ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS BASEADAS NA MACROTEXTURA E NO COEFICIENTE DE ATRITO

Francisco Heber Lacerda de Oliveira
Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária
Aeroporto Internacional de Fortaleza

Ernesto Ferreira Nobre Júnior
Universidade Federal do Ceará
Departamento de Engenharia de Transportes

RESUMO
A deterioração gradual dos pavimentos aeroportuários é um dos fatores que podem contribuir para as ocorrências de incidentes e/ou acidentes envolvendo aeronaves. A sua precariedade, ineficiência ou inexistência, sobretudo das pistas de pousos e de decolagens, tornam impraticáveis as operações das aeronaves e de seus equipamentos de apoio em um aeroporto. As práticas de manutenção - conservação e de restauração - desses pavimentos apontam para a necessidade indispensável de estarem inseridas em um Sistema de Gerência de Pavimentos, funcionando como uma ferramenta na gestão da infraestrutura e no processo de tomada de decisões, além de serem implementadas com base em parâmetros funcionais reconhecidos internacionalmente, tais como a macrotextura e o coeficiente de atrito. Estas variáveis são igualmente recomendadas pela Organização da Aviação Civil Internacional e pela Agência Nacional de Aviação Civil. Este artigo objetiva propor estratégias de manutenção de pavimentos aeroportuários baseadas nos parâmetros referenciados anteriormente.

ABSTRACT
The gradual deterioration of airports pavements is one of the factors that can contribute to the occurrence of incidents and/or accidents involving aircrafts. Its precariousness, inefficiency or inexistence, especially the runways, becomes the operations of aircraft impracticables and its support equipment in an airport. The maintenance practices of conservation and restoration point to the essential need to be included in a Pavement Management System, as a primary tool in the management of infrastructure and the decision-making process and are implemented on the basis of internationally recognized functional parameters, such as macrotexture and the coefficient of friction. The International Civil Aviation Organization and the Civil Aviation National Agency also recommend these variables. This paper aims to propose strategies for maintenance of airports pavements based on the parameters mentioned above.

1 INTRODUÇÃO

Todos os pavimentos necessitam de atividades regulares de manutenção, haja vista sua deterioração gradual ao longo do tempo. Essa deterioração, se não reparada em um momento oportuno e de forma adequada, ocasiona sérios prejuízos à gestão e operação de um aeroporto, podendo, inclusive, contribuir para a ocorrência dos incidentes e/ou acidentes com aeronaves.

De acordo com a Organização da Aviação Civil Internacional (*International Civil Aviation Organization* – ICAO) é necessário aplicar alguma forma de tratamento às superfícies dos pavimentos aeroportuários de maneira a proporcionar adequadas características de atrito, como meio de minimizar a aquaplanagem. Tal recomendação deve-se ao fato de que os indesejáveis eventos de aquaplanagem são ocasionados por deficiências nas características funcionais dos pavimentos (ICAO, 2002).

É preciso, portanto, aliar algumas das técnicas de manutenção existentes, com os parâmetros funcionais mais utilizados nas avaliações das condições de superfícies dos pavimentos aeroportuários – a macrotextura e o coeficiente de atrito, com o objetivo de proporcionar maior durabilidade, operacionalidade e segurança às pistas de pousos e de decolagens.

O Departamento de Transportes do Canadá (*Transport Canada*, 2007) esclarece que nos aeroportos canadenses os pavimentos representam uma porção substancial do investimento total feito na infraestrutura aeroportuária. Dependendo do tamanho do aeroporto, cerca de 40% a 50% dos custos são devidos exclusivamente aos pavimentos.

A manutenção dos pavimentos, de acordo com Oliveira e Nobre Júnior (2008), deve ser tarefa prioritária de toda administração aeroportuária que precisa se conscientizar que o gerenciamento dos pavimentos deve ser a sua maior responsabilidade. Isso porque essas relevantes infraestruturas representam uma grande parcela dos recursos materiais, e principalmente financeiros, alocados ao longo de sua vida útil.

