



A SEGURANÇA OPERACIONAL SOB A ÓTICA DO GERENCIAMENTO EM MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS

OPERATIONAL SAFETY UNDER THE OPINION OF MANAGEMENT IN MAINTENANCE OF AIRPORT FLOORS

João Nepomuceno Costa Neto¹
Pontifícia Universidade Católica de Goiás
joao.nepoplt@hotmail.com

Tammyse Araújo da Silva²
Pontifícia Universidade Católica de Goiás
tammyse@hotmail.com.

Resumo: O pavimento das pistas de pouso e decolagem dos grandes aeroportos, com o tempo, passa por desgastes devido à intensa movimentação de aeronaves e às intempéries. As consequências dos desgastes são as trincas, os defeitos de desintegração, deformações superficiais e perda de resistência na derrapagem. A pista que apresenta esses problemas poderá pôr em risco a segurança das operações aeronáuticas. Por isto, a administração aeroportuária deverá proceder com a devida manutenção, afim de conservar e melhorar o estado da pista. Neste sentido, o gerenciamento da manutenção no pavimento ajuda a aperfeiçoar e priorizar as devidas correções a serem realizadas nele. Pois, além de manter o pavimento dentro do padrão de segurança, gera economia nos custos e otimização na renda para o administrador aeroportuário.

Palavras chaves: Pavimento; Manutenção; Gerenciamento; Segurança; Operacional.

Abstract: The flooring of runways of big airports, go through losses due to intense airplane traffic and weather conditions along time. The consequences of losses are cracks, disintegration imperfections, superficial deformations and the loss of friction during the airplane movements. The runway that shows these problems can risk the safety of aeronautical operations. For this

¹ Piloto privado de avião, habilitado pela Agência Nacional de Aviação Civil para operar aeronaves monomotoras, em processo de qualificação para obter a licença de piloto comercial e autorização teórica para a certificação de piloto de linha aérea. Endereço eletrônico: joao.nepoplt@hotmail.com.

² Especialista em Docência Universitária pela Universidade Católica de Goiás. É professora da Escola de Gestão e Negócios no curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Endereço eletrônico: tammyse@hotmail.com.

reason, the airport administration should proceed with the right keeping for preservation and improvement of the runway conditions. In this sense, the management of the maintenance of the flooring helps to improve and prioritize the needed adjustments to be done on it and, besides keeping the runway according to the safety standard it helps decrease the costs and optimize the budget for the airport manager.

Keywords: Pavement; Maintenance; Management; Safety; Operational.

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo é apresentado como um estudo no intuito de contribuir com o conhecimento aeronáutico e se enquadra na linha de pesquisa “O Homem, o Meio e a Máquina” do Núcleo de Pesquisas Aeronáuticas (NUPAER). O tema resulta da intenção de destacar para a comunidade aeronáutica e pessoas interessadas no assunto, a forte influência e importância que o pavimento de pista tem na segurança operacional, sendo um dos auxílios à frenagem da aeronave durante o pouso ou em caso de procedimento de decolagem abortada. É também interesse da pesquisa revelar a necessidade de efetuar o correto gerenciamento na sua manutenção a fim de oferecer a esperada segurança e economia na parte mais relevante da infraestrutura aeronáutica.

Se o pavimento em uma infraestrutura aeroportuária é a parte mais importante, então é a que requer mais investimentos, atenção com a manutenção e qualidade de serviço. Caso os pavimentos não ofereçam a devida segurança, pode-se

proibir o uso da pista até que seja liberada e em condições operacionais, a exemplo do que ocorreu em fevereiro de 2014 no Aeroporto Val-de-Cans na cidade de Belém do Pará, onde, em dias de chuva, a pista principal do aeroporto não podia ser utilizada pelo acúmulo de água e má condição do pavimento.

Com essas medidas o operador aeroportuário deixa de lucrar interferindo diretamente nos voos e atrapalhando a malha aérea que operaria no aeroporto. Outra intervenção relevante, segundo o jornal O Globo, ocorreu no Aeroporto Leite Lopes em Ribeirão Preto, em janeiro de 2011, que foi proibido realizar pousos e decolagens em dias de chuva diante do baixo nível de atrito. Logo após a proibição, a operadora aeroportuária realizou testes e ensaios e constatou que havia excesso de borracha na pista. Isto aconteceu motivado pelo fato que dias antes da proibição, um avião da companhia Passaredo derrapou e saiu da pista que se encontrava molhada.

Percebe-se o nível de importância que as questões relativas à pavimentação

têm no cotidiano dos aeroportos e, neste sentido, com esta pesquisa pretende-se verificar como de fato o gerenciamento e a manutenção de pavimento aeronáutico podem influenciar na segurança operacional. Portanto, tem-se como objetivo geral demonstrar a importância do gerenciamento da manutenção no pavimento aeroportuário para a segurança operacional. Em linhas de objetivos específicos detém-se a apresentar, diante do contexto histórico, quando o ser humano teve ciência da relevância do pavimento nas operações de pouso e decolagem das aeronaves, além de apresentar as informações que os operadores aeroportuários devem cumprir para manter o pavimento em condições operacionais. Ainda é fundamental descrever os métodos e ensaios de manutenção de pavimento aeroportuário e esclarecer como o Sistema de Gerenciamento de Pavimento pode oferecer benefícios econômicos e qualitativos para uma pista de pouso e de decolagem em longo prazo.

A agência reguladora brasileira oferece informações que os operadores aeroportuários podem se basear para a realização da manutenção nos pavimentos. Ao se realizar o gerenciamento da manutenção no pavimento e no tempo correto, a manutenção oferece benefícios econômicos e de segurança. Em meio aos vários fatores que podem influenciar um

acidente aeronáutico, geralmente não sendo apenas um, a infraestrutura é um desses fatores.

Existe uma preocupação no meio aeronáutico quando o assunto abordado se trata da segurança operacional e o que motivou o tema deste artigo foi discorrer sobre a importância que o pavimento aeronáutico tem para a realização de um procedimento como pouso ou decolagem com a devida segurança por parte do pavimento. Apresenta-se neste artigo, métodos, conceitos e ferramentas necessárias para manter o pavimento em condições operacionais e de segurança.

A pesquisa do tema foi baseada em dissertações, estudos e livros que envolvem o pavimento aeronáutico desde a sua história até às formas de manutenção. Como referência complementar foram utilizadas revistas e materiais apresentados em seminários direcionados ao assunto. Este tipo de pesquisa é realizada quando se analisa, correlaciona e registra os fatos sem manipulá-los, portanto, descrevendo sobre a manutenção de pavimento aeronáutico e esclarecendo sua importância. A metodologia utilizada neste artigo foi a Hipotética-Dedutiva, na medida em que por meio de propostas de hipóteses, poderá no desenvolvimento ocorrer a sua comprovação ou não.

Dentre autores que contribuíram para a consecução da pesquisa destacam-se

Gunnar Antvik (1997) e Oswaldo Sansone Rodrigues Filho (2006), que contribuíram para uma visão mais direcionada sobre o assunto, a Resolução brasileira nº 236 (2012) que estabelece requisitos de aderência para pistas de pouso e decolagem e a autora Cristina Isabel Fernandes (2010), dentre outros autores de equivalente relevância.

