

Manual de
**GERENCIAMENTO
DO RISCO DE FOD**
*(FOREIGN OBJECT
DEBRIS)*



MANUAL DE GERENCIAMENTO DO RISCO DE FOD (*FOREIGN OBJECT DEBRIS*)

SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA - SIA

Setembro / 2022

SUPERINTENDENTE

Giovano Palma

GERENTE DE CONTROLE E FISCALIZAÇÃO

Marcos Roberto Eurich

GERENTE TÉCNICO DE FISCALIZAÇÃO

Marcelo Koiti Asakura

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL

Alberto Gonçalves de Pinho

Janaína Maduro de Lorenzo

Marcelo Koiti Asakura

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Assessoria de Comunicação Social (Ascom)

DÚVIDAS, SUGESTÕES E CRÍTICAS PODEM SER ENVIADAS PARA O E-MAIL

sia@anac.gov.br

FOTO DE CAPA

FOD em uma das pistas Aeroporto Internacional de São Paulo – Guarulhos, em 2021.

O FOD foi detectado, registrado no local, recolhido e avaliado. Os procedimentos em vigor no aeroporto fazem parte das ações de prevenção para reduzir a probabilidade de ocorrência desta classe de Evento de Segurança Operacional.

Fotografia gentilmente cedida pelo SGSO da GRU Airport

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS	6
2.1 CONTROLE DE FOD DENTRO DA ORGANIZAÇÃO	6
2.2 RESPONSABILIDADE	7
3. ETAPAS DO CONTROLE DE FOD	8
4. PREVENÇÃO	10
4.1 CONSCIENTIZAÇÃO	10
4.1.1 ESTUDO DE CASO: "CONCORDE STRIP"	10
4.1.2 DANOS CAUSADOS	14
4.1.3 EQUIPES NA ÁREA DE MOVIMENTO	22
4.1.4 EQUIPE DE GESTÃO DO AERÓDROMO	23
4.2 TREINAMENTO	24
4.2.1 OBJETIVOS DO TREINAMENTO	24
4.2.2 CONTEÚDO DO TREINAMENTO	25
4.3 SUPERVISÃO	36
5. DETECÇÃO	38
5.1 PROCEDIMENTOS	39
5.1.1 DETECÇÃO VISUAL	41
5.2 EQUIPAMENTOS	43
5.2.1 DESEMPENHO	43
5.2.2 MÓVEIS	45
5.2.3 ESTACIONÁRIOS OU FIXOS	47
6. REMOÇÃO	54
6.1 PROCEDIMENTOS	54
6.1.1 REMOÇÃO MANUAL	54
6.2 EQUIPAMENTOS	56
6.2.1 DESEMPENHO	56
6.2.2 SISTEMAS MECÂNICOS	56
6.2.3. SISTEMAS NÃO MECÂNICOS	60

7. AVALIAÇÃO	64
7.1 COLETA E ANÁLISE DE DADOS	64
7.1.1 REGISTROS	64
7.1.2 MAPAS	64
7.1.3 MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO	65
7.1.4 COMUNICAÇÃO	74
7.2 MELHORIA CONTÍNUA	75
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXO 1 - AVALIAÇÃO DO PROGRAMA GERENCIAMENTO DE FOD	80
ANEXO 2 - AVALIAÇÃO DO RISCO DO FOD PELO MÉTODO DA SEVERIDADE	84
ANEXO 3 - AVALIAÇÃO DO RISCO DO FOD PELO MÉTODO DO CUSTO	87

1. INTRODUÇÃO

Como será demonstrado neste Manual, o FOD (*Foreign Object Debris* – Objeto estranho que pode causar dano a aeronave) se refere a um objeto que se encontra na área de movimento do aeródromo, mas não está associado à operação aeroportuária ou à aeronave, sendo considerado, assim, um perigo para a operação da aeronave.

Por causa disso, esse objeto deve ser tratado como um perigo dentro do gerenciamento da segurança operacional no aeródromo. Devemos identificar a sua presença e adotar as medidas necessárias para reduzir ou eliminar os riscos associados.

Nesta linha, serão detalhadas neste Manual ações e práticas recomendadas para o gerenciamento de risco relacionado ao FOD. Assim, o “Controle de FOD”, como também pode ser chamado tal gerenciamento de risco, será abordado em etapas:

- prevenção
- detecção;
- remoção;
- avaliação e melhoria contínua.

Ressalta-se que este Manual visa sanar as principais dúvidas e trazer orientações quanto ao FOD dentro do conceito de gerenciamento da segurança operacional, tendo, portanto, o objetivo de apresentar orientações e melhores práticas aos operadores de aeródromos para redução do risco ocasionado pelo FOD na área de movimento de seus aeródromos.

Além disso, o contido neste Manual deve ser adaptado às peculiaridades de cada aeródromo, especialmente em relação ao seu porte e à complexidade de suas operações aéreas e aeroportuárias, respeitados os requisitos exigidos pelo RBAC nº 153, conforme disposto em seu Apêndice A.

Destaca-se, por fim, que o atendimento ao disposto neste Manual não isenta o operador do aeródromo de cumprir requisitos estabelecidos nos demais regulamentos publicados pela Agência ou pelo Comando da Aeronáutica sobre a temática.

2. OBJETIVOS

O Manual de Gerenciamento do Risco de FOD tem como objetivo principal divulgar recomendações para os aeródromos reduzirem o risco oferecido pela presença de detritos de objetos estranhos na área de movimento dos aeródromos brasileiros.

A OACI define FOD como um objeto inanimado dentro da área de movimento que não tem função operacional ou aeronáutica e que tem o potencial de se tornar um perigo para a operação da aeronave - tradução livre - (OACI, 2018).

Como objetivo secundário, este Manual de Gerenciamento do Risco de FOD pretende ressaltar a importância do gerenciamento integrado de riscos no aeródromo, apontando as interconexões da prevenção da presença de FOD dentro e ao redor da área de movimento do aeródromo com as demais atividades de monitoramento das condições físicas e operacionais do aeródromo e as demais atividades desenvolvidas dentro do sítio aeroportuário.

Além disso, este Manual pode ser utilizado como material de conscientização ou treinamento para as equipes do aeródromo, bem como fonte de consulta para a melhoria dos controles existentes no aeródromo.

Todas as recomendações contidas neste Manual são aplicáveis aos aeroportos listados nas Classes III e IV do RBAC nº 153, conforme Portaria da Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária, renovada anualmente. As recomendações não aplicáveis aos aeroportos incluídos nas Classes I e II estão apontadas no Manual, com a indicação “Recomendação para Classes III e IV”, na cor azul.

2.1 CONTROLE DE FOD DENTRO DA ORGANIZAÇÃO

O controle de FOD pode constituir um programa específico, podendo haver um gerente do programa, ou ser um processo de trabalho da equipe operacional, podendo haver um gerente do processo.

O controle de FOD pode ser incluído em uma unidade organizacional do operador aeroportuário, ou estar inserido em programa ou comitê de segurança (*safety team*) já estabelecido e relacionado à segurança operacional, como o comitê de segurança de pátio ou comitê de segurança de pista. Empresas que controlam áreas dentro do aeródromo (cessionários) podem ter seu controle de FOD em suas áreas de controle. Durante uma obra no aeródromo pode ser criada uma unidade de controle de FOD específica e temporária. O controle de FOD pode ainda constituir uma nova unidade organizacional.

Recomenda-se que o controle de FOD inclua todas as equipes relevantes no processo de geração e remoção de FOD, como equipes de solo e operadores de aeronaves, equipes de abastecimento e manutenção de aeronaves, equipes de operações e manutenção do aeródromo, representantes de empreiteiros etc.

Neste Manual usaremos a expressão “controle de FOD” para indicar esta atividade e esta equipe de trabalho, sem impor qualquer abordagem organizacional.

O operador do aeródromo definirá a melhor abordagem organizacional com base no resultado da avaliação dos riscos que a presença de FOD no aeródromo oferece às operações do aeródromo.

Todas as pessoas e empresas que atuam na área operacional têm responsabilidades relacionadas à prevenção e remoção de FOD. Os prestadores de serviços auxiliares, que são parte relevante do contingente operacional da maioria dos aeroportos brasileiros, podem participar ativamente do controle de FOD nos aeroportos (Baist, 2018).

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

O responsável pelo controle de FOD pode ser designado formalmente, assim como os responsáveis pelos demais itens fundamentais de segurança operacional de pista de pouso e decolagem (*runway safety*): colisão com fauna em voo (BIRD), colisão com fauna em solo (WILD), excursão de pista (RE) e incursão em pista (RI).

A demonstração ostensiva do apoio ativo pela alta gestão de todas as organizações que operam na área de movimento ao Controle de FOD é importante para sinalizar a relevância do assunto para aeroporto.

2.2 RESPONSABILIDADE

Todos os aeródromos podem controlar o FOD dentro da área de movimento.

O operador do aeródromo é o responsável pelo controle do FOD no aeródromo.

Controlar o FOD significa reduzir continuamente a ocorrência de FOD no aeroporto.

Deve haver a diminuição da geração de mais FOD, e por outro lado, a contínua remoção do FOD existente.

ATENÇÃO!

Runway safety não pode ser compreendida sem abordar a questão do FOD.
Eric Miart, Eurocontrol (McCreary, 2011).

3. ETAPAS DO CONTROLE DE FOD

O controle de FOD pode incluir quatro etapas: prevenção, detecção, remoção e avaliação do FOD. Cada uma destas etapas desdobra-se em atividades secundárias. As conclusões da avaliação de riscos do operador do aeródromo podem definir o alcance, complexidade e volume de recursos alocados em cada uma das etapas do ciclo de controle de FOD no aeródromo:

1. Prevenção: pode incluir a conscientização, treinamento e supervisão contínua da remoção do FOD;
2. Detecção: pode incluir procedimentos e equipamentos adequados para as condições operacionais do aeródromo;
3. Remoção: pode incluir procedimentos e equipamentos adequados para as condições operacionais do aeródromo;
4. Avaliação: coleta e análise de dados sobre o FOD recolhido, identificando as origens, comunicando as ações e os resultados para a comunidade aeroportuária, além de identificar tendências para orientar as próximas ações.



Figura 1: Etapas do Controle de FOD no aeródromo, inspirado no ciclo PDCA ("Plan", "Do", "Check", "Act", em português "Planejar", "Fazer", "Verificar" e "Agir") de gestão.

Estas etapas permitem compreender o fluxo de informações que leva à tomada de decisões e execução de ações para que se consiga o controle de FOD eficaz no aeródromo.

DICA!

A melhor maneira de controlar FOD é reduzir a geração de FOD!

4. PREVENÇÃO

4.1 CONSCIENTIZAÇÃO

O FOD pode ser controlado por todos os funcionários com acesso à área de movimento, em particular o pessoal de inspeção, manutenção e funcionários de solo. Para isso, eles podem conhecer as situações que geram ou podem gerar o FOD e removê-lo assim que detectado. Todos que adentram a área de movimento, mesmo equipes de empreiteiros ou passageiros em deslocamento a pé no pátio, podem ser encorajados a remover o FOD.

As consequências da presença do FOD na área de movimento podem ser divulgadas a todos dentro do aeródromo. Para mais informações, veja os itens 4.1.1 (Estudo de caso: "Concorde Strip") e 4.1.2 (Danos causados).

ATENÇÃO!

Todo o pessoal com acesso à área de movimento, inclusive os passageiros em deslocamentos a pé no pátio, devem entender sua importância na diminuição da geração e na remoção do FOD. Recolher o FOD é responsabilidade de todos!

RECOMENDAÇÕES PARA AS CLASSES III E IV



A avaliação de risco do operador do aeródromo para o controle de FOD deve definir a melhor abordagem aos passageiros a pé no pátio.

O controle de FOD pode incluir avisos visuais na sala ou área de embarque, mensagens sonoras antes de entrarem na área operacional, instalação de lixeiras adicionais próximas aos portões de saída para o pátio, colocação de pontos de coleta de FOD nas rotas de trânsito dos passageiros que transitam pelo pátio, entre outras estratégias.

4.1.1 ESTUDO DE CASO: "CONCORDE STRIP"

A queda do voo Air France de Paris para Nova York (AF4590), com o avião supersônico Concorde matrícula F-BTSC, em 25 de julho de 2000, é um exemplo frequentemente citado da extensão dos danos que o FOD pode causar, pois este acidente resultou em 113 mortes, além da perda da aeronave e destruição de um hotel.

Na cadeia de eventos que causou o acidente, um elemento fundamental foi a presença na pista de uma "faixa de desgaste" de titânio que caiu do motor do avião que decolou antes do AF4590, deixada para trás na pista e não removida (BEA, 2000). Essa fita metálica ficou conhecida como "*Concorde strip*".

Por isso, as campanhas de conscientização sobre o perigo da presença de FOD no aeródromo podem incluir informações sobre as consequências que as ações ou omissões de uma pessoa podem ter sobre as vidas de outras pessoas, dentro e fora do aeródromo, além de instruções sobre como agir de maneira preventiva e prudente no aeródromo.



Figura 2: A faixa de metal com 43 cm que foi atingida pelo pneu do Concorde voo AF4590, fotografada na posição e no local onde foi encontrada na pista. Esta peça é conhecida como a "*Concorde strip*" (BEA, 2000).



Figura 3: Parte de um dos pneus do Concorde voo AF4590, mostrando o corte provocado pela faixa metálica deixada na pista pelo Boeing DC-10 da Continental Airlines. A BEA concluiu que este pneu foi cortado e explodiu, lançando pedaços na parede inferior do reservatório de combustível número 5, que teve combustível vazado e depois incendiado (BEA, 2000).

A faixa de metal na pista era uma peça de motor a jato que tinha caído do DC-10, matrícula N13067 da Continental Airlines, no curso de sua própria decolagem, cinco minutos antes do Concorde. (BEA, 2000).

A passagem do pneu sobre a faixa metálica provocou a explosão do pneu, que arremessou pedaços de aproximadamente 4 quilos em direção ao reservatório número 5, causando vazamento de combustível, que logo entrou em combustão, por motivos não esclarecidos no relatório final da BEA (BEA, 2000).

Pilotando um avião supersônico a baixa velocidade e baixa altitude, cheio de combustível e com pane de incêndio a bordo, os pilotos não conseguiram trazer a aeronave de volta ao aeroporto. O avião caiu logo em seguida sobre um hotel, matando as 109 pessoas a bordo e outras 4 pessoas em solo (Viana, 2020).



Figura 4: Durante a decolagem, o Concorde F-BTSC esteve assustadoramente próximo de colidir com o Boeing 747 em que estava o presidente da França, Jacques Chirac. Foto: Toshihiko Sato/AP (Admiral Cloudberg, 2021).

Abaixo, trazemos uma tradução livre do capítulo 2.4 do Relatório da Investigação do Acidente do *Bureau Enquêtes-Accidents* – BEA (2009) sobre monitoramento e vigilância de pista:

2. Análise do Acidente

(...)

2.4 Vigilância de pista

Estudo dos arranjos em vigor em alguns grandes aeroportos mostram que, como em Paris--Charles de Gaulle, existem medidas para combater os detritos (FOD) em duas categorias principais:

- *inspeções na área de movimento;*
- *campanhas de conscientização para os usuários, às vezes acompanhadas pela criação de um corpo de coordenação.*

(...)

Parece inconcebível, tendo em vista o tráfego atual em grandes aeródromos, basear uma política de prevenção de riscos relacionados aos detritos apenas em inspeções. Aumentar sua frequência poderia, naturalmente, melhorar a detecção de corpos estranhos, mas isso permaneceria limitado a aeródromos com tráfego leve e parece impraticável em aeródromos como Paris-Charles de Gaulle. Para este último, as frequências de decolagem e pouso são de tal forma que há praticamente uma aeronave permanentemente na pista, com um consequente aumento no risco de peças perdidas,

onde apenas um sistema de detecção automática permanente garantiria uma vigilância satisfatória. A instalação de equipamentos adequados permitiria, além disso, que informações preciosas fossem disponibilizadas em caso de acidentes ocorridos durante as fases de decolagem e pouso.

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

O relatório de investigação do acidente com o Concorde conclui que basear o controle de FOD apenas em inspeções na pista “parece inconcebível” (tradução livre).

O relatório da BEA (2009) recomenda a instalação de sistemas de detecção automática permanente nos aeródromos com alta ocupação de pista.

Recomenda-se a avaliação da instalação e operação deste tipo de equipamento.

4.1.2 DANOS CAUSADOS

A presença de FOD na área de movimento tem o potencial de danificar aeronaves durante as fases críticas de voo, o que pode levar a perdas catastróficas de vidas e aeronaves, além de aumentar os custos de manutenção de operação das aeronaves. Podem ocorrer também ferimentos causados pelo lançamento de FOD sobre pessoas ou danos a equipamentos e propriedades.

