv | **18º ENACOR**
44ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO | 18º ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA
4ª Expopavimentação
Os caminhos da integração . O maior evento rodoviário do País.
18 a 21 de agosto de 2015 . Hotel Bourbon . Foz do Iguaçu . PR

PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

TERMINAL DE PASSAGEIROS



Figura 4. Imagem aérea do aeroporto de Aracati (Fonte: Google Earth, 2014)

Coefficiente de Atrito no Aeroporto Internacional Pinto Martins - Fortaleza

Cavalcante (2012) analisou, em seus estudos, resultados de medições de coeficientes de atrito da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Pinto Martins, antes e depois do processo de remoção de borracha com uso do novo equipamento, de tecnologia mais avançada. Ainda segundo o autor foram realizadas medições conforme a resolução da ANAC em vigor na época, DAC (2001). A resolução em vigor atualmente é a ANAC (2012).

De acordo com Oliveira (2009), os coeficientes de atrito da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional Pinto Martins, através da aplicação do antigo processo de remoção da borracha, não estavam tendo melhorias significativas, estando o primeiro terço sempre abaixo do nível mínimo especificado pela legislação, em todos os levantamentos realizados entre 2007 e 2008.

Ainda conforme Cavalcante (2012), as medições do coeficiente de atrito foram realizadas com o equipamento ASFT, modelo T- 10, que segundo DAC (2001) tinha nível mínimo de 0,50 e nível de manutenção de 0,60. A primeira medição, antes da remoção da borracha por hidrojateamento a alta pressão, ocorreu em março de 2009 e a segunda, após a remoção, aconteceu em novembro de 2009 (o processo de remoção da borracha ocorreu entre 01 e 06 de outubro de 2009). As medições foram executadas em toda a extensão da pista, com medições a 3,0 m do eixo em ambos os lados, no sentido da cabeceira mais solicitada, com o veículo a 65 km/h, utilizando o sistema de espargimento de água com 1,0 mm de espessura. Os valores dos coeficientes de atrito a cada 100 metros e em ambos os lados, antes e depois do hidrojateamento a alta pressão, são apresentados na figura 5.

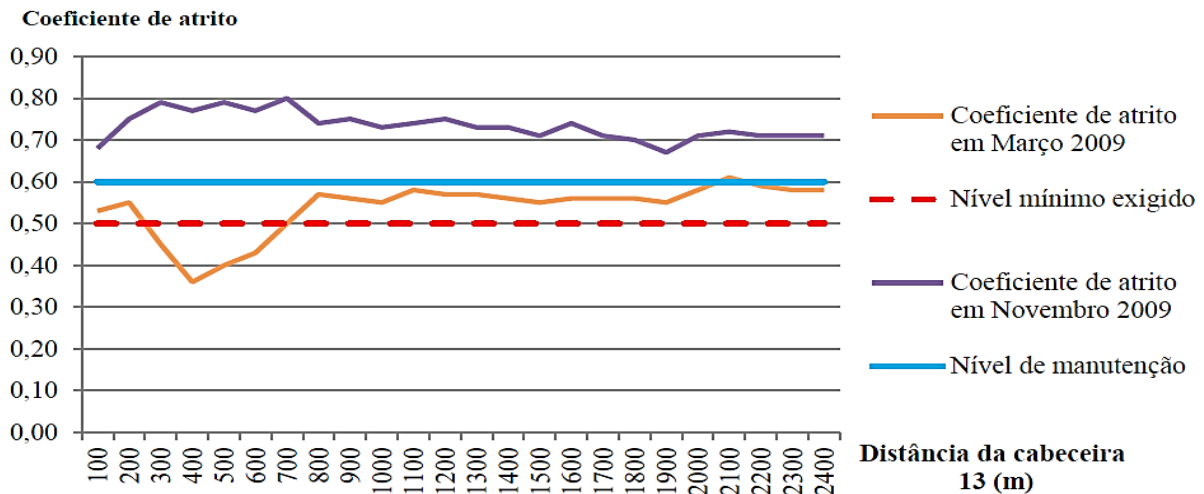


Figura 5. Médias do coeficiente de atrito do Aeroporto Internacional Pinto Martins (Cavalcante adaptado, 2012).

Segundo Cavalcante (2012), os valores de coeficiente de atrito a cada 100 metros, apresentados na figura 5, tanto a esquerda como a direita, antes do processo de hidrojetamento a alta pressão, foram inferiores comparados aos valores de coeficiente de atrito após processo.

