



Manual sobre condição funcional: atrito, textura, irregularidade e limpeza

Preâmbulo

Portugal como país membro da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), desde 1947 (aprovação da Convenção sobre a Aviação Civil Internacional pelo Decreto-Lei n.º 36158, de 17 de fevereiro de 1947), assumiu o compromisso do respeito no disposto nos Anexos a esta Convenção e demais documentação complementar elaborada por esta organização. Relativamente às infraestruturas aeronáuticas o anexo mais relevante é o 14 (volumes 1 e 2, referentes a aeródromos e a heliportos respetivamente); quanto a demais documentação destacam-se os DOC 9137 *Airport Service Manual - Part 2 – Pavement Surface Conditions* e DOC 9157 *Aerodrome Design Manual - Part 3 – Pavements*.

Na inexistência de legislação nacional que determine esse caráter de obrigatoriedade, e regime sancionatório nos casos de incumprimento, surgiu no ano de 2007 o Decreto-Lei n.º 186/2007, de 10 de maio, que obriga ao cumprimento das normas dispostas no Anexo 14 à Convenção de Chicago. O Decreto-Lei n.º 186/2007, de 10 de maio, com a nova redação dada pelo Decreto-Lei n.º 55/2010, de 31 de maio, regulamenta a certificação de aeródromos, determinando que devem ser respeitados os requisitos obrigatórios do Anexo 14 à Convenção de Chicago. Quanto aos requisitos opcionais remete para o definido em regulamentação complementar.

É neste enquadramento que surge o presente manual, que visa garantir a condição funcional dos pavimentos aeronáuticos através da definição dos procedimentos aceites pelo INAC, I.P. para a determinação e publicação, em sede de informação aeronáutica, relativamente aos seguintes parâmetros fundamentais: coeficiente de atrito; textura; irregularidade e limpeza.

Antecedentes

Relativamente à manutenção dos pavimentos aeronáuticos, o Anexo 14 estabelece obrigações e recomendações. O capítulo 10 do Anexo 14 (Manutenção do aeródromo) recomenda a realização de um programa de manutenção destinado à manutenção da condição das infraestruturas de forma a preservar a segurança operacional, a regularidade e a eficiência das operações e que, caso apropriado, inclua a manutenção preventiva, conforme definido em 10.1 do supracitado anexo.



O Anexo 14 estabelece que todos os pavimentos da área de movimento (pistas, caminhos de circulação e placas) devem ser inspecionados, com uma frequência tal, que permita que sejam evitados e eliminados os *debris* (especificação 10.2.1). Também obriga a que a superfície da pista seja mantida de forma a prevenir a manifestação de irregularidades nocivas à operação (10.2.2) e à obrigatoriedade de medição periódica das características de atrito da superfície da pista (10.2.3) e adoção de medidas corretivas caso os valores de atrito estejam abaixo dos valores mínimos estabelecidos pela autoridade aeronáutica (10.2.4). O mesmo ponto contém ainda diversas recomendações sobre o atrito e a limpeza dos pavimentos.

Atendendo à ausência de definição, até há presente data, de valores de referência (mínimo de manutenção e de projeto) relativos ao coeficiente de atrito, para garantia da segurança operacional, o que os operadores têm vindo a desenvolver são campanhas de avaliação do coeficiente atrito com base em critérios próprios (quer para calendarização, quer para a realização dos ensaios), recorrendo a diferentes equipamentos e à posterior publicação de um valor de coeficiente de atrito em sede de informação aeronáutica., os quais têm por base o recomendado pelo Anexo 14 à Convenção de Chicago, ainda que sujeitos a diferenças de interpretação. Relativamente à limpeza, os operadores também têm critérios particulares, principalmente para a deteção e remoção de resíduos da pista durante as inspeções que realizam à área de movimento. Quanto aos parâmetros da textura e da irregularidade pouco tem sido desenvolvido.

CAPÍTULO I

Disposições gerais

1 - Definições

Para efeitos do presente manual, considera-se:

- a) «ACN» *Aircraft Classification Number*, número de classificação da aeronave, valor numérico que exprime o efeito relativo de uma aeronave, em função do seu peso, numa estrutura de pavimento, para uma determinada classe de fundação;
- b) «Aeródromo» área definida em terra ou na água, incluindo edifícios, instalações e equipamentos, destinada a ser usada no todo ou em parte para a chegada, partida e movimento de aeronaves;



- c) «Aeronave» qualquer máquina que consiga uma sustentação na atmosfera devido às reações do ar que não as do ar sobre a superfície terrestre;
- d) «Auditoria» análise independente de um sistema, de um produto ou de um processo determinado, mediante o qual se determina se os procedimentos são adequados e corretamente aplicados e os requisitos cumpridos, com a finalidade de promover a sua autocorreção;
- e) «NOTAM», aviso distribuído por meio de telecomunicações que contém informações sobre a localização, a condição ou a alteração de qualquer instalação aeronáutica, serviço, procedimento ou perigo, cujo conhecimento atempado é essencial para o pessoal encarregado das operações de voo;
- f) «Circular de Informação Aeronáutica», aviso que contém informação não qualificada para a emissão de um NOTAM ou para inclusão na AIP, mas relacionada com a segurança de voo, a navegação aérea ou assuntos de caráter técnico, administrativo ou legislativo;
- g) «Distância de descolagem» distância horizontal requerida entre o início da corrida de descolagem e o ponto em que a aeronave atinge uma altura de 35 pés (10 metros) acima do nível da pista;
- h) «Helicóptero» aeronave mais pesada que o ar, cuja sustentação em voo se obtém devido a reações aerodinâmicas sobre um ou mais rotores que giram impulsados por motor em torno de eixos aproximadamente verticais;
- i) «Inspeção» processo de verificação com vista a examinar, testar, aferir ou por qualquer outra forma comparar um objeto ou processo com os requisitos legais ou regulamentares que lhe sejam aplicáveis;
- j) «Metodologia ACN-PCN» sistema de reporte que estabelece que um pavimento com determinado PCN pode suportar, sem restrições, a operação de uma aeronave cujo ACN seja igual ou inferior ao PCN do pavimento.
- k) «Não-conformidade» qualquer desvio das características de um produto ou de um processo relativamente aos requisitos fixados;
- l) «PCN» *Pavement Classification Number*, número de classificação do pavimento, valor numérico que exprime a capacidade de carga de um pavimento, para um número ilimitado de operações;
- m) «Pista» a área retangular definida num aeródromo terrestre preparada para aterragem e descolagem de aeronaves;



n) «Visibilidade» a capacidade, determinada pelas condições atmosféricas e expressa em unidades de distância, de ver e identificar de dia objetos proeminentes não iluminados, e de noite, objetos proeminentes iluminados;



2 - Abreviaturas

Para efeitos do presente manual, entende-se por:

- a) «AASHO» *American Association of State Highway Officials*;
- b) «ABS» *Antilock Braking System*;
- c) «AIP» *Aeronautical Information Publication*;
- d) «ACN» número de classificação da aeronave;
- e) «CAP» *Civil Aviation Publication*;
- f) «CIA» Circular de Informação Aeronáutica;
- g) «CP40» *Coefficient de Planéité 40*;
- h) «ICAO» Organização de Aviação Civil Internacional;
- i) «IFR» regras de voo por instrumentos;
- j) «IMC» condições meteorológicas de voo por instrumentos;
- k) «INAC, I.P., I.P.» Instituto Nacional de Aviação Civil, I.P.;
- l) «IRI» *International Roughness Index*;
- m) «MTD» *Mean Texture Depth*;
- n) «MVFR» *Manual Visual Flight Rules*;
- o) «NOTAM» *Notice to Airmen*;
- p) «NMAN» Nível de Manutenção;
- q) «NMIN» Nível Mínimo;
- r) «NPROJ» Nível de Projeto;
- s) «PSR» *Present Serviceability Rating*;
- t) «PTV» *Pendulum Test Value*;
- u) «SPQ» Sistema Português da Qualidade;
- v) «VFR» regras de voo visual;
- w) «VMC» condições meteorológicas de voo visual.

3 - Objeto

O presente documento destina-se a promover uma orientação para realização de avaliações funcionais das pistas, ao nível do coeficiente de atrito, textura e irregularidade descrevendo os



elementos chave de cada um desses procedimentos. Também estabelece valores para níveis de atrito, textura e irregularidade da superfície que devem induzir, após campanha de avaliação, a uma manutenção e/ou a uma ação por parte dos operadores do aeródromo.

Este documento também indica qual a frequência das campanhas de avaliação de maneira a que sejam planeadas as operações de manutenção para atingir o objetivo da garantia de condições adequadas de pista para operações aeroportuárias seguras.

4 - Âmbito de aplicação

Os critérios do presente documento aplicam-se a todas as pistas pavimentadas e usadas para operações de transporte aéreo. Não é aplicável às pistas com relva, a locais de aterragem de helicópteros ou a locais preparados para operação na água.

Nas pistas pavimentadas em que as operações de transporte aéreo não são efetuadas, a aplicação dos procedimentos, muito embora seja desejável, fica à consideração do operador do aeródromo.

Os procedimentos constantes deste manual devem ser apenas usados para a determinação de níveis de atrito, textura e irregularidade de uma superfície de pista com objetivos de manutenção. Os dados obtidos são disponibilizados aos utentes do aeródromo através do sistema de informação aeronáutica, não se destinando às tripulações do avião que tencionem usar a pista durante períodos de contaminação da pista.

5 - Limitações

A realização das campanhas de avaliação, de coeficiente de atrito, de textura e de irregularidade está sujeita a uma série de condições especificadas em cada um dos artigos referentes a esses parâmetros. Estas condições referem-se quer à condição do pavimento sobre o qual incidirão os ensaios quer às condições atmosféricas.



CAPÍTULO II

Coeficiente de atrito

6 - Definição de coeficiente de atrito

O atrito dos pavimentos é a força resistente ao movimento que se desenvolve entre o pneu do veículo e a superfície do pavimento. O atrito caracteriza a rugosidade desenvolvida entre duas superfícies em contacto, variando numa razão direta de proporcionalidade, quanto maior o atrito maior a força de contacto entre as superfícies.

O coeficiente de atrito (μ) expressa de uma forma adimensional a relação entre a força tangencial de atrito que se desenvolve entre o pneu e o pavimento (F_R) e a força normal de reação à carga transmitida pela roda ao pavimento (F_N).

$$\mu = \frac{F_R}{F_N} \text{ (eq. 1)}$$

7 - Tipos de coeficiente de atrito

Relativamente ao movimento das superfícies distinguem-se dois tipos de atrito:

- **Coeficiente de atrito estático (μ_e):** Medido quando ambas as superfícies estão em repouso (sem mover-se).
- **Coeficiente de atrito dinâmico (μ_d):** Medido quando uma ou ambas as superfícies estão em movimento (pode mover-se apenas uma ou as duas)

O atrito pode ser medido pontualmente e em contínuo.

8- Medição do coeficiente de atrito

8.1- Obrigatoriedade

Em conformidade com o disposto no Anexo 14 à Convenção de Chicago o coeficiente de atrito é medido, para:

- a. Aferir o coeficiente de atrito quando uma pista entra em serviço, pela primeira vez e sempre que seja repavimentada (3.1.24);



- b. Obter, regularmente, dados sobre o atrito da pista, para garantia de que as suas características se mantêm dentro dos limites (10.2.3).

A medição deste parâmetro afigura-se absolutamente desejável.

A situação a) apenas é relevante na presença de um pavimento novo ou beneficiado, a situação b) é pertinente ao longo de toda a vida útil do pavimento. Para a garantia de que os valores não desrespeitam os mínimos é necessário que inicialmente se desenvolvam mais campanhas de avaliação, posteriormente, com a avaliação e a comparação dos dados ao longo do tempo poder-se-ão ajustar e prever as necessidades em termos de campanhas a desenvolver.

As avaliações do atrito da superfície da pista serão realizadas sob condições controladas, com a superfície seca, com recurso a um equipamento de medição de atrito em contínuo que disponha de um sistema de provisão de uma lâmina de água de espessura constante (1mm), com uma roda de rasto liso, a uma velocidade alvo, de forma a estabelecer as características de atrito da pista e para identificar áreas que requeiram manutenção, nas quais seja necessário restaurar os valores de atrito de superfície para valores iguais ou superiores ao nível de manutenção definido (NMAN).

Ao adotar uma abordagem sistemática para medir as características de atrito da superfície de pista, a degradação da mesma pode ser determinada, com o tempo, pela comparação e avaliação de dados. Ao utilizar estes dados, os operadores do aeródromo devem procurar atingir os objetivos de manutenção impostos para assegurar que o desempenho do avião na travagem não desça abaixo dos mínimos internacionalmente aceites.

Complementarmente, podem ser desenvolvidas campanhas de medição do atrito pontual recorrendo ao Pêndulo Britânico.

8.2- Periodicidade das medições do atrito em contínuo

A frequência das avaliações do coeficiente de atrito em contínuo, a adotar pelo operador do aeródromo, deve permitir a identificação de alterações às características de atrito da superfície de pista de forma a programar operações de manutenção (caso os valores desçam abaixo dos níveis



de manutenção (NMAN) e, se necessário, à condução de operações manutenção corretiva caso os níveis de atrito desçam a valores inferiores ao valor mínimo (NMIN).

a. Medições obrigatórias

O coeficiente de atrito de pistas novas ou repavimentadas deve ser medido, em contínuo, para verificar em que medida é que os objetivos de projeto foram ou não atingidos.

Muito embora se tenha conhecimento de que o atrito diminui com a utilização, o valor médio do atrito a publicar deve ser um valor representativo de uma extensão considerável da parte central da pista, não contaminado por depósitos de borracha de pneus de aeronaves e daí que este seja um valor operacionalmente aceitável.

Numa fase inicial as medições devem ser efetuadas em pistas limpas, não contaminadas. Para efeitos da realização de relatórios iniciais, se não for possível a limpeza das pistas antes da realização das medições, estas devem ocorrer em partes da pista menos utilizadas.

Para evitar a necessidade de reportar, de uma forma sistemática, as características de atrito da superfície de pistas molhadas, dever-se-ão realizar campanhas de avaliação do coeficiente de atrito para garantir que as características de atrito se encontram dentro dos padrões de segurança, definidos nos respetivos documentos técnicos publicados pela OACI.

Os intervalos máximos admitidos entre as avaliações de atrito da superfície de pista utilizada por aeronaves não turbo-reação são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Máximo intervalo admitido entre campanhas de medição de coeficiente de atrito*

Média de movimentos diários	Intervalo máximo entre medições
Inferior a 400	11 meses
Igual ou superior a 400	5 meses

Nota: O n.º total de movimentos, em ambas as direções da pista, determina o n.º médio de movimentos numa pista.



Em aeródromos utilizados por aeronaves a turbo reação recomenda-se que o operador de aeródromo elabore um programa para a determinação do coeficiente de atrito, de acordo com o Anexo I ao presente manual, do qual faz parte integrante.

b. Medições complementares

Complementarmente e ainda segundo o disposto no Anexo 14 à Convenção de Chicago mede-se o coeficiente de atrito com a finalidade de:

- Determinar o efeito do atrito quando as condições de drenagem são deficientes (10.2.6);
- Determinar as condições de atrito em pistas que se tenham tornado escorregadias sob condições anormais (2.9.8).

Quando existirem indicações de que as características de atrito de uma pista podem ser reduzidas devido a uma drenagem deficiente, quer seja devido a inclinações inadequadas ou a depressões, recomenda-se uma avaliação adicional, sendo que a mesma deve ser realizada sob as condições naturais representativas da chuvada local. Esta avaliação difere da avaliação padrão na medida em que a profundidade da água em áreas de drenagem insuficiente é normalmente maior em condições da chuvada local. Os resultados são assim mais apropriados para identificar áreas problemáticas com valores de atrito baixos que podem induzir à hidroplanagem do que os resultantes do método de avaliação padrão. Se as circunstâncias não permitirem avaliações realizadas sob condições naturais representativas da chuvada local, molhar a superfície da pista com água pode servir para simular esta condição.

Não obstante a realização de campanhas de avaliação do coeficiente de atrito das quais tenha resultado que os valores estão acima dos constantes nos respetivos documentos técnicos publicados pela OACI, pode declarar-se que a pista pode tornar-se escorregadia quando molhada, sob determinadas condições. Estas condições podem ocorrer em determinados locais, especialmente durante as primeiras chuvadas após períodos de seca, nos quais a superfície da pista se torna bastante escorregadia ainda que as características da pista não sejam más quando a mesma se encontra limpa. Esta situação é temporária e dissolve-se porque a própria chuva contribui para a limpeza da pista. No entanto pode também verificar-se uma situação similar em pistas situadas em locais arenosos (perto de dunas) ou em climas húmidos ou perto de locais



onde a vegetação da envolvente propicie a acumulação de fungos microscópicos no pavimento que contribuam para que a pista se torne escorregadia quando molhada. Nestas situações recomenda-se, logo que possível, a condução de campanhas de medição do coeficiente de atrito, as quais devem continuar a realizar-se até que a situação haja sido corrigida.

Adicionalmente, em superfícies novas ou repavimentadas, o operador do aeródromo efectua testes adicionais de atrito para estabelecer/obter leituras durante condições atmosféricas adversas e para identificar aquelas áreas da pista onde a contaminação (isto é, a água) possa progredir num curto espaço de tempo. Este facto torna-se especialmente importante em obras de reperfilamento de pavimentos existentes, das quais tenham resultado alterações das inclinações transversais ou longitudinais da pista. Estas avaliações são realizadas em condições naturais com o sistema de provisão de lâmina de água de espessura constante desligado. Nestas circunstâncias, os valores do coeficiente de atrito não devem ser diretamente comparados com os níveis indicados nos respetivos documentos técnicos publicados pela OACI, devendo a sua interpretação ser criteriosa, ponderada e realizada por técnicos especializados.

Nota: Qualquer recolha de dados efetuada numa pista molhada, quando o sistema de provisão de lâmina de água de espessura constante estiver desligado, não pode ser usada se o objetivo for a avaliação do coeficiente de atrito para publicação.

Sempre que sejam realizadas operações de limpeza da pista, para além da campanha de avaliação feita antes dessa limpeza e que em princípio lhe dará origem, é desejável que se realize uma campanha de avaliação do coeficiente de atrito após a limpeza, para avaliar os resultados da mesma e para garantir que os valores de atrito se encontram dentro dos parâmetros de segurança definidos nos respetivos documentos técnicos publicados pela OACI.

Não obstante o número de movimentos, em aeroportos recomenda-se que as medições do coeficiente de atrito em contínuo ocorram, no mínimo, a cada 36 meses.