Assim, a efetiva aplicação de uma determinada técnica ou estratégia de manutenção oferece uma resposta positiva dos pavimentos aeroportuários quanto à ocorrência de aquaplanagem, atendendo, assim, ao principal requisito operacional destacado pela ICAO (2002): a resistência à derrapagem.

2 OBJETIVO

Este artigo objetiva propor estratégias de manutenção baseadas nos parâmetros de macrotextura e de coeficiente de atrito destinadas a pavimentos asfálticos aeroportuários.

3 A MACROTEXTURA E O COEFICIENTE DE ATRITO

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

Enquanto a microtextura diz respeito ao agregado individualmente, a macrotextura, segundo Bernucci *et al*. (2007), é a textura associada à rugosidade do conjunto mástique asfáltico e agregados e representada pela altura média, em mm, do relevo da superfície. Além disso, a macrotextura é o principal responsável pela drenagem ativa de água da superfície dos pavimentos aeroportuários. Por isso existe a preocupação com relação à impregnação de borracha, conforme demonstra Oliveira (2008), já que esse contaminante pode preencher as ranhuras e não permitir o adequado escoamento da água, favorecendo a aquaplanagem.

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

Para Kazda e Caves (2000), a macrotextura é importante para as altas velocidades desenvolvidas pelas aeronaves. Nos pavimentos rodoviários, a macrotextura encontrada é fechada, enquanto que nos pavimentos aeroportuários é aberta. Isso ocorre em virtude da diferença de características de drenagem entre os pneus dos veículos e das aeronaves.

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

Quanto à obtenção dos valores de macrotextura, a ICAO (2002), recomenda algumas metodologias: método da mancha de areia, da mancha de graxa, da régua de copiar perfis, do molde, do papel carbono, estereofotográfico, medição direta no pavimento e corrente de água. Dentre essas técnicas, as mais utilizadas pelas administrações aeroportuárias brasileiras, são o método da mancha de areia e o método da mancha de graxa.

Para os pavimentos aeroportuários, a recomendação da Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC (DAC, 2001) é de que a profundidade média da macrotextura para pavimentos flexíveis convencionais, quando obtida através do método da mancha de areia, não seja inferior a 0,50 mm, ou outro valor especificado em plano especial de manutenção. No caso de pavimentos flexíveis novos, de acordo com DAC (2001) e ICAO (2002 e 2004), a macrotextura deve ser de, no mínimo, 1,00 mm.

Ainda de acordo com as recomendações da ICAO (2002), o valor de macrotextura menor ou igual a 0,40 mm, caracteriza um nível de manutenção imediata, devido à possibilidade de existir um elevado risco de aquaplanagem dinâmica quando da presença de água.

Quanto às características de atrito dos pavimentos aeroportuários, especialmente nas pistas de pousos e de decolagens, sabe-se que estas podem afetar sobremaneira a segurança das operações das aeronaves. Dependendo das condições encontradas nesses pavimentos, uma condição de atrito deficiente pode gerar acidentes com inúmeras vítimas fatais.

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

O atrito é caracterizado pelo seu coeficiente e definido como a relação entre a força tangencial necessária para manter um movimento relativo uniforme entre as duas superfícies em contato (os pneus da aeronave e a superfície do pavimento) e a força perpendicular que as mantêm em contato (peso distribuído do avião sobre a área dos pneus do avião).

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

O coeficiente de atrito, na opinião de Fonseca (1990), é o resultado da ação combinada da microtextura e da macrotextura. Para Kazda e Caves (2000), o efeito da microtextura e da macrotextura sobre o coeficiente de atrito das pistas aeroportuárias depende da velocidade das aeronaves e das características de drenagem dos pavimentos.

As características de atrito das pistas de pousos e de decolagens mudam com o tempo e em virtude de outras questões como o tipo e frequência das aeronaves, condições climáticas e ambientais, presença de contaminantes, especialmente a borracha proveniente das aeronaves (Oliveira, 2008). É preciso, então, provê-las adequadamente de forma que se garantam as condições mínimas de segurança operacional às aeronaves, evitando os acidentes.