A linha tracejada na figura 5 indica o nível mínimo do coeficiente de atrito estabelecido por DAC (2001). Na medição realizada em março de 2009, antes do processo de hidrojetamento a alta pressão, as médias das medições realizadas entre 300 e 600 metros, estão abaixo do nível mínimo recomendado. Esse trecho de aproximadamente 300m, no 1º terço da pista, corresponde à região de toque das aeronaves durante seus procedimentos de pousos. Tal situação indica a ocorrência de intenso acúmulo de borracha dos pneus daquelas aeronaves naquela região, necessitando de maior atuação e cuidado por parte do operador do aeródromo (CAVALCANTE, 2012).

No entanto, de acordo com Cavalcante (2012), na medição realizada em novembro de 2009, conforme a figura 6, após o processo de hidrojetamento a alta pressão, as médias das medições encontram-se todas acima do nível mínimo (0,50), bem como do nível de manutenção (0,60).

Cavalcante (2012), visando verificar de uma maneira mais ampla a medição de coeficiente de atrito, apresentou as medições dos três terços e as médias dos resultados, antes e após o processo de hidrojetamento, na figura 6.

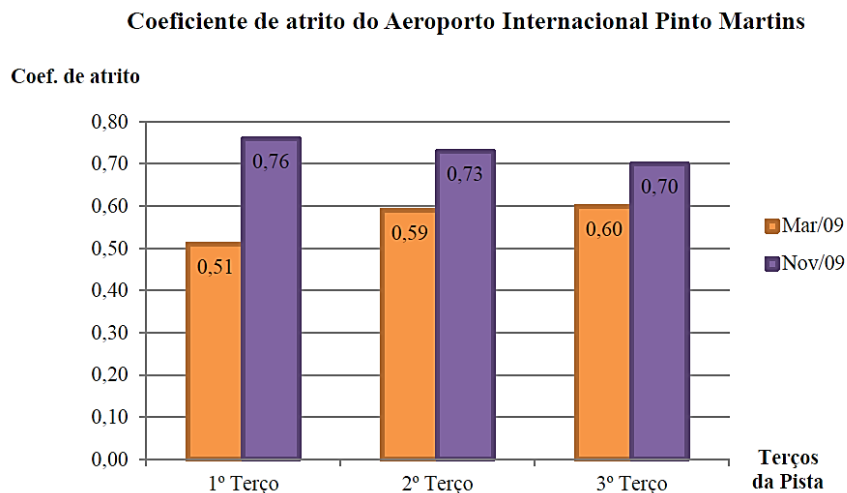


Figura 6. Comparação das médias dos coeficientes de atrito nos terços da pista, antes e depois do hidrojetamento a alta pressão (Cavalcante adaptado, 2012).



Para medição realizada em março de 2009, é possível verificar na figura 6, que em todos os terços da pista de pouso e decolagem o coeficiente de atrito encontra-se igual ou abaixo do nível de manutenção de 0,60. Entretanto, na medição realizada em novembro de 2009, após o processo de hidrojateamento a alta pressão, os coeficientes de atrito apresentam valores superiores ao nível de manutenção (CAVALCANTE, 2012).

Macrotextura no Aeroporto Dragão do Mar - Aracati

A pista de pouso e decolagem do Aeroporto Dragão do Mar, inaugurada em agosto de 2012, passou um período sem receber operações de aeronaves, em consequência dos parâmetros de macrotextura e coeficiente de atrito não estarem de acordo com ANAC (2012). Assim sendo, foi necessário que a pista passasse pelo processo de retexturização por hidrojateamento a alta pressão, realizado pela INFRAERO em maio de 2014.

Uma pista com boa macrotextura é primordial para manter a aderência pneu-pavimento durante as movimentações das aeronaves, mesmo que o pavimento esteja em circunstâncias adversas, uma vez que é comum a presença de contaminantes como água e borracha do pneu das aeronaves.

As medições da macrotextura foram realizadas nos dias 27 de fevereiro de 2014 e 23 de maio de 2014, antes e depois, respectivamente, da retexturização do pavimento. As medições foram realizadas de forma alternada a cada 100m, à esquerda e à direita, a uma distância de 3m do eixo da pista. Foram realizadas, no mínimo, 3 medições para cada área de 100m alternados, entre lado esquerdo e lado direito, conforme ANAC (2012). Os valores medidos pela INFRAERO, antes e depois do hidrojateamento a alta pressão, estão expressos na Figura 7.