8.3- Periodicidade das medições do atrito pontual

- i) Desejavelmente, devem ser conduzidos ensaios de Pêndulo Britânico em pistas que entrem em serviço pela primeira vez e sempre que sejam repavimentadas. O atrito



pontual de pistas novas ou repavimentadas deve ser medido para verificar em que medida é que os objetivos de projeto foram ou não atingidos;

ii) Sempre que se coloquem dúvidas, devidamente fundamentadas, quanto ao atrito da pista, é desejável que se realizem campanhas de avaliação do atrito pontual.

8.4- Evolução/Tendências

As características de atrito de uma pista variarão com o tempo uma vez que a pista está sujeita ao desgaste e polimento do agregado, à acumulação de depósitos de borracha e aos efeitos do tempo entre outras condições ambientais.

Os operadores de aeródromo verificam os resultados das avaliações e ajustam, dependendo dos resultados, o intervalo entre as avaliações. Se os dados históricos indicarem que a superfície está a deteriorar-se relativamente depressa, pode ser necessário desenvolver campanhas de avaliação com maior frequência, tendo em vista assegurar que a manutenção seja efetuada antes das características terem atingido os níveis de manutenção (NMAN), determinados nos respetivos documentos técnicos publicados pela OACI. O operador do aeródromo deve registar a justificação de qualquer variação da periodicidade recomendada para as avaliações.

As características de atrito de uma pista também podem alterar-se significativamente após as atividades de manutenção, ainda que essas atividades não visem a alteração das características de atrito. Por conseguinte, uma avaliação do atrito da superfície de uma pista deve ser realizada após qualquer atividade de manutenção significativa efetuada na pista e antes de a pista estar operacional. Recomenda-se igualmente que as avaliações do atrito da superfície de pista também sejam realizadas quando os relatórios dos pilotos indiquem deficiente travagem, existência visível de camadas de depósitos de borracha, desgaste da superfície da pista ou qualquer outra razão relevante.

8.5- Equipamentos

A medição do coeficiente de atrito pode ser feita com recurso a diferentes tipos de equipamentos. São seis os tipos de equipamento de medição de atrito em contínuo atualmente previstos pela OACI no Documento 9137 Relativamente à medição do atrito pontual o INAC, I.P. prevê a utilização de um equipamento. É desejável que os fabricantes de outros equipamentos de



medição de atrito em contínuo que procurem introduzir o seu equipamento em Portugal ou o recurso a outras metodologias de avaliação de atrito pontual, contactem o INAC, I.P. para obterem orientações ou recomendações sobre procedimentos de utilização de tais equipamentos.

Estes equipamentos são:

- a. *Mu-meter Trailer;*
- b. *Skiddometer Trailer;*
- c. *Surface Friction Tester Vehicle;*
- d. *Runway Friction Tester Vehicle;*
- e. *TATRA Friction Tester Vehicle;*
- f. *Grip Tester Vehicle.*

Para a medição do atrito pontual recorre-se à utilização do Pêndulo Britânico.

8.6- Valores obtidos

- a. Valores obtidos na medição do coeficiente de atrito em contínuo – Os valores são adimensionais e correspondentes à realização do ensaio a uma determinada velocidade para o equipamento utilizado.
- b. Valores obtidos na medição do coeficiente de atrito pontual - A determinação do atrito pontual com recurso ao Pêndulo Britânico exprime-se através da grandeza PTV *Pendulum Test Value*, que representa, de forma indireta, o atrito pneu/pavimento que se desenvolve graças à microtextura. Este valor não se destina a publicação aeronáutica. Pode ser comparado com valores de referência tendo em vista a classificação da microtextura, ainda que de forma indireta. Para a determinação do PTV de cada ponto realizar-se-ão cinco ensaios, registando-se em cada um deles a leitura no equipamento arredondada ao valor inteiro mais próximo ($v1$ a $v5$), seguidamente calcula-se a média dos cinco ensaios.

$$P = \frac{\sum (v1 + v2 + v3 + v4 + v5)}{5} \quad (\text{eq. 2})$$

Caso a diferença entre as cinco leituras seja superior a três unidades PTV deve repetir-se o ensaio até que se obtenham três leituras consecutivas com o mesmo valor, e adotando assim esse valor como valor do ponto ensaiado. O valor final deve ser

obtido após a aplicação de um coeficiente de correção, em função da temperatura. O coeficiente de correção é positivo para temperaturas de ensaio superiores a 20°C e negativo para temperaturas inferiores a esse valor. Este ensaio está regulamentado segundo a norma europeia EN 13036-4, 2003, a qual deve ser adotada.

9 - Níveis do coeficiente de atrito

9.1- Em contínuo

Os valores estabelecidos para cada um dos níveis de atrito são para cada tipo de equipamento de medição de atrito em contínuo, os especificados na Tabela 2. Estes valores são verificados para as duas velocidades de realização do ensaio: 65 e 95km/h.

Tabela 2 – Valores do coeficiente de atrito

Equipamento	Pneu		Velocidade [km/h]	Espessura da lâmina de água [mm]	Nível de projeto (N PROJ)	Nível de planeamento de manutenção (N MAN)	Nível mínimo (N MIN)
	Tipo	Pressão [kPa]					
Mu-meter	A	70	65	1.0	0.72	0.52	0.42
	A	70	95	1.0	0.66	0.38	0.26
Skiddometer	B	210	65	1.0	0.82	0.60	0.50
	B	210	95	1.0	0.74	0.47	0.34
Surface Friction Tester	B	210	65	1.0	0.82	0.60	0.50
	B	210	95	1.0	0.74	0.47	0.34
Runway Friction Tester	B	210	65	1.0	0.82	0.60	0.50
	B	210	95	1.0	0.74	0.54	0.41
TATRA Friction Tester	B	210	65	1.0	0.76	0.57	0.48
	B	210	95	1.0	0.67	0.52	0.42
Gripe Tester	C	140	65	1.0	0.74	0.53	0.43
	C	140	95	1.0	0.64	0.36	0.24

9.2- Pontual

De acordo com o parâmetro PTV - valor de Pêndulo Britânico, obtido através do ensaio do Pêndulo Britânico, efectua-se a classificação da microtextura de acordo com o disposto na Tabela 3:

Tabela 3 - Classificação da microtextura

Valor de Pêndulo Britânico PTV	Classificação da microtextura
$PTV < 25$	Perigosa
$25 < PTV < 31$	Muito polida
$32 < PTV < 39$	Polida
$40 < PTV < 46$	Pouco rugosa
$47 < PTV < 54$	Medianamente rugosa
$55 < PTV < 75$	Rugosa
$PTV > 75$	Muito rugosa

10 - Ensaio de medição do coeficiente de atrito

10.1- Competência dos operadores dos equipamentos de medição de atrito

O sucesso da medição do coeficiente de atrito, ou seja, a capacidade de as campanhas originarem dados de atrito fidedignos depende fortemente do pessoal que é responsável pela operação do equipamento de medição de atrito em contínuo. Todos os operadores devem ser treinados e competentes no que diz respeito à operação e manutenção do equipamento. Devem conhecer as normas aplicáveis e devem ser conhecedores dos fatores críticos que afetam a exatidão das medições do atrito. O treino/instrução pode ser efetuado durante o decurso das campanhas de avaliação desde que existam medidas adequadas para assegurar que os resultados das corridas são válidos, nomeadamente se houver acompanhamento por parte de pessoal treinado e/ou com experiência. Se forem realizadas corridas adicionais que visem exclusivamente o treino ou a manutenção das competências dos operadores, os resultados delas advenientes podem ser incluídos nos resultados da campanha se estiverem em conformidade com os valores constantes nos respetivos documentos técnicos publicados pela OACI.



Quando as campanhas de avaliação do atrito (pontuais ou em contínuo) forem contratadas a uma entidade externa é da responsabilidade do operador do aeródromo verificar se a competência e experiência dos operadores de equipamento de medição de atrito em contínuo corresponde aos critérios desejados. Excetua-se da anterior situação casos nos quais a empresa contratada seja certificada e preferencialmente acreditada no âmbito do Sistema Português da Qualidade (SPQ) e tenha competência própria para o efeito.

10. 2- Materiais e equipamentos

a. Para medição do coeficiente de atrito em contínuo

O operador do equipamento deve assegurar-se de que este está em boas condições e calibrado de acordo com as instruções de operação do fabricante. Os responsáveis pelo equipamento devem assegurar-se que o mesmo é utilizado regularmente e que o pneu de medição corresponde ao especificado e está de acordo com as tolerâncias do fabricante. Orientações gerais sobre testes de velocidade, testes da espessura da lâmina de água, testes do tipo de pneu, testes da pressão do pneu e teste da condição do pneu deve ser da responsabilidade do fabricante do equipamento, no entanto, o operador deve estar consciente de que, se os parâmetros especificados não se mantiverem, os valores das medições não serão válidos e não podem ser considerados.

b. Para medição do coeficiente de atrito pontual

Os materiais e equipamentos a utilizar no ensaio do atrito pontual e suas condições devem ser os definidos na norma europeia referente ao ensaio do Pêndulo Britânico, a EN 13036-4 de 2003.

10. 3- Condições

a. Para medição do coeficiente de atrito em contínuo

Durante as operações de avaliação, não deve estar a chover e a superfície da pista não deve ter poças de água. As medições devem ser realizadas oportunamente de maneira a que as corridas de teste sejam efetuadas nas mesmas condições que as corridas de medição.

A avaliação deve ser efetuada num ambiente com a temperatura do ar acima de 2°C.

Humidade, nevoeiro e condições de neblina também podem afetar o resultado da avaliação. Os operadores do equipamento devem estar conscientes de que na presença de vento cruzado a



espessura da lâmina de água pode ser afetada. Nestas situações os operadores devem aconselhar-se junto dos fabricantes do equipamento.

A utilização de equipamento de medição de atrito em contínuo em pistas contaminadas, com o objetivo singular da leitura de valores de atrito, deve ser efetuada nos casos em que a contaminação consista em:

- Gelo ou gelo molhado. Gelo molhado é um termo usado para definir superfícies congeladas cobertas por uma fina película causada pelo degelo. A lâmina de água depositada deve ter uma espessura não superior a 1mm, para que não seja possível o fenómeno de hidroplanagem;
- Neve compacta sob qualquer espessura;
- Neve seca, no máximo com 2,5cm;
- Neve molhada ou lama de neve, no máximo com 0,3cm.

Salienta-se que os valores obtidos nestas medições não serão comparáveis com os níveis de atrito definidos nos respetivos documentos técnicos publicados pela OACI (NPROJ; NMAN e NMIN), para determinação de ações a desenvolver.

Para além destes parâmetros não é permitida a avaliação das características de atrito porque, entre outros fatores, a substância contaminadora arrasta/puxa a roda medidora do equipamento e as leituras obtidas nestas condições são falíveis.

As pistas contaminadas devem ser avaliadas e as condições da superfície devem ser registadas sempre que se julgue que essa informação seja útil para a remoção da neve ou do gelo, ainda que as condições estejam para além dos limites. Nestas condições, devem ser feitas avaliações sempre que:

- A parte central (centrada longitudinalmente ao longo do eixo) da pista esteja contaminada numa extensão de 150m ou mais;
- Após as limpezas de neve, aplicação de anticongelantes e descongelantes ou ensaibramentos;
- Imediatamente após qualquer incidente/acidente na pista do qual se depreenda que as condições de atrito possam afetar a segurança das operações.



Adicionalmente, deve ser tomado em consideração que as condições podem ter-se alterado enquanto os pilotos aguardam o resultado das avaliações. Com exceção da neve compacta e de camadas de gelo, as leituras dos valores de atrito não devem ser entregues aos pilotos, dado que estes não possuem os meios para interpretar as leituras que visam calcular o desempenho de aterragem ou descolagem.

Caso a superfície da pista seja afetada por uma camada uniforme de neve compacta ou gelo então deve ser efetuada uma avaliação de ação de travagem de acordo com procedimentos específicos para o efeito previamente estabelecidos. Contudo, em Portugal, as condições favoráveis à formação de neve compacta ou gelo são raras.

b. Para medição do coeficiente de atrito em contínuo

O pavimento a ensaiar deve ser previamente inspecionado tendo em vista a caracterização do seu estado de conservação. Antes da realização de cada ensaio é necessário molhar a superfície. O ensaio apenas pode realizar-se para temperaturas da superfície do pavimento compreendidas entre 1°C e 40°C.

10. 4- Procedimentos

A avaliação do atrito da superfície da pista em contínuo consiste em, pelo menos, duas corridas de teste juntamente com uma série de corridas padrão.

A avaliação pontual de atrito far-se-á de acordo com o definido na norma europeia que regulamenta esse ensaio, a EN 13036-4, 2003.

a. Corridas de teste de medição de atrito em contínuo

As corridas de teste são realizadas para confirmar que a operação do equipamento de medição de atrito em contínuo é consistente durante toda a avaliação do atrito da superfície da pista. Uma deve ser realizada antes e a outra depois de cada campanha de medição e nas mesmas condições. Dever-se-á fazer uma referência às orientações dos fabricantes para determinar a variação máxima admissível entre as duas corridas.



As corridas de teste devem realizar-se em toda extensão do pavimento, a uma velocidade constante, numa parte da pista que não coincida com nenhuma outra.

b. Corridas de medição de atrito em contínuo

Uma corrida de medição deve ser realizada ao longo de toda a extensão da pista a uma velocidade constante, sendo permitidas, no entanto, fases de aceleração e travagem em condições de segurança. Deve ser considerada a necessidade de assegurar que a velocidade à qual se está a efetuar a corrida padrão é mantida. Se o dispositivo de controlo da velocidade “*cruise control*” for parte integrante do veículo o mesmo deve ser inspecionado para assegurar a sua precisão. Durante as corridas, quaisquer avisos de variação de velocidade dados pelo equipamento devem ser considerados e a velocidade do veículo deve ser ajustada em conformidade.

Em pistas sem soleiras deslocadas ou sem áreas pavimentadas antes da soleira ou para além do fim da pista, com distâncias declaradas pouco extensas (pistas curtas), recomenda-se que os operadores de aeródromo se certifiquem que os condutores dos equipamentos de medição de atrito em contínuo estão equipados com um veículo adequado que possa alcançar uma velocidade alvo logo que exequível. Deve ainda ser facultado aos condutores um método seguro de delinear a zona de travagem no final da corrida, para permitir uma manobra segura.

10. 5- Medições

a. Coeficiente de atrito em contínuo

As medições devem ser realizadas dispondo de um equipamento com uma roda de rasto liso, com provisão de lâmina de água de espessura de 1mm a duas velocidades distintas, 65 e 95km/h que efetue a medição do coeficiente de atrito em contínuo. Deve ser obtido um valor médio para toda a pista para cada uma dessas velocidades, com a pista molhada mas limpa.

As medições a duas velocidades distintas destinam-se a obter informação sobre a macro e a microtextura. As medições a velocidades mais baixas permitem inferir sobre as características da macrotextura, contaminação e drenagem. As medições a velocidades mais elevadas permitem inferir sobre a microtextura.



Em pistas molhadas concluiu-se que com o aumento da velocidade se verifica uma diminuição do coeficiente de atrito. No entanto, com o aumento da velocidade a proporção a que o coeficiente de atrito decresce torna-se menor. Isto acontece devido à textura da superfície da pista. Em pistas com uma boa macrotextura, que permitem que a água se escoe quer nos trilhos do pneu quer sobre ele, o valor do atrito é menos afetado pelo aumento da velocidade. Pistas com fraca macrotextura são mais afetadas pelo aumento da velocidade.

O valor do coeficiente de atrito da superfície das pistas é muito dependente da textura e pode variar de acordo com a tipologia de construção e utilização da pista, daí que toda a extensão da pista tenha que ser avaliada.

Em pistas com tráfego intenso nas quais prevaleça a utilização da pista num dos seus sentidos os operadores do equipamento de medição de atrito em contínuo podem detetar uma diferença nos resultados quando recolherem dados sobre as corridas em cada um desses sentidos. Assim, é necessário que se façam medições nos dois sentidos, as quais só podem deixar de fazer-se caso a diferença dos valores obtidos não seja significativa. Para este efeito, consideram-se não significativas diferenças da ordem dos 5%. Variações significativas dos valores do coeficiente de atrito obtidos entre os dois sentidos na mesma direção devem ser investigadas.

Neste caso, o operador do aeródromo pode desejar procurar opinião de peritos sobre as implicações de quaisquer diferenças registadas. Ainda assim, conservativamente, o valor a considerar deve ser o menor, ou seja o mais desfavorável.

Caso os valores obtidos em sentidos opostos de uma mesma direção não apresentem diferenças significativas, dever-se-á para efeitos de registo, considerar para cada alinhamento, a média dos valores obtidos nos dois sentidos para cada troço da pista.

Para que a campanha de medição do coeficiente de atrito seja significativa as medições devem ser realizadas, a 3m do eixo, de cada um dos lados do mesmo e em ambos os sentidos, que é onde a maior parte das operações têm lugar. Em pistas com um tráfego misto de aeronaves (com presença de “*wide bodies*”), as medições adicionais (para além das realizadas a 3m do eixo) devem ser realizadas a 5m de cada lado do eixo, também nos dois sentidos.



Também devem ser realizadas medições sobre o eixo da pista, nos dois sentidos e ainda medições a 5m da berma, de cada um dos lados e em ambos os sentidos, para que se possa concluir sobre o coeficiente de atrito em locais com menor intensidade de tráfego.

O planeamento das corridas em pistas com marcas de distância fixa deve, complementarmente ao acima exposto, contemplar a realização de corridas que passem sobre os eixos centrais dessas marcas, em ambos os lados da pista.

O percurso da roda de medição, ao longo de linhas pré-definidas, não deve coincidir com juntas ou fissuras longitudinais do pavimento. Recomenda-se que os operadores do aeródromo assegurem que os condutores dos equipamentos de medição de atrito em contínuo têm meios suficientes para garantir que as corridas se mantêm ao longo de cada linha pré-definida. Isto é especialmente importante à noite e quando as linhas pré definidas não coincidem com o eixo ou com as linhas de berma das pistas.

Se houver qualquer motivo para duvidar da exatidão da medição do atrito, essa medição deve ser repetida.

Caso as características de atrito sejam significativamente diferentes ao longo de troços consideráveis da pista, o valor do coeficiente de atrito deve ser obtido para cada um desses troços. Troços de 100m já são considerados suficientes para a determinação desse valor do coeficiente de atrito.

Resumindo, no mínimo, devem ser realizadas corridas:

- No eixo;
 - A 3m do eixo em ambos os lados;
 - A 5m da berma em ambos os lados;
- A duas velocidades distintas (65km/h e 95km/h) e nos dois sentidos¹, o que perfaz um mínimo de 20 corridas (caso não se dispensem as corridas nos dois sentidos numa mesma direção).