Para cumprir com os objetivos propostos o trabalho foi dividido em duas partes. A primeira contém o contexto histórico de bibliografia específica em que se apresentam os primeiros métodos de avaliação da condição do pavimento relatados e alguns estudos que demonstrados à comunidade aeronáutica da época identificaram a importância que o pavimento tinha para realizar os procedimentos com sucesso. A segunda parte aborda alguns métodos de manutenção de pavimento, a descrição de determinados equipamentos e ensaios que permitem qualificar o estado em que se encontra o pavimento, e apresenta qual a função e sobre o que se trata o Sistema de Gerenciamento de Pavimento, quais são os benefícios que ele oferece para o operador aeroportuário e o pavimento. O resultado do levantamento da literatura apropriada quer constatar os motivos da relevância do

gerenciamento na manutenção dos pavimentos aeroportuários para a segurança operacional ao considerar os métodos, as pesquisas e os materiais estudados filtrando as ideias dos referidos autores para realização da constatação final.

2. A HISTÓRIA DA PAVIMENTAÇÃO AEROPORTUÁRIA

No início da aviação os gerentes aeroportuários, pilotos de avião e envolvidos na área, notaram que para a melhoria da segurança de voo nas operações de pouso e decolagem era preciso ter um controle de qualidade nas pistas dos aeródromos³. Gunnar Antvik (1997) relata que anteriormente muitos aeródromos tinham a superfície da pista coberta de grama, sendo poucos aqueles que dispunham de um pavimento nas pistas.

Gunnar Antvik mostra que por volta de 1920 surgiram as primeiras preocupações com os pavimentos aeroportuários. *Le Bourget*, aeroporto⁴ de Paris, cidade iniciante no desenvolvimento do sistema de transporte aéreo, foi o primeiro a contar com uma superfície rígida, sendo que naquela época não se tinha costume e padrões para realizar medidas de atrito, e assim, não existia condições técnicas e específicas de avaliar o

³ Área definida sobre a terra, água ou flutuante, destinada à chegada, partida e movimentação de aeronaves.

⁴ É o aeródromo público dotado de instalações e facilidades para apoio de operações de aeronaves e o embarque e desembarque de pessoas e cargas.

pavimento.

Naquela ocasião, completa Gunnar Antivik (1997), o gerente aeroportuário era encarregado de checar o atrito da pista por meio de um teste que identificava o quanto a pista derrapava. Caso a derrapagem na pista fosse longa, o gerente proibia a sua operação. Ao longo dos anos foi necessário desenvolver métodos para realizar a medição do atrito da superfície das pistas devido aos acidentes e incidentes que estavam acontecendo.

Gunnar Antivik (1997) elucida que com a constante evolução das aeronaves tornando-se maiores e mais velozes notou-se que os testes realizados pelo gerente do aeroporto de Paris não eram mais eficientes para definir a qualidade do atrito fornecido pela superfície do pavimento. Em consequência, as técnicas e equipamentos começaram a ser desenvolvidas de acordo com a necessidade de maior desaceleração das aeronaves, visto que essas, cada vez mais rápidas e pesadas, consumiam maior distância de pista no pouso e decolagem.

Apesar da melhoria das técnicas e equipamentos, problematiza Gunnar Antivik (1997), as dificuldades continuaram a aparecer mesmo com a evolução da pavimentação e da aviação. Os testes tinham que ser realizados no inverno, sendo que em alguns países nesta época

nevava e em outros tinha-se longos períodos chuvosos. Desta maneira, grupos de pesquisas e autoridades de diversos países buscavam soluções para evitar acidentes e incidentes aeronáuticos quando o pavimento estava contaminado com água ou neve.

Gunnar Antivik (1997) aponta que vários testes e equipamentos foram desenvolvidos na tentativa de se chegar a uma conclusão aceitável sobre atrito dos pneus das aeronaves com a pista. Foram realizados desde testes com caminhões até carros que levavam equipamentos acoplados e passavam na pista em diferentes velocidades realizando medidas para posterior conclusão sobre qual condição seria a melhor na questão do atrito dos pneus com o solo para auxílio da frenagem da aeronave.

Por volta de 1946, Osvaldo Sansone Rodrigues Filho (2006) relata que a *Scandinavian Airlines System*⁵ (SAS) começou uma nova rota para Nova York. As aeronaves operadas na época eram do modelo Douglas DC-4. Por razões de logística e de manutenção, os DC-4 tinham que operar no aeroporto Fornebu, em Oslo que era provido de uma pista de apenas 1.200 metros de extensão, contando com declividades nas cabeceiras. Para evitar acidentes, Ottar Kollerud, gerente do

⁵ Companhia Aérea dos países Escandinavos

aeroporto, começou a medir o atrito da pista no inverno. Ele desenvolveu e passou a utilizar um método de teste usando um caminhão carregado com areia e por volta de 30 km/h pressionava os freios travando as rodas com o objetivo de medir e registrar a distância para parada total do veículo.

No final dos anos 1940 e início dos anos 1950 a problemática que envolvia o atrito nas pistas dos aeroportos não era conhecida internacionalmente. Porém, Bertil Florman administrador do aeroporto de Bromma, Estocolmo, precisava realizar a medição do atrito em seu aeroporto. E ele começou com o método de Kollerud, entretanto, o mesmo tomava muito tempo, pois o aeroporto tinha um número de movimentos de aeronaves maior e desgastava muito rápido os pneus e freios dos caminhões usados (RODRIGUES FILHO, 2006).

Relata Osvaldo Sansone Rodrigues Filho (2006) que Florman vendo a necessidade de agilizar as operações terrestres para liberar a pista em uso, introduziu o medidor Tapley, um instrumento que era um desacelerômetro instalado facilmente em um veículo. Este procedimento parecia com o método de Kollerud, acelerava o veículo até determinada velocidade e freava travando as rodas. Sendo assim essas começavam a derrapar, o medidor realizava a leitura. A diferença, contudo, é que não era necessária

a parada total do veículo e, assim evitava-se o desgaste do mesmo. A medição era realizada em nove pontos na extensão de três linhas. A primeira estava localizada no eixo da pista e as outras duas espaçadas cinco metros para cada lado do eixo.

Todavia, Florman decidiu colocar o deslizômetro no aeroporto em que era gerente, para isso, foi desenvolvido um deslizômetro especial que atuava em forma de reboque. Para os envolvidos, o equipamento deveria ser pesado a fim de representar o peso das aeronaves da época. No início, durante a implementação do equipamento, ficou decidido que para realizar as medições teria uma carga aplicada sobre o equipamento de mil quilogramas e o conjunto todo do equipamento pesaria em torno de três mil quilos. Este equipamento continha um eixo com três rodas e foi muito utilizado no aeroporto de Bromma. (RODRIGUES FILHO, 2006)

Para Osvaldo Sansone Rodrigues Filho (2006) após a admissão do uso do deslizômetro alterou-se a forma de avaliar a condição de atrito, sendo possível encontrar nas atuais publicações e linha da

*International Civil Aviation Organization*⁶ (ICAO). No decorrer dos anos as experiências mostraram que as cargas sobre o equipamento poderiam ser menores sem influenciar o teste.