No Brasil, a DAC (2001) recomenda que os aeródromos brasileiros devam possuir pistas de pousos e de decolagens mantidas de forma a atender aos requisitos de textura superficial e de atrito, quando operarem em pistas molhadas.

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

A ANAC (2009) determina ainda a observância dos parâmetros quanto aos testes para calibração e de monitoramento do coeficiente de atrito com vistas à abertura, reabertura e manutenção do tráfego de aeronaves, apresentando valores de coeficiente de atrito mínimo, de acordo com o tipo de equipamento utilizado.

As administrações aeroportuárias brasileiras têm usado, com maior frequência, os equipamentos *Mu-Meter*, *Skiddometer* e *Trailer* nas suas medições. Tais equipamentos foram considerados nas proposições deste artigo.

4 DEFINIÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO

Para efeito deste artigo, as estratégias de manutenção foram definidas em dois níveis distintos e complementares: geral e específica.

A classificação das estratégias de manutenção do tipo geral foram baseadas nas considerações de Balbo (1997), Rodrigues (1999), DNIT (2006) e Bernucci *et al.* (2007), dentre outros autores, em duas atividades: conservação e restauração.

As atividades de conservação, segundo o DNIT (2006), destinam-se à preservação das condições do pavimento desde quando originalmente construído ou no estado em que foi restaurado, podendo ser dividida em rotineira e periódica. Para Rodrigues (1999), a conservação pode ser dividida em três categorias: além da rotineira, que não interfere diretamente no pavimento, existe a conservação leve, quando executada em pequenas áreas, e a conservação pesada, realizada em aplicações contínuas de camadas de pequena espessura.

Neste artigo, não foram adotadas as divisões apresentadas no parágrafo anterior para o conceito de conservação, significando esse a manutenção das condições dos pavimentos de forma a prolongar a sua vida de serviço e causando menor impacto a operacionalidade normal do aeroporto.

A restauração, por sua vez, possui o mesmo propósito apresentado pela conservação quanto à extensão da vida de serviço, redução da degradação e melhoria da qualidade de rolagem do pavimento. Contudo, os custos para sua execução são bem maiores se comparados aos da conservação, assim como as interferências de ordem operacional no aeroporto.

Para Bernucci *et al.* (2007) a restauração é um conjunto de operações destinadas a restabelecer na íntegra ou em parte as características originais de um pavimento. Esse restabelecimento, segundo Rodrigues (1999), deve atender os requisitos mínimos e levar a um retorno máximo do investimento realizado, dentro das restrições operacionais e técnicas.

Na maioria dos casos, verifica-se que os serviços de restauração tornam-se mais frequentes à medida que não se aplicam, no momento apropriado, efetivas ações de conservação ou quando inexiste sua prática. Tal situação proporciona custos desnecessários e excessivos que poderiam ser reduzidos com práticas regulares de conservação (Oliveira, 2009).

Quanto às estratégias de manutenção específicas, neste artigo foram apresentadas sempre associadas a uma das estratégias de manutenção geral – a conservação ou a restauração.

A Tabela 1 apresenta um resumo das estratégias de manutenção com seus respectivos serviços, como forma de facilitar o entendimento da definição dessas estratégias e sua posterior proposição. Ressalte-se que tais estratégias são apresentadas com um código alfabético, no caso das estratégias de manutenção geral corresponde à letra inicial da atividade, e numérico sequencial para as estratégias de manutenção específica.