¹ As corridas nos dois sentidos poderão ser dispensadas, se devidamente justificado que as diferenças obtidas das corridas realizadas numa mesma direção, em diferentes sentidos, não apresentam diferenças significativas.

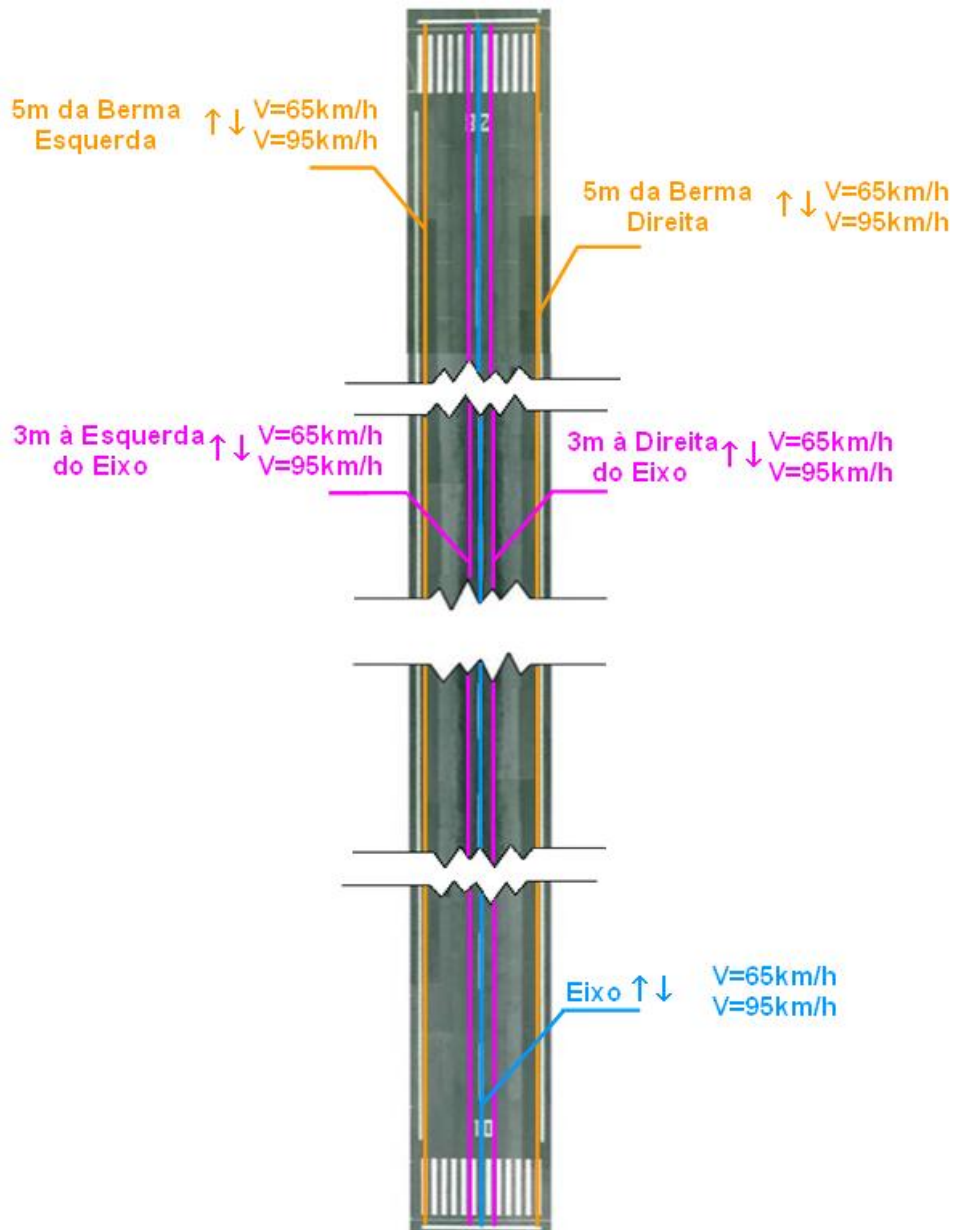


Figura 1 - Esquema de alinhamento das corridas, Caso I

Caso o tráfego de aeronaves manifeste a presença de “*wide bodies*” devem ser também realizadas corridas a 5m do eixo, de ambos os lados, às duas velocidades e nos dois sentidos, o que perfaz 28 corridas.

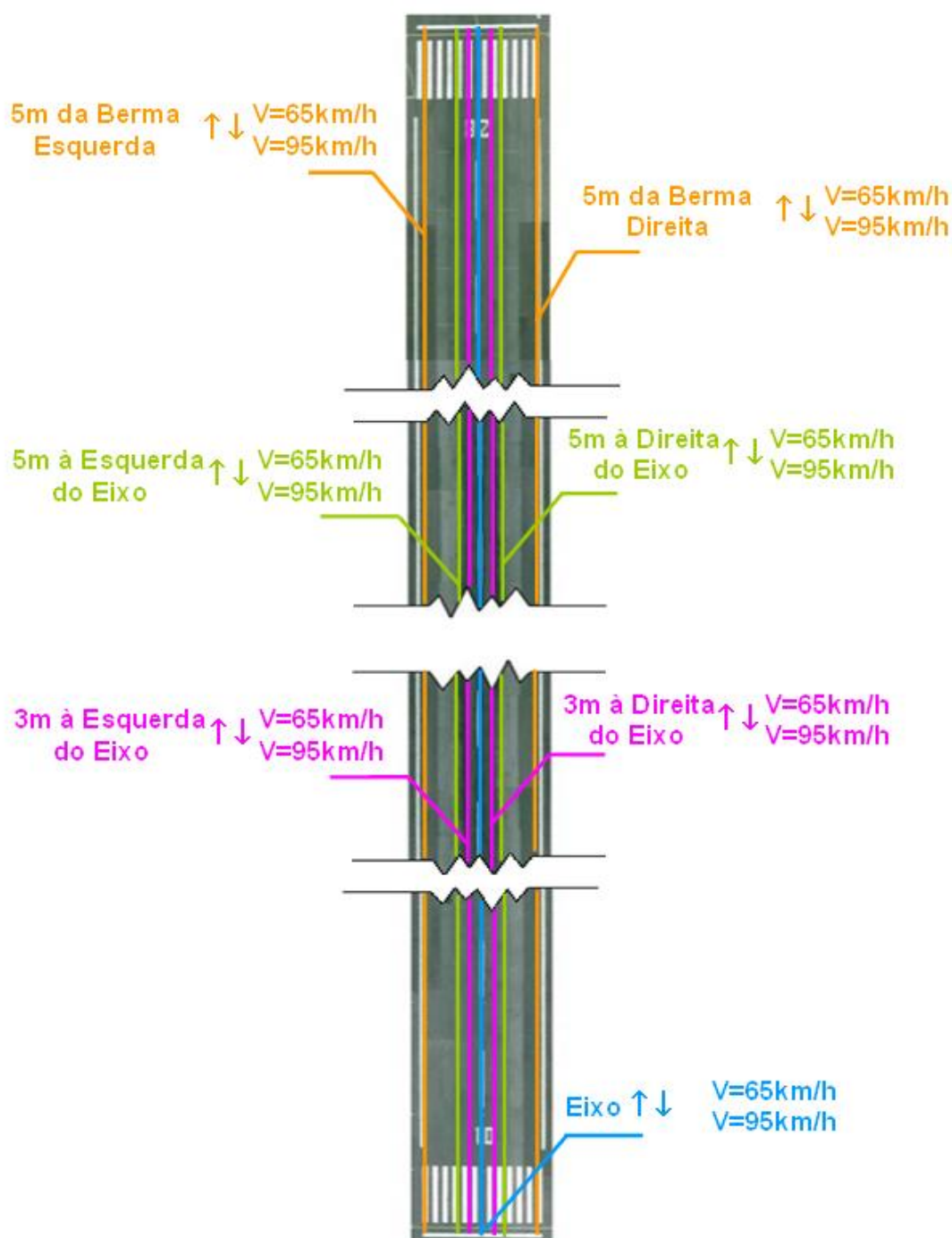


Figura 2 - Esquema de alinhamento das corridas, Caso II

Caso a sinalização diurna da pista inclua marcas de distância fixa “*Aiming point*” devem ainda ser realizadas corridas ao eixo longitudinal das marcas de distância fixa, de ambos os lados, às duas velocidades e nos dois sentidos, o que perfaz 36 corridas.

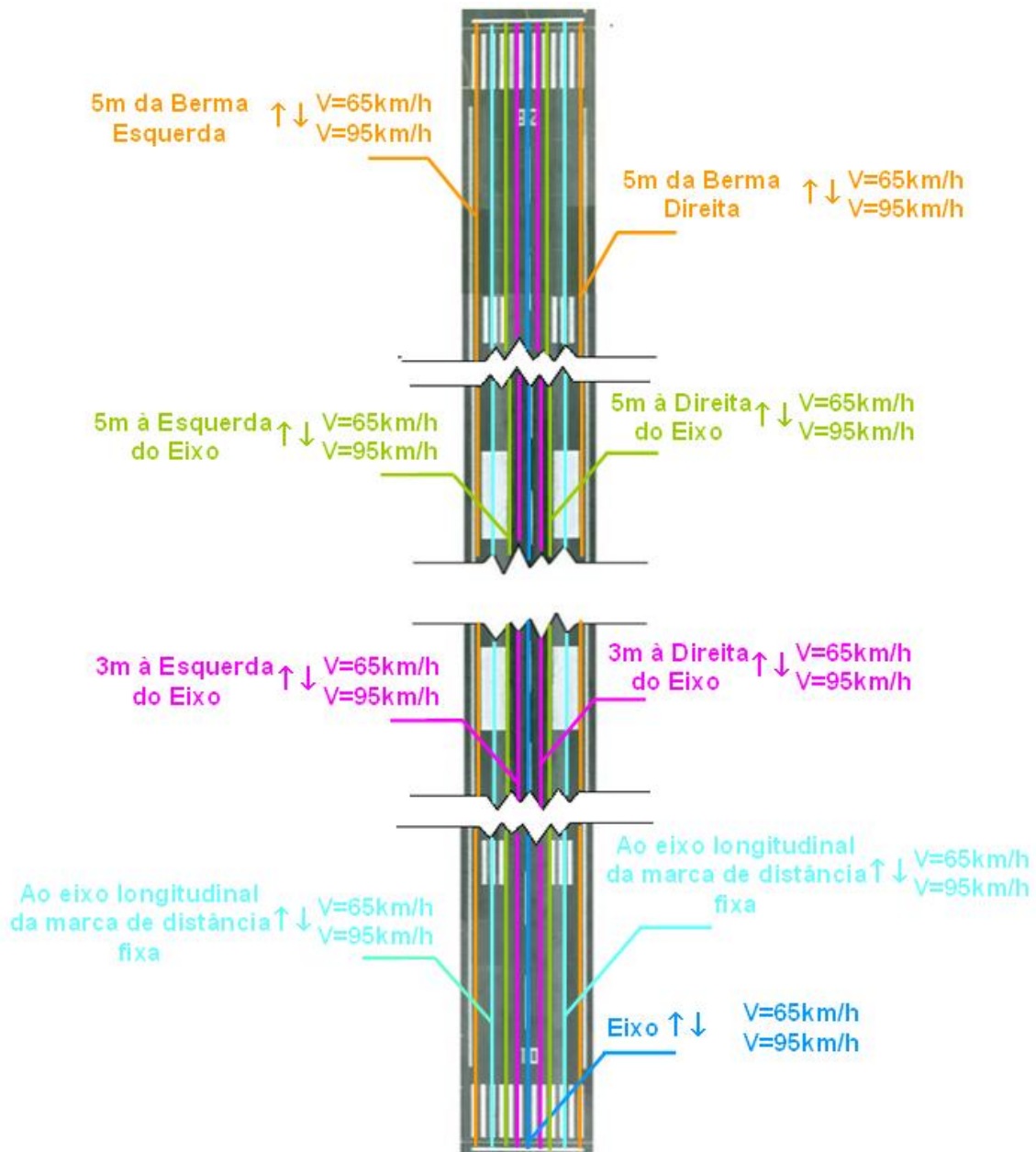


Figura 3 - Esquema de alinhamento das corridas, Caso III

b. Coeficiente de atrito pontual

Dever-se-ão avaliar as seguintes zonas:

- De toque (a uma distância fixa da soleira que varia consoante o código de referência do aeródromo), nas imediações do eixo;
- Nos primeiros 150m após a soleira (para caracterização do pavimento do início da corrida à descolagem, de ambos os lados) nas imediações do eixo;



- No centro da pista, nas imediações do eixo;
- Sobre as marcas de distância fixa “*Aiming point*”, caso existam;
- Em locais onde pontualmente se tenham verificado diferenças aquando da realização de ensaios de avaliação de coeficiente de atrito em contínuo ou sobre os quais existam dúvidas acerca do atrito.

10. 6- Registos

O operador do aeródromo, através de procedimentos por si elaborados, assegura que todos os registos pertinentes, de todas as avaliações de atrito da superfície da pista, são realizados e guardados por um período não inferior a 24 meses, contados a partir da data da avaliação.

Os itens a registar em cada avaliação, os quais devem ser tornados acessíveis sob pedido do INAC, I.P., são os seguintes:

a. Coeficiente de atrito em contínuo

- Nome do aeródromo e código de referência do aeródromo;
- Data e hora da avaliação;
- Nome do equipamento de medição do atrito em contínuo utilizado;
- Nome do operador do equipamento de medição;
- Distâncias declaradas;
- Designação da pista avaliada;
- Número da corrida e sentido da pista;
- Distância ao eixo da pista e lado do eixo do qual foi realizada a corrida;
- Velocidade alvo à qual a corrida foi realizada;
- Comprimento da corrida;
- Profundidade da lâmina de água do teste;
- Tipo de pneu do teste;
- Pressão de enchimento do pneu;
- Medida do desgaste do pneu;
- Condição da superfície e temperatura do ar;
- Nível médio do atrito por corrida;
- Níveis de atrito indicando a média de troços de 100m por terços da pista.



b. Coeficiente de atrito pontual

- Referência à norma EN 13036-4:2003;
- Nome do aeródromo e código de referência do aeródromo;
- Data e hora da avaliação;
- Nome do operador do equipamento de medição;
- Designação da pista avaliada;
- Localização e identificação do local:
- Distância à origem da pista;
- Distância ao eixo da pista e lado do eixo;
- Ângulo do teste relativamente ao tráfego (caso não seja paralelo);
- Temperatura da superfície do teste (depois de molhada);
- Caracterização da borracha: larga ou estreita; CEN ou 4S e número;
- Número de testes efetuados;
- Média PTV de cada ponto;
- Média PTV corrigida, de cada ponto;
- Registo fotográfico de cada zona avaliada.

11- Avaliação de resultados

11.1- Generalidades

Os operadores dos aeródromos devem fazer uso eficaz dos dados das avaliações produzidas pelo equipamento de medição de atrito em contínuo. Revisões regulares associadas a atividades de manutenção planeadas de acordo com as diretrizes decorrentes da análise de tendências asseguram que as características de atrito da superfície são consistentes e aceitáveis.

Recomenda-se aos operadores do aeródromo a utilização do *software* do fabricante do equipamento de medição de atrito em contínuo de que dispõem para o reporte de dados, assim como a exportação dos dados para uma folha de cálculo com um formato apropriado, de modo a que os mesmos possam ser convenientemente consultados. Um modo conveniente de resumir as avaliações é promover o desenho de uma tabela onde constem os resultados da média de troços com 100m de extensão, os quais se traçarão com incrementos de 10m. Tudo isto deve ser efetuado sem prejuízo de se dever fazer uma análise crítica de cada troço de 10m para a



identificação de áreas da pista, que possam exigir manutenção ou acompanhamento mais específicos.

As leituras obtidas devem ser comparadas com os três níveis constantes nos respetivos documentos técnicos publicados pela OACI, de acordo com o equipamento de medição do atrito em contínuo utilizado e para as duas velocidades de realização das corridas (65 e 95km/h).

É desejável a apresentação de uma figura, onde através da apresentação dos resultados por intervalos de cores diferentes consoante os resultados, se possa obter uma perspetiva da condição da generalidade das condições de atrito da pista.

Não considerar estas orientações pode conduzir a que as condições da pista atinjam valores que determinem a necessidade de publicação de NOTAM a reportar “que a pista se pode tornar escorregadia quando molhada” ou mesmo, no limite, que ditem a necessidade de interditar as operações na pista sob determinadas condições atmosféricas.

11.2- Médias móveis de 100m

O conceito da determinação de médias móveis de 100m de extensão partiu da autoridade aeronáutica inglesa, que o propõe no seu CAP 683. Este conceito teve por base o disposto na especificação 10.2.4 do Anexo 14 à Convenção de Chicago que remete para que troços com 100m ou mais já sejam suficientes para encetar processos de manutenção ou para emissão de reportes sobre a deficiente condição do atrito do pavimento.

Durante cada corrida de medição, o equipamento de medição do atrito em contínuo faz a leitura dos valores ao longo de todo o alinhamento, assegurando que a velocidade alvo é respeitada. O equipamento faz automaticamente a média do valor do atrito de 10 em 10m, ou seja com 10m de incremento, o que permite, que numa distância de 100m seja calculada a média que não é mais do que a média dos 10 troços de 10m para os quais se calcularam as médias. Esta explicação deve ser interpretada em conjunto com a consulta da figura 4, que é elucidativa da situação. Para que se possa perceber melhor qual a metodologia, e a título de exemplo, tem-se que, uma corrida de 500m de extensão irá produzir 41 leituras, da qual resultarão 41 valores médios com incrementos de 10m entre si. A primeira média móvel, referente aos primeiros 100m (MM1) é o somatório das

10 primeiras leituras dividido por 10; a segunda média móvel (MM2) é o somatório das leituras de 2 a 11 dividido por 10 e por aí adiante. Neste exemplo, a última média móvel (MM41) é o somatório das leituras de 40 a 50, dividido por 10. Estas médias móveis serão melhor visualizadas criando cursores de 100m ao longo de toda a extensão da pista.