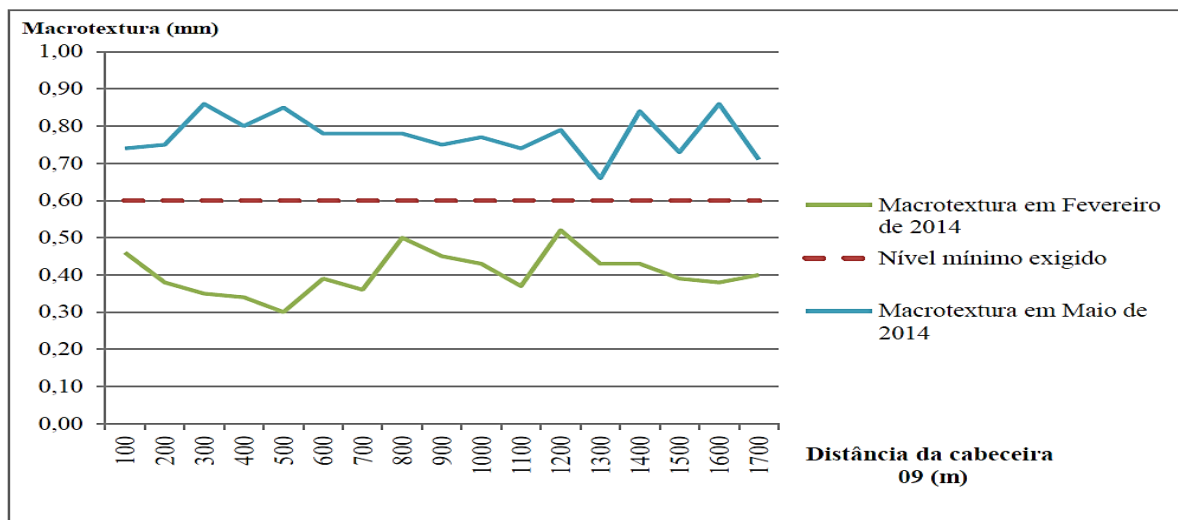


Figura 7. Medição da macrotextura do Aeroporto Dragão do Mar.

Os valores mostrados na Figura 7, referentes a fevereiro de 2014, mostram que antes do processo de hidrojateamento a alta pressão todas as medidas de macrotextura realizadas estavam abaixo do valor recomendado pela ANAC (2012), que é de 0,60mm. As possíveis causas desse resultado podem ser atribuídas a um erro na dosagem da mistura asfáltica, ocasionando excesso de ligantes ou problemas de segregação. O Aeroporto Dragão do Mar, por ser um aeroporto recém-inaugurado, em agosto de 2012, não tem histórico de pousos e decolagens de aeronaves de grande porte, assim sendo, o acúmulo de borracha é uma das causas pouco prováveis.



Para efeito de apresentação dos valores, a ICAO (2002) *apud* OLIVEIRA (2009) recomenda que os valores médios dos índices obtidos nas pistas de pousos e de decolagens sejam apresentados para cada terço da pista. Assim, os dados médios referentes à macrotextura serão disponibilizados para cada terço da pista, conforme figura 8.

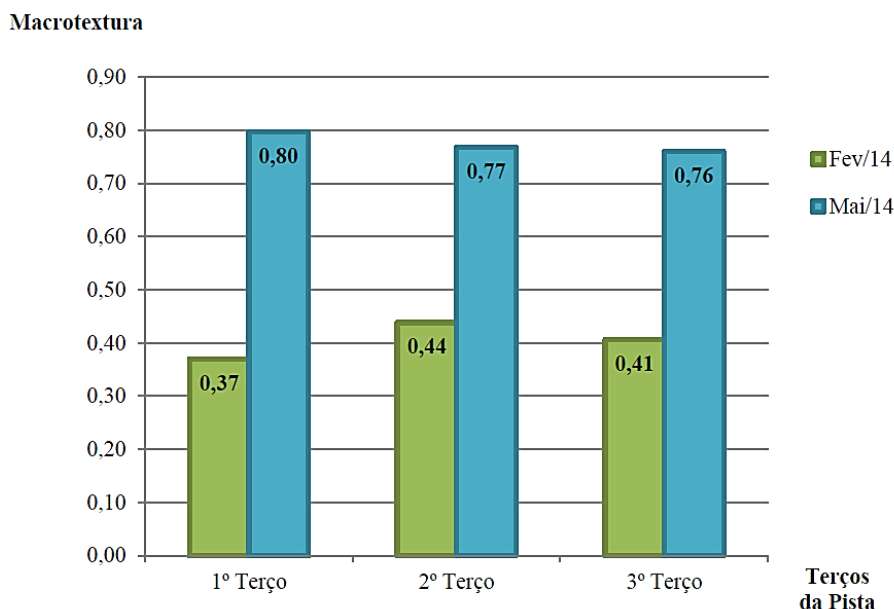


Figura 8. Comparação das macrotexturas por terço antes e depois do hidrojetamento

A figura 8 mostra que os 3 terços da pista do Aeroporto Dragão do Mar antes do hidrojetamento a alta pressão, em fevereiro de 2014, estavam fora dos padrões da ANAC, sendo a média geral 0,20mm abaixo do nível mínimo exigido de 0,60mm. No entanto, após o procedimento, em maio de 2014, esses parâmetros mudaram, sendo a média geral 30% maior que o nível mínimo.