Gunnar Antivik (1997) expõe que a primeira pesquisa realizada no início dos anos 1950, que se sabe sobre atrito ocorreu em uma parceria da autoridade aeronáutica do aeroporto de Bromma e a SAS fundada em 1946.

A pesquisa foi realizada durante o pouso das aeronaves, as características de atrito da parte do meio até o final da pista eram de maior importância. A pista foi dividida em três partes seguindo o sentido do pouso. Essas partes foram nomeadas de A, B, C. A parte A referia ao menor número diante dos números aplicados nas cabeceiras da pista. A SAS e os operadores domésticos da Suécia sabiam o que significava os números medidores dos atritos, entretanto, os pilotos provenientes de outros aeroportos e os internacionais quando chegavam no de Bromma não entendiam o que aqueles números relatavam. Desta forma, foram atribuídas as expressões: bom, médio, pobre para classificar a condição do atrito (ANTVIK, 1997).

Segundo Gunnar Antivik (1997)

consequentemente, a SAS entregou questionários para os pilotos perguntando o que eles experimentaram e acharam no momento de frenagem da aeronave e a sua controlabilidade com vento cruzado ao sentido do pouso. Cerca de 3.000 (três mil) questionários foram respondidos. As respostas mostraram que o coeficiente de atrito quando maior que 0.40 não apresentava problemas com controlabilidade em vento cruzado e na frenagem da aeronave. Todavia, quando o número era de 0.25 ou menor obteve-se relatos que os problemas e dificuldades eram graves.

Gunnar Antivik (1997) esclarece que em 1952 a *International Air Transport Association*⁷ (IATA) preocupada com a segurança das aeronaves, resolveu organizar reuniões abrindo espaço para especialistas que contassem com experiência em características de atrito de pistas em diferentes condições, onde a SAS teve oportunidade de apresentar a sua experiência de avaliação de atrito. Essas reuniões incluíam a presença de várias pessoas com experiência na área, representando diversas entidades que desenvolviam pesquisas científicas voltadas ao assunto.

De acordo com Osvaldo Sansone

⁶ Organização da Aviação Civil Internacional (OACI)

⁷ Associação Internacional de Transportes Aéreos

Rodrigues Filho (2006) após os resultados das reuniões de 1952, a IATA concordou com a necessidade de dispor informações confiáveis referentes às características de atrito de pistas contaminadas com gelo, neve ou água. Nessas reuniões, consolidou-se a parceria de cooperação entre técnicos da Suécia e da *National Aeronautics and Space Administration*⁸ (NASA) para realização das pesquisas sobre atrito que durou longos anos.

Por volta dos anos 1960 a *Svenska Aeroplan AB* (SAAB) desenvolveu um aparelhamento capaz de medir o atrito. Era um equipamento analógico à quinta roda de um carro desenvolvido pela SAAB intitulado como *SAAB Friction Tester* (SFT). O ponto positivo do uso desse equipamento foi que as medições eram realizadas rapidamente e a pista poderia ser logo liberada para o tráfego aéreo, o que resultou em uma grande diferença nos aeroportos de fluxo intenso (ANTVIK, 1997).

Vendo as pistas contaminadas como um problema, Thomas Yager (1971) criou uma técnica que foi intitulada de *grooving*. Essa técnica se tratava de ranhuras transversais na pista que feitas em cortes de dimensões exatas na medida dos discos diamantados drenavam e agilizam o

escoamento da água presente no pavimento para o canteiro através dos cortes. Por meio de testes e estudos foi publicado em 1971 um artigo da NASA tendo Thomas Yager e outros pesquisadores como autores. Os testes foram realizados para dimensionar a performance dos freios em pavimentos com e sem o *grooving*.

Os resultados dos testes realizados por Thomas Yager (1971) apontaram que os pavimentos que dispunham de *grooving* tinham melhoras significativas na frenagem da aeronave e controle direcional com o pavimento contaminado com água. As medições e observações mostraram que os pneus não danificaram a superfície do *grooving*. Os comparativos de frenagem foram testados e obtidos com o caça Douglas F-4D, o avião Convair 990A e um avião a jato militar de transporte Lockheed C-141^a. Todos equipados com sistema de *antiskid*, sistema que não permite que o pneu trave e ocasione a derrapagem durante a frenagem.

Após testes, Osvaldo Sansone Rodrigues Filho (2006) comenta que em 1968 em algumas pistas de aeroportos dos Estados Unidos e Inglaterra foram aplicados a técnica do *grooving* no pavimento estendendo-se para estradas americanas onde dominava altos números

⁸ Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (E.U.A)

de acidentes quando o pavimento se encontrava molhado. Inicialmente as avaliações realizadas trouxeram resultados positivos.

Após os primeiros resultados, as aviações civil e militar almejavam uma pesquisa de maior alcance e em escala real. Isto ocorreu entre os anos de 1969 e 1972 com as aeronaves B-727 e DC-9, em mais de 50 pistas distintas com e sem o *grooving*. Os resultados obtidos apontaram o benefício da técnica que aumentava e melhorava o atrito dos pneus das aeronaves com o pavimento. No ano de 1991, os Estados Unidos calculavam 646 pistas que utilizavam o *grooving* (NASA, 2003 apud RODRIGUES FILHO, 2006).

Mesmo com os consideráveis avanços no quesito superfície de pavimento e coeficiente de atrito, as pistas contaminadas ainda eram um desafio para a comunidade aeronáutica. Pistas em que nas operações continham essa característica de pavimento contaminado tornou-se um dos diversos fatores que influenciaram em mais de 100 acidentes entre os anos de 1958 e 1993 (RODRIGUES FILHO, 2006).

Gunnar Antivik (1997) confirma que por volta de 1970 acidentes e incidentes conduziram novas regras sobre as medidas de atrito do pavimento da pista quando

molhada. Um acidente que resultou em perda total de uma aeronave Jumbo DC-10 no Aeroporto Internacional de Los Angeles, cuja investigação mostrou que a zona de toque ficava extremamente escorregadia quando se encontrava molhada. A investigação também trouxe a necessidade de se padronizar o uso dos equipamentos de medição. Não só este, mas outros acidentes e incidentes ocorreram pelo motivo de pista escorregadia quando molhada.

Complementa Thomas Yager (1971) que diante dessas circunstâncias firmou-se um grupo de estudo no qual era formado pela NASA, *Transport Canada*⁹ (TC) e a *Federal Aviation Administration*¹⁰ (FAA) no qual o programa foi intitulado de *The Joint Winter Runway Friction Measurement Program*¹¹. O interesse foi geral e todos deram a contribuição para o programa, inclusive diversas organizações e também fabricantes de equipamentos de medições.

Apresenta Osvaldo Sansone Rodrigues Filho (2006) que um dos objetivos principais do programa era estabelecer uma relação confiável entre os valores obtidos através dos equipamentos de medições de coeficiente de atrito e o desempenho efetivo de frenagem das aeronaves.

⁹ Departamento de transportes do Governo do Canadá.

¹⁰ Administração Federal da Aviação (U.S.A.).