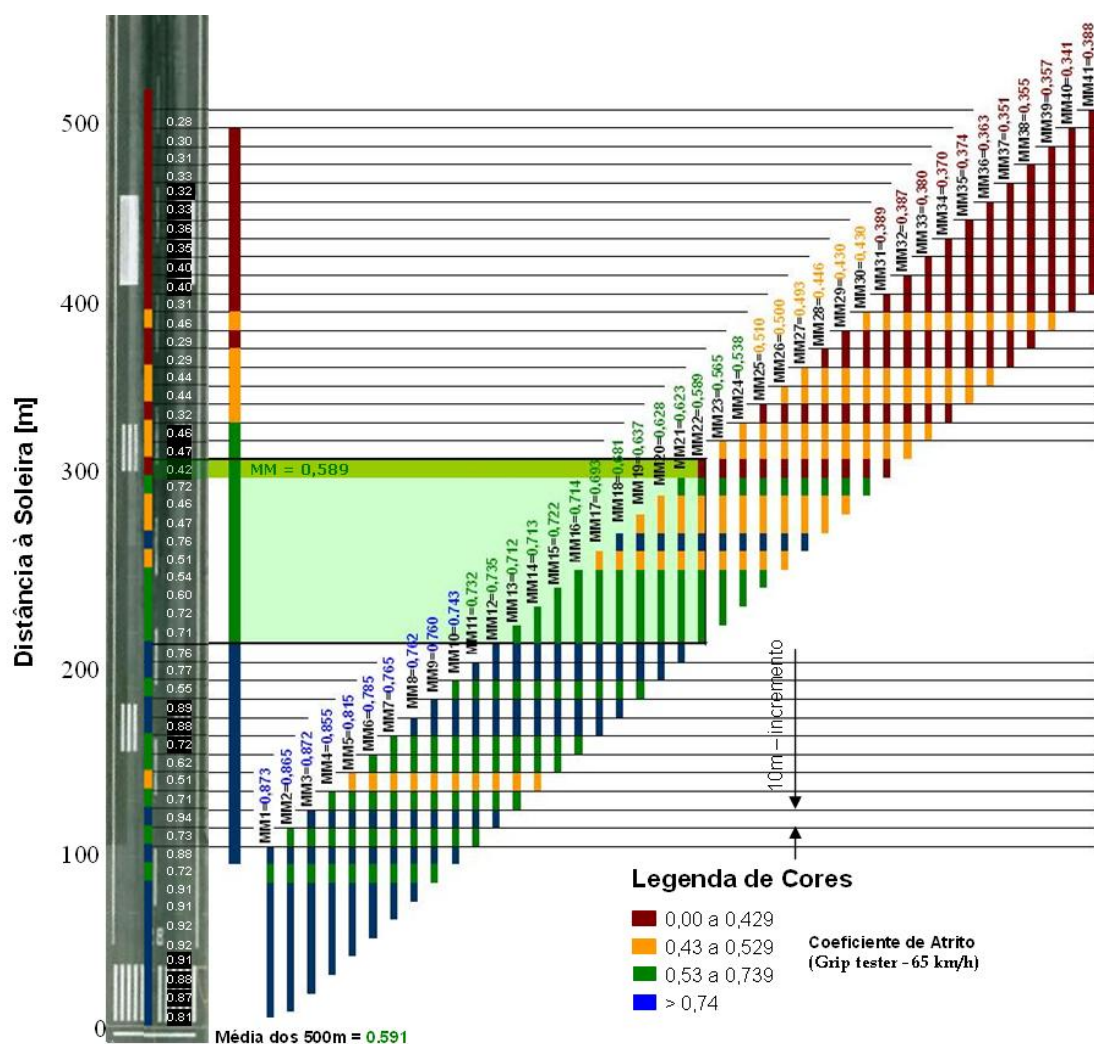


Figura 4 - Diagrama de médias móveis

Da consulta da Figura 4 observa-se que o cursor está na posição MM12 a MM22 (dos 210m aos 310m). Este cursor pode ser movido para 10 posições intervaladas, ou incrementadas de 10m. Comparando o valor médio do cursor com cada um dos troços de 10m da pista que dão origem a valor médio, as diferenças são evidentes. (MM22=0,589 enquanto que o último troço de 10m apresenta o valor de 0,42). Desta forma, é possível identificar zonas problemáticas que não seriam identificadas caso apenas fossem tidos em consideração os valores do coeficiente de atrito



determinados com base nas médias de cada um dos terços da pista, ou ainda menos, caso apenas se considerasse a média da totalidade da corrida.

Devem ser elaborados gráficos de acordo com o acima exposto para as corridas no eixo e a 3m do eixo (de cada um dos lados). Caso o tráfego seja misto (aeronaves fuselagem estreita e larga) dever-se-ão elaborar os gráficos referentes às corridas realizadas a 5m do eixo (para cada um dos lados). Para as corridas realizadas a 5m da berma da pista apenas serão elaborados estes gráficos caso os valores médios do atrito, por terço de pista, ditem a necessidade do encetamento de um plano de manutenção.

11.3- Ações a desenvolver

a. Ações corretivas

Deverão ser traçados os diagramas de médias móveis referentes a todos os alinhamentos avaliados, a ambas as velocidades. Esses diagramas deverão dividir-se por terço de pista. O valor de atrito, para efeitos de manutenção de cada um dos terços da pista será o mínimo das médias móveis que ocorrer nesse terço. Face aos resultados abaixo descritos, é absolutamente desejável que o operador de aeródromo proceda a uma revisão dos resultados da campanha de avaliação do coeficiente de atrito da pista e, quando necessário, tome as seguintes medidas:

- i) Se o valor do coeficiente de atrito for inferior ao NMAN, o operador do aeródromo deve desenvolver um programa de manutenção que vise restaurar o nível de atrito, pelo menos para um valor igual ao valor do NMAN (estabelecido pelo INAC, I.P. de acordo com o equipamento de medição do atrito em contínuo e com a velocidade da corrida). A consulta dos valores de troços de 10m permitirá a identificação de zonas alvo sobre as quais as operações de manutenção devem incidir;
- ii) Se da análise de tendências/evolução do coeficiente de atrito resultar que o coeficiente de atrito tende a baixar, o operador do aeródromo deve aumentar a frequência das avaliações de atrito da pista para identificar potenciais deteriorações e, se for necessário, tomar medidas;
- iii) Se o valor do coeficiente de atrito for inferior ao NMIN, o operador do aeródromo deve proceder urgentemente a obras para que os valores do coeficiente de atrito passem a ser, no mínimo, superiores a esse NMIN, restaurando os valores do atrito para um nível aceitável.



Se o valor do coeficiente de atrito estiver significativamente abaixo do NMIN, o operador de aeródromo deve interditar as operações de descolagens e/ou aterragens sempre que a pista esteja molhada e informar o INAC, I.P..

A escolha do método mais apropriado para a reabilitação dos valores de coeficiente de atrito deve ser criteriosamente estudada. A consulta de técnicos experientes é fundamental para que se conheçam quais os tipos de processo mais adequados para a reabilitação das características de atrito da superfície da pista e também para que se faça o diagnóstico das condições que conduziram ao decréscimo do coeficiente de atrito, visando ainda a preservação da pista relativamente a outras características que não as diretamente ligadas ao coeficiente de atrito.

b. Novas medições

Após a realização de obras de repavimentação, as características de atrito de alguns materiais da superfície de pista podem melhorar com o tempo, geralmente como resultado da volatilização de óleos presentes nas camadas superficiais. Contudo, se a avaliação do coeficiente de atrito da superfície da pista indicar que as características de atrito de áreas da pista que hajam sido sujeitas a obras para o restauro do valores de atrito são piores do que antes da realização das obras ou que são inferiores ao NMAN, dever-se-ão realizar avaliações adicionais durante um certo período de tempo para averiguar se as características de atrito permanecem estáveis, melhoram ou se serão necessários trabalhos adicionais.

Os operadores de aeródromo que constatem a necessidade de realização de obras de reabilitação, ou de correção do perfil significativas, devem submeter os projetos das mesmas à apreciação do INAC, I.P..

O operador de aeródromo assegura que os procedimentos do sistema de gestão de segurança, que gerem os riscos associados às obras de reabilitação, são eficazes, quer durante o período das obras, se a pista entretanto entrar ao serviço, quer após o fim dessas obras.

c. Ações face aos resultados do coeficiente de atrito pontual



Relativamente ao parâmetro da microtextura, indiretamente medido através do ensaio do Pêndulo Britânico (PTV) de cada zona medida (de toque; de corrida à descolagem; fim de pista) e caso os resultados sejam coerentes relativamente aos valores obtidos nos ensaios de avaliação do coeficiente de atrito a velocidades elevadas (95km/h), dever-se-á:

- i) $PTV < 55$ – Conduzir ensaios de Pêndulo Britânico quando necessário;
- ii) $32 < PTV < 46$ – Ativar um plano de manutenção que permita a correção dos valores da microtextura, a qual deve estar conforme num prazo não superior a um ano;
- iii) $25 < PTV < 31$ – Corrigir o problema da microtextura num prazo máximo de 2 meses;
- iv) $PTV < 25$ – Emitir um NOTAM a dizer que “o pavimento pode tornar-se escorregadio quando molhado”.

12 - Publicação de valores

Para efeitos de publicação devem ser obtidos valores para cada um dos terços da pista, a ambas as velocidades: 65km/h e 95km/h. Para cada um desses terços o valor deve ser o valor médio mais baixo obtido num troço de 100m, ou seja o mínimo das médias móveis do terço, considerando apenas os alinhamentos centrais (até 5m do eixo) excluindo o alinhamento do eixo. Cada um destes valores dará origem a uma classificação por terço. A classificação resultante para cada terço, proveniente dos valores mínimos das médias móveis dos alinhamentos centrais, a 65km/h e a 95km/h, será a menor. Atentando à possibilidade de recurso a diferentes tipos de equipamentos de medição do coeficiente de atrito, cujos valores não são diretamente comparáveis, bem com ao facto de que a informação realmente importante para a maioria da comunidade aeronáutica, no que ao atrito respeita, é saber se a pista tem ou não características de atrito que em condições normais, mesmo com o pavimento molhado, permitam a segurança das manobras de aterragem, descolagem e rolagem das aeronaves nas pistas, então a informação a publicar deve ser, consoante a comparação dos valores obtidos com os valores dos níveis de atrito estabelecidos pelo INAC, I.P., a seguinte:

- i) Muito Bom - O valor do coeficiente de atrito é superior ao valor do nível de projeto (NPROJ) determinado pelo INAC, I.P..

Coeficiente de atrito > NPROJ – **Muito Bom**



ii) Bom - O valor do coeficiente de atrito é superior ao valor do nível de manutenção (NMAN) mas inferior ao valor do nível de projeto (NPROJ).

$NMAN < \text{Coeficiente de atrito} < NPROJ$ – **Bom**

iii) Médio - O valor do coeficiente de atrito é superior ao valor do nível mínimo (NMIN), mas inferior ao valor do nível de manutenção (NMAN).

$NMIN < \text{Coeficiente de atrito} < NMAN$ – **Médio**

Nota: Para valores do coeficiente de atrito neste intervalo o operador terá que desenvolver programas de manutenção.

iv) Mau - O valor do coeficiente de atrito é inferior ao valor do nível mínimo (NMIN) determinado pelo INAC, I.P..

$\text{Coeficiente de atrito} < NMIN$ – **Mau**

Para além da publicação em AIP/MVFR de que o coeficiente de atrito é mau, deve ser emitido um NOTAM a informar que “a pista pode ser escorregadia quando molhada”. O NOTAM deve manter-se em vigor até a situação ser regularizada e devidamente validada após a realização de nova campanha de avaliação do coeficiente de atrito.

Quadro 1 - Classificação do coeficiente de atrito

Valor do coeficiente de atrito (CA)	Classificação
$CA > NPROJ$	Muito Bom
$NMAN < CA < NPROJ$	Bom
$NMIN < CA < NMAN$	Médio
$CA < NMIN$	Mau



CAPÍTULO III

Textura

13 - Definição de textura

A textura da superfície do pavimento define-se como o conjunto de desvios da superfície do pavimento relativamente a uma superfície completamente plana, pois estas são as propriedades que permitem a existência de atrito.

14 - Tipos de textura

A PIARC (*Permanent International Association of Road*), em 1995, estabeleceu três níveis de textura: microtextura; macrotextura e megatextura, cada um deles definido pelo conjunto de dois parâmetros: o comprimento de onda (λ) e a amplitude entre picos (A).

14.1- Microtextura

É a textura das componentes individuais do agregado, é uma característica que é função das partículas do agregado, constituintes da mistura (betuminoso ou betão de cimento), é uma rugosidade apenas detetável a nível microscópico, sendo uma dificuldade a ela associada a sua determinação, na medida em que ela sente-se mas não se consegue medir. Caracteriza-se por: $\lambda < 0,5\text{mm}$; $A = 1$ a $500\mu\text{m}$. As superfícies serão classificadas como polidas ou rugosas.

É necessária para “quebrar” películas de água muito finas. A microtextura minimiza a possibilidade de acontecimento da hidroplanagem viscosa, na medida em que esta está associada à presença dessas películas finas de água.

14.2- Macrotextura

É a textura da fração grossa do agregado da mistura ou resultante de intervenções de texturização que tenham sido feitas ao pavimento, ou seja, de formas artificiais de dotação de textura. É uma característica que é função das propriedades da mistura (tamanho; forma e graduação do agregado), no caso de se tratar de betão betuminoso, e ainda no caso de superfícies de betão de cimento e do acabamento/texturização da superfície (escovagem; incrustações; ranhuragem e



seus: espaçamento; profundidade e orientação dos canais). A macrotextura pode ser medida por mais de uma maneira.

Carateriza-se por: $\lambda=0,5$ a 50mm; $A = 0,1$ a 20mm e classificar-se-ão as misturas como abertas ou fechadas.

É necessária para a expulsão da água da superfície do pavimento. Numa primeira fase permite o escoamento da água através dos interstícios, o que contribui para a diminuição da espessura da película de água, minimizando assim a possibilidade de acontecimento de hidroplanagens dinâmicas.

14.3- Megatextura

Textura cujo comprimento de onda é da mesma ordem de grandeza que a interface pneu/pavimento. É comumente definida como irregularidade, defeitos ou ondulação do pavimento ($\lambda=50$ a 500mm; $A = 0,1$ a 50mm).

14.4- Irregularidade

Pavimentos nos quais se verifiquem comprimentos de onda superiores ao limite acima definido (500mm) denominam-se irregulares.

Atendendo a que a irregularidade dos pavimentos aeronáuticos é um dos critérios para o qual estão definidos limites máximos no Anexo 14 à Convenção de Chicago, este parâmetro deve ser pormenorizado num ponto específico.

A Figura 5 ilustra os três níveis de textura e também o conceito de pavimento irregular.

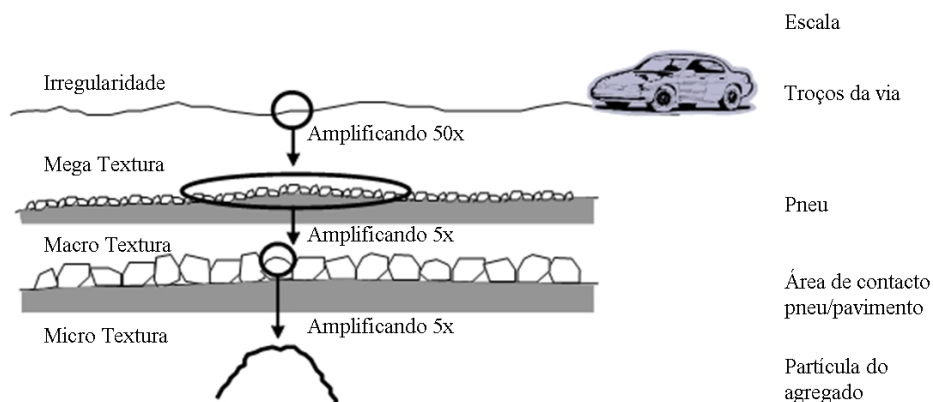


Figura 5 - Intervalos de textura

15 - Medição da textura

15.1- Obrigatoriedade

A medição da microtextura não é possível, na medida em que não existe uma forma direta de o fazer, contudo salienta-se a importância desta característica para que as superfícies tenham atrito. A degradação da microtextura, causada quer pelo tráfego quer pelos agentes atmosféricos, pode acontecer num espaço de tempo muito inferior ao da degradação da macrotextura devida aos mesmos fenómenos. Uma forma de inferir sobre esta propriedade consiste na realização das medições do coeficiente de atrito a mais do que uma velocidade, daí que seja indispensável a realização dessas medições a duas velocidades distintas, 65 e 95km/h. Serão as medições à velocidade mais elevada, 95km/h, que permitirão inferir sobre a microtextura.

A macrotextura tem formas diretas de medição. Há também uma forma indireta de medição, através dos resultados das medições do coeficiente de atrito a velocidades mais reduzidas, muito embora esses valores também sejam dependentes da contaminação e da drenagem da superfície. Assim, é necessária a medição direta desse valor, podendo recorrer-se à técnica volumétrica da mancha.

15.2- Periodicidade

- i) Desejavelmente, devem ser conduzidos ensaios de técnica volumétrica da mancha de pistas que entrem em serviço, pela primeira vez e sempre que sejam repavimentadas. A

macrotextura de pistas novas ou repavimentadas, deve ser medida para verificar em que medida é que os objetivos de projeto foram ou não atingidos;

ii) Sempre que sejam realizadas operações de limpeza da pista, é desejável que se faça a avaliação da macrotextura após a limpeza, para avaliar os resultados da mesma e para garantir que os valores são adequados;

iii) Sempre que se coloquem dúvidas, devidamente fundamentadas, quanto à textura da pista, é desejável que se realizem campanhas de avaliação deste parâmetro (macro ou micro ou ambos);

15.3- Metodologia

A metodologia a utilizar para medir a macrotextura é a condução de ensaios de técnica volumétrica da mancha. A medição da microtextura não deve ser feita por um processo direto, contudo, salienta-se que os resultados obtidos através dos ensaios de Pêndulo Britânico podem, de uma forma indireta e qualitativa, classificar a microtextura. Complementarmente, a realização das avaliações do coeficiente de atrito a duas velocidades distintas, conjuntamente com as avaliações da macrotextura, permitirão inferir sobre a condição da microtextura. A avaliação do coeficiente de atrito a velocidades mais baixas (65km/h) permite tirar conclusões sobre a macrotextura, a contaminação e a drenagem. A avaliação do coeficiente de atrito a velocidades mais elevadas (95km/h) permite tirar conclusões sobre a microtextura.

a) Técnica volumétrica da mancha

É um método volumétrico para a determinação da macrotextura. Consiste no espalhamento circular de um volume pré definido de uma areia normalizada, ou de microesferas de vidro, no pavimento previamente limpo. A areia é espalhada com a ajuda de um disco normalizado, com uma superfície de espalhamento em borracha dura. Após o perfeito espalhamento da areia medem-se quatro diâmetros igualmente espaçados ao longo da circunferência, com os quais se calcula um diâmetro médio para esse ponto, ao qual se chamará D. A profundidade média da macrotextura, em milímetros [mm], MDT (“*Mean Texture Depth*”), calcula-se através da expressão:

$$M = \frac{4 \times V}{\pi \times D^2} \text{ [mm]} \text{ (eq.3)}$$

Na qual V é o volume de material espalhado (volume interno da proveta), em milímetros cúbicos [mm³] e D é o diâmetro médio da área coberta pelo material, em milímetros [mm].