Tabela 1: Resumo das estratégias de manutenção

Geral	Específica
Conservação – C	1. Inspeção Visual Semanal
	2. Inspeção Visual Quinzenal
	3. Inspeção Visual Mensal
	4. Ensaio de Macro-Textura – Extraordinário
	5. Ensaio de Coeficiente de Atrito – Extraordinário
Restauração – R	6. Lama Asfáltica
	7. Tratamento Superficial – Simples, Duplos ou Triplos
	8. Microrevestimento Asfáltico – à Frio ou à Quente
	9. Camada Porosa de Atrito – CPA
	10. Matriz Pétrea Asfáltica – SMA
	11. *Grooving*
	12. Remoção do Contaminante
	13. Reconstrução do Revestimento

5 PROPOSIÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO

Uma vez que as estratégias de manutenção foram definidas e se tem conhecimento dos parâmetros funcionais de textura superficial, com destaque para a macrotextura, e de coeficiente de atrito é necessário propor as estratégias de conservação e de restauração, como forma de se atingir o objetivo desta pesquisa.

Argue (2005) afirma que, cerca de 10% a 20% dos pavimentos aeroportuários, eventualmente, necessitam de serviços de manutenção, pois a deterioração da qualidade de rolamento chega a um nível inaceitável para seus usuários.

Convém lembrar, entretanto, que para a proposição das estratégias de manutenção os valores de referência utilizados para a macrotextura e o coeficiente de atrito foram aqueles para os quais se tem uma efetiva segurança contra a aquaplanagem, conforme se apresenta a seguir.

Para a macrotextura, o valor recomendado por DAC (2001) e ICAO (2002) não deve ser inferior a uma profundidade média da mancha de areia de 0,50 mm, quando se tratar de pavimentos em operação. Essa é a condição ideal de macrotextura para um pavimento aeroportuário, especialmente quando se trabalha com pistas de pousos e de decolagens. Isso porque uma macrotextura cuja profundidade média da mancha de areia é superior a 0,80 mm, proporciona no início das operações uma condição de intenso desgaste dos pneus das aeronaves. Isso faz com que haja um maior acúmulo de borracha na sua superfície à medida que ocorrem os movimentos das aeronaves nesse pavimento (Oliveira, 2008).

Por outro lado, uma macrotextura para a qual se tem uma profundidade média da mancha de areia inferior a 0,40 mm, oferece inadequada condição de segurança às operações das aeronaves, uma vez que não se pode garantir uma eficiente ação contra a aquaplanagem. Neste caso, recomendações da ICAO (2002) indicam que serviços imediatos de manutenção corretiva devam ser realizados no pavimento.

Através da Figura 1 ilustra-se graficamente a classificação da macrotextura, com base nas informações repassadas nos parágrafos anteriores.

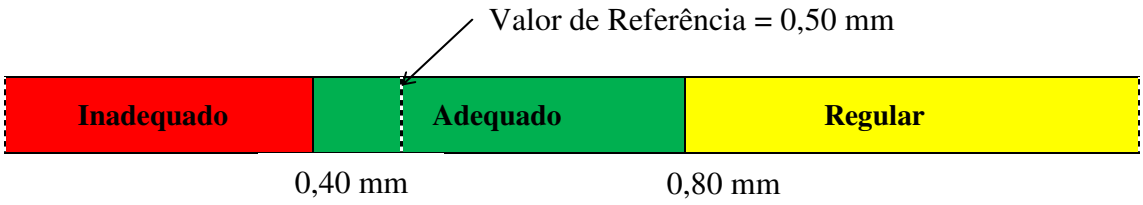


Figura 1: Condições da Macrotextura.

No que diz respeito ao coeficiente de atrito, sabe-se que o seu valor modifica-se de acordo com o equipamento utilizado para a medição e a respectiva pressão dos pneus desses equipamentos. Dessa forma, o valor de referência adotado neste artigo foi de 0,50, e não de 0,52, segundo ICAO (2004) e ANAC (2009), desde que o equipamento seja o *Mu-Meter*.