Os custos associados ao FOD são alvo de estudos diversos e chegam a valores diferentes, em especial no que diz respeito a custos diretos e indiretos. Em um estudo de campo realizado sobre o assunto, de McCreary (2011), estes custos são estimados em:

Tabela 1: Número de "colisões" com FOD por 10.000 movimentos		
Número de colisões com FOD por 10.000 movimentos ¹ (2011)		
Total	4,0	
Na pista	2,1	52%
Com danos às aeronaves na pista	1,6	40%

Tabela 2: Custo direto médio de "colisões" com FOD	
Custo direto médio de "colisões" com FOD (em dólares americanos, 2011)	
Por colisão (incluindo "sem danos")	\$ 10.000
Por 10.000 movimentos	\$ 32.000
Por estouro de pneu de aeronave	\$ 2.000
Por ingestão por motor	\$ 33.000

¹ Um movimento é um pouso, ou uma decolagem, ou uma operação de toque e arremetida

Algumas características das ocorrências com FOD são, segundo McCreary (2011):

- 20% das “colisões” ocorrem com os motores, 80% com os pneus (dados insuficientes para avaliar as “colisões” com a fuselagem);
- até 45% dos danos aos motores parecem ser causados por partes de aeronaves;
- motores operando com danos não corrigidos nas lâminas devem ter uma perda de eficiência de combustível de 1,5%, custando até US\$ 108 por voo;
- 47% das “colisões” com FOD penetram nos pneus e só descobertas durante revitalização;
- 4% das falhas de revitalização de pneus são devidas ao FOD que penetrou nos pneus.

A maior parte dos ferimentos ou danos provocados pela presença de FOD na área de movimento podem ser classificados em dois tipos de ocorrências:

- causados às aeronaves: quando são atingidas por FOD, passam com os pneus sobre o FOD, ou ocorre a ingestão de FOD pelos motores, em especial na pista de pouso e decolagem;
- causados pelas aeronaves: lançamento de FOD pelo sopro de hélices de aviões (*prop wash*), sopro de rotores de helicópteros (*rotor wash*), jato de exaustão de motores (*jet blast*) sobre pessoas, equipamentos ou propriedades, em especial próximo aos pátios e táxis, ou a ingestão de pessoas por motores a jato;

Os ferimentos, ou danos, em geral recaem:

- sobre as pessoas, com ferimentos que podem variar de leves até a perda de vidas;
- sobre as aeronaves, e incluem:
 - danos que podem variar de leves até catastróficos aos motores de aeronaves a jato provocados pela ingestão de FOD;
 - “dentes”, bossas ou fraturas nas pás das hélices, podendo provocar ruptura estrutural da pá;
 - afundamentos diversos na fuselagem das aeronaves;
 - danos à pintura das aeronaves com perda de isolamento elétrico em voo;
 - trincas ou fissuras nos para-brisas das aeronaves;
 - danos ou rompimento dos sensores instalados na fuselagem;
 - danos ou rompimento nos comandos das superfícies de controle da aeronave;
 - furos ou cortes nos pneus da aeronave;
 - lançamento de FOD pelos pneus da aeronave sobre a fuselagem;

- sobre equipamentos ou edifícios, e incluem:
 - perfuração de dutos, mangueiras ou reservatórios;
 - danos a antenas e luzes, quebra ou trincas de vidros de edifícios ou para-brisas de veículos;
 - amassamento ou danos à equipamentos ou veículos na área de movimento.

4.1.2.1 Às aeronaves

Abaixo mostramos exemplos da intensidade e diversidade dos danos que o FOD, ou objetos soltos no pátio e pistas, podem causar às aeronaves.



Figura 5: Equipamentos e materiais mal posicionados podem ser ingeridos por motores a jato, ou serem lançados a distância. Este Boeing 777-200 (9V-SRP), no aeroporto de Cingapura, em 19/12/2013, "ingeriu" um container de carga aérea mal posicionado e não amarrado no pátio. O motor teve que ser substituído (AAIB Singapore, 2015).



Figura 6: "Jetnado" - vórtice criado pelos motores do Boeing Globemaster C-17 da Força Aérea dos Estados Unidos devido à rápida queda de pressão na tomada de ar quando o piloto reverte os motores, com alta possibilidade de ingestão de FOD pelos motores a jato, com risco de danos severos (Knight, 2018). Alguns fabricantes de motores de aeronaves desenvolveram dissipadores de vórtices para diminuir o risco de ingestão de FOD (McCreary, 2011).

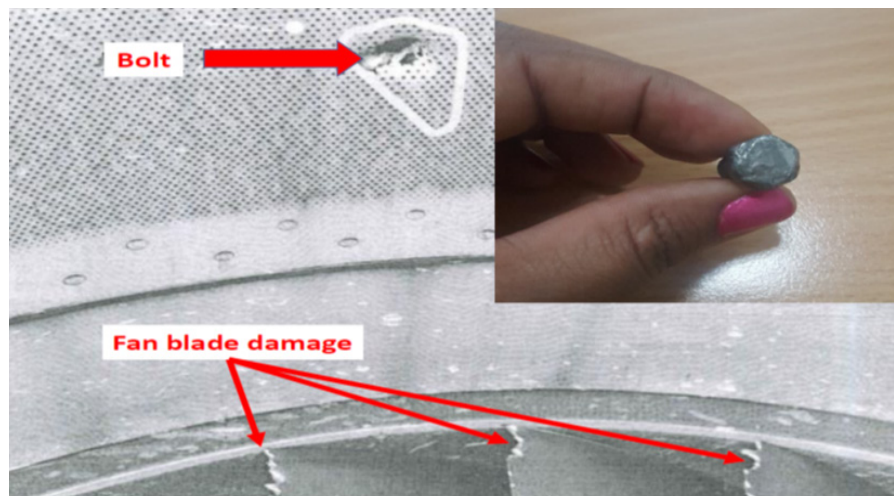


Figura 7: Imagem dos danos provocados pela ingestão de um parafuso por um motor de um avião a jato. As pás do motor foram seriamente danificadas. Não foi identificada a origem do parafuso (AAID, 2022).



Figura 8: Danos severos às pás do motor de um avião a jato. Fonte: (Rigg, 2021) .



Figura 9: "Dente" na pá da hélice do avião (WilliamF, 2016).



Figura 10: Detalhes dos "dentes" provocados por FOD nas pás das hélices de aviões.
Algumas vezes ocorrem trincas e rupturas estruturais das pás das hélices (Reddit / Flying, 2021).

4.1.2.2 Pelas aeronaves

A ANAC traz no “RBAC nº 153 - Aeródromos - operação, manutenção e resposta à emergência”, o parágrafo 153.111(h) que define que o operador de aeródromo deve assegurar que a velocidade de exaustão de gases dos motores das aeronaves posicionadas em direção a edificações, equipamentos, veículos e pessoas, durante operações aéreas, não ultrapasse 56 km/h (aprox. 35 mph) quando atingir estes elementos. Este requisito pode ser observado no planejamento dos pátios, táxis e pistas, durante todas as fases da movimentação e estacionamento das aeronaves.

Abaixo mostramos exemplos da intensidade e do alcance dos jatos de ar junto ao solo provocados pelo movimento de aeronaves nos pátios e táxis.

No caso de aviões a jato, o lançamento de FOD se dá, em geral, no sentido oposto ao deslocamento da aeronave.

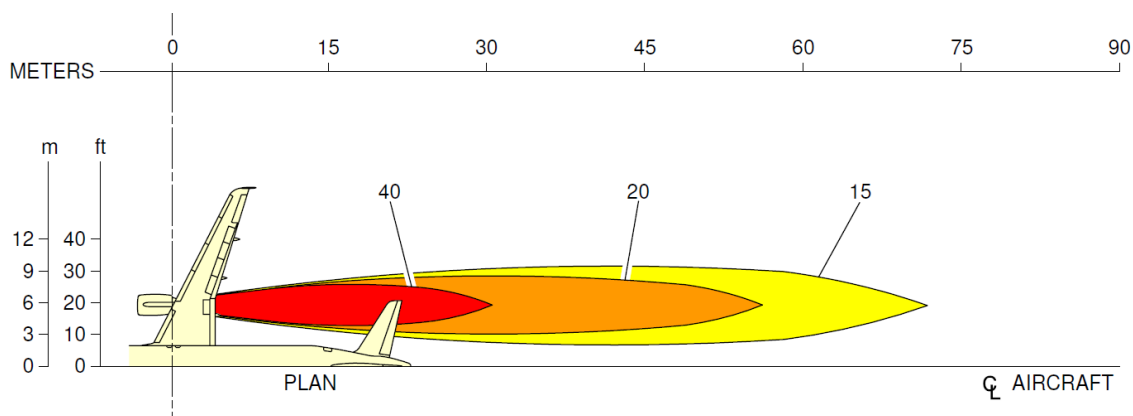


Figura 11: Vista em planta. Velocidades de Exaustão de Gases do Motor, em metros por segundo (m/s). Força de *Breakaway* (Quebra de inércia). Motor da série CFM56. Figura-6-1-3-991-003-A01. Fonte: *Airbus A320 aircraft characteristics - airport and maintenance planning*. – AC. Airbus S.A.S.

DICA!

A Seção 153.111 do RBAC nº 153 estabelece que, em relação à movimentação de aeronaves na área de movimento, o operador de aeródromo deve assegurar que a velocidade de exaustão de gases dos motores das aeronaves posicionadas em direção a edificações, equipamentos, veículos e pessoas, durante operações aéreas, não ultrapasse 56 km/h quando atingir estes elementos.

Este limite deve ser observado na fase de projeto do aeródromo ou na alteração de sua configuração. Alguns aeroportos já fizeram alterações nas posições de espera nas táxis do pátio onde *jet blast* atingia o terminal (Aeroporto Internacional de Cuiabá), ou alteraram o fluxo das aeronaves no pátio.

Caso não seja possível a reconfiguração, é necessário avaliar a necessidade de instalação de barreiras de proteção (*blast fences*) para eliminar ou reduzir tais efeitos.

Para mais informações sobre este tema, vide o “Manual sobre critérios de movimentação no solo e o SOCMS”.

Pode ocorrer que o deslocamento do ar de sucção (*air intake*) seja um perigo para equipamentos e pessoas no pátio.

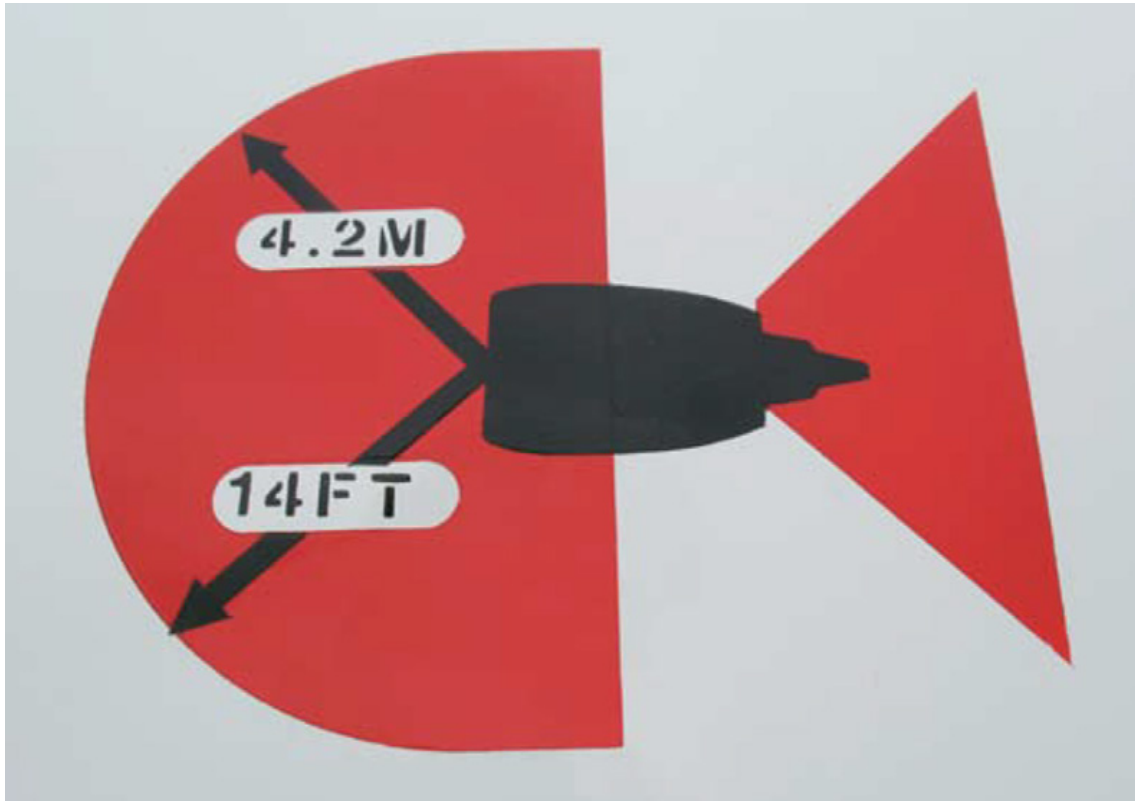


Figura 12: Para prevenção e conscientização das áreas perigosas próximas aos motores, alguns modelos de aeronaves, como os Boeing 737-300/-400/-500 e Next Gen 737, além do Airbus A321, têm este decalque nas *nacelles* (carenagem) dos motores. (Zimmer, 2008).



Figura 13: Alguns aeroportos pintam marcas de área de segurança de motores no chão. Se pintadas, podem considerar a área de segurança para potência de motor acima de "idle" (sem empuxo), além de considerar os diferentes motores e aeronaves que operam naquele pátio (Šušteršič, 2016).



Figura 14: Ingestão de um cone por um motor de aeronave. Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, 2021.

As equipes de solo que trabalham no pátio devem conhecer as áreas de perigo próximas aos motores e o risco de sucção por um motor, com consequências fatais. O treinamento básico de acesso à área de movimento pode esclarecer o perigo de aproximar-se destas áreas no pátio. Não podem ser permitidos objetos, roupas ou bonés soltos nas proximidades dos motores das aeronaves, enquanto os motores estiverem ligados, mesmo em “idle”.

VOCE SABIA?

Houve relatos de 37 pessoas “sugadas” por motores das aeronaves 737-100/ -200/ -300/ -400/ -500 no período entre 1969 e 2008. Alguns destes eventos resultaram em fatalidades (Zimmer, 2008).

No caso de helicópteros, o lançamento de FOD se dá em todos os sentidos, isto é, em 360° a partir da aeronave. Ocorre muitas vezes a suspensão de objetos por longos períodos, devido aos vórtices nas pontas das pás da hélice, especialmente próximo a áreas gramadas recém cortadas.

RECOMENDAÇÕES PARA AS CLASSES III E IV

Onde a análise de risco dos operadores aeroportuários e aéreos indicar, as áreas com perigo de sucção por motores podem ser marcadas ou pintadas no solo.

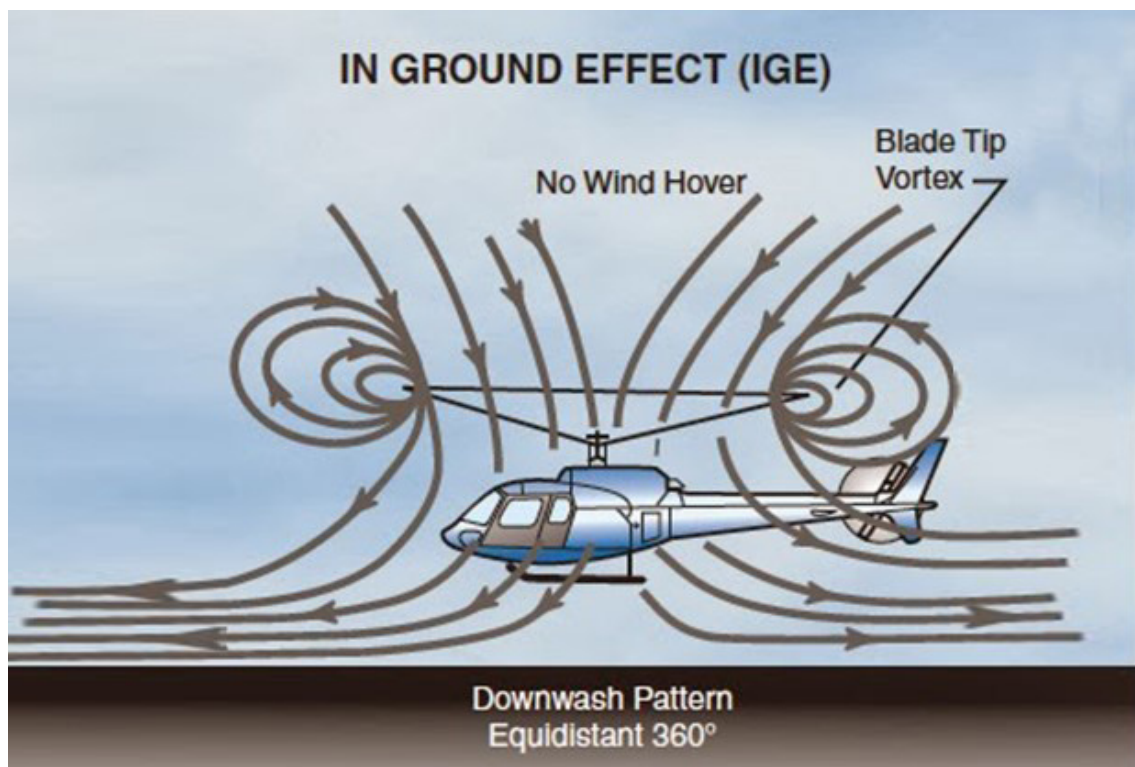


Figura 15: O voo de helicópteros próximo ao solo gera grande fluxo de ar (*down wash*) paralelo ao solo, lançando objetos com grande energia em todas as direções (360°). Fonte: <http://blog.hangar33.com.br/asas-rotativas-pairando-no-efeito-solo/>.

DICA!