Este método e respetivos procedimentos são os estabelecidos na norma europeia EN 13036-1, 2001, que deve ser adotada.

Para a caracterização da macrorugosidade de cada ponto, o operador (sempre o mesmo) deve repetir o ensaio em, pelo menos, quatro locais aleatoriamente distribuídos na envolvente desse ponto. A média aritmética dos valores individuais deve ser considerada como a profundidade média da macrotextura da superfície do pavimento ensaiada.

16 - Níveis de textura

16.1- Intervalos

Os intervalos de dimensão da textura serão os da Tabela 4:

Tabela 4 - Intervalos de textura

Domínio	Intervalos de dimensões	
	Horizontal	Vertical
Microtextura	0-0,5mm	0-0,2mm
Macrotextura	0,5mm – 50mm	0,2m – 10mm
Megatextura	50mm – 500mm	1mm - 50mm
Irregularidade	0,5m – 50m	1mm – 20cm

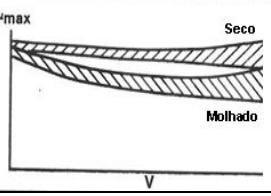
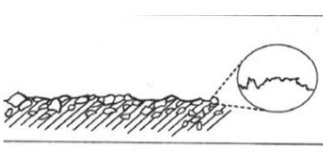
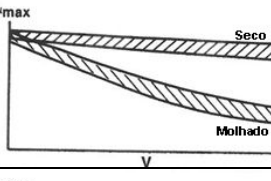
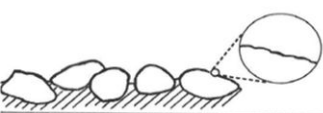
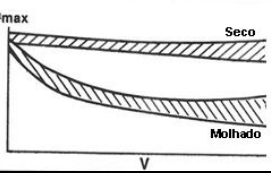
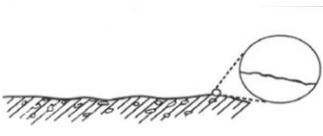
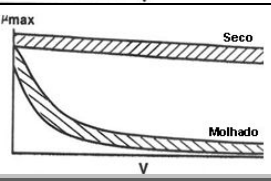
16.2- Níveis

Em superfícies novas, pistas novas ou repavimentadas, os pavimentos devem ter uma macrotextura não inferior a 1mm. A macrotextura também deve ser convenientemente estudada, uma vez que valores maiores de macrotextura podem conduzir a uma degradação do pavimento mais precoce e também exigirá maior manutenção.

a. Classificação

A classificação relativamente à textura de uma superfície deve ser feita relativamente às suas duas componentes, macro e micro, de acordo com o seguinte:

Quadro 2- Classificação relativamente à textura

Micro-textura	Macro-textura	Superfície	Textura	Coefficiente atrito vs textura
Rugosa	Aberta		Rugosa e Aberta	
	Fechada		Rugosa e Fechada	
Polida ou Lisa	Aberta		Polida e Aberta	
	Fechada		Polida e Fechada	

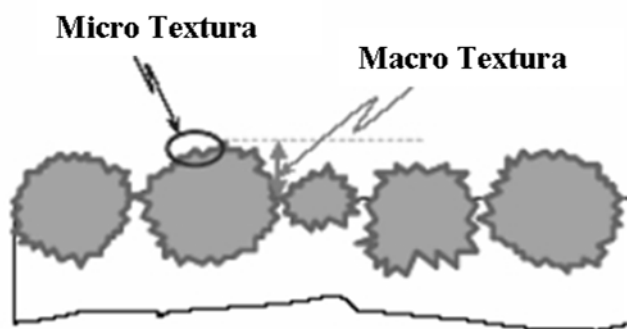


Figura 6 - Micro e macrotextura

De acordo com o parâmetro da profundidade da macrotextura - MTD, obtido através do ensaio da técnica volumétrica da mancha, é possível a classificação da macrotextura de acordo com o disposto na Tabela 5:

Tabela 5 - Classificação da macrotextura

Profundidade da macrotextura HS	Classificação da macrotextura
MTD < 0,25mm	Muito fechada
0,25mm < MTD < 0,40mm	Fechada
0,40mm < MTD < 0,76mm	Medianamente fechada
0,76mm < MTD < 1,14mm	Medianamente aberta
1,14mm < MTD < 1,20mm	Aberta
MTD > 1,20mm	Muito aberta

Quanto à microtextura deve observar-se o disposto no ponto referente à medição do atrito pontual.

b. IFI

O “*International Friction Index*” (IFI) é um índice constituído por dois parâmetros: atrito e a textura. Resultou de uma experiência internacional, realizada em 1992 pela “*Permanente International Association of Road Congress*” (PIARC), para comparação e harmonização dos valores obtidos com os vários equipamentos de medição de atrito e a diferentes velocidades.

Essa experiência recorreu à utilização de 51 equipamentos e dela resultou um banco de dados com mais de 15000 valores numéricos, relativos a distintos tipos de superfície de pavimento, os quais foram utilizados para a criação de uma escala comum de quantificação da aderência em pavimentos molhados.

O IFI representa-se por um par de valores (Sp; F60) no qual F60 é a estimativa do coeficiente de atrito com uma velocidade de ensaio de 60km/h e o Sp é o “*Speed number*” ou constante de velocidade, que traduz a dependência do atrito relativamente à velocidade no pavimento molhado, o qual tem uma forte correlação com a textura. A metodologia para cálculo deste índice é a definida na norma ASTM E-1960, de 2003.

Primeiro terá que ser calculado o valor de Sp e só depois pode calcular-se o valor de F60. Para a obtenção do Sp recorrer-se-á à equação 4:

$$S_p = a + b \times T_x \text{ (eq. 4)}$$



Na qual a e b são constantes dependentes do método utilizado, no caso do ensaio da técnica volumétrica da mancha: $a=-11,6$ e $b=113,6$ e T_x é o valor da altura média da rugosidade em mm, ou seja MTD.

Para o cálculo de F_{60} é necessário o cálculo de $FR(60)$ que é o valor ajustado de atrito para a velocidade de 60km/h, com recurso à formula da equação 5:

$$F(60) = FR(60) \times e^{(S_{60})/S_p} \quad (\text{eq. 5})$$

Onde $FR(S)$ é o valor medido com o ensaio do Pêndulo Britânico – BPN e S_p o valor anteriormente obtido.

Seguidamente o valor do Número de Atrito IFI, $F(60)$ (*friction number*) é dado pela expressão da equação 6:

$$F(60) = A + B \times F(60) + C \times R_x \quad (\text{eq. 6})$$

Na qual A , B e C são constantes que dependem do método utilizado. (No caso do ensaio do Pêndulo Britânico os seus valores são: $A=0,056$; $B=0,008$ e $C=0,0$).

Após a definição do par de valores S_p e $F(60)$ é possível a obtenção do valor de F para qualquer velocidade S , com recurso à equação 7:

$$F(S) = F(60) \times e^{(S-60)/S_p} \quad (\text{eq.7})$$

Alternativamente, poder-se-á apresentar o IFI como um par ordenado $(S_p, F(60))$, onde S_p dá uma ideia da macrotextura e $F(60)$ dá uma ideia da contribuição combinada da microtextura e macrotextura.

O modelo IFI descreve o atrito experienciado por um piloto durante uma travagem de emergência (desde o bloqueio até à paragem da roda), sem recurso a ABS.

Assim, propõe-se uma classificação do IFI (a 60km/h) segundo intervalos, conforme mostrado na Tabela 6, onde o índice de atrito é composto por meio de medições com aparelhagem portátil.



Tabela 6 - Valores de IFI a 60km/h

Valores de IFI a 60km/h		
Péssimo	< 0,05	
Muito Mau	0,06	0,08
Mau	0,09	0,11
Regular	0,12	0,14
Bom	0,15	0,21
Muito Bom	0,22	0,35
Ótimo	> 0,35	

A determinação do IFI é de carácter opcional.

17 - Ensaios de medição de textura

17.1- Competência dos operadores de equipamentos de medição de atrito

O sucesso da medição da textura, ou seja, a capacidade de as medições originarem dados fidedignos depende fortemente do pessoal que é responsável pela condução dos ensaios. Todos os operadores devem ser treinados e competentes no que diz respeito à operação e manutenção do equipamento, ser conhecedores das normas e estarem conscientes dos fatores críticos que afetam a exatidão das medições. O treino/instrução pode ser efetuado durante o decurso das campanhas de medição, desde que existam medidas adequadas para assegurar que os resultados das mesmas são válidos, nomeadamente se houver acompanhamento por parte de pessoal treinado e/ou com experiência. Se forem realizadas medições adicionais que visem exclusivamente o treino ou a manutenção das competências dos operadores, os resultados delas advenientes podem ser incluídos nos resultados da campanha se os valores se encontrarem em conformidade, tendo por referência as tabelas anteriores.

Quando a campanha de medição da textura for contratada a uma entidade externa recomenda-se que o operador do aeródromo verifique se a competência e experiência dos operadores na condução dos ensaios corresponde aos critérios desejados. Excetuam-se da anterior situação casos nos quais a empresa contratada seja certificada e preferencialmente acreditada no âmbito do Sistema Português da Qualidade (SPQ) e tenha competência própria para o efeito.



17.2- Materiais e equipamentos

Os materiais e equipamentos a utilizar no ensaio e suas condições devem ser os definidos na norma europeia EN 13036-1 de 2001, relativa à avaliação da profundidade da macrotextura da superfície de um pavimento por recurso à técnica volumétrica da mancha.

17.3- Condições

Antes da realização do ensaio o pavimento deve ser inspecionado e deve ser escolhida uma área seca, homogénea e sem a presença de caraterísticas pontuais, tais como fendilhações ou juntas. Deve ter-se especial atenção na interpretação dos resultados, caso o método seja aplicado sobre superfícies porosas (muito abertas) ou ranhuradas com profundidades consideráveis.

17.4- Procedimentos

A determinação da macrotextura deve ser feita de acordo com a norma europeia EN 13036-1 de 2001, referente à técnica volumétrica da mancha.

Dever-se-ão avaliar as seguintes zonas:

- i) De toque (a uma distância fixa da soleira que varia consoante o código de referência), nas imediações do eixo;
- ii) Nos primeiros 150m após a soleira (para caraterização do pavimento do início da corrida à descolagem, de ambos os lados) nas imediações do eixo;
- iii) No centro da pista, nas imediações do eixo;
- iv) Sobre as marcas de distância fixa “*Aiming point*”, caso existam;
- v) Em locais onde pontualmente se tenham verificado diferenças aquando da realização de ensaios de avaliação de coeficiente de atrito em contínuo ou sobre os quais existam dúvidas acerca do atrito.

17.5- Registos

O operador do aeródromo, através de procedimentos por si elaborados, assegura que todos os registos pertinentes, de todas as avaliações de macro e microtextura da superfície da pista, são realizados e guardados por um período de, pelo menos, 24 meses a partir da data da avaliação.

Os itens a registar em cada avaliação, para a produção de um relatório, o qual deve ser disponibilizado sob pedido do INAC, I.P., são os seguintes:



- Nome do aeródromo e código de referência do aeródromo;
- Data e hora da avaliação;
- Nome do operador do equipamento de medição;
- Designação da pista avaliada;
- Localização e identificação do local:
- Distância à origem da pista;
- Distância ao eixo da pista e lado do eixo;
- Volume de material utilizado para cada avaliação, em milímetros cúbicos;
- Número de testes efetuados;
- Diâmetro médio coberto por material, D em milímetros, para cada teste;
- Profundidade da textura da superfície, MTD, em milímetros, de cada teste;
- Valores médios de MTD, em milímetros, por zona;
- Valor médio de MTD, em milímetros, de toda a pista;
- Registo das temperaturas: ambiente e do pavimento;
- Registo fotográfico de cada zona avaliada.

Complementarmente, caso os valores obtidos ditem a necessidade de operações de manutenção, devem ser registados: o local, a extensão de manifestação da patologia, os métodos empregues e os resultados.

18 - Avaliação de resultados

18.1- Generalidades

O operador de aeródromo utiliza eficazmente os dados das avaliações produzidas e age em conformidade de forma a garantir a boa condição dos pavimentos aeronáuticos.

18.2- Ações a desenvolver

Relativamente à profundidade média da macrotextura (MTD) de cada zona medida (de toque; de corrida à descolagem; fim de pista), é recomendado :

- i) $MTD < 1,14\text{mm}$ – Conduzir ensaios de técnica volumétrica quando obrigatório;
- ii) $0,40\text{mm} < MTD < 0,76\text{mm}$ – Ativar um plano de manutenção que permita a correção dos valores da macrotextura, a qual deve estar conforme num prazo não superior a um ano;



iii) $MTD < 0,25\text{mm}$ – Corrigir o problema da macrotextura num prazo máximo de 2 meses.

a. Corretivas

As ações corretivas, no caso de se verificar que a profundidade da macrotextura é insuficiente, incidem sobre os locais afetados e passam por operações de limpeza e/ou texturização do pavimento, de forma a obter valores da macrotextura superiores a 0,76mm.

b. Novas medições

Após terem sido levadas a efeito e terminadas as medidas preconizadas pelas ações corretivas, o operador do aeródromo conduz novas campanhas de medição da textura para aferir o sucesso das mesmas e para garantir a conformidade da superfície da pista relativamente a este critério.

19 - Publicação de valores

Os valores de textura apenas devem constar apenas dos registos destinados aos responsáveis pela manutenção, não se destinando a publicação em sede de informação aeronáutica.

20 - Texturização

20.1- Generalidades

Os pavimentos aeronáuticos, para o desenvolvimento cabal das suas funções, devem ter uma textura superficial adequada. Esta textura, para além de ser fundamental para a garantia das condições de contacto pneu pavimento, confere ainda uma espécie de microdrenagem, a qual, muito embora não expulse a água do pavimento, é responsável pela quebra da película de água à superfície dos pavimentos, minimizando assim a probabilidade de ocorrência de aquaplanagem, que é um fenómeno preocupante, uma vez que as gamas de velocidades a que esta ocorre são da mesma ordem de grandeza das velocidades praticadas pelas aeronaves nas suas manobras de aterragem e corrida à descolagem.

Quando a formulação da mistura não permite a obtenção de uma textura adequada esta poder-lhe-á ser conferida durante a construção ou até mesmo após a entrada em serviço do pavimento,



com recurso a meios mecânicos ou químicos. No entanto, há que estudar criteriosamente estas medidas para dotação de textura, uma vez que das mesmas podem resultar alguns fatores de incomodidade, tais como: excesso de ruído; aumento da irregularidade superficial; aumento do desgaste dos pneus; aumento do desgaste superficial dos pavimentos (mais grave nos pavimentos rígidos).

No caso das pistas, nas quais são importantes as características do coeficiente de atrito no sentido longitudinal, que é o sentido do movimento das aeronaves, a texturização mais eficiente é a transversal. As ranhuras ou texturização transversal promovem caminhos perpendiculares à direção do tráfego para expulsão da água do pavimento e para a “quebra” das lâminas de água, complementando assim a inclinação transversal que é conferida ao pavimento para efeitos de drenagem de água da plataforma. Para além disso, a ranhuração do pavimento ainda promove a redução da aspersão de água e a redução da reflexão da luz no pavimento durante o período noturno.

20.2- Processos aplicáveis durante a construção

a) Textura de carpete de relva sintética

Para obtenção deste tipo de textura acopla-se uma faixa de relva sintética a um equipamento que tenha a capacidade de controlo do tempo e da taxa de texturização. Esta faixa deve ter 60m de largura e deve ser movida longitudinalmente em relação à direção de execução, então no caso da texturização ser transversal à pista que é a que se faz, a faixa deve ser movida no sentido da largura da pista. A textura produzida deve ser profunda e uniforme, pelo que o peso da relva sintética deve ser adequado. A título de exemplo, um material adequado pode ser uma faixa de polietileno com lâminas de relva de 22cm de comprimento com cerca de 7750 lâminas por cm².

b) Texturização transversal com fios duros

Texturização realizada com uma única passagem de um equipamento de texturização de operação mecânica transversal à pista ou seja no sentido da largura da pista. O equipamento consiste num pente de fios metálicos, ligeiramente flexíveis, com espaçamentos entre fios entre 13mm e 25mm. Espaçamentos menores conduzem ao lasqueamento prematuro do pavimento e espaçamentos maiores ao aumento do ruído produzido no rolamento dos pneus sobre o pavimento (o que na aviação é um fator de menor importância uma vez que o ruído dos motores é muito superior). A

largura da estria deve ser de 3mm. Este processo aplica-se enquanto o betão está fresco, de forma a obter profundidades entre os 3mm e no máximo 6,5mm.

c) Texturização transversal por varrimento com vassoura mecânica

Texturização realizada com um equipamento de operação mecânica, dotado de uma vassoura texturizadora que se move em vaivém transversal à pista. A vassoura consiste num conjunto de fileiras múltiplas de pelos duros capazes de produzir estrias com profundidades entre os 1,5mm e os 3mm no betão fresco. As estrias resultantes têm uma aparência uniforme, com espaçamentos iguais à profundidade e transversais em relação ao eixo da pista.

d) Texturização transversal com fios duros precedida por texturização longitudinal com relva sintética

Recomendada para vias de alta velocidade, pelo que também é adequada para pistas. A texturização transversal proporciona um padrão de drenagem melhor e uma melhoria da resistência inicial à derrapagem devido aos sulcos profundos, bem como uma melhoria de controlo direcional conferida pela passagem longitudinal inicial da relva sintética.

e) Outros processos

Existem ainda outros processos de texturização, tais como: varrimento com vassoura mecânica transversal com pente de fios flexíveis; varrimento manual com vassoura de piaçaba ou com vassoura de fios duros, texturização transversal com tubo cilíndrico metálico dotado de saliências; arrastamento de serapilheira no betão fresco, que podem ser utilizados ainda que com menor eficiência dos resultados.

f) Resultados

Avaliações do coeficiente de atrito realizados a diferentes velocidades em pavimentos texturizados demonstraram que os melhores resultados, segundo o método de texturização, foram por ordem decrescente de eficiência:

- 1º. Texturização transversal com pente de fios duros precedida por texturização longitudinal com relva sintética;
- 2º. Texturização transversal com pente de fios duros;



- 3°. Texturização transversal com pente de fios flexíveis;
- 4°. Texturização transversal com vassoura de fios duros;
- 5°. Texturização transversal com vassoura de fios flexíveis;
- 6°. Texturização transversal com tubo cilíndrico metálico dotado de saliências;
- 7°. Texturização transversal com vassoura de piaçaba;
- 8°. Texturização longitudinal com pente de fios duros;
- 9°. Texturização longitudinal com carpete de relva sintética ou de serapilheira;
- 10°. Texturização por varrimento com vassoura mecânica longitudinal.