Segundo DAC (2001), o valor mínimo admissível para qualquer segmento do pavimento com mais de 100 metros, não poderá ser menor que o nível planejado para a manutenção. Nesta pesquisa, em decorrência da proposição das estratégias de manutenção foi adotado o valor mínimo de 0,40 e não 0,42, conforme definido por ICAO (2004) e ANAC (2009), quando se utilizar o equipamento *Mu-Meter*.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, pode-se adequar o valor do coeficiente de atrito para pavimentos aeroportuários com uma nova superfície. Assim, o novo valor foi de 0,70 e não mais de 0,72, segundo ICAO (2004) e ANAC (2009).

Nesta pesquisa julga-se que uma redução de 0,02 quando se comparam os valores de coeficiente de atrito estabelecidos pela ANAC (DAC, 2001) e pela ICAO (2004), obtido através do *Mu-Meter*, não é suficiente para limitar ou mesmo restringir a capacidade operacional e de segurança dos pavimentos aeroportuários contra as ações de aquaplanagem.

Deste modo, uma tabela dos valores de coeficientes de atrito, a partir das considerações apresentadas anteriormente pode ser ajustada para a proposição das estratégias de manutenção desta pesquisa a partir dos equipamentos mais utilizados pelas administrações aeroportuárias brasileiras, conforme se apresenta na Tabela 2.

Tabela 2: Valores de coeficientes de atrito.

Equipamento de Medição	Pressão dos Pneus (kpa)	Coeficiente de Atrito		
		Novas Superfícies	Nível de Planejamento	Nível de Atrito Mínimo de Manutenção
Mu-Meter	70	0,70	0,50	0,40
Skiddometer	210	0,82	0,60	0,50
Trailer	210	0,82	0,60	0,50

Neste trabalho julga-se que uma redução de 0,02 quando se comparam os valores de coeficiente de atrito estabelecidos pela ICAO (2004) e ANAC (2009), quando obtido através do equipamento *Mu-Meter*, não é suficiente para restringir ou excluir a capacidade operacional e de segurança dos pavimentos aeroportuários contra as ações de aquaplanagem.

Dois esquemas gráficos semelhantes ao elaborado para a macrotextura é apresentado através das Figuras 2 e 3 para cada tipo de equipamento utilizado na obtenção do coeficiente de atrito.

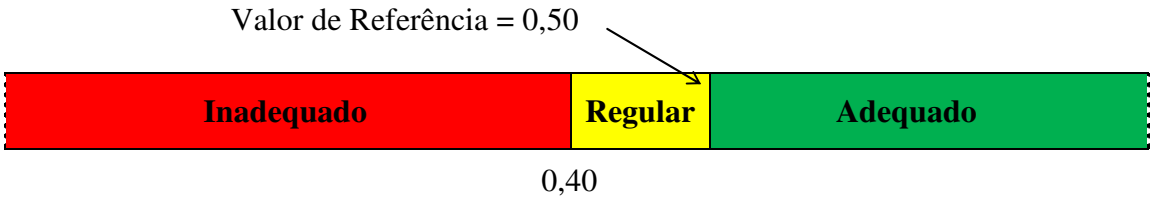


Figura 2: Condições do Coeficiente de Atrito - Equipamento *Mu-Meter*.

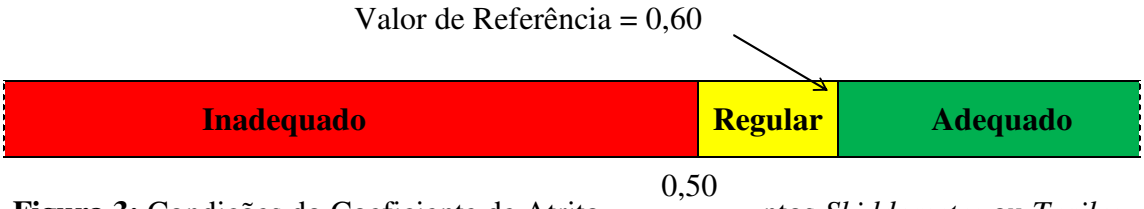


Figura 3: Condições do Coeficiente de Atrito – Equipamentos *Skiddometer* ou *Trailer*.