Para maiores informações sobre abordagem à aeronave, vide “Manual sobre critérios de movimentação no solo e o SOCMS”.

4.1.3 EQUIPES NA ÁREA DE MOVIMENTO

Todos os funcionários do aeródromo podem conhecer o controle de FOD em vigor no aeroporto e ter recebido um treinamento antes de iniciar suas atividades profissionais dentro da área de movimento.

Todos os profissionais da aviação que adentrem a área de movimento podem receber alguma informação sobre o controle de FOD do aeroporto. Podem ser colocadas mensagens de alerta para redução de geração de FOD, mensagens de estímulo a remoção do FOD encontrado, instalação de coletores de FOD próximos às áreas com maior ocorrência de FOD ou convites para a próxima “caminhada FOD”.

A equipe do aeroporto pode alertar e estimular os passageiros que façam deslocamento a pé na área de movimento a auxiliar no controle de FOD, diminuindo a geração de novo FOD ou removendo o FOD existente.

4.1.4 EQUIPE DE GESTÃO DO AERÓDROMO

Para deixar claro para todos no aeródromo que a remoção de FOD é responsabilidade de todos, a equipe de gestão do aeródromo, em seus níveis mais altos, pode dar apoio ostensivo ao controle de FOD do aeródromo. A participação nas “caminhadas FOD”, além de outras atividades relacionadas, reforça esta mensagem. O controle de FOD terá a relevância necessária no controle de riscos do aeródromo com o patrocínio e apoio organizacional ostensivo.

O controle FOD pode ser apoiado ativamente pelos dirigentes de todas as organizações que operam na área de movimento.

O operador do aeródromo pode estabelecer um processo para limpar regularmente a área de movimento do FOD, preferencialmente combinado com os demais processos de monitoramento da condição física e operacional da área de movimento.

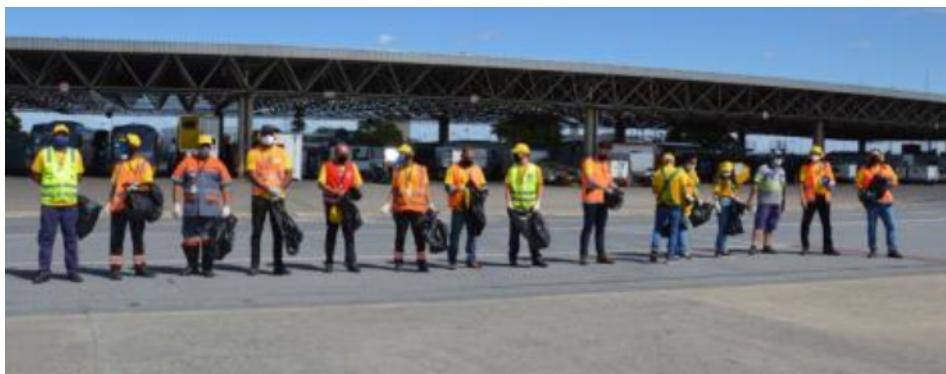


Figura 16: Caminhada FOD no Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, 2021.

Alguns aeroportos fazem das “caminhadas FOD” eventos de reforço da cultura de segurança do aeroporto. Algumas das “caminhadas FOD” programadas ao longo do ano podem ser parte de eventos corporativos de segurança operacional no aeroporto ou de reforço da identidade corporativa do aeródromo. Alguns aeroportos fazem distribuição de bonés, camisetas e outros itens alusivos ao evento aos participantes, aproveitando as “caminhadas FOD” para reforçar a imagem corporativa, a comunicação interna e o trabalho em equipe.

DICA!

A cultura de segurança (*safety culture*) abrange as percepções e crenças comuns dos membros de uma organização relativas à segurança do público e pode ser um determinante do comportamento dos membros. Uma cultura de segurança saudável depende de um alto grau de confiança e respeito entre pessoal e gestão e, portanto, deve ser criada e apoiada no nível de alta gestão (OACI, 2013).

4.2 TREINAMENTO

RECOMENDAÇÕES PARA AS CLASSES III E IV

O treinamento das equipes para o controle do FOD pode fazer parte do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO) ou do Plano de Gerenciamento da Segurança Operacional (PGSO) do aeroporto, o que lhe for aplicável.

O principal objetivo do treinamento para o controle de FOD é aumentar a conscientização das pessoas com acesso à área de movimento sobre as causas e efeitos dos danos do FOD.

O treinamento pode promover a atitude “limpe-enquanto-vai” (do inglês, *clean-as-you-go*) para a participação ativa de todos na eliminação do FOD durante o desempenho das rotinas diárias de trabalho.

VOCE SABIA?

A expressão “limpe-enquanto-vai” (do inglês, “*clean-as-you-go*”) foi definida pela *National Aerospace FOD Prevention, Inc.* – NAFPI (2022) da seguinte forma:



“Limpe a área ao redor quando o trabalho não puder continuar.

Limpe a área ao redor quando os detritos têm o potencial de migrar para uma área fora da vista ou inacessível e dar a aparência de mão-de-obra ruim.

Limpe a área antes de deixá-la desacompanhada, quando o trabalho não puder continuar, após o trabalho ser concluído ou no final do turno, o que vier primeiro.

Se você vir alguma coisa, soltar alguma coisa, vir ou ouvir algo cair, pegue.” (NAFPI, 2022) (tradução livre)

4.2.1 OBJETIVOS DO TREINAMENTO

O treinamento pode informar também a importância na participação nos eventos coletivos periódicos de limpeza da área de movimento, como as “caminhadas FOD”, que normalmente reúnem toda a comunidade aeroportuária.

Ao final do treinamento, os participantes devem conhecer os seguintes itens relacionados ao controle de FOD no aeródromo:

1. origens do FOD;
2. conscientização sobre o impacto de FOD na segurança de aeronaves, pessoal e passageiros;
3. as consequências de ignorar o FOD e os incentivos para a prevenção do FOD;
4. visão geral do controle FOD do aeródromo;
5. origem, causas e principais fatores contribuintes do FOD;
6. praticar hábitos de trabalho limpos e normas gerais de limpeza e inspeção das áreas de trabalho;
7. procedimentos de detecção de FOD, incluindo o uso adequado de tecnologias de detecção no aeródromo;
8. requisitos e procedimentos para a inspeção regular e limpeza das áreas de movimento;
9. procedimentos de remoção do FOD;
10. cuidados adequados, uso e armazenamento de materiais e componentes ou equipamentos utilizados ao redor de aeronaves durante a manutenção ou em superfícies do aeródromo;
11. controle dos detritos na realização de atribuições de trabalho (por exemplo, itens soltos associados à bagagem, equipamentos de rampa e materiais de construção);
12. controle sobre itens pessoais e equipamentos;
13. controle e responsabilidade adequada e cuidado com ferramentas e *hardware*;
14. como relatar incidentes FOD ou possíveis incidentes; e
15. vigilância contínua para fontes potenciais de FOD.

4.2.2 CONTEÚDO DO TREINAMENTO

O treinamento pode ser organizado de acordo com o conteúdo deste Manual, conforme os itens abaixo:

1. origens do FOD;
2. operações aéreas e aeroportuárias;
3. manutenção de aeronaves;
4. carga aérea;
5. obras;
6. manutenção;
7. pavimentos;
8. áreas não pavimentadas;
9. vizinhança.

4.2.2.1 Origens

O melhor meio de controlar o FOD é reduzir a sua geração na origem.

Quando não é reduzida a origem de FOD, será necessário detectar, recolher, identificar a origem e agir para reduzir a geração.

Uma pequena lista de origens frequentes, e não completa, de FOD no aeródromo está abaixo:

1. pessoas: papéis, embalagens, canetas, ferramentas, lanternas, peças de roupa e outros objetos;
2. bagagem e carga aérea: etiquetas, embalagens, bandejas, peças de amarração (cabos e tiras), partes de malas (alças, fechos, rodinhas), pedaços de madeira, sacos de lixo;
3. equipamentos: parafusos e pequenas partes de aeronaves, veículos, carregadores (*loaders*), caminhões de abastecimento;
4. infraestrutura: pavimentos, luzes e placas degradados;
5. meio ambiente: aves, fauna, cascalho e detritos carregados pela água da chuva;
6. obras e serviços de manutenção: transporte e armazenamento inadequado de materiais (concreto, asfalto, brita), tapumes ou cercas mal fixadas, pregos ou parafusos, partes de cabos, vegetação ou grama recém cortados e soltos, ferramentas deixadas para trás.



Figura 17: Mangueira encontrada na pista do Aeroporto Internacional de Viracopos - Campinas, 2021.

4.2.2.2 Operações aéreas e aeroportuárias

Operadores de aeronaves, equipes de apoio em solo e outras equipes de solo no aeródromo geram grande parte do FOD encontrado no pátio, vias de serviço, áreas de processamento e inspeção de bagagem e áreas próximas a cozinhas de voo. Reabastecimento, bufê, limpeza da cabine e manuseio de bagagem e carga podem produzir materiais oriundos do descarte ou pequenas peças quebradas e soltas. Peças de bagagem, incluindo etiquetas de bagagem e rodas, podem quebrar e cair no pátio ou ficar retidas nas bordas da porta de carga da aeronave. Elas também podem ser derrubadas para fora da aeronave, caindo no pátio na próxima parada.

Nos pátios de estacionamento para embarque de passageiros ou transporte de carga é necessário conscientizar e responsabilizar os operadores de aeronaves no controle de FOD. As tripulações de voo podem informar qualquer FOD que observarem nas pistas e táxis para o órgão ATS, ou o operador do aeródromo, onde não houver órgão ATS.

Operadores de aeronaves e agentes de processamento de bagagens ou carga em solo podem inspecionar áreas de pátio antes da aeronave chegar ou sair de uma posição de estacionamento.

O FOD pode se acumular nos equipamentos de suporte de terra (GSE) armazenado no pátio ou nos veículos de operações, manutenção ou resposta à emergência, em especial nas ranhuras dos pneus, movendo FOD para o centro da pista ou táxi.

Todas as equipes de solo podem estabelecer procedimentos para inspecionar os equipamentos de solo e veículos em busca de sinais de desgaste que possam levar a riscos de FOD.

O operador do aeródromo pode estabelecer procedimentos para inspecionar as áreas de trânsito a pé de passageiros no pátio, áreas de carga e descarga de bagagem ou carga aérea, sempre que uma aeronave for atendida.

Algumas vezes as vias de serviço de veículos e as táxis se cruzam, outras vezes são muito próximas. Em ambos os casos, a análise de risco de FOD pode incluir estas interseções, dando defesas e controles aos perigos nestes pontos de cruzamento.

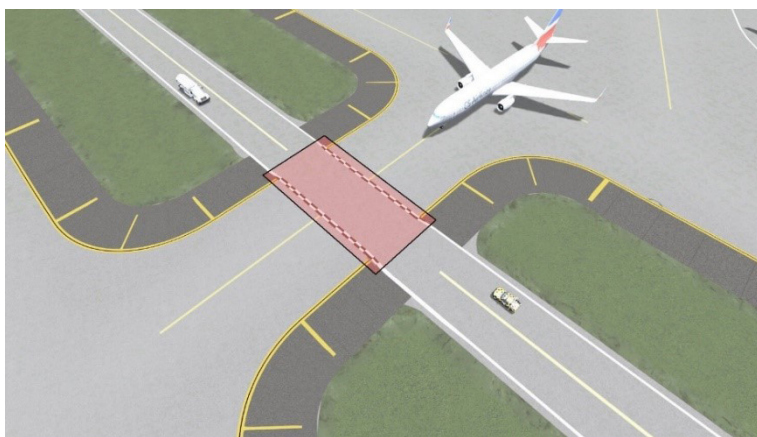


Figura 18: Interseção entre táxi e via de serviço, com elevado risco de transporte de FOD entre as vias.



Figura 19: Varredura na linha do "T" no Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, 2021.

4.2.2.3 Manutenção de aeronaves

Essas atividades, que podem ser realizadas no pátio, exigem uma variedade de pequenos objetos, como rebites, fios de segurança e parafusos que se tornam FOD quando são deixados para trás inadvertidamente.

Todas as ferramentas, grandes e pequenas, podem ser contabilizadas como uma questão de prática. Os auxílios no controle desses itens incluem listas de verificação, placas de sombra e forros de bandeja de ferramentas recortados. Todos os itens podem estar contidos em uma sacola à prova de derramamento, bandeja ou caixa de ferramentas.

Etiquetas de retirada de equipamentos ou bolsas de ferramentas ajudam a identificar uma bolsa que não foi trazida de volta à oficina.



Figura 20: Bolsa de ferramentas de mecânico profissional de aeronaves de uma empresa aérea brasileira de grande porte, com algumas ferramentas e um rádio, encontrada na pista durante uma inspeção noturna no Aeroporto Internacional de Campinas - Viracopos, 2021. Os procedimentos em vigor no aeroporto fazem parte das ações de prevenção para reduzir a probabilidade de ocorrência desta classe de Evento de Segurança Operacional (ESO).

DICA!

MECÂNICO DE AERONAVES: O QUE VOCÊ PODE FAZER?

- Realize uma contagem e uma lista de ferramentas, itens pessoais e equipamentos de proteção individual (EPIs) antes de trabalhar em uma aeronave. Leve apenas o necessário para a tarefa específica de manutenção.
- Deixe seus itens pessoais como joias, moedas, chaves, em um local seguro em vez de mantê-los com você durante tarefas de manutenção.
- Prepare o espaço de trabalho da aeronave encobrimo motores, portas estáticas pitot, entradas de ar, e outras áreas com materiais de proteção para reduzir a probabilidade de entrada de FOD (incluindo detritos residuais, como lascas de tinta ou aparas metálicas) para sistemas de voo críticos.
- Enquanto trabalha em áreas de baixa visibilidade (rampa ou hangar), certifique-se de que a iluminação adequada seja usada para verificar se FOD (bolsa, ferramenta, parafuso, porca) foi deixado para trás durante a manutenção.



- Manter ferramentas e materiais de consumo em recipientes apropriados para evitar que eles se tornem FOD. Placas de sombra e caixas com relevo são boas aliadas no controle de FOD.
- Armazene ferramentas em caixas e sacos apropriados e organize-as de uma maneira que você pode reconhecer facilmente se uma ferramenta está faltando.
- Distrações podem fazer com que você esqueça as coisas durante as tarefas de manutenção. Sempre siga o manual de manutenção e o cartão de tarefa e use uma lista de verificação (*check list*). Se você se distrair, volte três passos ao reiniciar seu trabalho.
- À medida que você executa a tarefa de manutenção, limpe ao mesmo tempo que você trabalha para reduzir a probabilidade de caírem quaisquer itens. Mantenha um recipiente FOD ao seu lado durante a tarefa de manutenção para fácil disposição do FOD.
- Realize uma segunda contagem de ferramentas e EPIs, além dos seus itens pessoais essenciais. Isso facilita a verificação da “inspeção de saída” e ajuda a garantir que nada tenha sido deixado para trás.
- Remova qualquer material de proteção da aeronave para que eles não se tornem FOD.
- Na “inspeção de saída”, peça a outro mecânico para inspecionar visualmente sua área de trabalho para confirmar que não ficou nada que possa se tornar FOD. Um segundo conjunto de olhos pode ver algo que você perdeu.
- Reconheça que fatores humanos são questões como complacência, fadiga, pressão, estresse, e a falta de conscientização da situação pode contribuir para o FOD.
- Considere realizar caminhadas diárias de FOD em áreas como hangares, rampas e pistas para identificar e remover FOD.

Remover o FOD é responsabilidade de todos.

4.2.2.4 Carga aérea

Em um pátio de carga aérea há um alto potencial para que partes de embalagens e outros detritos, chapas plásticas ou mesmo as cargas sejam deslocados pelo vento ou pelas aeronaves (*jet blast*). Procedimentos para conter tais detritos, possivelmente instalando e monitorando cercas, quando apropriadas, podem ajudar a controlar a movimentação de FOD pelo vento. O FOD preso por tais cercas pode ser removido regularmente.



Figura 21: Tampa do tanque de combustível de aeronave deixada sobre táxi, Aeroporto Internacional de São Paulo-Guarulhos, 2022. Uma quantidade surpreendentemente alta de tampas de tanque de combustível de aeronaves tem sido encontrada como FOD em diversos aeroportos do mundo.

4.2.2.5 Obras

A presença de FOD é mais comum quando ocorrem atividades ou serviços de manutenção ou obras nos aeródromos.

A ocorrência de obras e serviços de manutenção requer inspeções mais frequentes ou contínuas, conforme a análise de risco indicar. Pode ser necessário designar pessoal e equipamentos dedicados para inspecionar e coletar continuamente o FOD durante grandes atividades de construção.

Podem ser estabelecidos e empregados procedimentos específicos de prevenção do FOD para cada projeto de construção. Esses procedimentos podem ser baseados na proximidade das atividades de construção das áreas operacionais, mas, em geral, podem enfatizar a contenção e a limpeza regular dos detritos de construção.

O planejamento das obras no aeródromo pode incluir um meio de controle e contenção de FOD gerado pelos serviços. Isso é especialmente relevante em localidades de chuva ou vento intenso, onde os detritos são mais propensos a serem transportados para as pistas, táxis ou pátios. Itens específicos para estes controles podem ser incluídos nos contratos das obras.