20.3- Processos aplicáveis a pavimentos em serviço

No caso de pavimentos já existentes, é essencial a auscultação do pavimento antes da consideração de qualquer um dos métodos que seguidamente se apresentam. Dependendo do método selecionado e da condição do pavimento, pode ser necessário um reperfilamento do pavimento existente.

a) Ranhuragem “*Grooving*”

A ranhuragem é um processo eficaz de melhoramento da textura dos pavimentos (rígidos e flexíveis) e consequentemente das condições de travagem nas pistas. Este método também pode ser utilizado aquando da construção de pavimentos rígidos novos.

O processo de corte do pavimento com disco resulta na obtenção de ranhuras alinhadas e de profundidades e larguras uniformes. Este é o método mais eficaz para a redução da película de água à superfície dos pavimentos, no entanto, especialmente no caso de pavimentos compostos por agregados duros, torna-se bastante dispendioso.

Para a justificação da adoção deste processo devem ser tidos em consideração os seguintes fatores:

1. Estatística de acidentes/incidentes relacionados com o fenómeno de hidroplanagem;
2. Pavimentos molhados (percentagem de dias de chuva, no ano e intensidade da mesma);



3. Inclinações transversais e longitudinais, presença de zonas planas, depressões ou outras irregularidades que possam debilitar a drenagem;
4. Textura da superfície do pavimento (polimento do agregado; deficientes micro ou macrotexturas; pavimentos contaminados);
5. Limitações do terreno envolvente;
6. Adequabilidade do número de pistas e dos seus comprimentos ao tráfego;
7. Efeitos dos ventos cruzados, especialmente quando associados a baixos níveis de coeficiente de atrito;
8. Capacidade estrutural e a condição dos pavimentos

Os pavimentos devem ser auscultados antes da realização da ranhuragem. Terá que garantir-se que os mesmos são densos, estáveis e bem compactados, não se podendo aplicar em superfícies que apresentem desagregação, nem em pavimentos rígidos fraturados. Em pavimentos nos quais a relação entre a inclinação longitudinal e a transversal seja tal que a água escorra ao longo da pista e não transversalmente, assim como em depressões do pavimento, também não se deve recorrer à ranhuragem.

Os projetos de ranhuragem devem respeitar 3 parâmetros: profundidade; largura e espaçamento entre ranhuras. Os critérios recomendados pelo INAC, I.P. são os seguintes:

- a. Configuração das ranhuras: profundidade igual a 6mm ($\pm 1,6$ mm); largura igual a 6mm (+1,6mm, -0mm) e espaçamento (de centro de ranhura a centro de ranhura) igual a 38mm (-3mm, +0mm);
- b. A profundidade de 60% ou mais das ranhuras não deve ser inferior a 6mm;
- c. As ranhuras devem ser contínuas em toda a extensão da pista e perpendiculares à direção do movimento, ou seja as ranhuras devem ser transversais, feitas no sentido da largura da pista;
- d. As ranhuras devem ser interrompidas a 3m do bordo do pavimento de forma a permitir a traficabilidade do equipamento de ranhuragem;



- e. As ranhuras não devem ter variações longitudinais superiores a 8cm por cada 23m ao longo de toda a extensão da pista, sendo permitidos realinhamentos de 150 em 150m;
- f. Em pavimentos rígidos as ranhuras não devem estar situadas nem a menos de 8cm, nem a mais de 23cm das juntas transversais, podendo continuar ao longo das juntas longitudinais;
- g. Em locais onde existam cabos de iluminação a ranhuração longitudinal ou diagonal aos locais onde estes se encontram deve ser evitada, podendo as ranhuras ser mantidas sobre as juntas de construção longitudinais;
- h. Nas imediações das armaduras de iluminação e de passagem de cabos deve ter-se um cuidado extremo no processo de ranhuração. As ranhuras não devem situar-se nem a menos de 15cm nem a mais de 46cm das armaduras de iluminação.

Durante o processo da ranhuração do pavimento devem ser tidos especiais cuidados na limpeza do pavimento e na remoção do material sobranete.

A limpeza deve ser efetuada permanentemente ao longo de todo o processo de ranhuração do pavimento e os materiais sobranetes devem ser convenientemente lavados, varridos ou aspirados da superfície da pista. Os resíduos resultantes não podem ser depositados nos dispositivos de drenagem nem na faixa da pista. Estes materiais são *debris* e por isso a sua presença na pista ou na faixa constitui um perigo potencial elevado para as aeronaves.

Na presença de cruzamentos de pistas a escolha da pista a ranhurar deve ser feita com bases nos aspetos relacionados com a drenagem. Assim, a ranhuração far-se-á de modo a que as ranhuras estejam o mais alinhadas possível com a maior inclinação transversal do cruzamento. Complementarmente, também podem ser considerados aspetos relacionados com a pista que permite maiores velocidades de circulação das aeronaves; pistas nas quais o cruzamento se situe na zona de toque; ou após a realização de estudos de avaliação de risco.

A experiência tem demonstrado que a ranhuração não contribui para o aumento da deterioração dos pavimentos de betão betuminoso e não afeta significativamente a condição dos pavimentos em betão de cimento.



b) Ranhuragem à percussão

É um método alternativo (e mais económico) à ranhuragem com serras de disco, que utiliza cabeças de corte pentagonais ou em forma de estrela, que suavizam as arestas das ranhuras. As características da secção de corte e do espaçamento das ranhuras serão consideradas em função da chuvada local e das inclinações na pista. Em betão de cimento os afastamentos entre ranhuras variam entre os 42mm e os 48mm, em betão betuminoso entre 42mm e 56mm, podendo estes valores decrescer caso as condições locais assim o determinem. Também se podem adotar maiores afastamentos entre as ranhuras, por exemplo nos topos das pistas, onde as aeronaves alinham.

Como referência, para betão betuminoso adota-se a relação de largura/profundidade/afastamento de 9/3/58mm; para betão de cimento de 10/3/27mm.

As condições de aplicação e o modo de execução são análogas às descritas para a ranhuragem com serras de disco.

c) Escovagem

A escovagem é um método para melhoramento da textura de pavimentos rígidos que consiste numa única passagem de um cilindro revestido por lâminas de serras de corte. Em cada troço de 30cm de largura do cilindro, no mínimo, devem estar incorporadas 50 lâminas circulares de diamante. O cilindro faz parte de um equipamento motorizado de rodas múltiplas, o qual permite uma profundidade de escovagem uniforme.

O método apenas é aplicável caso o pavimento esteja isento de irregularidades, patologias de juntas ou fragmentação.

Este método deve ser aplicado previamente em troços experimentais para determinar a profundidade da textura a conferir, na medida em que esta é função do tipo de betão. É um método que gera muitas poeiras pelo que posteriormente há necessidade de varrer e lavar o pavimento.

d) Decapagem mecânica

i. Granalhagem



A granalhagem é um processo destinado a melhorar as condições de aderência de pavimentos aeronáuticos através do aumento do atrito pneu/pavimento com ação simultânea na micro e na macrotextura. Este processo recorre a um camião em cuja parte dianteira dispõe de um dispositivo que projeta granalha de aço (esferas de aço com 1 a 2mm de diâmetro) contra o pavimento. A granalhadora funciona sobre circuito fechado o que permite a recuperação total da granalha e a aspiração dos resíduos resultantes da decapagem do pavimento, os quais são armazenados no interior do camião para depois serem levados a vazadouro.

A velocidade de passagem do camião e o número de passagens é determinante nos resultados do processo, sendo que a agressividade varia numa razão inversamente proporcional à velocidade de circulação. Assim, a velocidade deve ser ajustada de acordo com os resultados pretendidos. Em altas velocidades atua sobre a microtextura, nomeadamente através da limpeza que promove, provocando a desintegração das partículas, tais como borracha, lamas, gorduras e outros contaminantes que se vão acumulando à superfície dos pavimentos. Em velocidades mais reduzidas atua sobre a macrotextura. Este processo também pode ser utilizado a baixas velocidades, para a remoção de pinturas.

A flexibilidade do processo permite a realização de intervenções direcionadas e à medida das necessidades, permitindo a possibilidade da conservação da sinalização horizontal caso se pretenda, ou, caso não existam problemas estruturais, a adoção do processo tantas vezes quantas necessárias.

ii. Equipamento de jato de água de precisão

O recurso ao equipamento de jato de água de precisão é um processo destinado a melhorar as condições de aderência de pavimentos aeronáuticos através do aumento do atrito pneu/pavimento. Este processo recorre a um camião em cuja parte dianteira dispõe de um dispositivo de aspersores de água a elevada pressão, que projetam a água (proveniente de uma cisterna também acoplada ao camião) no pavimento. Posteriormente, a água e os detritos resultantes do processo são aspirados por um dispositivo de que o camião também dispõe. Este processo também pode ser utilizado para a remoção de pinturas do pavimento.



Este equipamento pode ser utilizado em qualquer tipo de superfície (mesmo nos pavimentos com ranhuragem e escovagem) e a sua fraca agressividade permite a realização de intervenções tantas vezes quantas necessárias, caso não se verifique a existência de outro tipo de patologias.

e) Decapagem química

Refere-se ao processo de obtenção das características de aderência da superfície do pavimento pela técnica da decapagem química. Este processo permite garantir para o tráfego uma adequada aderência, através de um tratamento da superfície, realçando a fração grossa do agregado, que terá que ser de elevada qualidade no que se refere à dureza e ao polimento acelerado.

f) Revestimentos

Os revestimentos são camadas de desgaste delgadas que se destinam a conferir textura, de forma a aumentar os valores do coeficiente de atrito. Estas camadas de desgaste apenas podem ser aplicadas sobre pavimentos flexíveis.

i. Incrustações

Refere-se ao processo de obtenção das características de aderência da superfície do pavimento por encastramento de gravilhas duras, executando-se procedendo ao espalhamento de uma ou mais camadas de aglutinante betuminoso (betume ou emulsão betuminosa), espalhando seguidamente agregado grosso e/ou fino que é cilindrado de modo a ficar incrustado no ligante. Para este tipo de revestimentos devem ser utilizados betumes tipo 160/220 ou emulsões catiónicas de rotura rápida, ECR-3 (APORBET, 1998). Os valores do coeficiente de atrito obtidos com recurso a este método terão uma longevidade não superior a cinco anos.

Estes revestimentos não devem ser utilizados nos topos das pistas, em virtude das manobras de início à descolagem e de viragem poderem dar origem a derrames, a sobreaquecimento do betuminoso e a precipitação da desagregação decorrente do “*jet-blast*”.

ii. Lama asfáltica “*slurry-seal*”

As lamas asfálticas fabricam-se, normalmente, a frio com emulsões betuminosas de rotura controlada e agregados finos. As espessuras deste tipo de revestimento não devem ultrapassar os 2cm de espessura final. Para além da rugosidade que conferem à superfície, incrementando os



valores do coeficiente de atrito, servem também para a colmatação de fissuras. Esta técnica também se destaca pela facilidade de espalhamento e pelo elevado rendimento.

Face às parcas espessuras deste tipo de revestimentos é essencial que estas camadas tenham boa resistência ao desgaste. A dosagem das lamas deve ser determinada em função de ensaios laboratoriais de abrasão por via húmida (APORBET, 1998).

iii. Camada drenante

O revestimento de pavimentos com camadas drenantes consiste na aplicação de camadas elaboradas com misturas de composição granulométrica aberta. Para além de proporcionarem macrotexturas abertas também resultam em camadas com elevados índices de vazios que permitem a percolação da água, contribuindo para a diminuição da probabilidade de ocorrência de hidroplanagem. Caso a manutenção deste tipo de camadas seja adequada, os benefícios associados a este tipo de revestimento podem manter-se por períodos longos de tempo.

Este tipo de revestimento apenas pode ser executado em pavimentos com parâmetros de regularidade equivalentes a pistas novas, ou reperfiladas e sobre camadas de pavimento estáveis e com macrotextura fechada (betuminosos densos), para garantir a expulsão adequada da água.

Não é recomendável a realização deste tipo de revestimentos nos topos das pistas uma vez que este tipo de camadas é mais sensível à erosão provocada pelos derrames de óleos e combustíveis, pelo sobreaquecimento e pelo “*jet blast*”. É aconselhável que estes locais sejam em betuminosos densos ou alternativamente em betão de cimento ranhurado ou escovado.

CAPÍTULO IV

Irregularidade

21 - Definição de irregularidade

Entende-se por irregularidade o desvio da superfície da pista, em relação a um plano de referência, o qual afeta negativamente a circulação das aeronaves. Afeta a circulação quanto á suavidade, velocidade, estabilidade e segurança do movimento, contribuindo igualmente para a degradação precoce do pavimento.



Tabela 7 - Irregularidade

Irregularidade	
Horizontal	Vertical
0,5m – 50m	1mm – 20cm

22 - Tipos de irregularidade

A análise da irregularidade faz-se a duas dimensões, pois trata-se de avaliar a variação altimétrica de um perfil ao longo do seu desenvolvimento, não se determinando irregularidades pontuais, mas sim irregularidades ao longo de determinado intervalo.

Complementarmente, também importa relacionar a extensão da manifestação da irregularidade com a frequência de ocorrência das irregularidades. Assim, dever-se-ão distinguir irregularidades de elevados comprimentos de onda e frequências reduzidas (as quais potenciam o desconforto dos passageiros) de irregularidades de reduzidos comprimentos de onda mas com elevadas frequências de ocorrência (as quais causam vibrações e oscilações que, para além do desconforto provocado aos passageiros, aumentam as cargas dinâmicas e afetam os instrumentos das aeronaves).

É importante fazer a distinção entre a irregularidade da superfície relativamente ao sentido do movimento e assim ter-se-ão dois tipos de irregularidade: longitudinal e transversal, uma vez que as perturbações causadas às aeronaves pela falta de regularidade, num ou noutro sentido, têm diferentes níveis de severidade.

a) Irregularidade longitudinal

A irregularidade longitudinal é a falta de regularidade em relação ao sentido do percurso das aeronaves na pista, ou seja, é a não conformidade do perfil da superfície da pista no seu sentido longitudinal. E é neste sentido que a irregularidade assume maior importância uma vez que é neste sentido que ela mais influencia o conforto e a segurança da circulação.



b) Irregularidade transversal

A irregularidade transversal é a falta de regularidade de um perfil perpendicular relativamente ao sentido do percurso das aeronaves na pista, ou seja, é a não conformidade do perfil da superfície da pista no sentido transversal.

Os fenómenos associados à irregularidade transversal que suscitam maior preocupação são os assentamentos diferenciais do pavimento ao longo do tempo (fenómenos plásticos) e os cavados de rodeira resultantes do tráfego canalizado, ambos inaceitáveis em pavimentos aeronáuticos. Dada a escassa probabilidade de ocorrência destes fenómenos, em pavimentos aeronáuticos, não é primordial a medição deste parâmetro (irregularidade transversal).

No entanto, atendendo a que as deficiências do perfil transversal afetam o conforto e podem afetar a segurança das operações (especialmente no caso de pavimentos molhados), poder-se-á proceder à avaliação deste parâmetro para: aferir o ajuste das inclinações transversais às inclinações de projeto; procurar zonas de acumulação de água ou para a interpretação de fenómenos de assentamentos diferenciais ao longo do tempo ou deformações plásticas.

23 - Medição da irregularidade

23.1- Obrigatoriedade

O Anexo 14 à Convenção de Chicago, na especificação 10.2.2 obriga a que a manutenção das condições do pavimento seja tal que previna a formação de irregularidades. Complementarmente, no ponto 5 do *Attachment A*, o supracitado Anexo estabelece, de acordo com o comprimento do troço irregular, limites máximos permanentes e limites máximos temporários para as irregularidades verticais da superfície das pistas. Assim, e para a garantia de que estes valores não são excedidos é necessária a condução de campanhas de avaliação da irregularidade.

Normalmente, os operadores de transporte e trabalho aéreo não contabilizam o impacto da irregularidade nos custos de manutenção das aeronaves. Assim, afigura-se absolutamente desejável que os operadores dos aeródromos, de acordo com recomendações do INAC, I.P., avaliem este parâmetro e garantam que o mesmo está dentro dos limites que permitem que as operações de aeronaves se desenvolvam de uma forma segura e confortável para os passageiros.



23.2- Periodicidade

O fenómeno da irregularidade não é, normalmente, detetável. Como primeiro sintoma do problema costumam surgir as queixas dos pilotos. A irregularidade deve ser medida:

- i) No caso de pistas novas ou repavimentadas, para verificar em que medida é que os objetivos de projeto foram ou não atingidos;
- ii) Sempre que se coloquem dúvidas devidamente fundamentadas, quanto a este parâmetro;
- iii) Na presença de problemas de drenagem, com acumulação de água na pista,
- iv) Para obtenção, regular, de dados sobre a irregularidade, para garantia de que as suas características se mantêm dentro do aceitável;
- v) Em aeroportos, no mínimo, a cada 36 meses.

O acima disposto refere-se a medições da irregularidade longitudinal, sendo que a irregularidade transversal apenas deve ser medida no caso de pistas novas ou repavimentadas ou em casos de dúvida quanto à falta de regularidade transversal, desde que devidamente fundamentadas.

23.3- Equipamentos

A medição da irregularidade pode ser feita com recurso a diversos tipos de equipamento, desde os mais simples (nível e mira), passando pelos equipamentos de laser, aos equipamentos de medição em contínuo do tipo perfilógrafo inercial. Qualquer um deles é aceite desde que respeitados os números mínimos de valores a registar. Os equipamentos são:

- a. Nível e mira;
- b. *Dipstick*;
- c. Perfilómetros;
- d. *Road meter*;
- e. Perfilómetro inercial;
- f. Perfilómetro laser.