As estratégias aqui propostas objetivam auxiliar o tomador de decisão na escolha da melhor alternativa de manutenção quando as condições de superfícies dos pavimentos aeroportuários estiverem nas situações adequada, regular e inadequada, baseadas nos esquemas gráficos de classificação apresentados para a macrotextura e o coeficiente de atrito.

Nessa linha de raciocínio, quando se tem um pavimento em condição funcional com macrotextura e coeficiente de atrito adequados, no qual os parâmetros de segurança operacional são atendidos de forma satisfatória, apenas as atividades de conservação são necessárias.

A condição funcional adequada, como o próprio nome sugere, é a ideal e pretendida para todos os pavimentos, sejam aeroportuários ou rodoviários. Nessa categoria, os custos de manutenção são relativamente baixos, vindo a aumentar à medida que se verifica uma queda dessa condição. Essa queda é evidenciada, sobretudo, pela análise dos valores de macrotextura e de coeficiente de atrito.

O estado regular é aquele em que os pavimentos apresentam uma condição mediana de operação. Problemas de pequeno ou médio porte na textura superficial e/ou no coeficiente de atrito podem estar presentes e prejudicar o desempenho funcional do pavimento, que se não reparados no momento oportuno, tendem a se tornar severos o suficiente de modo a inviabilizar sua utilização.

Dependendo da situação da cada parâmetro – macrotextura e coeficiente de atrito – técnicas de conservação não são mais tão efetivas, fazendo com que o pavimento somente consiga atingir uma condição adequada após a execução de algum processo mais intenso de restauração e até mesmo a execução da reconstrução do revestimento. Por sua vez, um pavimento numa condição inadequada não oferece um estado de segurança apropriado às operações das aeronaves, haja vista que o risco de derrapagens, quando da presença de água na superfície, é bem superior se comparado às condições adequada e regular.

Neste caso, as estratégias de conservação não devem ser aplicadas inicialmente, uma vez que tal procedimento certamente não implicará no efeito desejado. Recomenda-se que alguma técnica de restauração seja executada como forma de tornar o pavimento mais seguro e livre de qualquer perigo iminente e assim elevar o pavimento a uma condição adequada. A conservação poderá ser aplicada como etapa posterior do processo de manutenção preventiva.

As estratégias de manutenção desta pesquisa foram propostas mediante a combinação de valores e de características de macrotextura e de coeficiente de atrito, prevalecendo a condição mais desfavorável para o pavimento. Pode-se afirmar que, dificilmente, esses parâmetros apresentam condições completamente divergentes um do outro. Isso significa que um pavimento com uma macrotextura adequada certamente não possuirá um coeficiente de atrito inadequado e vice-versa.

É importante ainda ressaltar que as especificações de ordem técnica que envolvem as estratégias de manutenção específicas aqui sugeridas devem obedecer as recomendações estabelecidas por cada administração aeroportuária através de suas normas, regulamentos, manuais de procedimentos, dentre outros. Estas, por sua vez, precisam seguir as diretrizes e orientações, caso existam, da ANAC e da ICAO.

Com relação à frequência de realização das inspeções visuais previstas para as estratégias de manutenção geral – conservação, vale destacar que esta dependerá do número pousos diários. Este artigo propõe o apresentado na Tabela 3, baseada nas considerações da ANAC (2009).

Tabela 3: Frequência de realização das inspeções visuais.

Pousos Diários	Inspeções Visuais
Menos de 30	Mensal
De 31 a 150	Quinzenal
Mais de 150	Semanal

A análise para a proposição das estratégias compreenderá as cinco categorias de macrotextura, com base nos valores da profundidade média da mancha de areia e suas respectivas condições funcionais. Uma divisão dessas informações é apresentada através da Tabela 4.

Tabela 4: Macrotextura a partir das condições funcionais.