As rotas designadas de veículos de construção na área de movimentação podem ser planejadas, de modo a evitar ou minimizar a travessia em áreas críticas de operações aeronáuticas. Se as travessias de alto risco não puderem ser evitadas, disposições subsequentes, como uma maior frequência de inspeções FOD, podem ser implementadas.



Figura 22: Isolamento de obra em áreas do estacionamento do Aeroporto de São Paulo - Congonhas. Veem-se as barreiras de contenção de FOD, como as tábuas junto ao piso e as telas mais acima.

Os contratantes podem compreender e cumprir plenamente os requisitos e penalidades incorporados em seus contratos relativos ao controle e remoção da FOD. Para fazer cumprir esses requisitos, os operadores do aeródromo podem considerar a elaboração de orientações de controle de FOD para todos os projetos de construção que ocorrem dentro da área de movimento. As disposições de normas e especificações da obra podem ser incluídas nos documentos de contrato para projetos de construção. Esses itens podem incluir:

- a) exigir que os contratantes cubram todos os procedimentos de controle de FOD;
- b) exigir que os empreiteiros protejam quaisquer itens soltos que possam facilmente se espalhar ou controlar a poeira com a pulverização de água;
- c) garantir o bom funcionamento dos bueiros e sistema de drenagem durante toda a construção;
- d) especificar se serão necessários dispositivos mecânicos de remoção de FOD;
- e) especificar como o monitoramento dos riscos do FOD será realizado;
- f) requisitos para inspecionar e remover o FOD dos pneus antes de atravessar áreas operacionais, como a rolagem de pneus em áreas pavimentadas para inspeção visual de controle de FOD.

Pode até ser necessário designar pessoal dedicado para inspecionar continuamente o FOD durante grandes atividades de construção.

DICA!

Ao definir o tipo de contenção a ser utilizada ou qualquer tipo de sinalização móvel necessária, lembre-se que, para que não se torne um FOD, estes elementos devem ser avaliados sob o ponto de vista de sua capacidade de resistir a vento, deslocamento de ar causado por motores, hélices ou rotores (*jet blast*, *prop wash* ou *down wash*) e qualquer outro fator externo que possa levar ao seu tombamento ou deslocamento.

4.2.2.6 Manutenção

O corte de vegetação ou grama, além de outros serviços de manutenção, são uma das principais fontes de FOD, especialmente quando próximas às pistas, táxis e pátios. Em razão do vento, da água da chuva e da drenagem podem fluir lama, pedras e outros detritos ao longo do caminho de menor resistência e depositá-los nas pistas, táxis ou pátios.

O *jet blast*, o sopro de hélice, o sopro de rotor e mesmo os gases dos motores de cauda de aeronaves (*aircraft power unit* – APU) podem mover FOD da borda da pista e áreas de acostamento, onde tende a se acumular, de volta para o centro da pista ou táxi. Da mesma forma, o vento pode soprar vegetação ou grama recém cortados, detritos secos, como areia ou sacos plásticos, de áreas relativamente não críticas para a pista, táxis ou pátios.

Helicópteros que manobram sobre áreas verdes com vegetação ou grama recém cortadas ou de terra solta também podem mover FOD para pistas, táxis e pátios. Além disso, os vórtices de alta velocidade de um helicóptero também podem levantar FOD e poeira do chão e impulsioná-los a uma distância de aproximadamente três vezes o diâmetro do rotor.

Podem ser implementados procedimentos para remover esses detritos, como o uso de um varredor de aeródromo ou pessoal a pé usando pás para remover a vegetação e solo solto.

A manutenção de sistemas elétricos e de iluminação do aeródromo, de pavimento e de sinalização podem gerar detritos de concreto, asfalto e partes de cabos e outras peças pequenas, bem como aumentar o potencial de peças de reparo, ferramentas e outros itens armazenados nos veículos de manutenção, que podem cair no trajeto de ida e volta para o local dos serviços.

Procedimentos para o encerramento de cada jornada ou etapa do trabalho podem incluir a “inspeção de saída”, isto é, a limpeza do local para remoção de ferramentas, materiais soltos, partes de cabos, parafusos e outros objetos. Pode ser necessária a supervisão periódica do cumprimento desta etapa final de cada serviço devido à “deriva prática”.

DICA!

Para maiores informações sobre medidas de proteção nas áreas em obras ou serviços de manutenção, veja o “Manual de Obras e Serviços de Manutenção” disponível no sítio eletrônico da ANAC, na rede mundial de computadores.

4.2.2.7 Pavimentos

O pavimento deteriorado pode exibir trincas, rachaduras ou mesmo fragmentação. Por exemplo, pequenos pedaços de concreto podem se soltar das placas de concreto da pista ou FOD pode desenvolver a partir de rachaduras de canto fadigadas ou esborcinamento de juntas.

O pavimento pode deteriorar-se quando o sistema de drenagem do pavimento está saturado ou inoperante, ou a infraestrutura de pavimento e seu sistema de drenagem envelhecido e água do subleito passa para as camadas superiores do pavimento, criando pontos fracos que se desenvolvem em falhas, buracos ou panelas no pavimento asfáltico. Nos pavimentos de concreto podem ocorrer falhas e fraturas sob a carga de ciclos de operação de aeronaves.



Figura 23: Pavimento deteriorado sendo lançado pela aeronave (Fonte: SWNS.com).

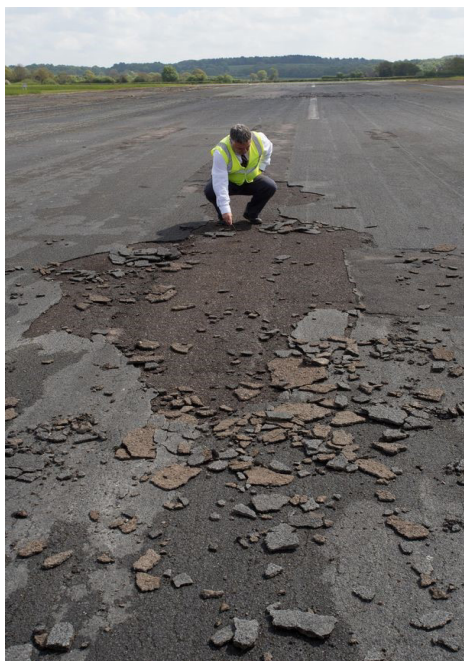


Figura 24: Condição do pavimento onde a aeronave da Figura 23, acima, decolou (Fonte: SWNS.com).

As vias de serviço que cruzam táxis podem gerar FOD a partir dos veículos que as utilizam, especialmente durante obras no aeródromo.

Pode-se prestar atenção especial à limpeza de rachaduras e articulações do pavimento, pois os testes mostraram que são as principais origens de FOD.

Pontos de fratura nos pavimentos de asfalto e concreto podem tornar-se fonte mais comum de FOD em um aeródromo e, portanto, práticas eficazes de monitoramento e manutenção do pavimento são fundamentais para a prevenção do FOD.

4.2.2.8 Áreas não pavimentadas

As áreas não pavimentadas, com vegetação ou não, além das valas da área de movimento, podem coletar e conter grandes quantidades de detritos leves, como papel, papelão, plástico e vários recipientes e embalagens que podem se originar de pátios com circulação de passageiros, cargas ou execução de serviços de manutenção próximos a hangares. Estes FOD podem ser soprados de volta para áreas usadas por aeronaves, a menos que coletados em tempo hábil.

Áreas não pavimentadas adjacentes aos pavimentos podem exigir estabilização, conforme apropriado, para evitar que o FOD seja soprado pela movimentação das aeronaves.

As cercas FOD podem tornar-se pontos de acumulação de detritos em dias de vento. Este FOD pode ser coletado antes que o vento aumente ou mude de direção e os detritos voltem para áreas usadas pelas aeronaves.



Figura 25: FOD em área não pavimentada adjacente à taxi no Aeroporto Internacional de São Paulo - Guarulhos, 2022. O FOD é movimentado pelo vento nas áreas do aeroporto, acumulando-se próximo às cercas.

4.2.2.9 Vizinhança

Algumas vezes áreas junto às cercas do aeródromo são utilizadas por pessoas que passam do lado externo do aeródromo para que lixo e outros detritos sejam “arremessados” para dentro do aeródromo.

Vias perimetrais próximas aos limites da área operacional ou, em alguns casos, junto aos limites da área patrimonial, servem de pontos de monitoramento e recolhimento destes detritos.

Algumas vezes são abertos buracos nas cercas e muros para depositar o lixo e entulho dentro do aeródromo, o que permite também a entrada de animais e pessoas na área de movimento. Por isso, o monitoramento das cercas do sistema de proteção do aeródromo pode incluir estes itens de verificação.

DICA!

Para maiores informações sobre sistema de proteção da área operacional, consultar o “Manual sobre Proteção da Área Operacional do Aeródromo”, disponível no sítio eletrônico da ANAC, na rede mundial de computadores.

4.3 SUPERVISÃO

Os operadores do aeródromo podem garantir que todos os funcionários envolvidos nas operações no aeródromo recebam treinamento recorrente de controle de FOD e sejam informados das origens mais frequentes no aeródromo.

O pessoal do aeródromo pode ser encorajado a identificar potenciais riscos de FOD, agir para remover o FOD observado e propor soluções para mitigar riscos relacionados à segurança.

O operador do aeródromo pode garantir, com métricas objetivas, que o FOD está sendo controlado no aeródromo.

O controle FOD pode ser apoiado ativamente pelos dirigentes de todas as organizações que operam na área de movimento.

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

O gerenciamento da segurança operacional ou a área de operações do aeroporto pode fazer verificações operacionais das ações de controle de FOD para confirmar a eficácia na aplicação dos procedimentos de controle de FOD.

Caso os procedimentos em vigor não atinjam os objetivos de redução dos riscos, novas abordagens devem ser propostas e testadas. A supervisão deve ser contínua.

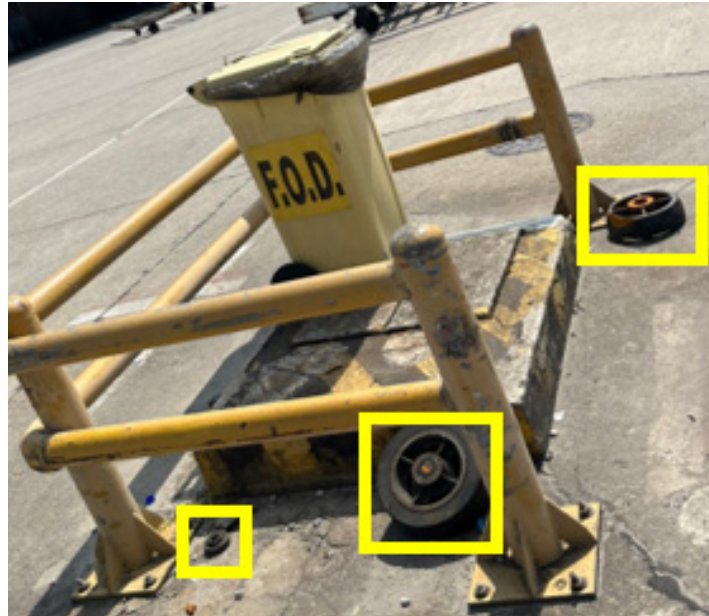


Figura 26: A supervisão para o reforço das ações preventivas deve ser contínua, como faz o SGSO do Aeroporto Internacional de São Paulo – Guarulhos, neste ponto de coleta de FOD utilizado como ponto de descarte de peças quebradas e soltas de veículos. Fonte: Aeroporto Internacional de São Paulo-Guarulhos, 2022.

Pode ser necessária a supervisão, ou mesmo a ação, do operador do aeródromo para fazer cumprir as medidas de redução da geração e na remoção do FOD nas atividades quotidianas das equipes.

5. DETECÇÃO

Detectar e remover o FOD é uma atividade fundamental em um aeródromo. Esse processo pode ser seguido pela identificação de sua origem e redução de nova geração de FOD.

Todas as equipes que trabalham na área de movimento podem ter a atitude “limpe-enquanto-vai”, procurando e recolhendo FOD continuamente durante suas funções regulares.

A detecção e remoção do FOD pode ser incluída na rotina de monitoramento da área de movimento, com a frequência, técnica, procedimentos e equipamentos necessários e suficientes para manter os riscos associados ao FOD em níveis aceitáveis.

O operador do aeródromo estabelecerá procedimentos para o controle de FOD na área protegida da pista em coordenação com o órgão ATS do aeródromo.

As diferentes áreas do aeródromo podem ser classificadas por diferentes níveis de risco de FOD. Diferentes riscos podem ter diferentes procedimentos, coordenadores, controles ou defesas.

Abaixo apresentamos duas abordagens para classificação de áreas segundo o risco causado pelo FOD.

Na primeira abordagem, os parâmetros de avaliação das áreas são a probabilidade de não detectar e remover o FOD naquela área (eixo vertical do gráfico) e a avaliação da consequência dos eventos de “colisão” com FOD naquela área (eixo horizontal).

DICA!

A classificação e sinalização das áreas pode servir para priorizar a atuação do controle de FOD, além de fazer parte da campanha de conscientização. Um “mapa” com estas áreas pode orientar os trabalhos e o controle de FOD.

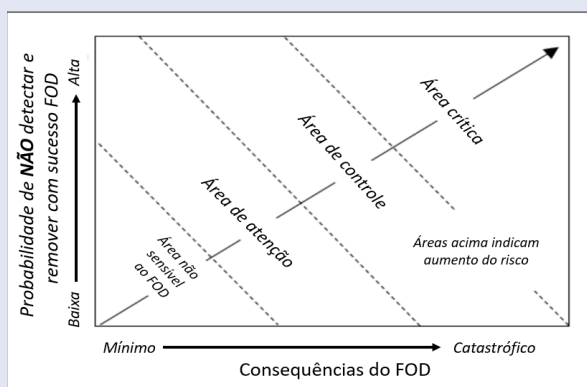


Figura 27: Exemplo de classificação de áreas segundo o risco causado pelo FOD nas áreas de lançamento de foguetes espaciais da NASA – tradução livre (SMAO - NASA, 2020). Do lado direito, a sinalização de uma das áreas críticas no Aeroporto Internacional de São Paulo-Guarulhos, 2022.

A prioridade das áreas de controle de FOD é a seguinte:

1. pistas;
2. táxis;
3. pátios;
4. vias de serviço;
5. áreas não pavimentadas adjacentes às pistas, táxis, pátios e vias de serviço;
6. áreas vizinhas ao aeródromo das quais o FOD pode ser jogado por pessoas ou lançado pelo vento.

Na segunda abordagem, a avaliação de áreas é feita segundo um parâmetro objetivo: o custo dos danos causados pelo FOD em cada área.

O autor que defende essa abordagem é McCreary (2011) à página 254 do seu relatório *“Runway Safety: FOD, Birds and the Case for Automated Scanning”*. Segundo o autor, a avaliação de especialistas, em especial para avaliar a severidade eventos, é subjetiva.

Segundo ele, o melhor parâmetro objetivo de avaliação do risco causado pelo FOD é o custo dos danos causados pelo FOD. Esse parâmetro não é sujeito à vieses comportamentais e vies de histórico de ocorrências passadas, ou, ainda, ao denominado vies de especialista.

Ainda segundo o autor, o uso do parâmetro objetivo “custo da colisão com FOD” como ferramenta de planejamento das ações de controle de FOD levará nossa atenção para controlar os eventos precursores, isto é, pequenos eventos que ocorrem antes das grandes “colisões” com FOD, diminuindo o custo total dos danos causados pelo FOD.

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

Quando a avaliação de risco indicar, estas áreas podem ser sinalizadas e ter níveis mais rigorosos de supervisão e controle de FOD.

O método de avaliação de risco das áreas pode incluir o custo dos danos causados ou a severidade estimada dos danos. Os métodos podem ser comparados para verificar a aplicabilidade e eficácia no controle de FOD no aeroporto.

5.1 PROCEDIMENTOS

Quando o FOD for detectado na área protegida da pista, o operador do aeródromo definirá o procedimento, em coordenação com o órgão ATS, para a rápida tomada de decisão sobre o risco representado pelo FOD. O procedimento incluirá a notificação de todos os envolvidos nas operações do aeródromo para remover o FOD detectado. Quando não houver órgão ATS, o operador do aeródromo poderá seguir os procedimentos de acesso e permanência na área protegida para evitar a ocorrência de incursão em pista.

Algumas características comuns às inspeções de detecção e de sistemas de escaneamento da pista por sistemas fixos foram verificadas em um extenso levantamento realizado nos Estados Unidos, conforme McCreary (2011):

- os aeroportos atualmente se baseiam em inspeções visuais a pé ou em um veículo, mesmo à noite;
- três inspeções diárias em uma pista que opera 24 horas por dia significam inspeções em 2.1% do tempo, ou seja, um FOD pode ficar até 7h45 minutos na pista até ser detectado e removido, caso a próxima inspeção visual seja completamente eficaz;
- FOD e BIRD (ocorrência de aves) são transientes; objetos se movem e são movimentados;
- a inspeção visual padrão (uma por dia) recomendada pela Federal Aviation Administration (FAA), dos Estados Unidos, encontra não mais do que 3% ou 4% do FOD que está presente na pista durante todo o dia;
- ao contrário do esperado, não há um *hot spot* para o FOD na pista; o FOD é distribuído ao longo de toda a pista;
- para ser eficaz, a solução de escaneamento da pista (sistemas fixos) deve cobrir todo o comprimento operacional da pista;
- aeroportos que optam por somente cobertura parcial de escaneamento de pista aumentam de fato a sua responsabilidade.