24 - Níveis de irregularidade

24.1- Níveis

São três os diferentes níveis de exigência relativamente à irregularidade: o valor de projeto; o valor máximo admissível e o valor máximo temporariamente admissível. O valor de projeto aplica-se apenas a superfícies de pistas novas ou repavimentadas, os outros a pistas que já estão



em serviço. Os valores máximos admitidos variam consoante a extensão do troço irregular e consoante o seu caráter de permanência no tempo, ou seja, consoante são temporários ou permanentes.

Não obstante a aceitação da irregularidade seja diferente consoante a aeronave e a velocidade, na generalidade, consideram-se aceitáveis irregularidades da ordem dos 2.5cm a 3cm em troços de 45m de extensão.

a. Projeto

A nível de projeto (superfícies novas ou repavimentadas) o critério de aceitação relativamente à irregularidade obriga a uma regularidade tal que permita que, quando apoiada numa régua de 3m, em qualquer local da pista e em qualquer direção, não se visualize nenhum desvio entre a base da régua e a superfície do pavimento, superior a 3mm. Excluem-se da aplicação deste critério: as zonas de transição da inclinação do perfil transversal (tais como o eixo no caso da pista ter duas águas, por exemplo) e as zonas de linhas de água na berma da pista.

b. Máximo admissível

É o máximo valor de irregularidade, segundo a extensão na qual se manifesta, que se admite para uma situação que perdure no tempo. Estes valores são os dispostos na Tabela 8.

c. Máximo temporariamente admissível

É o máximo valor de irregularidade, segundo a extensão na qual se manifesta, que se admite para uma situação temporária. Entendem-se como temporárias situações que não perdurem mais do que três meses. Estes valores são os dispostos na Tabela 8.

Tabela 8 -Níveis de irregularidade

	Extensão do troço irregular [m]								
	3	6	9	12	15	20	30	45	60
Máxima irregularidade vertical admitida [cm]	3	3.5	5	5	5.5	6	6.5	8	10
Máxima irregularidade vertical temporária [cm]	3.5	5.5	6.5	7.5	8	9	11	13	15

24.2- Índices

Internacionalmente existem índices para a quantificação da irregularidade, sendo eles o “*Present Serviceability Rating*” (PSR); o “*International Roughness Index*” (IRI) e o “*Coefficient de Planéité 40*” (CP40), segundo os quais, opcional e complementarmente, o Operador do Aeródromo pode classificar os seus pavimentos aeronáuticos.

a. PSR

É um conceito de qualidade do pavimento que foi definido pela “*American Association of State Highway Officials*” (AASHO). Este conceito expressa o que os utilizadores pensam do pavimento. Os utilizadores percorrem a via e classificam a qualidade da via usando uma escala quantitativa expressa na Figura 7. Este conceito de qualidade do pavimento, na generalidade, reflete muito bem a irregularidade, na medida em que a irregularidade é fortemente determinante e afeta o conforto da circulação, que é aquilo que os utilizadores avaliam com a aplicação do método.

Acceptable?		5	Very Good
Yes	☐	4	Good
No	☐	3	Fair
Undecided	☐	2	Poor
		1	Very Poor
		0	

Section Identification _____	Rating _____
Rater _____ Date _____ Time _____	Vehicle _____

Figura 7 - Boletim de avaliação PSR

b. IRI

É um conceito sobre a irregularidade que foi definido pelo Banco Mundial nos anos 80. O IRI define as características do perfil longitudinal quando percorrido por uma roda, consistindo num quociente entre a irregularidade e a distância percorrida e expressa-se em [m/km] ou em [mm/m].

Para o cálculo do valor do IRI recorre-se a um modelo “*quarter-car*”, o qual assenta em algumas simplificações: a consideração do pneu do veículo como uma mola; a consideração do eixo como

uma massa não suspensa, a consideração da suspensão como uma mola e um amortecedor em paralelo e a consideração do corpo do veículo como uma massa suspensa.

Após medição, com um perfilómetro laser, do perfil longitudinal, o mesmo é filtrado segundo médias móveis de 250m. É-lhe aplicado o modelo “*quarter-car*”, o qual simula a resposta da suspensão de um veículo ao longo do deslocamento sobre o pavimento e calculado o somatório dos deslocamentos entre a massa suspensa (corpo do veículo) e a massa não suspensa (eixo do veículo). Finalmente, são normalizados os valores dos deslocamentos por unidade de comprimento do perfil longitudinal, para a obtenção dos valores de IRI em m/km.

A escala do IRI (para aeródromos apenas admite um valor) é a apresentada na Figura 8. Este parâmetro apenas permite a deteção de irregularidades com comprimentos de onda curtos.

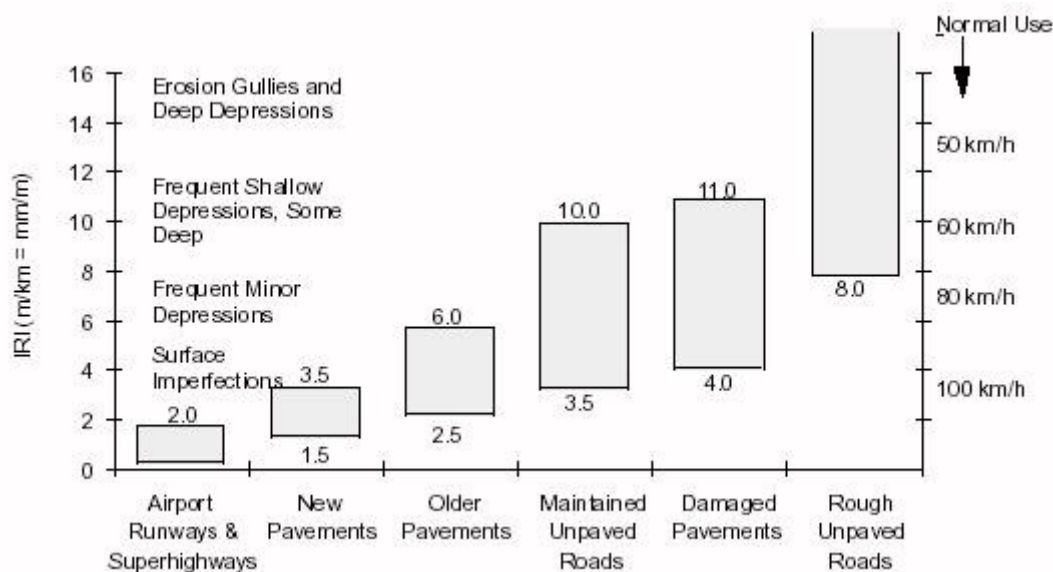


Figura 8 - Escala de IRI

c. CP40

O Coeficiente de Nivelamento 40, ou conforme o original “*Coefficient de Planéité*” 40 (CP40) é um parâmetro de avaliação da irregularidade utilizado na Bélgica, que permite a perceção de irregularidades com comprimentos de onda mais longos. Esta análise é importante na medida em que as irregularidades com comprimentos de onda mais longos são mais relevantes em pavimentos onde as velocidades de circulação são elevadas, que é o caso dos pavimentos aeronáuticos.



Após medição, com um perfilómetro laser, do perfil longitudinal, o mesmo é filtrado segundo médias móveis de 40m para obter a linha de referência (perfil filtrado). Seguidamente, é calculado o somatório das diferenças entre a linha de referência e o perfil original e, finalmente, é normalizado o somatório para a unidade de comprimento, que para o CP40 é $10^4 \text{ mm}^2/\text{km}$.

Para pistas novas o *Belgian Road Research Center* considera aceitável, para o valor de CP40, 160 CP.

d. Correlações

De entre várias correlações entre o PSR e o IRI decorrentes de estudos científicos, apresentam-se as definidas por Paterson (1986) e por Al-Omari e Darter (1992).

i) Correlação de Paterson

$$P = 58^{-0.1} (I R)^{0.8} \text{ (eq. 8)}$$

ii) Correlação de Al-Omari e Darter

$$P = 58^{-0.2} (I R)^{0.8} \text{ (eq. 9)}$$

25 - Ensaios de medição da irregularidade

25.1- Competência dos operadores dos equipamentos de medição

O sucesso da medição da irregularidade, ou seja, a capacidade das medições originarem dados fidedignos depende fortemente do pessoal que é responsável pela condução dos ensaios. Todos os operadores devem ser treinados e competentes no que diz respeito à operação e manutenção do equipamento, ser conhecedores do ensaio e estarem conscientes dos fatores críticos que afetam a exatidão das medições. O treino/instrução pode ser efetuado durante o decurso das campanhas de medição, desde que existam medidas adequadas para assegurar que os resultados das mesmas são válidos, nomeadamente se houver acompanhamento por parte de pessoal treinado e/ou com experiência. Se forem realizadas medições adicionais que visem exclusivamente o treino ou a manutenção das competências dos operadores, os resultados delas advenientes podem ser incluídos nos resultados da campanha se estiverem em conformidade com os valores constantes nos respetivos documentos técnicos publicados pela OACI.



Quando a campanha de medição da irregularidade for contratada a uma entidade externa é da responsabilidade do operador do aeródromo verificar se a competência e experiência dos operadores na condução dos ensaios corresponde aos critérios desejados. Excetuam-se da anterior situação casos nos quais a empresa contratada seja certificada e preferencialmente acreditada no âmbito do Sistema Português da Qualidade (SPQ) e tenha competência própria para o efeito.

25.2- Materiais e equipamentos

Os equipamentos a utilizar no ensaio e suas condições devem ser próprios para o efeito e devem estar devida e comprovadamente calibrados.

25.3- Condições

As condições de realização das medições devem ser as definidas pelo fabricante de cada equipamento em particular.

25.4- Procedimentos

- a. Em pistas novas as medições devem cobrir toda a pista. Recomenda-se a realização de medições ao longo de perfis longitudinais, ao longo de toda a extensão da pista, no mínimo:
 - i. Ao eixo da pista;
 - ii. A 3m do eixo, de cada lado da pista
E ainda, no caso da existência de tráfego misto de aeronaves (de fuselagem estreita e larga):
 - iii. A 5m do eixo da pista, também de ambos os lados.
- b. Na generalidade, os pilotos reportam quais os locais onde se manifesta a irregularidade. Sempre que houver dúvidas quanto a este parâmetro, as medições devem ser realizadas, ao longo dos alinhamentos acima definidos (eixo; 3 e 5m), mas apenas nos locais onde é reportada a irregularidade;
- c. O espaçamento longitudinal de cada medição não deve ser superior a 3m, ou seja, ao longo de cada alinhamento longitudinal deve medir-se o valor da irregularidade a cada 3m.



25.5- Registos

O operador do aeródromo, através de procedimentos por si elaborados, assegura que todos os registos pertinentes, de todas as avaliações de irregularidade da superfície da pista, são realizados e guardados por um período não inferior a 24 meses, contados a partir da data da avaliação.

Os itens a registar em cada avaliação, que devem ser fornecidos a pedido do INAC, I.P., são os seguintes:

- Nome do aeródromo e código de referência do aeródromo;
- Data e hora da avaliação;
- Nome do operador do equipamento de medição;
- Designação da pista avaliada;
- Localização e identificação do local:
- Distância à origem da pista;
- Distância ao eixo da pista e lado do eixo;
- Velocidade alvo à qual a corrida foi realizada;
- Comprimento da corrida;
- Condição da superfície e registo das temperaturas: ambiente e do pavimento;
- Maior valor de irregularidade e comprimento do troço na qual se manifesta;
- Valor médio da irregularidade por corrida por troços de 60m;
- Registo fotográfico de cada zona avaliada.

Complementarmente, caso os valores obtidos ditem a necessidade de operações de manutenção, devem ser registados: o local, a extensão, os métodos empregues e os resultados.

26 - Avaliação de resultados

26.1- Generalidades

Para a avaliação dos resultados obtidos nas campanhas de avaliação da irregularidade das pistas deve fazer-se a comparação dos resultados obtidos, em termos de valor médio por alinhamento longitudinal, com os valores máximos de irregularidade admitidos. Estes valores máximos são os da tabela 8. Também deverá ser apresentado o valor médio do IRI por alinhamento longitudinal, o qual deverá ser comparado com o valor máximo admissível, que segundo o exposto na Figura



8, é igual a 2mm/m. Posteriormente também poderá ser calculada a média de todos os alinhamentos e comparada com o valor máximo admissível.

26.2- Ações a desenvolver

Se os limites máximos forem excedidos, ou seja, se as irregularidades forem superiores às da Tabela 8, é aconselhável a realização de ações corretivas, no mais curto espaço de tempo. Este não é um parâmetro crítico para a segurança das operações. Assim que a sua ocorrência surja enquanto fenómeno isolado, recomenda-se que o operador de aeródromo desenvolva um plano de ações corretivas para submeter à consideração do INAC, I.P.. Entre outras matérias, e para além da descrição das ações corretivas, o plano contém um cronograma.

Caso as irregularidades sejam superiores às irregularidades máximas temporariamente admissíveis, os troços em que tal aconteça, devem ser imediatamente reparados, sob pena da possibilidade da restrição da operação de aeronaves.

a. Corretivas

As ações corretivas decorrentes da presença de irregularidades superiores às constantes da tabela 8 passarão pela execução de obras de reperfilamento da pista nos locais onde essas irregularidades se manifestam, para correção das mesmas. Dado o carácter, normalmente, pontual das irregularidades, as obras não terão necessariamente que incidir sobre a totalidade da pista.

b. Novas medições

Após terem sido levadas a efeito e terminadas as medidas preconizadas pelas ações corretivas, devem conduzir-se novas campanhas de medição da irregularidade para aferir o sucesso das mesmas e para garantir a conformidade da superfície da pista relativamente a este critério.

27 - Publicação de valores

Os valores de irregularidade apenas devem constar apenas dos registos destinados aos responsáveis pela manutenção, não se destinando a publicação em sede de informação aeronáutica.



CAPÍTULO V

Limpeza

28 - Definição

Para garantir as condições necessárias à circulação de aeronaves com segurança, os pavimentos devem apresentar-se limpos, isto é, livres de contaminação por parte de qualquer dos possíveis contaminantes.

29 - Estado da pista

Relativamente à descrição do estado da pista, excetuando o caso da neve, a proposta de emenda do Anexo 14 à Convenção de Chicago, datada de 30/05/2011, diz que o mesmo se deverá definir como: seco; molhado; contaminado.

30 - Pavimento molhado

No caso de o pavimento se apresentar molhado, na presença de água na pista, os pilotos devem ser informados. A informação deverá distinguir duas situações distintas, cuja classificação será:

- Pista molhada – quando a superfície está molhada mas não há poças de água;
- Pista com água – quando mais de 25% da área da pista tiver uma lâmina de água com mais de 3mm;

31 - Contaminantes

A presença de determinadas substâncias ou elementos contaminantes da pista podem afetar a sua condição. Consideram-se contaminantes, para além da água, da neve e do gelo, entre outros:

- a) Lama;
- b) Pó;
- c) Musgo;
- d) Cinzas vulcânicas;
- e) Óleo;
- f) Combustível;
- g) Borracha;
- h) *Debris*.



32 - Contaminação com gelo e neve

Na presença de gelo ou neve na pista as suas condições de operação são fortemente afetadas. Assim, um extenso conjunto de medidas deve ser adotado. No entanto, na medida em que este é um fenómeno pouco provável em pistas portuguesas, não se considera a possibilidade de contaminação com gelo ou neve.

33 - Contaminação com óleo e combustível e outros contaminantes

Substâncias tais como óleos, combustíveis, fungos, pólenes, entre outros contaminantes, para além de poderem “atacar” mais ou menos agressivamente o pavimento, podem fazer com que este se torne escorregadio, mesmo sem a ocorrência de pluviosidade, que é um fenómeno a evitar vivamente, pelo que se impõe a necessidade de remoção do contaminante.

Este tipo de contaminação pode ser removido recorrendo a absorventes, tais como tecidos, serradura e areia, entre outros. Depois o pavimento deve ser esfregado e lavado com detergente. Em pavimentos de betão de cimento devem ser usados detergentes compostos por meta silicatos de sódio e sabões de resina aplicados com água e bem esfregados com uma vassoura potente. Em pavimentos de betão betuminoso deve aplicar-se o absorvente (serradura ou areia, por exemplo) misturado com um desengordurante alcalino em pó. No caso do contaminante ter deteriorado o pavimento, para além da limpeza, as áreas afetadas deverão ser convenientemente tratadas.

Após longos períodos de seca com a acumulação de partículas, pós, restos de combustível e outros contaminantes, aquando das primeiras chuvas as pistas também podem tornar-se bastante escorregadias². Para que tal seja evitado, no mínimo, no fim do verão, antes do início da época das chuvas, deve proceder-se a uma lavagem da pista seguida de uma avaliação de atrito.

Em pistas próximas de locais arenosos, de locais quentes e húmidos que propiciem o aparecimento de fungos³ ou de locais densamente arborizados que propiciem o aparecimento de pólenes, as pistas também podem tornar-se escorregadias. Nesses locais devem ser conduzidas campanhas de avaliação do coeficiente de atrito com maior frequência, e tomadas as medidas necessárias para a correção do problema.

² ICAO, ASM Part2, 2002, pág.3-2

³ ICAO, ASM Part2, 2002, pág.3-3



34 - Acumulação/remoção de borracha

Com a utilização, as pistas vão acumulando borracha. Essa borracha resulta, principalmente, das aterragens das aeronaves, daí que os locais de maior acumulação coincidam, normalmente, com as zonas de toque. As acumulações podem manifestar-se mais dum lado que do outro, ou pelo contrário, de ambos os lados da pista, dependendo da repartição do tráfego.

A acumulação de borracha, para além de pôr em causa a visibilidade da sinalização diurna, faz com que a superfície, quando molhada, se torne extremamente polida e reduza drasticamente o valor do coeficiente de atrito.

Assim, devem ser conduzidas operações de remoção de borracha das pistas.

34.1- Remoção de borracha das pistas

É fortemente recomendável a remoção de borracha das pistas nas seguintes situações:

- i) Sempre que não seja possível ver a sinalização diurna;
- ii) Sempre que o valor do coeficiente de atrito, após campanha de avaliação, dite a necessidade de manutenção.

Dependendo do tipo de utilização das pistas e do tráfego, as operações de remoção de borracha podem ter que realizar-se duas vezes por ano.

As campanhas de avaliação do coeficiente de atrito tornam-se necessárias porque mesmo em superfícies aparentemente limpas, com pouca borracha depositada visível, pode dar-se a obstrução dos interstícios do interior do pavimento e o coeficiente de atrito ser reduzido.

Muito embora menos frequente, caso necessário, também se devem conduzir operações de remoção de borracha nos caminhos de circulação e nas placas de estacionamento (no caso de comprometimento da sinalização diurna, por exemplo).