Condição Funcional	Categoria da Macrotextura	Profundidade Média da Mancha de Areia – T
Inadequada	Muito Fechada	T < 0,20 mm
	Fechada	0,20 mm < T < 0,40 mm
Adequada	Média	0,40 mm < T < 0,80 mm
Regular	Aberta	0,80 mm < T < 1,20 mm
	Muito aberta	T > 1,20 mm

As condições apresentadas na Tabela 4 foram associadas às categorias e aos valores do coeficiente de atrito e suas respectivas condições funcionais, conforme mostradas na Tabela 5.

Tabela 5: Coeficiente de atrito a partir das condições funcionais.

Condição Funcional	Coeficiente de Atrito - μ	Equipamento
Inadequada	μ < 0,40	*Mu-Muter*
	μ < 0,50	*Skiddometer/Trailer*
Regular	0,40 < μ < 0,50	*Mu-Muter*
	0,50 < μ < 0,60	*Skiddometer/Trailer*
Adequada	μ > 0,50	*Mu-Muter*
	μ > 0,60	*Skiddometer/Trailer*

As propostas de manutenção destinadas aos pavimentos aeroportuários apresentadas a seguir servem de subsídio para que os tomadores de decisões das administrações aeroportuárias promovam ações de restauração e de conservação, tendo o maior retorno possível para o aeroporto. Esse retorno deve ser traduzido pela comprovada redução e, sobretudo, eliminação dos acidentes e/ou incidentes envolvendo derrapagens de aeronaves naquelas pistas.

É importante ainda ressaltar que cada administração aeroportuária é inteiramente autônoma no que diz respeito à escolha das estratégias aqui sugeridas. Não é finalidade deste artigo impor a escolha integral de uma determinada estratégia sugerida, até mesmo porque a decisão deve partir de uma série de fatores e circunstâncias específicas de cada aeroporto.

Independente da proposta escolhida deve ser realizado um planejamento adequado por parte do corpo técnico da administração aeroportuária, que devem ser precedidas de avaliações das deficiências existentes nos pavimentos, indicando os pontos críticos para restauração imediata, bem como estabelecendo as prioridades e as alternativas de projeto, dentro de uma programação compatível com os recursos operacionais e orçamentários disponibilizados

A Tabela 6 apresenta as estratégias de manutenção geral e específica baseadas nas cinco categorias de macrotextura associadas às três condições de coeficiente de atrito. Para cada estratégia de manutenção específica é apresentado, na última coluna, um código alfanumérico, fundamentado nas definições iniciais da Tabela 1.

Tabela 6: Estratégias de manutenção baseadas na macrotextura e no coeficiente de atrito.

Macrotextura	Coeficiente de Atrito	Estratégia de Manutenção Geral	Estratégia de Manutenção Específica	Código
Muito Fechada (Inadequada)	Inadequado	Restauração - R -	1ª Fase: 6. Lama Asfáltica 9. CPA 11. *Grooving* 13. Reconstrução do Revestimento	R/6 R/9 R/11 R/13
	Regular			
	Adequado	Conservação - C -	2ª Fase: Inspeções Visuais Ensaios Extras	C/1 C/2 C/3 C/4 C/5
Fechada (Inadequada)	Inadequado	Restauração - R -	1ª Fase: 12. Remoção do Contaminante	R/12
	Regular Adequado	Conservação - C -	2ª Fase: Ensaios Extras Inspeções Visuais	C/4 C/5 C/1 C/2 C/3
Média (Adequada)	Inadequado Regular	Restauração - R -	1ª Fase: 10. SMA	R/10
		Conservação - C -	2ª Fase: Inspeções Visuais Ensaios Extras	C/1 C/2 C/3 C/4 C/5
	Adequado	Conservação - C -	1ª Fase: Inspeções Visuais	C/1 C/2
			2ª Fase: Ensaios Extras	C/3 C/4 C/5
Aberta (Regular)	Inadequado	Restauração - R -	1ª Fase: 7. Tratamento Superficial	R/7
	Regular Adequado	Conservação - C -	2ª Fase: Inspeções Visuais Ensaios Extras	C/1 C/2 C/3 C/4 C/5
Muito Aberta (Regular)	Inadequado	Restauração - R -	1ª Fase: 8. Microrevestimento Asfáltico	R/8
	Regular Adequado	Conservação - C -	2ª Fase: Inspeções Visuais Ensaios Extras	C/1 C/2 C/3 C/4 C/5