Operações de detecção, como “caminhadas FOD”, com veículos ou equipamentos de iluminação e detecção, podem ser realizadas em áreas específicas com risco agravado pela presença de FOD. Entre os fatores de que podem ser considerados na avaliação do risco causado pela presença de FOD estão:

- a. **as características das operações aéreas:** militares, de passageiros, de carga, aviação geral, agrícola;
- b. **características das aeronaves:** a jato, hélice ou helicóptero;
- c. **a frequência das operações:** o pequeno intervalo entre as operações dificulta inspeção contínua da área de movimento;
- d. **horário das operações:** as inspeções noturnas podem ser realizadas com equipamentos de iluminação e detecção adequados aos riscos, diferentes das inspeções diurnas;
- e. **as condições da área de movimento:** degradação do pavimento das pistas, táxis, pátios, acostamentos e vias de serviço;
- f. **áreas adjacentes à área de movimento:** ausência de pavimento, ou pavimento degradado das vias de circulação interna (vias de serviço, via de saída dos veículos de resposta à emergência, vias de acesso dos caminhões abastecedores), além das vias de acesso ao aeródromo;
- g. **condições temporárias:** corte de vegetação ou grama, ocorrência de obras no aeródromo, além de vento e chuvas fortes.

A inspeção do pátio de estacionamento pode ser realizada antes da chegada e partida de uma aeronave, a fim de detectar e remover qualquer FOD presente.

Procedimentos específicos de controle de FOD podem ser realizados nas seguintes condições ou áreas:

- a. nas áreas em obras ou serviços de manutenção e adjacências;
- b. após qualquer acidente ou incidente de aeronave, veículo ou equipamento na área de movimento;
- c. após qualquer tipo de derramamento de material, em especial na pista;
- d. após ocorrência de tempo severo, como ventos ou chuvas intensas;
- e. após a operação de aeronaves com características diferenciadas: Airbus A380, Antonov AN124, Lockheed Galaxy C-5, ou outras aeronaves cujos motores externos podem lançar detritos sobre as táxis ou pistas;
- f. sempre que solicitado por um piloto, órgão ATS ou equipes de solo;
- g. quando os sistemas automáticos de detecção indicarem a presença de FOD na área de movimento.

5.1.1 DETECÇÃO VISUAL

A detecção visual pode ser o método mais utilizado para o controle de FOD. Todas as pessoas que adentram a área de movimento, profissionais ou não, podem estar conscientes e serem avisadas que qualquer detrito pode ser removido. Esta atitude de vigilância contínua pode ser implantada, mantida, supervisionada e reforçada pelo operador do aeródromo.

A análise de risco do operador de aeródromo pode fundamentar as decisões sobre a frequência das inspeções visuais considerando as diferentes áreas do aeródromo e os seus diferentes riscos de FOD associados a estas áreas.

Inspeções visuais periódicas de FOD a pé podem ser realizadas para aumentar a eficácia da detecção e inspecionar áreas inacessíveis por veículos (como áreas de grama). As inspeções podem ter a frequência e usar os meios adequados segundo a análise de risco do operador do aeródromo.

VOCÊ SABIA?

Algumas características comuns às atividades de monitoramento para detecção de FOD e de sistemas de escaneamento da pista por sistemas fixos foram verificadas em um extenso levantamento realizado nos Estados Unidos, conforme McCreary (2011):

- o FOD é distribuído ao longo de toda a pista de pouso e decolagem;
- os aeródromos normalmente realizam inspeções visuais a pé ou em um veículo, mesmo à noite;

- uma única inspeção visual encontra não mais do que 3% ou 4% do FOD que está presente na pista durante todo o dia;
- 3 (três) inspeções significa vistoriar 2,1% do tempo de uma pista de pouso e decolagem que opera em tempo integral (24 horas/dia), podendo um FOD ficar até 7h45 minutos na pista até ser detectado e removido;
- para ser eficaz, as soluções de escaneamento da pista (sistemas fixos) devem cobrir todo o comprimento operacional da pista. Assim, aeródromos que optam por somente cobertura parcial de escaneamento de pista aumentam de fato a sua responsabilidade.

Ao mesmo tempo, a atitude “limpe-enquanto-vai” pode estar associada à vigilância contínua, de modo que a limpeza da área de movimento se torne um hábito natural reforçado por procedimentos operacionais escritos e “regras não escritas” em vigor. Estes são alguns passos importantes para o reforço da cultura de segurança do aeródromo.

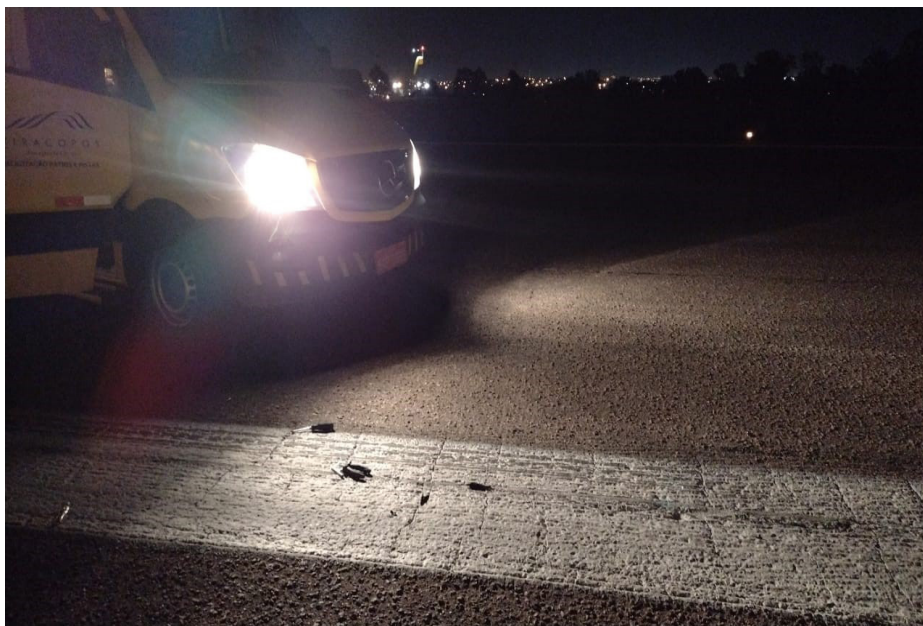


Figura 28: Ferramentas deixadas na pista, detectadas, registradas e recolhidas em inspeção visual noturna na pista do Aeroporto Internacional de Campinas - Viracopos, 2021.

A detecção e remoção de FOD pode ocorrer durante o curso das atividades profissionais de todos na área de movimento. Por exemplo, tripulações de voo podem informar qualquer FOD que observar em pistas e táxis para o órgão ATS ou o operador aeroportuário. Operadores de aeronaves e equipes de solo também podem ser solicitados a designar indivíduos para inspecionar áreas de pátio antes do movimento da aeronave de e para o portão.

As equipes de solo dos operadores aéreos, mecânicos, aeroclubes, abastecimento de combustível, abastecimento de refeições e limpeza de aeronaves podem se juntar ao pessoal do aeródromo em inspeções na área de movimento. Essa prática ajuda a aumentar a familiaridade com as condições do aeródromo local e promove uma comunicação eficaz entre o aeródromo e a comunidade aeroportuária.

Incentivar a participação de todos os envolvidos na operação do aeródromo nas inspeções, inclusive a alta gestão, reforçará o conceito de que o controle da FOD é um esforço de todos e demonstra o compromisso do operador do aeródromo com um ambiente livre de detritos e seguro.

Os veículos que adentram a área de movimento podem ser conduzidos preferencialmente em superfícies limpas e pavimentadas. Se um veículo for conduzido em superfícies não pavimentadas, o motorista, ou uma equipe treinada, têm a responsabilidade de garantir que os pneus do veículo não transportem FOD, como lama ou pedras soltas, para as áreas pavimentadas, em especial para as pistas, táxis, pátios ou vias de serviço. A inspeção periódica de veículos na área de movimento, ou admissão de um novo veículo, pode incluir a verificação de presença de FOD nos pneus e em outras partes do veículo, além de partes ou peças soltas ou parcialmente soltas.

5.2 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos para detecção de FOD podem ser móveis ou fixos. A avaliação de risco do operador do aeródromo indicará quais tecnologias e equipamentos são adequados às áreas de acordo com o seu risco relacionado ao FOD.

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

O relatório de investigação do acidente que destruiu o Concorde recomenda a instalação de sistemas de detecção automática permanente nos aeródromos com alta ocupação de pista.

Quando a avaliação de risco indicar, podem ser avaliados os equipamentos estacionários ou móveis, instalados ou rebocados pelos veículos.

Os sistemas móveis são transportados por veículos ou pessoas em áreas determinadas e, em geral, detectam e removem o FOD à medida do seu deslocamento. Podem também ser utilizados drones com câmeras de monitoramento em diferentes frequências de luz e calor para aumentar a eficácia da detecção.

Os sistemas fixos estão localizados nas áreas onde a inspeção e detecção de FOD é mais crítica e a execução desta inspeção impactará o movimento das aeronaves, normalmente as pistas. Para sua operação, pode ser definido um procedimento em coordenação com o órgão ATS para a remoção FOD.

5.2.1 DESEMPENHO

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

O relatório de investigação do acidente com o Concorde, no ano de 2000, recomenda a instalação de sistemas de detecção automática permanente nos aeródromos com alta ocupação de pista.

O desempenho recomendado neste Manual é baseado na AC 150/5220-24 - *Airport Foreign Object Debris (FOD) Detection Equipment, FAA (2009)*.

Os sistemas de detecção do FOD fixos podem ser capazes de detectar os objetos abaixo, e os sistemas móveis podem fornecer esse desempenho a uma velocidade mínima de 30 km/h:

- a. um cilindro metálico não pintado, medindo 1,2 cm de altura e 1,5 cm de diâmetro;
- b. uma esfera branca, cinza ou preta, medindo 1,7 cm de diâmetro (uma bola de golfe de tamanho padrão);
- c. detectar 90 por cento (90%) dos objetos do grupo abaixo deixados sobre o pavimento, em uma área quadrada de 30 metros por 30 m na área de cobertura desejada. Um item de cada pode ser incluído no grupo e cada item pode medir não maior que 10 cm em qualquer dimensão, a menos que especificado de outra forma:
 1. um "pedaço" de asfalto ou concreto (parecido com o existente do aeródromo);
 2. qualquer porção de uma luminária de pista (embutido no pavimento ou luz de borda);
 3. uma chave inglesa de até 20 cm de comprimento;
 4. uma tomada profunda (pelo menos 5 cm de comprimento);
 5. um pedaço de borracha de um pneu de aeronave;
 6. uma tira metálica distorcida (até 20 cm de comprimento);
 7. uma tampa de combustível (aeronave ou automotiva);
 8. uma porca de roda de veículo;
 9. uma linha ou tubo hidráulico de aeronave ou equipamento de solo, até 20 cm de comprimento;
 10. um tubo de PVC, branco, com 5 cm de diâmetro;
- d. qualquer 2 (dois) dos objetos acima, localizados não mais do que 3 m de distância um do outro, identificados como objetos separados.



Figura 29: Objetos utilizados para aferir a precisão e eficácia de sistemas estacionários de detecção de FOD (FAA, 2009).

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

O relatório de investigação do acidente com o Concorde, no ano de 2000, recomenda a instalação de sistemas de detecção automática permanente nos aeródromos com alta ocupação de pista.

5.2.2 MÓVEIS

Os sistemas móveis de detecção de FOD em geral são transportados por veículos, presos à drones ou conduzidos manualmente pelas equipes. Os equipamentos móveis de detecção de FOD mais comuns são:

1. câmeras infravermelho e luz visível montadas sobre um veículo;
2. radares móveis montado sobre um veículo;
3. barras magnéticas presas ao para-choque de um veículo;
4. esteiras de arrasto rebocadas por um veículo;
5. varredores mecânicos rebocados por um veículo;
6. aspiradores empurrados, rebocados ou montados sobre veículos.

Excetuando-se as câmeras e radares, a detecção do FOD é realizada pela própria remoção, de modo que estes equipamentos estão descritos no item "6.2 – Equipamentos" (de remoção de FOD).

O uso de drones com câmeras sensíveis à luz dentro do espectro visível e infravermelho tem trazido novas possibilidades e mais agilidade nos procedimentos de monitoramento das condições físicas e operacionais da área de movimento. Os resultados deste processo ainda estão sendo avaliados pelos aeroportos e ainda não há recomendações padronizadas de velocidade, altitude e precisão para seu uso na detecção de FOD.

O radar móvel é um radar montado em cima de um veículo que varre a superfície na frente do veículo quando se move.

Assim como as câmeras infravermelho e de monitoramento, os radares móveis podem operar a velocidades de até 50 km/h, complementando inspeções visuais das equipes de solo nos procedimentos de monitoramento da condição física o operacional da área de movimento.



Figura 30: Radar instalado em um veículo de inspeção de pistas.

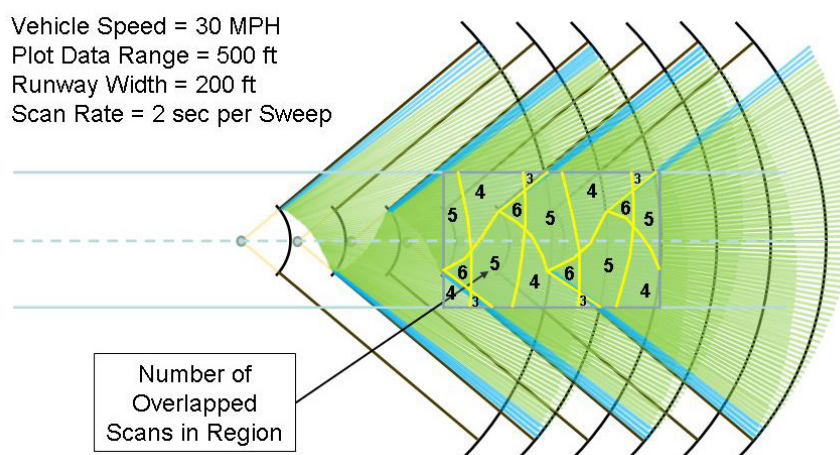


Figura 31: Área de sobreposição de varredura do radar móvel sobre um veículo.

5.2.2.1 Desempenho

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

O relatório de investigação do acidente com o Concorde, no ano de 2000, recomenda a instalação de sistemas de detecção automática permanente nos aeródromos com alta ocupação de pista.

O radar móvel pode verificar uma área aproximada de 183 m por 183 m (600 ft por 600 ft) e pode detectar itens de FOD medindo 1,2 cm de altura e 1,5 cm de diâmetro (FAA, 2009).

Os demais equipamentos podem seguir os parâmetros recomendados no item “5.2.1 – Desempenho”.

5.2.3 ESTACIONÁRIOS OU FIXOS

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

O relatório de investigação do acidente que destruiu o Concorde recomenda a instalação de sistemas de detecção automática permanente nos aeródromos com alta ocupação de pista.

O pequeno intervalo entre operações não permite o eficaz controle de FOD na pista.

O custo da instalação de sistemas fixos de detecção de FOD deve ser avaliado frente ao “custo causado pelo FOD”, como exposto no item “7.1.3 – Métodos de classificação do FOD”.

Em paralelo, deve ser comparada a eficácia da remoção do FOD das pistas com o uso dos equipamentos fixos e com os procedimentos em vigor no aeroporto.

O operador do aeródromo pode decidir pelos melhores procedimentos e equipamentos a serem instalados com base na análise de risco de FOD no aeródromo.

5.2.3.1 Tecnologias

DICA!

A avaliação de risco do operador do aeródromo pode definir a melhor estratégia para manter o risco originado pelo FOD dentro de parâmetros aceitáveis.

Para os aeroportos com baixa ocupação de pista, a inspeção visual das pistas pode ser eficaz.

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

O relatório de investigação do acidente com o Concorde, no ano de 2000, recomenda a instalação de sistemas de detecção automática permanente nos aeródromos com alta ocupação de pista.

Ao utilizar as tecnologias de detecção contínua de FOD em uma pista, o operador do aeródromo pode definir os procedimentos de remoção do FOD juntamente com o órgão ATS.

Se a localização ou características do FOD apresentar um risco imediato de segurança, as disposições do programa de gestão FOD podem indicar claramente que existe um perigo e permitir que uma ação seja tomada que possa levar à suspensão temporária das operações de pista.

A AC 150/5220-24 da FAA (2009) traz a seguinte classificação das tecnologias de detecção de FOD disponíveis no mercado:

Tabela 03 – Princípio de detecção e capacidade para cada tipo de tecnologia

Sistema	Princípio de detecção	Capacidades
Inspeção Visual	Padrão de referência para o desempenho dos sistemas. Provê detecção e decisão para a análise de risco para garantir a segurança operacional.	Disponível em condições normais e programadas, além de inspeções especiais.
Radar	Usa transmissão de dados por rádio	Sistemas estacionários, ou fixos, possibilitam vigilância contínua. Sistemas móveis reforçam as inspeções visuais.
Eletro-óptico	usa tecnologia de vídeo e dados de processamento de imagem	Possibilita vigilância contínua.
Híbrido	Usa uma combinação de radar e dados eletro-óptico	Possibilita vigilância contínua.