A figura 8 apresenta a avaliação da textura superficial do pavimento em cada terço, antes e após o processo do hidrojetamento a alta pressão, comprovando que esse procedimento proporciona a melhoria da macrotextura, fazendo com que a aderência seja mantida entre o pneu e o pavimento.

Análise Comparativa do Ganho Percentual

Segundo Cavalcante (2012), com a aplicação do novo equipamento de hidrojetamento a alta pressão todos os terços da pista tiveram um significativo ganho percentual; no entanto, o primeiro terço, por conta da intensificação do processo na zona de toque da cabeceira 13, teve um ganho maior, como apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Ganho percentual do coeficiente de atrito em cada terço da pista do Aeroporto Internacional Pinto Martins, após o processo do hidrojetamento a alta pressão (Cavalcante, 2012).

Terço	Ganho Percentual
1º	49%
2º	24%
3º	17%

O processo do hidrojetamento a alta pressão, iniciado em outubro de 2009, teve o intuito de recuperar as condições de atrito necessárias às operações das aeronaves, durante as movimentações



de pousos e decolagens (CAVALCANTE, 2012).

O Aeroporto Dragão do Mar teve sua macrotextura recuperada após não atender os parâmetros da ANAC (2012). O procedimento do hidrojateamento a alta pressão teve como objetivo principal recuperar a segurança das operações das aeronaves na pista de pouso e decolagem, evitando a perda de controle direcional e da capacidade de frenagem das aeronaves, sobretudo quando a pista possuir contaminantes, como água e resíduos de borracha.

Conforme a Tabela 3, o ganho percentual nos terços da pista do Aeroporto Dragão do Mar foi bastante expressivo, tendo como evidência o primeiro terço, que teve sua macrotextura elevada mais que o dobro. O processo do hidrojateamento a alta pressão foi bastante eficaz, fato que restabeleceu a segurança das operações na pista de pouso e decolagem e liberou o aeroporto para funcionamento sem restrições.

Tabela 3: Ganho percentual da macrotextura em cada terço da pista do Aeroporto Dragão do Mar, após o processo do hidrojateamento a alta pressão.

Terço	Ganho Percentual
1º	115%
2º	75%
3º	87%

A macrotextura e o coeficiente de atrito são os principais parâmetros para análise da segurança das operações das aeronaves em qualquer pista de pouso e decolagem, levando-se em conta o fator de aderência pneu-pavimento. Com a execução da tecnologia do hidrojateamento a alta pressão, ocorre uma elevação desses parâmetros, fazendo com que a pista atenda as exigências recomendadas pela ANAC. Como esse trabalho tem o intuito de analisar qual dessas características apresenta um maior ganho percentual após o procedimento de recuperação, a Tabela 3 apresenta a média dessa porcentagem, para toda a pista, relativa à macrotextura e ao coeficiente de atrito dos Aeroportos Dragão do Mar e Internacional Pinto Martins, respectivamente.

Tabela 4. Ganho percentual da macrotextura do Aeroporto Dragão do Mar e do coeficiente de atrito do Aeroporto Internacional Pinto Martins.

Parâmetros	Ganho Percentual para toda a pista
Macrotextura do Aeroporto Dragão do Mar	92,33%
Coeficiente de atrito do Aeroporto Internacional Pinto Martins	30%

Com base na tabela 4, percebe-se que, após o processo de retexturização por tecnologia de hidrojateamento a alta pressão, a macrotextura obteve uma melhora três vezes maior que o atrito, indicando que a mesma pode ser mais beneficiada pelo procedimento.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados do estudo de caso mostraram que, no processo de retexturização das pistas de pouso e decolagem, houve um ganho tanto na macrotextura do Aeroporto Dragão do Mar como no coeficiente de atrito do Aeroporto Internacional Pinto Martins, fato esse que condicionou as pistas de pouso e decolagem dos respectivos aeroportos a estarem de acordo com a legislação nacional



vigente, regulamentada pela Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC. Analisando qual parâmetro obteve um maior ganho percentual, conclui-se que a macrotextura do Aeroporto Dragão do Mar foi a mais beneficiada pelo processo de hidrojateamento a alta pressão, atingindo um ganho três vezes maior que o coeficiente de atrito do Aeroporto Internacional Pinto Martins.