¹¹ Programa Conjunto de Medições de Atrito em Pistas de Aeroportos no Inverno.

Rodrigues Filho (2006) expõe que para iniciar o programa foi necessário uma grande equipe e muitos colaboradores, cerca de oitenta engenheiros de dez países distintos. O local inicial dos estudos sobre o atrito entre o pneu da aeronave e o pavimento em condições modificadas era destinado à pesquisa aeronáutica localizado no estado da Virgínia nos Estados Unidos onde se encontrava *Wallops Flight Facility*, centro de pesquisa da NASA.

No estudo foram realizados mais de oitocentos testes de atrito com mais de quatrocentas medidas de textura dos pavimentos. Rodrigues Filho (2006) esclarece que para maior obtenção de dados utilizou-se treze equipamentos medidores de atrito aplicando sete técnicas diferentes para medição da textura do pavimento em onze diferentes superfícies de pista.

Segundo Osvaldo Sansone Rodrigues Filho (2006), os primeiros testes desta pesquisa foram realizados em 1996 nos Estados Unidos e no Canadá e utilizou-se na pesquisa as aeronaves B-737 e um Falcon 20 realizando uma sequência de pousos com fins de teste em pistas contaminadas de gelo e neve. Para ampliar a faixa de coletas de dados no teste conteve algumas modificações artificiais. Após a obtenção de dados dos equipamentos de medição submeteram à comparação com os

obtidos no desempenho de frenagem das aeronaves. Realizou-se posteriormente novos estudos que envolveram 9 aeronaves e na medição do atrito empregaram 18 diferentes equipamentos.

Conforme Rodrigues Filho (2006), os diversos dados coletados pelo programa entre os anos de 1996 a 1999 somaram cerca de quatrocentas corridas de aeronaves e mais de dez mil passagens de equipamentos de medição de atrito sobre os diferentes pavimentos e superfícies com as diversas condições de contaminação sobre a pista.

A quantidade de dados colhidos nos anos de pesquisa possibilitou aos pesquisadores desenvolver um índice internacional de atrito para os pavimentos aeronáuticos. Conforme Osvaldo Sansone Rodrigues Filho (2006) este índice foi denominado de *International Runway Friction Index*¹² (IRFI) podendo, assim, utilizar um padrão para o atrito das aeronaves, tornando um índice que os operadores de aeródromos usam na verificação das condições do atrito da pista.

Mesmo com este contexto histórico apresentado, quando o assunto é segurança operacional, todos os fatores envolvidos em um procedimento de risco devem estar dentro do padrão, pois caso alguns deles se interliguem, pode gerar um acidente aéreo. Dificilmente sugere-se

¹² Índice internacional de atrito da pista

apenas um fator que tenha contribuído para tal, pois são no mínimo quatro fatores que aparecem com mais frequência envolvidos: o homem, a condição meteorológica, a infraestrutura e o avião (RODRIGUES FILHO, 2006).

3. MANUTENÇÃO E GERENCIAMENTO DO PAVIMENTO

No intuito de explanar mais sobre pavimento de pista e segurança operacional, é importante compreender, de maneira específica e objetiva, sobre atrito, textura, manutenção e pavimentação atual de pista.

Para Ivilen Gonçalves Martins Gomes (2009), a superfície de um corpo, por mais polida que ele seja, apresenta rugosidade quando analisada microscopicamente. Como consequência, duas superfícies em contato apresentarem alguma tendência de se mover em relação à outra, então passa a existir uma força resistente, a força de atrito.

Consequentemente, e analisando o contato dos pneus de uma aeronave com o pavimento, a força de atrito que é exercida traz uma grande importância para a frenagem. Por isso, na história da aviação os estudiosos e pesquisadores dedicaram tanto tempo para a obtenção de uma solução que trouxesse segurança aos usuários e tripulantes das aeronaves, mostrando que o pavimento de uma pista de aeródromo tem um papel importante na segurança

operacional.

A maneira mais objetiva que se pode distinguir a superfície de um pavimento é por meio da avaliação da textura. Entende-se que a superfície de pista forma um conjunto de propriedades que atende ao tráfego de veículos que o utilizam de forma confortável, confiável e econômica. As companhias aéreas têm requisitado orientação a Boeing para que esta disponha por meio de um guia relativo os vários tipos de superfícies usados para descrever o pavimento de uma pista, os quais são: macadame, pista de cascalho, pavimento flexível, pavimento rígido, revestimento de selagem e o “revestimento de lama” aplicado no tratamento da superfície do asfalto (RODRIGUES FILHO, 2006; BOEING, 2014).

Liedi Bariani Bernucci (2007) aponta que, relativos ao aspecto existem quatro escalas reconhecidas: a macrotextura, a microtextura, a megatextura e a irregularidade. A textura de um determinado pavimento trata-se de um dos aspectos da aderência, a classificação de uma textura depende da extensão em meio a dois picos de depressões na superfície.

As texturas das superfícies dos pavimentos aeroportuários são caracterizadas pela microtextura e macrotextura, sendo os dois elementos que mais fornecem estabilidade na superfície.

Ambos têm importância para compor o coeficiente de atrito e melhorar a aderência entre pneu-pavimento, resultado das características antiderrapantes (OLIVEIRA, 2008).

Osvaldo Sansone Rodrigues Filho (2006) e Liedi Bariani Bernucci *et al.*, (2007) explicam que a microtextura se difere pelo grau de rugosidade, sendo que a mesma não é possível ser vista a olho nu, com tamanho menor ou igual a 0,5mm. Entretanto, pode ser identificada através do tato, diferenciando-se da superfície lisa ou áspera. A microtextura pode ser avaliada e medida pelo equipamento denominado Pêndulo Britânico, trata-se de um equipamento portátil cujo funcionamento tem como base um pêndulo com uma base de borracha, em que é lançado sobre o pavimento molhado para assim poder medir a perda de energia que ocorre quando a parte do equipamento desliza sobre o pavimento (BERNUCCI *et al.*, 2007; RODRIGUES FILHO, 2006).

Entretanto, a macrotextura se distingue através do tamanho do agregado, pelos vazios que possuem na mistura. Algum pavimento que possui elevada macrotextura contém grande volume de vazios entre as partículas que estão mais próximas. Para se obter a classificação da macrotextura é realizado o ensaio conhecido como mancha de areia. Este ensaio determina a média de profundidade

da mancha na superfície de pavimentos que consiste em completar os vazios da textura superficial do determinado pavimento. A areia deve ser natural, limpa e seca com grãos arredondados e passar por uma peneira de 0,3mm e ficar detida em uma peneira de 0,15mm. O local do ensaio deve ser limpo com uma escova e a areia espalhada sobre a superfície seca com o amparo de um disco de madeira realizando movimentos circulares e uniformes, assim preenchendo os vazios da superfície e conseguindo uma área final circular (BERNUCCI *et al.*, 2007; RODRIGUES FILHO, 2006).