35 - Técnicas para remoção de borracha

Para remoção da borracha acumulada nos pavimentos podem ser utilizados processos químicos, mecânicos ou ainda os dois conjugados.



Na maioria dos casos, os jatos de água a alta pressão são razoavelmente eficientes na eliminação de borracha de zonas pouco contaminadas, mas a sua efetividade diminui com o aumento da espessura da contaminação. A resolução do problema pode passar pela combinação de medidas químicas com medidas mecânicas, fazendo atuar agentes químicos para dissolver a borracha seguidos de jatos de água para a sua eliminação da superfície do pavimento.

Em função da quantidade de borracha a remover devem ser realizados testes que determinem a pressão da água e a velocidade de deslocação, para se conseguirem resultados aceitáveis.

Técnicas que recorram ao ar comprimido a quente, que usam gases a altas temperaturas para queimar a borracha, muito embora possam ser usadas nos pavimentos rígidos e nos flexíveis, exigem maiores cuidados nos pavimentos flexíveis, uma vez que neste caso podem “atacar” o pavimento que, posteriormente, se desagregará, prejudicando a condição superficial e potenciando o aparecimento de “*debris*”.

35.1- Processos químicos

A utilização de solventes químicos é eficaz na remoção de borracha de pavimentos rígidos e flexíveis. Agentes químicos cuja base seja o ácido cresílico (C_7H_8O) com uma mistura de gasolina e um detergente sintético podem ser utilizados para remoção de borracha, exclusivamente, em pavimentos de betão de cimento (rígidos). No caso dos pavimentos de betão betuminoso (flexíveis) apenas se devem usar agentes alcalinos.

O caráter volátil destes produtos associado à sua natureza tóxica implica cuidados extremos durante a aplicação. Caso as substâncias químicas possam permanecer durante bastante tempo no pavimento, os mesmos podem “atacar” a sinalização diurna (pinturas) e a própria condição superficial do pavimento. Durante a eliminação destes produtos da superfície da pista, as lavagens devem garantir que a diluição é tal que não permita que os dispositivos de drenagem, a fauna e a flora da envolvente sejam afetados.



35.2- Processos mecânicos

Há dois processos mecânicos para a remoção de borracha: a utilização de jatos de água a alta pressão e a limpeza com jatos de ar comprimido quente.

- a. Jatos de alta pressão. Há vários equipamentos. Os mais simples são constituídos por pouco mais do que pistolas e reservatórios e os mais complexos são motorizados e têm sistemas de dotação de água próprios. Estes sistemas são capazes de atingir pressões entre os 350kgf/cm² e os 700kgf/cm²;
- b. Jatos de ar comprimido a quente. A limpeza é efetuada por uma máquina que injeta uma mistura de ar e gás numa câmara de combustão. A exaustão de gases é emitida a cerca de 400m/s a temperaturas da ordem dos 1200°C diretamente na superfície do pavimento. Estes gases amolecem e vulcanizam as partículas de borracha. Na aplicação deste processo a pavimentos de betão de cimento, produzem-se pequenas quantidades de depósitos carbónicos que podem ser removidos dos pavimentos com vassouras das quais quase todos os aeródromos dispõem. No caso dos pavimentos asfálticos é produzido um ligeiro efeito de rejuvenescimento da superfície do pavimento.

36 - Registos referentes à remoção de borracha

O operador do aeródromo, através de procedimentos por si realizados, assegura que todos os registos pertinentes, relativamente a todas as campanhas de remoção de borracha da superfície da pista, são realizados e guardados por um período não inferior a 24 meses, contados a partir da data da avaliação.

Os itens a registar em cada avaliação, que devem ser fornecidos a pedido do INAC, I.P., são os seguintes:

- Data e hora da campanha de remoção de borracha, incluindo o nome do operador do equipamento utilizado;
- Condição da superfície e temperatura do ar;
- Pista avaliada;
- Distância à origem da pista;
- Distância ao eixo da pista e lado do eixo;
- Extensão da zona de limpeza;
- Valor que ditou a necessidade da campanha de remoção de borracha;



- Velocidade do equipamento de remoção de borracha;
- Valores medidos após a remoção da borracha (coeficiente de atrito; técnica volumétrica da mancha);
- Fotografias (antes e depois) da realização da campanha de cada zona.

37 - Presença de *debris*

A presença de *debris* à superfície dos pavimentos aeronáuticos em qualquer parte da área de movimento do aeródromo deve ser evitada. Assim, o operador de aeródromo deve tomar medidas que previnam o seu aparecimento e medidas que garantam a sua rápida remoção, sempre que não seja possível evitar o seu aparecimento.

38 - Definição de *debris*

Os *debris* são partículas presentes na superfície dos pavimentos aeronáuticos com capacidade para produzir estragos nas aeronaves. Entre outras, *debris*, podem ser: pedras; fragmentos do pavimento; ferramentas; chaves e outros pertences pessoais; paus e até mesmo peças de maiores dimensões e componentes da aeronave.

Para além dos aspetos ligados à segurança operacional há ainda os problemas associados à manutenção das aeronaves que são danificadas pelos *debris*, com as inerentes repercussões nos prazos e nos custos que oneram a operação. As aeronaves de turbina são especialmente sensíveis, pois tendem a aspirar os *debris*, no entanto, as outras aeronaves também sofrem com este problema, porque toda a aeronave é sensível quando atingida por partículas que atacam o seu revestimento.

Assim, de acordo com o disposto na especificação 10.2.1 do Anexo 14 à Convenção de Chicago, é fortemente desejável que toda a superfície da área de movimento seja inspecionada e a sua condição avaliada e contemplada no plano de manutenção do aeródromo, com o propósito de evitar e eliminar a presença de *debris* que possam causar danos nas aeronaves ou suas componentes.

Este item (*debris*) deve fazer parte do plano de inspeções do aeródromo.



39 - Causas de *debris*

Os *debris* presentes em qualquer parte da área de movimento dos aeródromos devem agrupar-se segundo a sua origem: a infraestrutura; as atividades operacionais; o pessoal e os agentes atmosféricos:

39.1- Infraestrutura

A degradação das infraestruturas ao longo do tempo, devido a múltiplos fatores, leva à desagregação dos pavimentos aeronáuticos e assim ao aparecimento de partículas, de maiores ou menores dimensões, que constituem *debris*. Durante as fases de construção ou obras de manutenção dos pavimentos e da superfície da faixa adjacente também podem aparecer na área de movimento fragmentos, lixos e outros que constituem *debris*.

39.2- Atividades operacionais

O normal desenvolvimento de atividades operacionais na área de movimento, desde a operação das aeronaves (que produzem *jet blast*), do efeito de sopro que a passagem das aeronaves induzem na envolvente, aos serviços a prestar às aeronaves (manutenção, abastecimento, *handling*...) podem provocar o aparecimento de lixos, fragmentos ou objetos que constituem *debris*.

39.3- Pessoal

A circulação de pessoas na área de movimento, especialmente nas placas das aeronaves, pode levar a que estas deixem lixo, equipamentos, ferramentas ou outros que constituirão *debris*.

39.4- Agentes atmosféricos

Os agentes atmosféricos e a degradação que estes podem provocar às infraestruturas, bem como os fragmentos que podem trazer é um dos motivos do aparecimento de *debris*.

40 - Prevenção da presença de *debris*

A atuação no lado da prevenção, como qualquer ação pró-ativa, traz muitos benefícios. Como formas de prevenção pode atuar-se nas vertentes da formação e do treino do pessoal, na condução de inspeções de acordo com o planeamento e conforme definido no Manual de Aeródromo, na condução de atividades de manutenção e na fomentação da comunicação entre todos os que acedem à área de movimento e na coordenação das atividades que aí se desenvolvem.



40.1- Formação e Treino

Todos os que acedem à área de movimento, quer por parte do operador de aeródromo, quer por parte dos operadores de transporte aéreo e de trabalho aéreo, tripulações, das companhias de manutenção, das companhias de *handling*, dos serviços de limpeza, trabalhadores das obras, sejam eles trabalhadores dessas empresas ou contratados, devem ter formação inicial e ações de formação de reciclagem para: serem capazes de identificar a presença de *debris*; perceberem quais são os impactos que esses *debris* podem causar; saberem como se pode evitar o seu aparecimento; como devem eliminar os *debris*; que devem sempre reportar e que os *debris* são da responsabilidade de todos.

40.2- Inspecções (tripulações e pessoal de terra)

As inspecções para deteção de *debris* devem ser conduzidas, pelo pessoal do operador de aeródromo, à área de movimento do aeródromo com regularidade e minúcia, tendo em especial atenção a potencial presença de *debris*, conforme definido no plano de inspecções do Manual do Aeródromo.

40.3- Manutenção

Devem ser programadas limpezas regulares com vassouras e ou jatos de água. Deve existir capacidade de resposta imediata no caso de se detetar a necessidade de limpeza de áreas mais ou menos extensas. A gestão de manutenção do pavimento adequada é determinante. Superfícies em bom estado de conservação não libertam *debris*. No planeamento das operações de limpeza devem estar previstas as limpezas a realizar após a ocorrência de determinados fenómenos atmosféricos.

Sempre que possível, a montante das entradas na área de movimento, os veículos devem passar por dispositivos do tipo “treme-treme” ou “lava-pneus” para expulsar potenciais *debris* que transportem consigo.

40.4- Coordenação/Comunicação

A execução de obras na área de movimento, para além da necessidade de programação prévia, deve ser igualmente divulgada com antecedência a toda a comunidade aeronáutica. O planeamento das obras deve incluir procedimentos para o controlo e minimização de produção de *debris*. Os esforços que todos fazem na prevenção, no controlo e na eliminação de *debris* devem



ser divulgados, para que aqueles que mais contribuem para a minimização do problema se sintam recompensados, bem como para fazer com que todos tenham motivação para continuar com a assunção deste compromisso.

41 - Equipamentos para remoção de *debris*

Para além da remoção manual de *debris* da superfície da área de manobra o operador de aeródromo, sempre que possível, deve dispor de dispositivos próprios para o efeito. Estes dispositivos funcionam, normalmente, em conjunto com meios mecânicos, tais como vassouras, aparelhos de ar comprimido ou jatos de água.

Há dispositivos magnéticos de captação de *debris*, vassouras mecânicas cuja intensidade pode ser adaptada consoante o tipo de *debris* presente. Um problema associado à utilização destes equipamentos é a sua morosidade, uma vez que a eficiência dos mesmos decresce com o aumento da velocidade a que percorrem os pavimentos.

42 - Testes aos equipamentos para remoção de *debris*

As vassouras devem ser regularmente testadas, de acordo com o procedimento que seguidamente se descreve:

1. Escolher uma superfície plana e marcar um retângulo de 6mx2m;
2. Misturar, a seco e em iguais proporções, cascalho, areia grossa e areia média para obter 0,45kg:
 - a. Cascalho: 100% passados no #9.5mm;98%retidos no #2.36mm;
 - b. Areia grossa: 100% passados no #2.36mm;100%retidos no #0.6mm;
 - c. Areia média: 100% passados no #0.6mm;100%retidos no #0.3mm.
3. Escolher: oito pedras, de formato esférico com 50mm de diâmetro; um prego de 6cm; um rolamento de esferas de 12mm de diâmetro; uma peça de alumínio de 50mm quadrados e 1,2mm de espessura e uma porca de 12mm;
4. Espalhar a mistura das areias na área marcada. Ao longo de uma das diagonais dessa área dispor as oito pedras igualmente espaçadas e ao longo da outra diagonal dispor os objetos restantes também igualmente espaçados;



5. Pôr a vassoura a trabalhar normalmente e fazê-la passar por cima dessa área a 16km/h.
6. A vassoura deve recolher 98% das areias e 100% das pedras e dos objetos soltos.

Se a vassoura não passar o teste, a mesma deve ser reparada. Para garantir a operacionalidade das vassouras, sempre que possível, a realização deste teste deve ser semanal.

43 - Registos de remoção de *debris*

O operador do aeródromo, através de procedimentos por si elaborados, assegura que todos os registos pertinentes, relativos aos *debris* encontrados e recolhidos, são realizados e guardados por um período não inferior a 24 meses, contados a partir da data da avaliação.

Os itens a registar em cada avaliação, que devem ser fornecidos a pedido do INAC, I.P., são os seguintes:

- Data e hora da remoção do *debris*, nome da empresa para quem trabalha a pessoa que encontrou o *debris*;
- Identificação do tipo de *debris* encontrado;
- Local onde foi encontrado;
- Ações desenvolvidas.



ANEXO I

PROGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ATRITO DAS PISTAS

TABELA 1

1. Listar todas as aeronaves utilizadoras do aeródromo/aeroporto ao longo do ano, bem como os seus pesos máximos à aterragem na coluna ☐A☐
2. Determinar o número anual de aterragens para cada tipo de aeronaves a turbo reação, no aeródromo/aeroporto. Introduzir este valor na coluna ☐B☐
3. Determinar para cada tipo de aeronave a massa total que aterrou no aeródromo/aeroporto ao longo do ano, $[A] \times [B]$ e listar este valor na coluna $[C]$;
4. Determinar o número total de aterragens no aeródromo/aeroporto ao longo do ano, $[D]$;

TABELA 2

5. Seguir as instruções da Tabela 2. Determinar os valores $[H]$ e $[K]$ para cada extremidade da pista, para todas as pistas com operações de aeronaves a turbo reação.

TABELA 3

6. Retirar os valores $[H]$ e $[K]$ calculados na Tabela 2 e compará-los com os valores de $[H]$ e $[K]$ da Tabela 3. Esta tarefa possibilitará a determinação do coeficiente de atrito mínimo $[M]$ e da frequência mínima para remoção de borracha $[N]$ para cada extremidade e extremo de pista (e para todas as pistas) com operações de aeronaves a turbo reação.

TABELA 4

7. Introduzir valores para: $[G]$; $[H]$; $[K]$; $[M]$ e $[N]$ na Tabela 4. 10^6

Cada aeródromo/aeroporto

8. será responsável pela realização desta estatística anualmente. Os operadores aéreos alteram habitualmente os aeroportos em que operam, bem como os números de operações diárias de ano para ano. As estatísticas anuais possibilitam que o operador de



aeródromo se mantenha atualizado sobre a atividade da sua infraestrutura aeronáutica. Isto será especialmente importante, pois com o aumento das operações com aeronaves *wide-body*, a acumulação de borracha e o desgaste do pavimento serão muito mais preocupantes.

9. As fórmulas para os cálculos são as expostas nas Tabelas de 1 a 4.



TABELA 1

Estimativa da carga de aterragens de aeronaves a turbo reação

Aeroporto/Aeródromo: Identificação: Data:				
Aeronave (Marca e modelo)	<i>Wide-body</i> , se sim assinalar x (W)	Máxima carga à aterragem da aeronave [kg] (A)	Número anual de aterragens no aeroporto (B)	Total anual de carga que aterrou no aeroporto [kg] (C) = (A)x(B)
	X	10000	3	30000
		20000	3	60000
	X		2	10000
			30	0
	X		1	0
				0
Total	3	30000	39	100000

Total anual de aterragens não *wide-body* = 6

Percentagem = 15%

Total anual de aterragens *wide-body* = 33

Percentagem = 85%

Total de aterragens =

39

(D) = (B)

Total anual de carga de aterragens não *wide-body* = Total de B-Total de W

40000 kg

Percentagem = 40%

Total anual de carga de aterragens *wide-body* = Total de W

60000 kg

Percentagem = 60%

Total de carga de aterragens =

100000 kg

(E) = (C)



TABELA 2
Procedimentos de cálculo

Aterragens diárias para todas as pistas:

Número de aterragens anuais de todas as pistas	365 dias por ano	Número diário de aterragens de todas as pistas
<u>39</u> (D)	☐	= <u>0,11</u> (F)

Média da carga que anualmente aterra em todas as pistas:

Carga anual das aterragens	Número anual de aterragens	Média de carga anual de aterragens de todas as pistas
<u>100000 kg</u> (E)	<u>39</u> (D)	= <u>2564 kg</u> (J)

PISTA _____

Aterragens diárias:

Número diário de aterragens de todas as pistas	Percentagem de aterragens na Pista ()	Número diário de aterragens na Pista ()
<u>0</u> (F)	x <u> </u> (G)	= <u>0</u> (H)

Aterragens anuais na Pista ____ :

Percentagem de aterragens na Pista ()	Número de aterragens anuais de todas as pistas	Número de aterragens anuais na Pista ()
<u> </u> (G)	x <u>39</u> (D)	= <u>0</u> (I)

Carga anual das aterragens na Pista ____ :

Número de aterragens anuais na Pista ()	Média de carga anual de aterragens de todas as pistas	Carga anual das aterragens na Pista ()
<u>0</u> (I)	x <u>2564 kg</u> (J)	= <u>0 kg</u> (K)

TABELA 3

Planeamento do programa de manutenção do coeficiente de atrito baseado no número de aterragens de aeronaves a turbo reação em cada pista

Número diário de aterragens na Pista (H)	Carga anual das aterragens na Pista (Mkg) (K)	Frequência mínima de avaliações do coef. atrito (M)	Frequência mínima de remoção de borracha (N)
inferior a 15	inferior a 447	anual	bienal
16 a 30	448 a 838	a cada 6 meses	anual
31 a 90	839 a 2 404	a cada 3 meses	a cada 6 meses
91 a 150	2 405 a 3 969	mensal	a cada 4 meses
151 a 210	3 970 a 5 535	a cada duas semanas	a cada 3 meses
superior a 210	superior a 5 535	semanal	a cada 2 meses

Notas:

1. Aeroportos com mais do que 31 aterragens de aeronaves a turbo reação tornam-se mais críticos quanto ao atrito, devido à acumulação de borracha causada pelo aumento de tráfego.
2. Cumulativamente com as aterragens de aeronaves a turbo reação em cada extremidade da pista, outros fatores deverão ser tidos em consideração para determinar quando remover a borracha, tais como o tipo e a idade do pavimento, as condições atmosféricas, a altura do ano, o número de aeronaves *wide-body* e o comprimento da pista.
3. Referência às colunas (H) e (K) - Depois de calcular (H) e (K), o operador deverá seleccionar a linha com o maior valor e seguir essa linha para determinar os valores das colunas (M) e (N).



TABELA 4

Resumo

Aeródromo/Aeroporto de: _____

Designação da Pista	Percentagem de Aterragens na Pista (G)	Aterragens Anuais na Pista (H)	Carga de Aterragens Anuais na Pista (x10 6kg) (K)	Tipo de Pavimento da Pista (G)	Tipo de Tratamento superficial (G)	Comprimento Total da Pista (m) (G)	Frequência Mínima de Avaliação do Atrito (G)	Frequência Mínima de Remoção de Borracha (G)