Sendo o aeroporto um importante elemento da infraestrutura de transporte, tem-se ressaltada a segurança das operações das aeronaves por envolver risco à integridade física de pessoas. Esse fato é ainda mais comprovado quando se considera a qualidade do pavimento da pista de pouso e decolagem, que visa atingir os níveis aceitáveis de segurança operacional.

Recomenda-se que, para estudos posteriores:

- a) Análise comparativa da macrotextura e do coeficiente de atrito na mesma pista de pouso e decolagem que passaram pelo processo de retexturização, com uso da tecnologia de hidrojateamento a alta pressão;
- b) Análise do efeito da má dosagem dos ligantes asfálticos e da má execução na textura superficial do pavimento aeroportuário;
- c) Danos ocasionados pelo uso excessivo do hidrojateamento a alta pressão no revestimento asfáltico aeroportuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAC (2012) *Resolução Nº 236, de 05 de junho de 2012*. Agência Nacional de Aviação Civil. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/resolucao/2012/RA2012-0236.pdf>>. Acesso em: 22 Ago. 2014.

BERNUCCI, L. B., MOTA, L. M. G., CERATI, J. A. P. E Soares, J. B. (2008) *Pavimentação Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros*. Petrobras. Abeda. Rio de Janeiro, RJ.

CAMPEDELLI, J. A. D. e AULICINO NETO, A. J. (2007). *Segurança Operacional em Pavimentos Rodoviários e Aeroportuários – Atrito*. Grupo SPM, 2007.

CAVALCANTE, P. C. L. (2012). *Aspectos do Processo de Remoção de Borracha e das Condições de Atrito de Pavimentos Aeroportuários: Estudo de Caso do Aeroporto Internacional de Fortaleza*. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2012.

DAC (2001) *Requisitos de Resistência à Derrapagem para Pistas de Pouso e Decolagem – IAC 4302*. Instrução de Aviação Civil. Departamento de Aviação Civil. Comando da Aeronáutica. Brasília, DF.

ICAO – INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. (1984). *Aerodrome Design Manual – Part 1. Runways*. 2.ed.

_____ (1997). *Manual-Guía de Administración del Mantenimiento de la Infraestructura Aeroportuaria*. Proyecto Regional RLA/92/031 – Planificación y Sistematización de la Aviación Civil. Montreal, Canada. 1997.

_____ (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 - EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA



(2009). *Medição de atrito e remoção de borracha das pistas do aeroporto internacional de São Paulo/Guarulhos*. São Paulo, 2009.

INFRAERO - EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA (2014). Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/index.php/br/aeroportos/ceara/aeroporto-internacional-pinto-martins.html>>. Acesso em: 22 Set. 2014.

OLIVEIRA, F. H. L. (2008). *Considerações sobre Prática dos Serviços de Remoção de Borracha em Pavimentos Aeroportuários*. Artigo de Congresso. 39ª Reunião Anual de Pavimentação - RAPv/13º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária - ENACOR, Recife, PE.

OLIVEIRA, F.H.L. (2009). *Proposição de Estratégias de Manutenção de Pavimentos Aeroportuários Baseadas na Macrot textura 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.

PORTAL DA TRANSPARÊNCIA (2012). Disponível em: <<http://transparencia.ce.gov.br/content/pagina-inicial/noticias/aeroporto-de-aracati-vai-receber-centro-operacional-da-tam>>. Acesso em: 23 Set. 2014.

PREFEITURA DE ARACATI (2014). Disponível em: <<http://www.aracati.ce.gov.br/aracati/dados-gerais/>>. Acesso em: 20 Ago. 2014.

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.

SETUR (2013). *Ampliação e modernização do Aeroporto de Aracati*. Secretaria do Turismo do Estado do Ceará. Disponível em: <<http://www.setur.ce.gov.br/projetos/ampliacao-e-modernizacao-do-aeroporto-de-aracati/aeroporto-de-aracati>>. Acesso em: 20 Ago. 2014.

_____(2014). *Aeroporto de Aracati já pode receber voos*. Secretaria do Turismo do Estado do Ceará. Disponível em: <<http://www.setur.ce.gov.br/noticias/aeroporto-de-aracati-ja-pode-receber-voos>>. Acesso em: 20 Ago. 2014.