Sistemas computadorizados utilizam inteligência artificial para a análise dos dados coletados e fazem a análise de risco preliminar, emitindo alertas quando o risco do FOD detectado é alto. Estes sistemas também detectam a presença de animais e aves sobre o pavimento das pistas e acostamentos, o que amplia as vantagens do seu uso. A maioria dos sistemas ainda têm problemas com excesso de “falsos positivos” (Fact.mr, 2021).

Abaixo mostramos alguns sistemas avaliados pela FAA. Maiores detalhes das características e suas limitações podem ser encontrados nos documentos originais, nas referências.



Figura 32: Detector fixo de FOD na pista, da Xsight (XSight, 2018).



Figura 33 Instalação do detector da Xsight junto ao balizamento de uma pista (XSight, 2018).



Figura 34: Teste de eficácia e precisão do FODetect Sensor da Xsight na pista do Aeroporto Internacional de Boston (BOS) (Edwin E. Herricks E. W., 2012a).



Figura 35: Alvos-padrão para avaliação da calibração FODetect System da Xsight (Edwin E. Herricks E. W., 2012a).



Figura 36: *FOD Finder* em uma instalação estática ao lado de uma pista. Verifique outro equipamento mais à frente, junto à pista (*FOD Finder*, 2021).

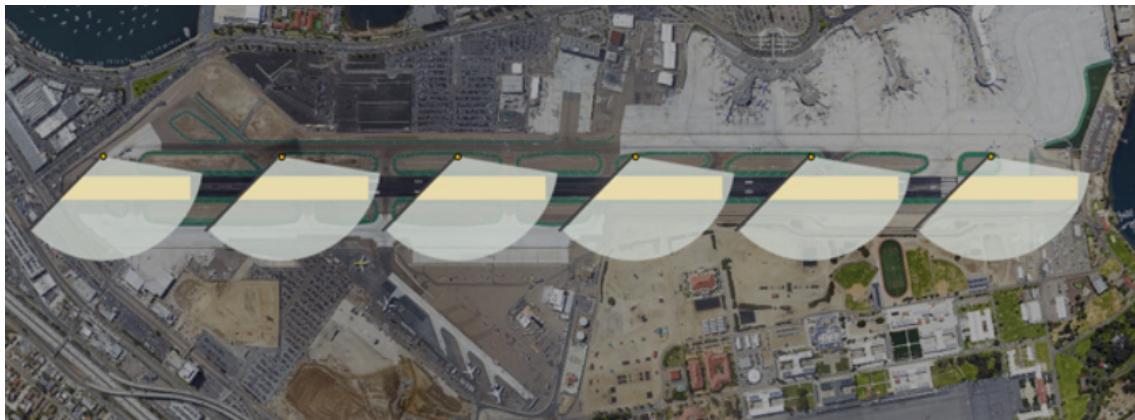


Figura 37 Escaneamento da pista pelo "*FOD Finder*" (*FOD Finder*, 2021).



Figura 38: O *Trex FOD Finder™* é construído com um design de radar patenteado que usa baixa potência de saída milimétrica (<0,05W) a frequência de 78-81 GHz e configuração de baixo perfil (1,5m x 1,5m x 1m <250 kg). (*FOD Finder*, 2021). Fornece alta sensibilidade, baixo tempo de moradia, cobertura adequada e alta capacidade de resolução de localização. Ao contrário de um sistema eletro-óptico, o radar MMW funciona dia e noite e em todas as condições climáticas, incluindo neblina, chuva, neve e tempestades de areia e seu desempenho não é afetado pelo brilho do ar observado em altas temperaturas (Edwin E. Herricks P. L., 2012c).



Figura 39: Equipamento fixo de detecção de FOD baseado em sistema eletro-óptico (Edwin E. Herricks P. L., 2012b)



Figura 40: Tarsier FOD Detection System (Edwin E. Herricks E. W., 2012d).

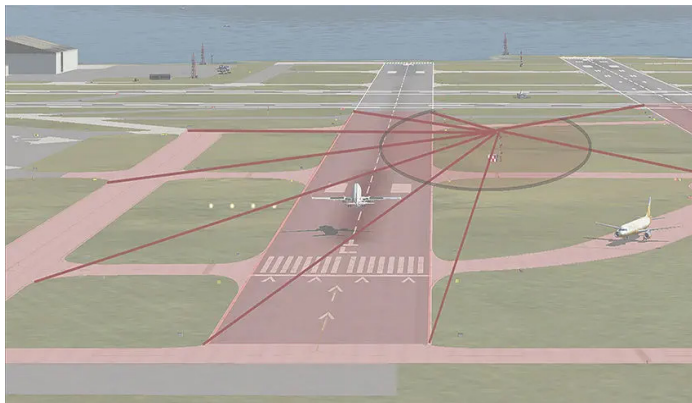


Figura 41: Sistema ativo de detecção do FOD - "SENTINELA" de Pharovision

5.2.3.2 Características

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

O relatório de investigação do acidente com o Concorde, no ano de 2000, recomenda a instalação de sistemas de detecção automática permanente nos aeródromos com alta ocupação de pista.

As características completas dos sistemas automáticos de detecção de FOD estão detalhados nos seguintes documentos:

- a) *Eurocae ED-235 - Minimum Aviation System Performance Specification for Foreign Object Debris Detection System*, Eurocae (2016);
- b) *AC 150/5220-24 - Airport Foreign Object Debris (FOD) Detection Equipment*, FAA (2009).

As características básicas recomendadas neste Manual estão baseados na AC 150/5220-24, da FAA (2009).

Um sistema automático de detecção de FOD pode ter as seguintes funções básicas:

- a. vigiar continuamente a área de movimento conforme a priorização de áreas;
- b. detectar e localizar itens de FOD únicos e múltiplos nas áreas selecionadas;
- c. alertar o operador do aeródromo quando o FOD for detectado;
- d. registrar os dados do FOD detectado, permitindo a calibração e manutenção do equipamento e para análise do evento FOD;
- e. operar em conjunto e não interferir com sistemas de comunicação, navegação e vigilância de aeroportos e aeronaves.

A análise de risco preliminar, automatizada e realizada por algoritmos de inteligência artificial e aprendizagem de máquina, pode ser confirmada pelo operador do aeródromo em coordenação com o órgão ATS. Depois de confirmada, pode ser iniciado o procedimento de remoção do FOD.

Os demais parâmetros de precisão posicional do FOD, análise, armazenamento e saída de dados e alarmes, características construtivas, de manutenção e vida útil dos equipamentos podem ser encontradas nas normas da Eurocae e da FAA para os sistemas fixos de detecção de FOD citadas acima.

O uso de sistemas automatizados de detecção não elimina a necessidade de inspeções visuais nas pistas e outras áreas do aeródromo.

5.2.3.3 Desempenho

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

O relatório de investigação do acidente com o Concorde, no ano de 2000, recomenda a instalação de sistemas de detecção automática permanente nos aeródromos com alta ocupação de pista.

O desempenho de detecção recomendada neste Manual está baseado na AC 150/5220-24, da FAA (2009).

O desempenho para cada tecnologia empregada é o seguinte:

1. **radar estacionário ou fixo:** capacidade para detectar um alvo cilíndrico metálico medindo 3,0 cm de altura e 3,8 cm de diâmetro em faixas de até 1 km. Os sensores estão localizados a 50,0 m ou mais da linha central da pista. Geralmente, dois ou três sensores são necessários por pista, dependendo da análise de risco do aeroporto;
2. **eletro-óptico estacionário ou fixo:** capacidade de detectar um alvo de objeto de 2,0 cm em faixas de até 300m usando apenas iluminação ambiente. Os sensores estão localizados a 150 metros ou mais da linha central da pista. Geralmente, são necessários cinco a oito sensores por pista, dependendo da análise de risco do aeroporto;
3. **híbrido estacionário ou fixo:** usa um sensor eletro-óptico e de radar em uma unidade colidida com as luzes de borda da pista. O sistema é capaz de detectar um alvo de 2 cm na pista. Geralmente, os sensores estão localizados em todas as unidades da luz de borda da pista, dependendo da análise de risco do aeroporto.

6. REMOÇÃO

Todo o FOD pode e deve ser removido o mais rápido possível depois de detectado.



Figura 42: Caminhada FOD em uma das pistas do Aeroporto Internacional de Brasília - Juscelino Kubitchek, 2021.

6.1 PROCEDIMENTOS

Uma vez detectado o FOD, o próximo passo é removê-lo do ambiente do aeródromo. A remoção do FOD pode ser manual ou mecânica. Para a remoção de um item isolado em uma pista, a abordagem manual pode ser a mais eficiente. No entanto, o uso de equipamentos de remoção FOD pode ser benéfico, especialmente em áreas onde se pode esperar uma maior concentração de FOD, como áreas de carga e locais próximos a obras.

Embora as ações exatas das operações de remoção do FOD sejam específicas para cada aeródromo, os dois exemplos a seguir representam a implementação bem-sucedida da remoção do FOD:

1. atribuir um varredor de ar para trabalhar com equipes de manutenção ou responder conforme necessário aos relatórios do FOD;
2. implantar pessoal com sacos de lixo para recolher o FOD potencial em áreas gramadas e ao longo das linhas de cerca. Este processo destina-se a recolher detritos antes que ele retorne às áreas pavimentadas.

6.1.1 REMOÇÃO MANUAL

O FOD coletado e removido manualmente nos pátios pode ser colocado nos “recipientes FOD” para posterior análise e tratamento.

Os recipientes FOD, identificados e sinalizados, podem ser colocados visivelmente no pátio para o armazenamento de detritos. Os recipientes podem ser frequentemente esvaziados para evitar que transbordem e se tornem uma fonte de FOD.

A escolha do local de instalação e da sinalização e identificação dos “coletores FOD” pode possibilitar o entendimento de que os detritos coletados naquele local não se tratam de “material reciclável”, mas de detritos potencialmente perigosos às operações aeronáuticas.



Figura 43: Parte de um Alerta de Segurança Operacional do Aeroporto Internacional de São Paulo-Guarulhos, 2022.

Os recipientes "tipo fechado" são preferíveis para evitar que o vento desaloje o conteúdo do recipiente. Os operadores do aeródromo podem garantir que os recipientes FOD não caiam ou se abram durante períodos de ventos fortes.

Os recipientes FOD também podem ter sinalização orientativa informando que materiais perigosos não podem ser depositados neles.

Os locais sugeridos para a instalação dos recipientes FOD incluem:

1. pontos de entrada para a área do pátio;
2. hangares;
3. áreas de manutenção de aeronaves;
4. posições de estacionamento de aeronaves;
5. áreas de processamento de bagagem, carga aérea e mala postal;
6. outras áreas identificadas pela análise de risco.

Locais de coleta de FOD claramente sinalizados com coletores identificados aumentam a probabilidade de que os detritos coletados sejam depositados pelo pessoal.

Outros meios para conter FOD incluem cercas ou redes de FOD para restringir o movimento de FOD pelo vento.

Os contêineres FOD também podem ser entendidos como um tipo de equipamento do processo de remoção e coleta manual do FOD.

6.2 EQUIPAMENTOS

O equipamento de remoção FOD pode ser dividido em duas categorias: mecânica e não mecânica. O equipamento varia de tamanho, desde pequenas unidades que são conduzidas (ou empurradas) até grandes sistemas montados em caminhões.

6.2.1 DESEMPENHO

Estes parâmetros são baseados na AC 150/5210-24 – *Airport Foreign Object Debris (FOD) Management*, da FAA (2010).

Os sistemas de remoção mecanizada de FOD podem ser capazes de recolher 90 por cento (90%) dos objetos do grupo abaixo deixados sobre o pavimento, a uma velocidade mínima de 25 km/h. Um item de cada categoria pode ser incluído no grupo, e cada item pode medir não mais que 10 cm em qualquer dimensão, a menos que especificado de outra forma:

1. um cilindro metálico não pintado, medindo 1,2 cm de altura e 1,5 cm de diâmetro;
2. uma esfera branca, cinza ou preta, medindo 1,7 cm de diâmetro (uma bola de golfe);
3. um "pedaço" de asfalto ou concreto (parecido com o existente na pista);
4. qualquer porção de uma luminária de pista (no pavimento ou luz de borda);
5. uma chave inglesa de até 20 cm de comprimento;
6. uma tomada profunda (pelo menos 5 cm de comprimento);
7. um pedaço de borracha de um pneu de aeronave;
8. uma tira metálica distorcida (até 20 cm de comprimento);
9. uma tampa de combustível (aeronave ou automotiva);
10. uma porca de roda de veículo;
11. uma linha ou tubo hidráulico de aeronave ou equipamento de solo (até 20 cm de comprimento);
12. fechos de aeronaves e cabos de segurança.

6.2.2 SISTEMAS MECÂNICOS

Os equipamentos mecânicos de coleta de FOD devem sempre ser limpos antes e após o seu uso, garantindo que não se torne um espalhador de FOD.

Sistemas fixos ou estações de limpeza de pneus e veículos também devem ser limpos à medida que são utilizados, dentro do processo de limpeza dos veículos.

6.2.2.1 Varredores mecanizados

O varredor remove detritos soltos sobre o solo ou áreas pavimentadas, além de detritos em rachaduras e juntas do pavimento, e é normalmente usado em toda a área de movimento.



Figura 44: Varredor e coletor de FOD com escova de plástico rotativa vertical para uso manual.



Figura 45: Varredor e coletor de FOD tipo escova de aço rotativa vertical com operação e tração mecanizadas.



Figura 46: Caminhão varredor e aspirador de FOD para uso em áreas pavimentadas.



Figura 47: Veículo "limpa pistas" do Aeroporto Internacional de Belo Horizonte, 2021.

Para todos os sistemas de escovas rotativas, horizontais ou verticais, os operadores são avisados de que as cerdas podem se soltar das vassouras e produzir FOD. Escovas feitas com cerdas ou varetas metálicas não são recomendadas para serem usadas para fins de remoção FOD. O plástico ou uma combinação de cerdas plásticas e metálicas podem ser adequados, mas o usuário pode consultar o fabricante do equipamento para recomendações específicas.

Podem ser equipamentos empurrados, motorizados ou veículos com os varredores e aspiradores montados.

6.2.2.2 Sistemas a vácuo ou aspiradores

Esses sistemas executam funções de remoção FOD de forma semelhante aos varredores mecanizados. Os sistemas também podem funcionar em conjunto com vassouras mecânicas ou outras unidades de ar de recirculação.

Em geral são equipamentos montados sobre veículos motorizados.

6.2.2.3 Sopradores de ar

Esses sistemas movem FOD e outros detritos direcionando um fluxo de ar de alta velocidade em direção à superfície do pavimento. Quando utilizados no ambiente do aeródromo, recomenda-se que esses sistemas incorporem um mecanismo de coleta de detritos para que o FOD não seja simplesmente movido para outra área, de onde pode voltar.

Por isso, o uso de sopradores é recomendado somente para a remoção de cascalho ou detritos de rochas trazidos para frente dos hangares pelos pneus de aviões ou veículos que utilizaram as pistas de cascalho (*grave*l).



Figura 48: Marcus Jenerette na KMAO em Marion, S.C., limpa a área em frente ao seu hangar com um soprador, antes de ligar os motores, para afastar cascalho solto no pavimento, que pode danificar as pás das hélices (Walker, 2021).

Nos aeroportos com pistas ou vias de serviço de cascalho, é necessário limpar as áreas pavimentadas de qualquer quantidade de cascalho solto no pavimento. O FOD vem aderido ou preso aos pneus de veículos ou aeronaves taxiando do pavimento em cascalho para o asfalto.

DICA!

As rochas são sugadas para as pás das hélices mais facilmente quando estão soltas sobre o pavimento do que as rochas aninhadas em uma superfície de cascalho (Walker, 2021).

6.2.3 SISTEMAS NÃO MECÂNICOS

6.2.3.1 Varredores de esteira de arrasto

Um conjunto retangular rebocado atrás de um veículo que emprega uma série de pincéis de cerdas e atrito para varrer FOD em conjuntos de bandejas de captura, que são cobertos por uma malha de retenção para conter detritos coletados.



Figura 49: Esteiras de arrasto FOD-BOSS podem ser utilizadas em conjunto para alcançar grandes larguras, e deve ser observado o acúmulo excessivo durante os trabalhos, para que não espalhem o FOD que é recolhido (Edwin E. Herricks D. M., 2015).

6.2.3.2 Barras magnéticas

Estas barras podem ser suspensas sob rebocadores e caminhões para coletar material metálico magnetizável. No entanto, as barras devem ser limpas regularmente para evitar que delas caiam os detritos coletados.

As barras magnéticas não são capazes de recolher o FOD composto pelos seguintes metais: titânio, cobre, ouro, prata, chumbo, alumínio, estanho, titânio, zinco e bismuto, ligas de alumínio, algumas ligas de aço inoxidável e outras ligas, como latão e bronze.

Assim, o uso de ferramentas e equipamentos com partes que não podem ser recolhidas com barras magnéticas pode ser limitado às áreas onde outros procedimentos e equipamentos de coleta e remoção de FOD sejam aplicados.



Figura 50: Barras magnéticas rebocadas por veículos podem ser utilizadas nas pistas e em outras áreas onde o FOD metálico e magnético oferece maior risco. Deve ser observado o acúmulo de material para que não caia depois de recolhido.



Figura 51: As barras magnéticas podem ter diversos modelos, e em geral são rebocadas por veículos (Edwin E. Herricks D. M., 2015).