O operador do aeródromo precisa manter a profundidade média da macrotextura com índice igual ou maior que 0,60mm para a pista que estiver em operação dentro dos padrões de segurança, devendo monitorar a profundidade por meio do ensaio descrito acima conforme a frequência definida. Usando como referencia a tabela 1 da Resolução nº 236 de 2012 a frequência em que se devem realizar as medições da macrotextura da pista, em caso de mais de 210 pousos em uma cabeceira realizados por aeronaves de asa fixa e motor à reação ou turbo jato, são a cada 30 dias.

Tabela 1: Frequência mínima de medições de macrotextura

Faixas	Pousos diários por cabeceira de aeronaves de asa fixa e motor a reação ou turbo jato	Frequência mínima de medições de macrotextura
1	Menor ou igual a 15	Cada 360 dias
2	16 a 30	Cada 180 dias
3	31 a 90	Cada 90 dias
4	91 a 150	Cada 60 dias
5	151 a 210	Cada 45 dias
6	Mais de 210	Cada 30 dias

Fonte: Brasil, 2012.

A ação composta da macrotextura e microtextura tem como o resultado o valor de coeficiente de atrito, tanto desejado e pesquisado por décadas na aviação. Pode-se medir esse coeficiente por meio de vários equipamentos, sendo um deles o “Mu-Meter”. O equipamento percorre a pista a determinada velocidade e consegue identificar o coeficiente de atrito. Levando em consideração BRASIL (2012) o coeficiente de atrito no valor de 0.40 ou mais, cujo índice não apresenta problema de controlabilidade e de frenagem, deve ser verificado pela frequência mínima de medições de atrito dos aeroportos. A frequência de medições a serem realizadas depende do número de operações de pousos

diários por cabeceira, por exemplo, caso aconteça mais de 210 pousos é necessário que seja realizada a medição do atrito a cada 7 dias (BRASIL, 2012; ARDÚZ, 2002).

O atrito das pistas permite que as aeronaves desacelerem após o pouso e acelerem durante o procedimento de decolagem com segurança, caso o atrito da pista não apresente boas condições, pode surgir ocorrência como derrapagem, aquaplanagem e deslizamento, iniciando uma perda de controle das aeronaves, podendo gerar graves acidentes em uma eventual *runway excursion*¹³(WELLS, 2004, *apud*, OLIVEIRA, 2009).

Tabela 2: Frequência mínima de medições de atrito (BRASIL, 2012)

Faixas	Pousos diários por cabeceira de aeronaves de asa fixa e motor a reação ou turbo jato	Frequência mínima de medições de atrito
1	Menor ou igual a 15	Cada 360 dias
2	16 a 30	Cada 180 dias
3	31 a 90	Cada 90 dias
4	91 a 150	Cada 30 dias
5	151 a 210	Cada 15 dias

¹³ Momento em que uma aeronave supera as extremidades laterais da pista.

6	Mais de 210	Cada 7dias
---	-------------	------------

Fonte: BRASIL, 2012.

Para Julio Ernesto Veslasco Ardúz (2002) um método de manutenção a ser cuidadosamente analisado e efetuado é o desemborrachamento. Este é um processo que retira borracha que está acumulada no pavimento dos aeroportos, oriunda dos pneus dos aviões, com foco na zona de toque das aeronaves onde a borracha pode acobertar por completo a textura do pavimento. Trata-se de um programa de manutenção para preservar ou restaurar a sua função operacional, executado de acordo com certo tempo ou números de pousos, sendo de cumprimento compulsório a realização deste método de acordo com a Resolução nº 236 da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Caso em uma determinada cabeceira ocorra mais de 210 pousos diários de aeronaves de asa fixa com motor à reação ou turbo jato, o método deve ser realizado para remover a borracha da pista.

Tabela 03: Frequência mínima de remoção de borracha (BRASIL, 2012)

Faixas	Pousos diários por cabeceira de aeronaves de asa fixa com motor à reação ou turbojato	Frequência mínima de remoção de borracha
--------	---	--

1	Menor ou igual a 15	Cada 720 dias
2	16 a 30	Cada 360 dias
3	31 a 90	Cada 180 dias
4	91 a 150	Cada 120 dias
5	151 a 210	Cada 90 dias
6	Mais de 210	Cada 60 dias

Fonte: BRASIL, 2012

ICAO, 2002 *apud* Oliveira, 2008 aponta que a retirada da borracha do pavimento tem diversas maneiras e métodos a se executar, porém, o mais usado é o de hidrojateamento em que se usa água com alta pressão e alguns aditivos químicos com o objetivo de remover a borracha do pavimento. Existem diversos equipamentos para realizar este procedimento.

De caráter geral os defeitos que podem surgir em pavimentos aeroportuários se classificam em quatro categorias: trincas, defeitos de desintegração, deformações superficiais e perda da resistência na derrapagem. A manutenção de pavimentos aeroportuários se trata de um grupo de medidas voltadas para conservação ou melhoria do nível de serviço para as operações de pousos e decolagens. É de relevada importância saber as características do pavimento para que seja elaborada uma programação adequada das atividades de sua manutenção (ARDÚZ, 2002).

Julio Ernesto Velasco Ardúz (2002) completa que a ausência de uma manutenção correta e admissível que procura utilizar medidas preventivas ou corretivas no caso dos defeitos encontrados, possibilita gerar problemas tais como a deterioração e degradação. Com este efeito que pode ocorrer com o passar do tempo nos pavimentos aeroportuário, cria-se a necessidade de reformas demoradas, impedindo a operação na pista e gerando grandes custos ao operador do aeródromo, tanto na reforma do pavimento quanto no tempo necessário para terminar a obra.

De acordo com Dale Peterson (1987) a manutenção pode ser classificada em dois tipos diferentes: preventiva e corretiva. Sendo assim, segundo a Associação Brasileira de Normas e Técnicas ABNT (1994), a manutenção preventiva é efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com os critérios específicos, com o objetivo reduzir a chance de uma falha ou a deterioração do funcionamento de um item. Já a manutenção corretiva parte do princípio de ser realizada após a ocorrência de uma falha ou irregularidade visando recolocar um item em condições de realizar a sua ou uma função requerida.

Segundo Stolzer (2011) ainda

existe a manutenção preditiva, onde os métodos preditivos permitem encontrar pontos que contenham possíveis falhas, através de um processo de acompanhamento e coleta de dados. Podendo trazer economia e aumento da segurança com método de prevenção antecipada do defeito.

De acordo com Pade (2007) as atividades de manutenção quando relacionadas ao pavimento aeroportuário, necessitam ser realizadas de forma satisfatória e serem caracterizadas em operacional e funcional. A operacional está relacionada à segurança e às condições e operação diárias dos pavimentos aeroportuários nas pistas de pouso e decolagem, nas taxiways¹⁴ e pátio de estacionamento das aeronaves. Tais serviços como a remoção da vegetação, drenagem do pavimento, ensaios, inspeções em busca de objetos estranhos e animais são necessários no sentido de impedir que se danifique aeronaves e equipamentos. A funcional tem como objetivo ações que visam manter qualidade e segurança na superfície do pavimento, como por exemplo, o desemborrachamento.