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em face da importância que os pavimentos representam para a operacionalidade de um complexo aeroportuário é importante destacar que as estratégias de manutenção propostas ao longo desta pesquisa podem ser utilizadas como uma ferramenta de gestão da manutenção dos pavimentos aeroportuários e no processo de tomada de decisões.

Espera-se que as estratégias de manutenção – conservação e restauração, quando aplicadas corretamente, proporcionem uma adequada condição funcional para o pavimento, com índices satisfatórios e seguros de macrotextura e de coeficiente de atrito. Isso com o objetivo de

garantir a qualidade da superfície dos pavimentos aeroportuários, com a consequente redução do número de acidentes e/ou incidentes envolvendo aeronaves.

Além disso, nesta pesquisa analisou-se a macrotextura e o coeficiente de atrito, dois parâmetros recomendados pela ICAO para se definir as suas condições funcionais. Esses parâmetros os quais são utilizados de forma isolada nos pavimentos aeroportuários foram, nesta pesquisa, tratados de forma conjunta e associados a procedimentos de manutenção existentes, permitindo um avanço do conhecimento na utilização daqueles parâmetros.

A associação entre os parâmetros macrotextura e coeficiente de atrito aos procedimentos de manutenção, permitiu o desenvolvimento das estratégias de manutenção propostas, contribuindo, dessa forma, para a prática da determinação das condições funcionais dos pavimentos no campo da engenharia de infraestrutura aeroportuária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAC (2009) *Resolução Nº 88, de 11 de maio de 2009*. Agência Nacional de Aviação Civil. Disponível em <http://www.anac.gov.br>. Acessado em 21/05/2009.

Argue, G. H. (2005) *Canadian Airfield Pavement. Engineering Reference*. Ottawa, Canada.

Balbo, J. T. (1997) *Pavimentos Asfálticos – Patologia e Manutenção*. Ed. Plêiade. São Paulo.

Bernucci, L. B., Mota, L. M. G., Cerati, J. A. P. e Soares, J. B. (2007) *Pavimentação Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros*. Petrobras. Abeda. Rio de Janeiro, RJ.

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

DNIT (2006) *Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos*. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, RJ.

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

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.

ICAO (2004) *Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation. Aerodrome Design and Operations. Volume I*. 4th Edition. International Civil Aviation Organization. Canada.

Kazda, A. e Caves, R. E. (2000) *Airport Design and Operation*. Ed. Pergamon. New York.

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

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, 178 pág.

Oliveira, F. H. L. e Nobre Júnior, E. F. (2008) *Proposição de um Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários Baseados na Macrotextura e no Atrito: Estudo de Caso do Aeroporto Internacional de Fortaleza.* In: XXII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET. Novembro 2008. Fortaleza/CE.

Rodrigues, R. M. (1999) *Gerência de Pavimentos.* Notas de aula – Parte II. Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Centro Aeroespacial. São José dos Campos/SP.

Transport Canada (2007) *Pavement Design and Management Guide*. Government of Canada. Disponível em <http://www.tc.gc.ca>. Acesso em 15/01/2008.

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

Francisco Heber Lacerda de Oliveira (holiveira.cnrf@infraero.gov.br)
Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária. Aeroporto Internacional de Fortaleza
Av. Sen. Carlos Jereissati, 3000 – Serrinha. Cep: 60741-900. Fortaleza, CE, Brasil.
Ernesto Ferreira Nobre Júnior (nobre@ufc.br)
Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia de Transportes
Bloco 703 - Campus do Pici S/N. Cep: 60455-760. Fortaleza, CE, Brasil.