6.2.3.3 Faixas de vibração (*FOD shakers*)

Na forma de esteiras ou tapetes longos, com dimensões de 3,0 a 4,60 m de comprimento, estendidos no chão para a passagem de veículos que saem dos canteiros de obras, tem o objetivo de desalojar FOD dos pneus de veículos que passam sobre eles.

O uso deste equipamento pode ser avaliado segundo o seu desempenho no ambiente do aeródromo, pois há evidências de que tem eficácia reduzida para alguns tipos de FOD.

A prática recomendada atual para remover FOD dos pneus é parar um veículo em um ponto de verificação designado, realizar uma inspeção visual e, em seguida, usar uma ferramenta manual para remover manualmente detritos detectados.

Alguns canteiros de obras podem ter junto aos portões de saída “estações de lavagem de pneus e veículos”, com as dimensões, equipamentos e equipe adequados à avaliação de risco de FOD das obras e serviços que estão sendo realizados.

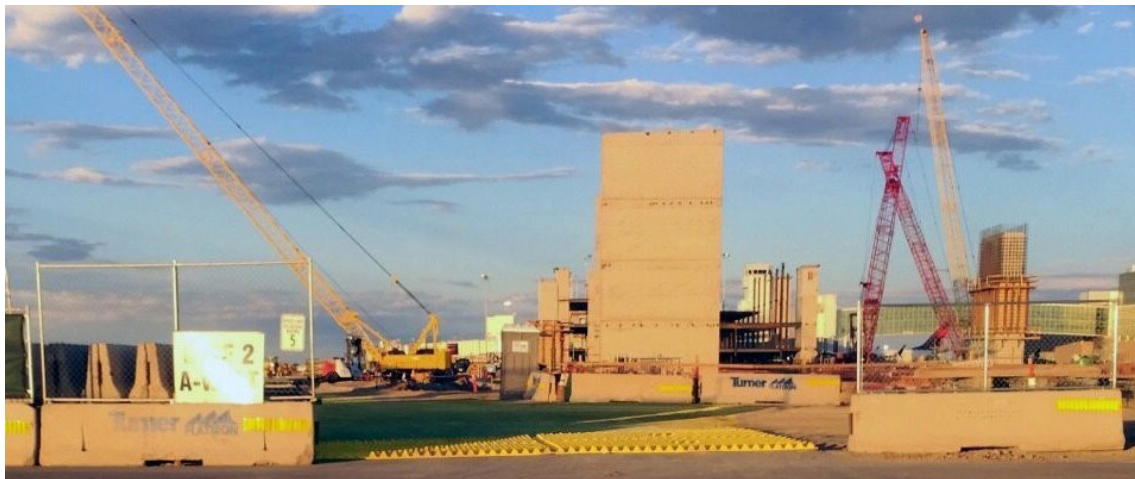


Figura 52: Ponto de acesso à área de obras com as faixas de vibração no piso.



Figura 53: Detalhe da faixa de vibração e do pneu deformado para que os detritos da obra não se espalhem pela área de movimento.

A sua eficácia deve ser confirmada para os diferentes materiais e veículos na obra.

A eficácia na remoção de detritos de pneus ou reboques de veículos deve ser verificada na obra e no aeroporto, pois depende das características dos pneus dos veículos e do material aderido. Este equipamento deve ser limpo regularmente para não se tornar um depósito e uma fonte de FOD.



Figura 54: Faixas de vibração de material asfáltico permanentes instaladas na via de serviço com acesso à área de movimento.

A.J. Broom Road Products (TRB, 2011).



Figura 55: Aspirador de FOD empurrado manualmente, da RampVAC.

7. AVALIAÇÃO

7.1 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Todo o FOD coletado no aeródromo pode ser registrado, analisado e avaliado, ainda que não completamente identificado.

A análise dos dados de FOD, sua provável origem e potenciais geradores, podem ser utilizados para identificar tendências e orientar as medidas de controle do FOD.

Pode ser investigada a origem do FOD, em especial aquele classificado como detrito do pavimento ou do acostamento, pois a sua geração pode ser contínua e pode exigir uma intervenção de grande alcance sobre o pavimento dos pátios, táxis, pistas ou vias pavimentadas no aeródromo, além de procedimentos de remoção intensificados nas áreas de maior ocorrência.

As informações coletadas no controle de FOD dos diversos atores dentro da área operacional podem ser compartilhadas com o operador do aeródromo. O operador aeroportuário consolidará estas informações na avaliação de risco de FOD do aeródromo, que direcionará as ações de controle de FOD do aeródromo e padronizará o controle de FOD dos demais atores dentro da área operacional.

Pode ser implantado um processo de identificação de origens e potenciais riscos do FOD pelos profissionais ou equipes do aeródromo. As pessoas podem ser encorajadas a participar ativamente do processo de análise e proposição de propor soluções para mitigar riscos associados ao controle de FOD.

O controle de FOD pode ser periodicamente revisto e atualizado com base nos dados e tendências identificados através da avaliação do FOD coletado no aeródromo.

7.1.1 REGISTROS

O operador do aeródromo pode manter um registro das medidas tomadas para o cumprimento dos objetivos do controle FOD. Esses registros podem ser exigidos no caso de uma investigação formal de um acidente ou incidente grave e também podem ser usados para identificar quaisquer tendências, repetições, condições incomuns, etc., para que a ação corretiva seja iniciada.

Os registros também podem fornecer dados quantitativos para futuras avaliações de risco de segurança para apoiar a análise do histórico operacional e melhorar as capacidades operacionais.

7.1.2 MAPAS

Um “mapa de ocorrência de detritos” pode ser elaborado baseado na detecção de FOD, de modo a fundamentar e atualizar a classificação de risco das áreas do aeródromo segundo a ocorrência de FOD.

Este procedimento pode ser incorporado aos processos existentes de monitoramento da condição física e operacional do aeródromo.

O FOD coletado deve ser registrado na quadrícula do mapa de grade do aeroporto em que foi encontrado, de modo que se possa avaliar as possíveis origens do FOD.

É importante descrever corretamente o FOD, para permitir a identificação adequada das áreas de origem, bem como as medidas de mitigação adequadas a serem tomadas.

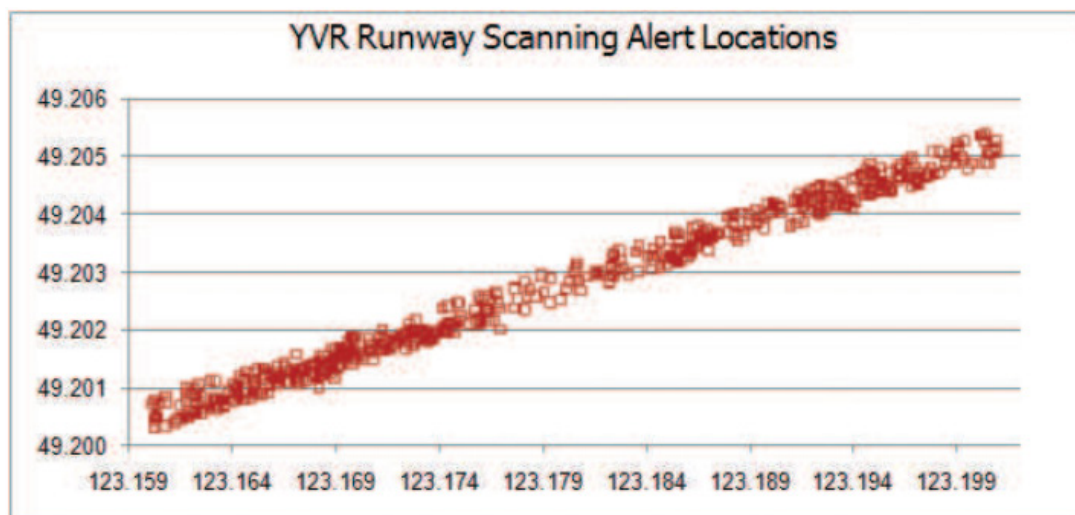


Figura 56: Este mapa de ocorrência de detritos na pista do aeroporto de Vancouver (YVR) indica que não há um “hot spot” de FOD, pois ocorre em toda a pista. Mapa gerado a partir do sistema automático fixo de detecção de FOD, do tipo radar, na pista do aeroporto (McCreary, 2011).

7.1.3 MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

Recomenda-se que os riscos associados ao FOD sejam avaliados simultaneamente pelo método da severidade estimada e pelo custo calculado, e em seguida comparados.

O mecanismo de gerenciamento de risco (SGSO ou PGSO, conforme aplicável) do aeroporto pode avaliar os métodos adequados aos perigos presentes no aeroporto, iniciando pelas pistas, táxis e pátios, nesta ordem.

7.1.3.1 Severidade estimada

O método de classificação e agrupamento de FOD mais utilizado está baseado na análise conjunta da probabilidade e da severidade do dano causado pela “colisão” ou “ingestão” de FOD pelas aeronaves na pista, ou pelo lançamento do FOD sobre pessoas, aeronaves, veículos ou propriedades. Em outras palavras, a classificação de risco obedece ao “risco oferecido pelo FOD”.

Risk probability	Risk severity				
	Catastrophic A	Hazardous B	Major C	Minor D	Negligible E
Frequent 5	5A	5B	5C	5D	5E
Occasional 4	4A	4B	4C	4D	4E
Remote 3	3A	3B	3C	3D	3E
Improbable 2	2A	2B	2C	2D	2E
Extremely improbable 1	1A	1B	1C	1D	1E

Tabela 4: Matriz de classificação do risco quanto à severidade e à probabilidade

Esta classificação é aderente à preconizada pelo DOC 9859 – Manual de Gerenciamento da Segurança Operacional, da OACI (2013). O risco à segurança operacional (*safety risk*) é a combinação de probabilidade e severidades previstas das consequências ou dos resultados de um perigo. Perigo, por sua vez é definido como a condição ou um objeto com potencial para causar ou contribuir para um incidente ou acidente com uma aeronave (OACI, 2016).

No método preconizado pela OACI (2016), os agrupamentos de FOD (pequeno, médio ou grande) são classificados segundo a sua severidade e probabilidade. Normalmente os agrupamentos de FOD “grande” recebem a classificação de risco mais severa. Na cadeia de eventos dos incidentes e acidentes, em geral estes eventos estão nas etapas finais, constituindo-se em incidentes graves ou acidentes. Dessa forma, em geral, as ações de controle de FOD são dirigidas para este grupo de geradores de FOD, assim como as ações de detecção e remoção.

Um modelo de formulário para utilização deste método de avaliação do risco de FOD no aeroporto está no Anexo 2 deste Manual.

Apesar de mais utilizada, a classificação segundo o “perigo oferecido pelo FOD” é subjetiva, porque é sujeita ao viés do especialista. Outros autores, especialmente McCreary (2011), defendem que o FOD deva ser classificado segundo o “custo causado pelo FOD”, uma medida objetiva. Mais detalhes podem ser encontrados à página 254 do seu relatório “*Runway Safety: FOD, Birds and the Case for Automated Scanning*”.

7.1.3.2 Custo calculado

Quando somados os custos de cada agrupamento de FOD por peso e tamanho (FOD pequeno, médio ou grande) chegaríamos a uma classificação de risco diferente daquela obtida utilizando o parâmetro

“risco oferecido pelo FOD”. A priorização das medidas de controle do FOD no aeródromo se manteria objetiva ao longo do tempo, independente do autor da avaliação ou da alteração do perfil do FOD encontrado no aeródromo.

A maior diferença nos resultados entre as duas classificações é que na segunda, fundamentada no “custo causado pelo FOD”, o custo de cada agrupamento é calculado levando-se o produto aritmético de custo do dano causado pelo FOD pela quantidade de FOD em cada agrupamento. Em seguida, os agrupamentos são ordenados segundo o custo total. O agrupamento de maior custo total deve ser alvo de maior nível de controle de FOD pelo aeródromo do que os agrupamentos de menor custo total.

McCreary (2011) argumenta que o método baseado no custo dos danos do FOD leva a maior atenção e prevenção aos menores eventos causados pelo FOD. Estes eventos são, em geral, os eventos precursores na cadeia de incidentes ou acidentes.

Adicionalmente, argumenta McCreary (2011), a classificação pelo “custo causado pelo FOD” possibilitaria a comparação objetiva com o histórico das avaliações anteriores, atualizada com o perfil do FOD atualmente coletado, em termos de quantidade e características e, portanto, mais adequado para apontar tendências, pois baseia-se em duas medidas objetivas do aeródromo: quantidade e “custo causado pelo FOD”.

Um modelo de formulário para utilização deste método de avaliação do risco de FOD no aeroporto está no Anexo 3 deste Manual.



Figura 57: Mesmo pequenos reparos podem causar atrasos e altos custos indiretos. Para eventos com FOD e BIRD, os custos indiretos podem alcançar dez vezes o valor dos custos diretos (McCreary, 2011).

Ressaltamos que o operador do aeródromo pode adotar o método de análise de risco mais adequado à realidade operacional do aeródromo, atualizando-o à medida que as condições se alteram.

7.1.3.3 Estudo de caso 1 – FOD em KATL

Aeroporto Internacional de Atlanta – KATL - e o gerenciamento de FOD.

Um dos mais completos estudos sobre o FOD encontrado em um grande aeroporto internacional é o *“Foreign Object Debris Characterization at a Large International Airport”* de Edwin E. Herricks e outros (2015), publicado pela FAA.

Este estudo adotou a abordagem de classificação por risco do FOD, segundo o perigo associado, e não pelo custo dos danos associados. Maiores detalhes podem ser encontrados diretamente no documento original.

Abaixo passamos a mostrar os pontos mais relevantes.



Figura 58: Esteiras de arrasto FOD-BOSS rebocadas pela pista.

Aeroporto Internacional de Atlanta – O'Hare, 2012 (Edwin E. Herricks D. M., 2015).



Figura 59: Barra magnética rebocadas pela pista. Aeroporto Internacional de Atlanta – O'Hare, 2012 (Edwin E. Herricks D. M., 2015).

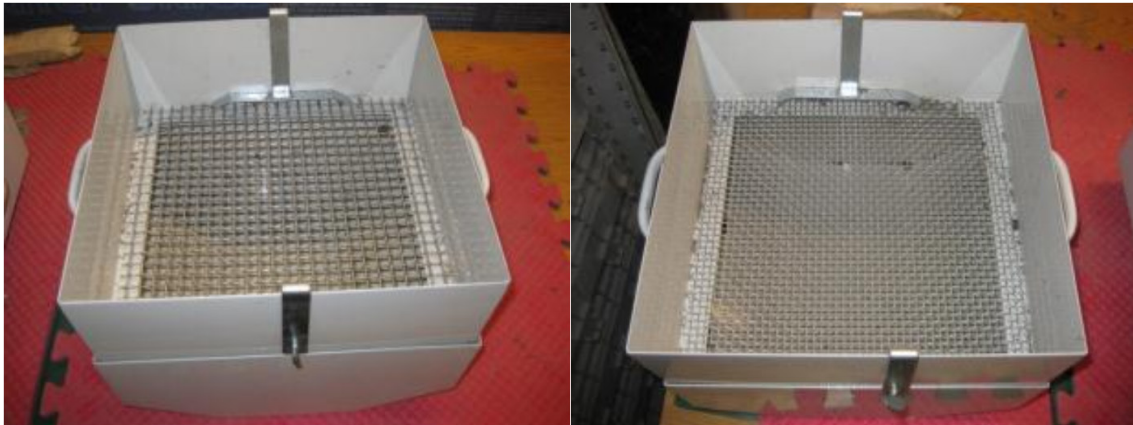


Figura 60: Peneiras separadoras FOD-BOSS para classificação do FOD recolhido pela esteira de arrasto e manualmente pelas equipes (Edwin E. Herricks D. M., 2015).



Figura 61: FOD classificado como pequeno. O peso de cada classificação foi registrado separadamente (Edwin E. Herricks D. M., 2015).



Figura 62: FOD classificado como médio (Edwin E. Herricks D. M., 2015).



Figura 63: FOD classificado como grande (Edwin E. Herricks D. M., 2015)



Figura 64: FOD recolhido na barra magnética. Foi classificado somente o FOD julgado "perigoso".
O restante foi somente registrado de maneira agregada, como acima (Edwin E. Herricks D. M., 2015).



Figura 65: Lixo e detritos coletados pelo pessoal nas táxis e pistas. Este material foi classificado e separado (Edwin E. Herricks D. M., 2015).

O FOD foi classificado como perigoso ou não perigoso, levando-se em conta a análise de risco do levantamento, e classificado por data, localização na pista, peso, tamanho e tipo de material.

Foi considerado perigoso o material incluído na seguinte Tabela:

Tabela 05 – FOD classificado por nível de perigo (Edwin E. Herricks D. M., 2015).

Item	Avaliação do risco	Descrição	Ocorrência
1	Alto	Pequeno pedaço de concreto	Frequente
2	Alto	Porca padrão de uma roda de veículo	Frequente
3	Alto	Rolamento	Frequente
4	Alto	Chave de mecânico	Frequente
5	Alto	Tampa de combustível	Frequente
6	Alto	Partes da iluminação ou sinalização da pista	Não frequente
7	Alto	Tiras metálicas	Não frequente
8	Alto	Material de construção (incluindo pregos ou parafusos em geral)	Frequente, quando ocorrem obras
9	Moderado	Material de amarração de cargas	Frequente

10	Moderado	Cupilhas (ou contra pinos metálicos)	Frequente
11	Moderado	Pequenos fechos	Frequente
12	Moderado	Porta de fibra de vidro	Frequente
13	Baixo	Garrafa plástica ou tampa de garrafa	Frequente
14	Baixo	Pedaço de borracha	Frequente
15	Baixo	Material de junta de expansão	Frequente



Tabela 66: FOD considerado perigoso, separado e registrado em pequeno, médio e grande.