Francisco Heber Lacerda Oliveira (2009) afirma que a tarefa prioritária de uma empresa ou operador do respectivo

¹⁴ Faixa de pista de um aeródromo onde a aeronave pode taxiar de ou para um *hangar*, terminal ou pista.

aeródromo, é ter a ciência de que o gerenciamento efetivo dos pavimentos tem que estar no topo das suas responsabilidades. As práticas relacionadas à conservação e restauração de pavimento são essenciais e contribuem para a melhoria da segurança operacional, pois se trata da parte mais importante da infraestrutura aeroportuária (OLIVEIRA, 2009).

Segundo a Transport Canada (2007) é de responsabilidade do operador do aeródromo enfatizar o monitoramento e avaliação das características da superfície dos pavimentos quanto a sua qualidade para verificação da execução das regras de segurança sendo de importância avaliar as carências, o comportamento para identificar as necessidades e assim ter a previsão da vida útil para realizar planejamentos de restaurações ou novas construções.

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) estabelece requisitos na resolução número 236 de cumprimento compulsório pelos operadores de aeroportos que recebem o transporte aéreo regular, podendo estender para aeródromos civis que não recebem voo regulares. Caso o operador não apresente as devidas medições frequentes, requisitos abaixo do padrão exigido pela agência reguladora ou deixar de apresentar os devidos relatórios

exigidos, o operador do aeródromo estará passivo de receber punições administrativas tendo que permanecer de posse do documento no mínimo 5 anos (BRASIL, 2012).

Outro fator importante para o pavimento que esteja sem a devida manutenção é quando se encontra contaminado. A ICAO recomenda que no momento em que for verificada a presença de água no pavimento, deve ser exposta aos interessados a condição que a pista se encontra, como o *Notice to airmen*¹⁵ (NOTAM) para os pilotos. Com essa ferramenta consta no regulamento aéreo que o piloto deve realizar consultas sobre a atual condição da pista antes de realizar o pouso (RODRIGUES FILHO, 2006)

Atualmente, o pouso em pista contaminada é comum de ser realizado. Uma estatística não agradável é que 75% dos acidentes e incidentes no procedimento de pouso tem como fator contribuinte ventos fortes e pista contaminada, sendo que, não é difícil de encontrar a combinação desses dois fatores em determinadas épocas do ano. Com isso, vem a importância do pavimento estar em dia com a sua manutenção fornecendo maior atrito e aderência às aeronaves, tanto no pouso quanto na decolagem, mantendo a

¹⁵ Documento com a função de informar antecipadamente informações aeronáuticas que faça parte do interesse direto e imediato à segurança.

segurança operacional em dia e com a qualidade necessária para operações em condições adversas. (TAVEIRA, 2011).

A segurança operacional é definida como o estado em que o risco de prejudicar ou danificar alguma propriedade é reduzido, e mantido em ou abaixo de, um nível aceitável, por meio de um processo contínuo de identificação de perigos e gerenciamento de risco. Essa definição reconhece que o risco na atividade não pode ser reduzido a zero, mas sim em um nível aceitável. Assim, para os profissionais de segurança operacional, a verdadeira expressão “segurança operacional” implica medição, avaliação e retroalimentação constante do sistema. A expressão segurança operacional é como um verbo e deve significar ação (STOLZER, 2011, p. 4)

A ANAC por meio da Resolução nº236 explica que em um contexto aeronáutico, segurança operacional é, habitualmente conceituada como a ausência de acidentes nos mesmos. Ainda que a abolição de acidentes aeronáuticos seja desejável, deve-se ter em mente que a segurança absoluta é uma intenção difícil de atingir, isto porque erros e falhas estão propensos a ocorrer, resultando assim em esforços para evitá-los. Porém, é sempre necessário buscar o controle de um processo que possa levar a uma situação

perigosa para assim assegurar que a exposição a um risco qualquer seja a menor possível e, se caso ocorrer o acidente, seus resultados sejam minimizados (BRASIL, 2012).

Segurança operacional trata de uma condição onde o risco ou prejuízo está dentro de um nível aceitável e o operador aeroportuário responsável pela administração deverá mostrar seu compromisso com a mesma através da disponibilização de recursos que se adequem para uma operação segura do aeroporto.

Para James Reason (2000), um acidente é causado por fatores em série e múltiplos que se colaboram, se formando por uma cadeia de eventos que quebram os obstáculos defensivos que atuam como os filtros e tem como objetivo diminuir e proteger-se de possíveis danos operacionais. Para isso é necessário conhecer o tipo inicial de falha que são: falhas ativas e falhas latentes. As ativas são fatos inseguros com efeito imediato relacionado com a linha de frente do sistema na aviação, por exemplo: piloto ou controlador do tráfego. As latentes são elementos que estão no sistema de forma não aparente por muitos anos, até que se manifesta com a combinação de alguma falha ativa onde se cria uma chance de acidente dependendo das defesas existentes.

James Reason (2000) escolheu

como imagem gráfica o queijo suíço para explicar seu modelo que representa o curso do acidente através dos obstáculos defensivos existentes no sistema. No queijo suíço as falhas ativas causam acidentes quando se combinam com algumas falhas nos obstáculos de defesa. As falhas latentes são espaços nos obstáculos de defesa do sistema criando chances e trajetos de um acidente, são esses espaços alinhados nos diversos obstáculos defensivos que constituem um acidente, sendo assim os caminhos de falhas latentes e ativas se juntam.

Explica James Reason (2000) que decisões estratégicas têm competência de acrescentar elementos no sistema e pelas condições e propriedades da falha latente pode ser identificadas e enfraquecidas antes da ocorrência de um acontecimento que esteja fora dos planos.

Quanto à avaliação de qualidade dos pavimentos aeronáuticos, Fernandes (2010) afirma que se envolvem distintas análises indicadoras de desempenhos, sendo que seleções dos indicadores podem variar dependendo das características do aeródromo, sua dimensão, a dimensão do tráfego que ele recebe e as condições climáticas locais. Um dos métodos de avaliação usado em grande parte do mundo se chama *Pavement Condition Index*¹⁶

(PCI) desenvolvido para pavimentos aeronáuticos por um grupo de engenheiros do exército americano, cujo objetivo era obter um índice numérico que fosse possível observar a degradação do pavimento, podendo chegar a uma conclusão sobre as reais condições estruturais e funcionais.

Cristina Isabel Fernandes (2010) elucida que o PCI parte do princípio de valores de 0 a 100, sendo 100 pavimento perfeito em sua melhor condição e 0 em sua pior situação possível. Sendo que o PCI não mede a capacidade estrutural e a resistência que o pavimento oferece à frenagem da aeronave. É uma inspeção visual.

Para a efetivação correta das manutenções em pavimentos aeroportuários existe um sistema colocado em prática e que pode ser o que faltava para uma correta e eficiente manutenção das pistas. O sistema tem como sigla SGPA, que é um Sistema de Gerenciamento de Pavimento Aeroportuário aplicados às manutenções preventivas e corretivas, exatamente nos prazos estabelecidos, se adquire um melhor custo-benefício e prorroga o grande investimento que é a construção de um novo pavimento. As atividades contidas no SGPA aglomeram atividades preventivas que devem ser intensas e contínuas (OLIVEIRA, 2008).

¹⁶ Índice de Condição do Pavimento

Alan Stolzer (2011) apresenta uma definição de gerenciamento que incide no processo em que tarefas são realizadas e completadas eficazmente e eficiente. Sendo algumas funções normalmente unificadas ao gerenciamento que são: planejamento, organização, gestão de colaboradores, coordenação, controle e gestão de orçamento. Em outras palavras: gerenciar é o ato de direcionar e liderar uma organização ou atividade em que há disponibilização e alocação dos recursos, sejam eles financeiros, humanos, materiais ou intelectuais.

Em questão de sistema, Alan Stolzer (2011) explana que vai além de uma soma de duas partes. Um conceito de sistema é que ele corresponde a um conjunto de pessoas, processos, procedimentos e equipamentos integrados onde se desenvolve uma função ou atividade específica em um ambiente.

Para Marcelo de Canossa Macedo (2008) a função central do SGPA é dar apoio aos administradores nas tomadas de decisões sobre qual estratégia econômica será a mais viável para manter os pavimentos aeroportuários em condições de serviço e com a devida segurança que deve ser oferecida. O programa proporciona um meio consistente, objetivo e sistemático em que se define prioridades, programação e alocação de recursos, podendo assim quantificar os custos e gerar recomendações

específicas onde se mantém o pavimento em nível admissível de serviço e segurança.

O gerenciamento dos pavimentos pode ser realizado em dois tipos diferentes, conforme Marcelo de Canossa Macedo (2008), em nível de rede onde se leva em consideração todos os ativos correspondentes à infraestrutura dos pavimentos, e o nível de projeto onde é específico para uma determinada área do pavimento, identificada como uma potencial ou eventual restauração.

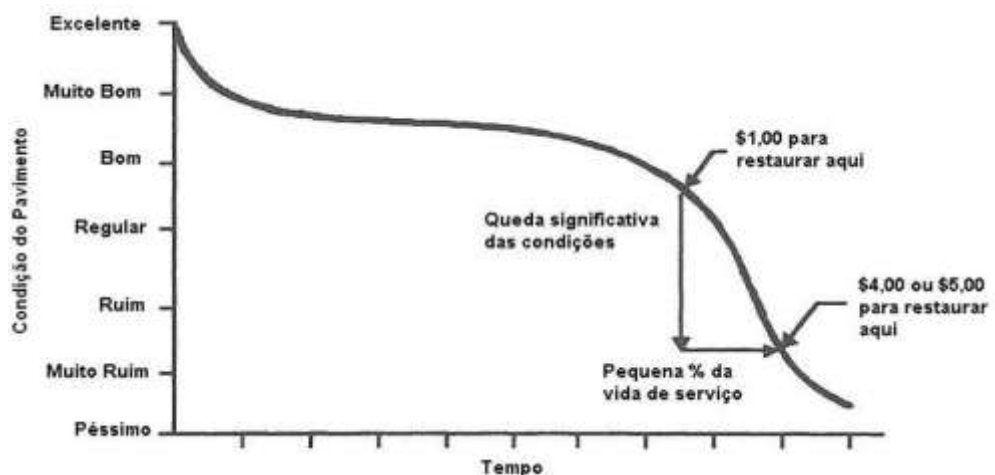
O SGPA pode agrupar-se em duas categorias essenciais: econômica e administrativa. Para o ponto de vista administrativo ele permite ter total conhecimento do estado geral da rede de pavimentos podendo assim planificar e planejar as atividades de reparação e conservação e, deste modo, estabelecer o método de observação mais eficaz, definir as consequências dos diversos níveis de financiamento sobre qual estado se encontra o pavimento para, assim, utilizar uma base que seja objetiva para as decisões políticas. Para a categoria econômica, aceita administrar os recursos necessários, determinando assim o nível de financiamento mais adequado, realizar um plano para o que for melhor em relação aos recursos disponíveis, definir qual a importância do adiantamento dos trabalhos de conservação e utilizar um sistema no qual as prioridades sejam baseadas na

comparação entre custos e benefícios nas variadas alternativas (BRANCO, 2006 apud FERNANDES, 2010).

Para Francisco Heber Lacerda Oliveira (2009) em grande parte das ocorrências, nota-se que os serviços de restauração são realizados com mais frequência à medida que não são aplicados da maneira correta e momento mais apropriado às efetivas ações que geram a conservação ou simplesmente não são realizadas, esta situação resulta em custos desnecessários e exagerados que não poderiam existir, caso fossem aplicadas as devidas práticas de conservação.

Francisco Heber Lacerda Oliveira (2009) enfatiza que durante os 75% de vida

Figura 1: Condições do pavimento em relação ao tempo (SHAHIN, 2005, apud OLIVEIRA, 2008



Fonte: SHAHIN, 2005, apud OLIVEIRA, 2008

Explana Cristina Isabel Fernandes (2010) que um SGPA é essencialmente um sistema de informação, sendo assim, o

útil do pavimento o desempenho é relativamente estável, porém, os 25% restantes a deterioração do pavimento cresce rapidamente. Uma das tarefas do SGPA é de prevenir que essa marca percentual seja ultrapassada para evitar a perda total do pavimento e o acréscimo dos gastos.

A seguir apresenta-se graficamente por meio da figura 2 como ocorre a deterioração de um pavimento com relação ao tempo. Apresenta também o custo relativo de uma restauração em diferentes ocasiões ao longo da vida útil do pavimento.

elemento central é a base de dados, onde nessa parte se encontra todos os dados que diz respeito à infraestrutura do pavimento e

seu estado em um determinado momento. Deste modo é necessário ao implantar o sistema um custo de coleta de dados e inventário dos pavimentos onde possibilita a construção de uma base de informações onde se deve manter atualizada e destinar os devidos gastos para os *hardwares* e *softwares* e a equipe de manutenção e operação do sistema.

Ainda Cristina Isabel Fernandes (2010) completa que quando houver necessidade de manutenção, primeiro se realiza a análise econômica e qual a prioridade da aplicação, sendo assim, é necessário otimização das prioridades de aplicação e logo em seguida a avaliação das estratégias a serem tomadas e aplicação dos recursos destinados a iniciar o programa de conservação do pavimento. Logo após terminar todas as etapas do programa, os dados devem ser incluídos no banco de dados que servirá como referência para futuras manutenções.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa demonstrou que a cerca do gerenciamento da manutenção aeroportuária, o Brasil tem realidades diferentes. Existem aeroportos e aeródromos administrados por estatal, concessionárias e particulares. Percebeu-se que gestão estatal que atende principalmente a voos regulares apresenta melhores resultados quanto ao

gerenciamento aeroportuário, em virtude da rigorosa fiscalização da agência reguladora. Todavia os aeródromos e os aeroportos de pequeno porte ainda são carentes de uma administração eficiente particularmente em função dos poucos recursos destinados a estas instituições.

Ao apresentar as questões relativas ao gerenciamento da manutenção dos pavimentos aeroportuários, validou-se a sua importância para a fluidez das atividades dos aeroportos e sua representatividade à segurança operacional. Torna-se relevante salientar que grande parte dos operadores e administradores aeroportuários adota decisões de serviço de manutenção baseados na necessidade imediata ou experiência própria, não permitindo assim avaliar as condições entre elas, o custo e as prioridades podendo assim gastar mais recursos que o necessário para manter a segurança.

Os diferentes métodos de avaliar a condição do pavimento e de manutenção são de alto custo e demandam tempo para realizá-los. Sendo assim, o pavimento como parte principal de um aeródromo também é a parte essencial de um orçamento em geral, devido o valor que envolve para manutenção e construção. Porém, deve-se também analisar os custos de uma paralisação na operação do aeródromo onde a operadora do aeródromo

deixa de lucrar quando a não utilização da pista.

Após a evolução das aeronaves, o pavimento foi visto como um auxílio que deveria estar em boas condições para ajudar na frenagem das mesmas e evitar a hidroplanagem em dias chuvosos. Foi então que os primeiros pesquisadores viram a necessidade de estudar e através de pesquisas melhorarem as condições do pavimento para auxiliar os pousos e decolagens. Após testes e pesquisas chegaram a alguns números específicos que poderiam padronizar a manutenção e caracterizar como os procedimentos deveriam ser realizados.

Ao avaliar as hipóteses propostas nesta pesquisa a agência reguladora brasileira ANAC estabelece por meio da resolução de nº 236, quando os procedimentos de manutenção devem ser realizados e quais os números específicos das características o pavimento deve oferecer, a fim de fornecer a devida aderência para as aeronaves e atrito, para auxílio na frenagem. Nesse sentido, a infraestrutura é um considerável fator que pode vir a influenciar um acidente aeronáutico.

E sempre que o assunto se trata de segurança operacional a comunidade aeronáutica deve ficar atenta, pois qualquer detalhe pode ser um fator para resultar em um acidente com aviões onde a maioria das

vezes envolvem centenas de vítimas. Para isso esta pesquisa explana e ajuda, mesmo que seja por pequena parcela, a relatar a importância que o pavimento tem para a segurança de voo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Confiabilidade e manutenibilidade. NBR 5264: 1994. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAA_Ak3wAC/nbr5462>. Acesso em: 24 set. 2015.

ANTVIK, Gunnar. History of friction measurements at airports. (1997). Disponível em: <http://www.astequipment.com/files/g1__antvik_history_1.pdf>. Acesso em: 30 maio 2015

ARDÚZ, Julio Ernesto Velasco. Desemborachamento de pista de pouso e decolagem: aeroporto internacional de São Paulo/Guarulhos. In: SEMINÁRIO “OACI – Seminário Internacional”, 2002, Santa Cruz de La Sierra. Anais eletrônicos... INFRAERO, 2002. Disponível em: <<http://www.icao.int/SAM/Documents/2002/APMAPI/Apostila%20Desemborachamento.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS AÉREAS. Pista auxiliar de Belém, não tem condições de operação em chuva, avalia ABERAR. 2014. Disponível em: <<http://www.agenciaabear.com.br/notas-e>

posicionamentos/pista-auxiliar-de-belem-nao-tem-condicoes-para-operacao-avaliar/>. Acesso em: 25 out. 2015.

BALDO, José Tadeu. Pavimentação asfáltica: Materiais, Projeto e Restauração. 1ed. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti; CERRATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. 1ed. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2007.

BOEING. Runway Pavement Surface Type Descriptions. 2014. Disponível em: <http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/faqs/boeing_pavement_surface_types.pdf>. Acesso em: 30 maio 2015

BRASIL. Resolução n°. 236, de 5 de junho de 2012. Estabelece requisitos de aderência para pistas de pouso e decolagem. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder executivo, Brasília, DF, 5 de junho de 2012. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/resolucao/2012/RA2012-0236.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2015.

FERNANDES, Cristina Isabel. Sistemas de Gestão de Pavimentos Aeroportuários: Caracterização e Aplicabilidade. 2010. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFi>

le/395142226863/Tese_CF.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2015.

GLOBO. Avião derrapa em aterrissagem e vai parar fora da pista em Ribeirão Preto, SP. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/brasil/aviao-derrapa-em-aterrissagem-vai-parar-fora-da-pista-em-ribeirao-preto-sp-2844227>>. Acesso em: 25 out. 2015.

GOMES, Ivilen Gonçalves Martins. Medição de atrito e remoção de borracha das pistas do aeroporto internacional de São Paulo/Guarulhos. In: SEMINÁRIO “Seminário ALACPA de pavimentos aeroportuários”, 6., 2009, São Paulo. Anais eletrônicos...São Paulo: INFRAERO, 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/dVI5YF>> Acesso em: 20 mar. 2015.

MACEDO, Marcelo de Canossa. Um sistema de gerência de pavimento e suas aplicações na agência reguladora. In: SIMPÓSIO “ IV SITRAER Simpósio de transporte aéreo”, 2008, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Rio de Janeiro UFRJ-TGL, 2008. Disponível em: <<http://www.tgl.ufrj.br/viisitraer/pdf/553.pdf>>. Acesso em: 8 out. 2015.

OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda. Proposição de estratégias de manutenção de pavimentos aeroportuários baseadas na macrotextura e no atrito: Estudo de caso de aeroporto internacional de Fortaleza. 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) Departamento de Engenharia

de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará.

OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda. Proposição de estratégias de manutenção de pavimentos aeroportuários baseadas na macrotextura e no atrito: Estudo de caso do aeroporto internacional de Fortaleza. In: SIMPÓSIO “IV SITRAER Simpósio de transporte aéreo”, 2008, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Rio de Janeiro: UFRJ-TGL, 2008. Disponível em: <<http://www.tgl.ufrj.br/viisitraer/pdf/367.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

PADE, D. *Pavement Texture and Maintenance*. 2007. Disponível em: <<http://www.airport-in.com>>. Acesso em: 22 mar. 2015.

PETERSON, Dale E. *Pavement Management Practices*. 1987 Disponível em: <<http://trid.trb.org/view.aspx?id=282601>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

REASON, James. *Human Error: Models and management*. 2000. Disponível em: <http://www.safetymed.com.br/arquivo/erro_humano_reason_bmj2000.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2015.

RODRIGUES FILHO, Oswaldo Sansone. Características de aderência de revestimentos asfálticos aeroportuários – Estudo de caso do aeroporto internacional de São Paulo/Congonhas. 2006.

Dissertação (Mestre em Engenharia). – Departamento de Engenharia de Transportes. Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-01122006-142419/pt-br.php>>.

Acesso em: 20 mar. 2015

STOLZER, Alan J; HALFORD, Carl D; GOGLIA, John J. *Sistemas de Gerenciamento da segurança operacional na aviação*. 1ed. São Paulo: DCA-BR, 2011.

TAVEIRA, Nelson de Souza. *Além dos manuais: Uma conversa sobre segurança de voo*. 1 ed. São José dos Campos: Somos, 2011.

TRANSPORT CANADA. *Pavement Design and Management Guide*. 2007. Disponível em: <<http://www.tc.gc.ca>>. Acesso em 19 mar. 2015

YAGER, Thomas J. *Evaluation of Braking performance of a light, twin-engine ariplane on grooved and ungrooved pavements*. 1ed. Washington, D.C: National Aeronautics And Space Administration, 1971.