A retícula branca tem espaço de uma polegada, 2,54 cm.

Tabela 06 – Tamanho do FOD por agrupamento.

Agrupamento do FOD	Tamanho
Pequeno	$x < 3,81$ cm
Médio	$3,81 \leq x < 7,62$ cm
Grande	$7,62$ cm $\leq x$
Outros	medidas não aplicáveis

Nota: "x" é a maior dimensão do item.

O resumo dos resultados do estudo de caso da ocorrência de FOD no Aeroporto Internacional de Atlanta – O'Hare é dado abaixo:

1. ao longo de 22 meses, 79 campanhas de amostragem FOD foram realizadas em 7 pistas diferentes;
2. das 79 campanhas amostrais, 34 incluíram todos os métodos de coleta de amostras (ou seja, FOD*BOSS, barras magnéticas e equipes de coleta manual).
3. o número total de itens FOD identificados como perigosos foi de 1.146;
4. o peso total dos itens FOD identificados como perigosos foi de 243,99 kg;
5. durante o estudo foram coletados 535,63 kg de FOD;
6. em termos do tipo de material, mais de 60% dos itens FOD perigosos eram metálicos e pequenos em tamanho;

7. em termos de peso, a categoria de tamanho pequeno consistia em metais; a categoria média consistiu em concreto e asfalto; e a grande categoria consistia em itens de piche, asfalto, concreto e vidro;
8. os itens perigosos mais comuns e maiores coletados no estudo foram possivelmente gerados a partir da superfície do pavimento por serem compostos por asfalto, concreto e piche;
9. o FOD perigoso constituiu uma porcentagem muito pequena do total de FOD coletados.

7.1.3.4 Estudo de caso 2 – CAA UK: o “envelope”;

Neste estudo conduzido em 2005 pela “Civil Aviation Authority” do Reino Unido (CAA-UK), o perfil do FOD é o mesmo encontrado nos estudos posteriores, como o realizado no Aeroporto Internacional de Atlanta, em 2012 (Edwin E. Herricks D. M., 2015), em termos de tamanho e peso. Não é informado qual foi o método de detecção e coleta do FOD nas pistas.

O que se destaca neste estudo é a análise estatística do FOD encontrado e a definição de uma distribuição característica, um “envelope” em termos de tamanho e peso do FOD, como mostrado nas figuras abaixo:

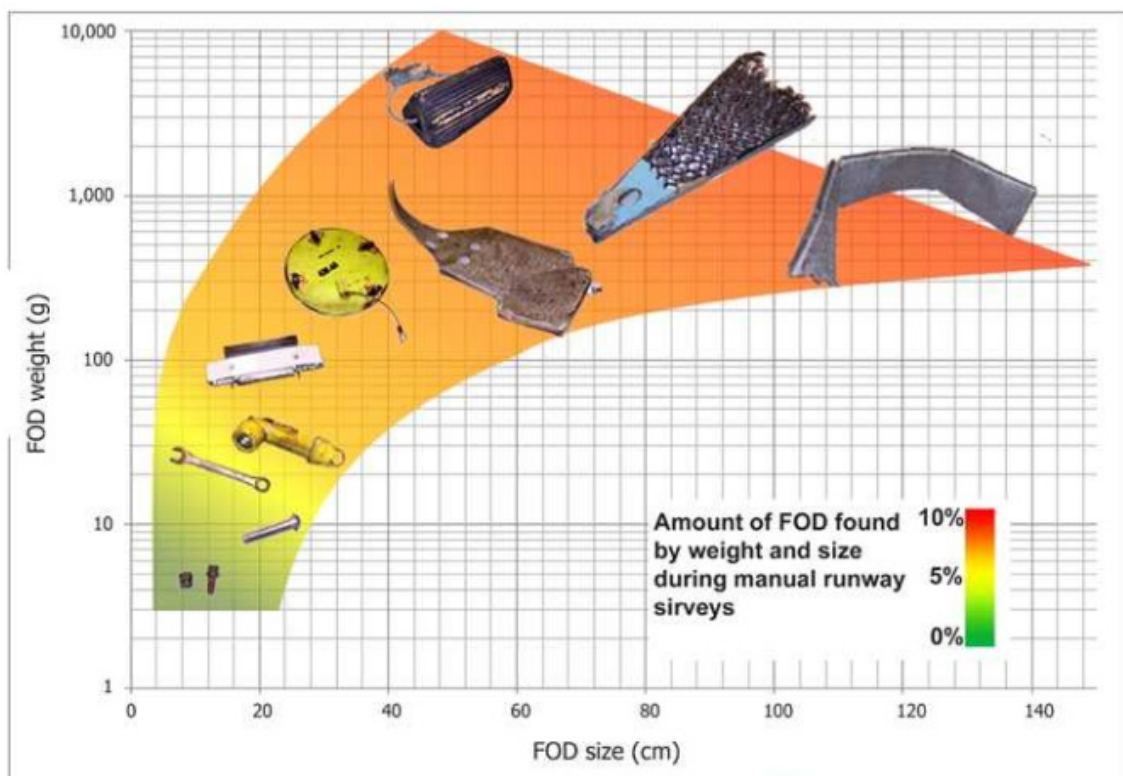


Figura 67: O “envelope” de distribuições FOD de pista em peso em gramas (eixo vertical logarítmico) e tamanho em centímetros (eixo horizontal linear). Os itens de maior risco de segurança estão à direita no canto superior. Os itens que provavelmente serão responsáveis por danos menores e os custos operacionais do dia-a-dia estão à esquerda no canto inferior. As imagens são de itens FOD reais encontrados na pista pela equipe de pesquisa CAA FOD do Reino Unido, incluindo (no topo vermelho): uma chave de roda de 5kg, painel acústico, forro de atrito, peça reversa de impulso, painel de acesso e dobradiça de engrenagem do nariz. (CAA UK, 2004 citado por McCreary, 2011).

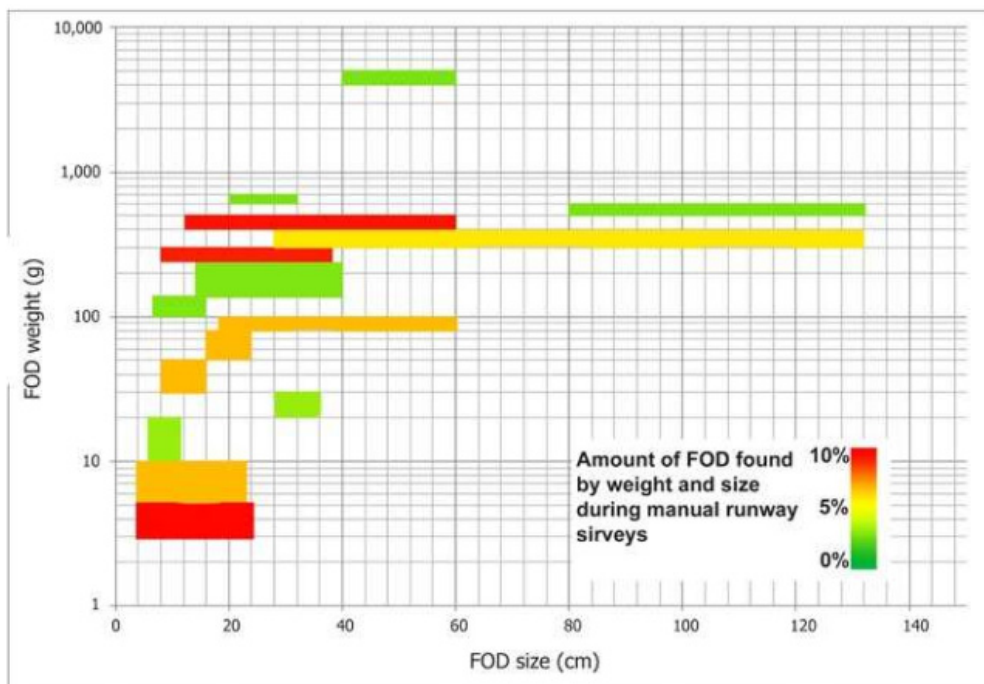


Figura 68: O mesmo “envelope” acima, ressaltando em vermelho o FOD mais encontrado. Distribuição da pista FOD em peso em gramas (eixo vertical logarítmico) e tamanho em centímetros (eixo horizontal linear). Detritos agrupados em quinze categorias em peso. A largura de cada bloco retangular mostra a faixa de tamanhos (min a máximo), enquanto a altura dá os pesos min e máx. A cor representa a frequência de cada categoria na pista. Os mais comuns são o cluster de 2-4g (10%), seguido por itens nos pesos 250-300g (9%) e 400-500g (9%) pesos. Com base em dados de uma pesquisa CAA FOD do Reino Unido de 2004. (CAA UK, 2004 citado por McCreary, 2011).

A pesquisa dividiu o FOD em quinze agrupamentos por peso, embora os itens mostrem uma distribuição relativamente uniforme, há três menções de grupos relevantes.

O primeiro agrupamento (10% dos detritos da pista) é do menor FOD. Estes geralmente estão na faixa de 2-4g, com comprimentos de aproximadamente 2-20cm. Exemplos incluem parafusos leves, porcas e fixadores de aeronaves. Também pode incluir lentes de vidro para faróis de aeronaves (quebradas, com peças na faixa de 2cm) e pequenos detritos plásticos.

O segundo agrupamento (9% da pista FOD) é de objetos mais pesados na faixa de 150-200g, com tamanhos de 6-38cm. Estes são itens de tamanho médio, como pinos de aeronave, uma dobradiça de porta de engrenagem do nariz, etc.

O terceiro agrupamento (novamente, 9%) pesa 400-500g, com tamanhos de 14-60cm. Os itens aqui incluem peças reversa de impulso, forro acústico, tampas de combustível e pequenas tampas de painel.

O item mais pesado encontrado na pista durante a pesquisa foi uma chave de roda de 5kg (presumivelmente caindo de um veículo de solo atravessando a pista), e o maior item foi uma seção de 130-150cm de comprimento de revestimento de atrito (uma peça de isolamento térmica - favo de mel - de alumínio) que caiu de uma aeronave.

Mesmo estes dados simples oferecem várias lições.

A primeira lição é que, com uma ressalva, parece não haver destroços na pista menor que 2cm. A ressalva é que objetos menores, como pedaços de cascalho, de fato ocorrem, estes tendem a formar aglomerados onde o tamanho coletivo é maior que 3cm. Para outros, objetos singulares quase sempre têm mais de 2cm em pelo menos uma dimensão. Todas as peças individuais menores que 2cm faziam parte de clusters muito maiores. Dois exemplos incluem pedaços de cascalho da deterioração do pavimento e vidro quebrado de uma lente que se estendeu por 8 e 12cm. Pequenos itens encontrados em outros aeroportos, como cerdas de arame individuais de varredores, que embora compridos tendem a variar de 6-15cm.

A segunda lição é que o pequeno FOD não é dominante. Do FOD encontrado, 80% dos detritos serão mais pesados que 10g e maiores que 13 cm. Do FOD encontrado nos aeroportos pesquisados, 90% são maiores que 2cm e 99% do FOD está em clusters maiores que 3cm (CAA UK, 2004 citado por McCreary, 2011).

Uma das conclusões do estudo é que o FOD encontrado nas pistas tem alto potencial para causar danos às aeronaves, 80% do FOD é mais pesado do que 10 gramas e maior do que 13 cm. Por isso, a inspeção de pista para detecção e remoção do FOD nas pistas deve ser prioridade (McCreary, 2011).

7.1.4 COMUNICAÇÃO

Comunicação sobre o controle de FOD é para todos.

Considerando que a limpeza contínua é um dos fatores chaves do sucesso no controle do FOD, as campanhas de comunicação e conscientização são fundamentais. Para estimular a limpeza contínua da área de movimento, o aeródromo pode fazer o uso do reforço da mensagem com:

1. cartazes de alerta para redução de geração de FOD;
2. cartazes de estímulo a remoção do FOD encontrado;
3. coletores próximos às áreas com maior ocorrência de FOD;
4. convites para a próxima "caminhada FOD".

Em alguns aeródromos a rotatividade do pessoal de equipes de trabalho (*turnover personnel*) sobrecarrega os sistemas de comunicação do controle de FOD. O treinamento básico para acesso à área de movimento, em especial os pátios de embarque de passageiros e de carga, pode incluir um módulo adequado às pessoas e aos riscos do ambiente de trabalho.

RECOMENDAÇÃO PARA AS CLASSES III E IV

A rotatividade do pessoal, especialmente das equipes de solo, afasta os profissionais já treinados e traz pessoal não habituado ao ambiente aeroportuário para os pátios. Ocorre a recorrente necessidade de treinamento básico.

Recomenda-se que o gerenciamento de risco (SGSO ou PGSO, o que for aplicável) avalie esta condição como um perigo, propondo soluções de treinamento e comunicação eficazes para a realidade operacional do aeroporto.

Nas equipes de serviços e obras, que trabalham na área de movimento por curto período, o treinamento também pode ser aplicado, com apoio de sinalização e supervisão adequados aos riscos que o FOD oferece às operações.

O perigo que a presença de FOD traz ao aeródromo podem ser conhecidos e divulgados a todas as pessoas que têm acesso à área de movimento (pátios, táxis, pistas), além das equipes que transitam nas vias de serviço e adentram à área operacional do aeroporto. Quando a gestão de riscos indicar, outros grupos podem ser alvo das campanhas de conscientização, como por exemplo, vizinhos ou pessoas que se utilizam das vias públicas lindeiras ao aeródromo.

Incentivar a participação de todos os profissionais que atuam no aeródromo nas inspeções rotineiras e nas “caminhadas FOD” reforçará o conceito de que o controle de FOD é um esforço de equipe e demonstra o compromisso do operador do aeródromo com um ambiente livre de detritos. O pessoal do operador de aeronaves, quando possível, pode se juntar ao pessoal do aeródromo em inspeções na área de movimentação.

Essa prática ajuda a aumentar a familiaridade com as condições do aeródromo local e promove uma comunicação eficaz entre o aeródromo e os operadores de aeronaves.

7.2 MELHORIA CONTÍNUA

O controle FOD pode ser periodicamente analisado e revisado com base na análise de risco de FOD no aeródromo para garantir sua eficácia.

Esta revisão fornece um meio para avaliar sistematicamente o quão bem a organização está cumprindo seus objetivos de controle FOD. A avaliação fornece uma revisão da eficácia existente do programa e, se necessário, resulta em recomendações para um melhor controle de FOD. Além de apoiar as responsabilidades existentes do operador do aeródromo para o monitoramento da condição física e operacional do aeródromo e a correção de discrepâncias, uma revisão eficaz do programa de controle FOD pode:

1. revisar sistematicamente a eficácia dos procedimentos de controle FOD existentes utilizados pelo pessoal do aeródromo e do operador de aeronaves, incluindo todos os *feedbacks* disponíveis de inspeções diárias, avaliações, relatórios e outras auditorias de segurança;
2. verificar se o aeródromo está atendendo a indicadores e metas de desempenho identificados;
3. comunicar todos os achados aos funcionários e levar à implementação de procedimentos corretivos acordados, estratégias de mitigação e programas de treinamento aprimorados; e
4. promover a segurança na operação geral do aeródromo, melhorando a coordenação entre funcionários do aeródromo, pessoal de operadores de aeronaves e outras partes interessadas do aeródromo.

Um modelo de formulário de avaliação do programa de gerenciamento do risco de FOD no aeroporto está no Anexo 1 deste Manual.

DICA!

Existem dois tipos de aeroportos: os que têm problemas com FOD e os que não sabem que têm.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAIB Singapore. (30 de Julho de 2015). Boeing B777-200, Registration 9V-SRP, Cargo Container Ingestion. Singapore: Air Accident Investigation Bureau of Singapore. Fonte: B772, Singapore, 2013: <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/3317.pdf>

AAID. (2022). Aviation Accident and Incident Investigation Directorate General of Rwanda. Fonte: Foreign Object Damage: <https://aaidportal.mininfra.gov.rw/aaidportal/index.php?id=8>

Admiral Cloudberg. (28 de Agosto de 2021). The Death of a Dream. Fonte: <https://admiralcloudberg.medium.com/death-of-a-dream-the-crash-of-air-france-flight-4590-84c8a9e6c74a>

Baist. (2018). Manual para monitoramento da segurança operacional nos serviços auxiliares pelos operadores de aeródromos. Grupo Brasileiro de Segurança Operacional de Infraestrutura Aeroportuária - Baist. Brasília: ANAC. Fonte: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/seguranca-operacional/grupos-brasileiros-de-seguranca-operacional-bast/baist/arquivos/manual-servicos-auxiliares-baist_v04_20180509sca.pdf

BEA. (2000). Accident on 25 July 2000 at La Patte d'Oie in Gonesse (95) to the Concorde registered F-BTSC operated by Air France. Bureau Enquêtes-Accidents. Paris: BEA. Fonte: <https://bea.aero/docs/2000/f-sc000725a/pdf/f-sc000725a.pdf>

CAA UK. (2004). CAA PAPER 2004/11. Civil Aviation Authority Safety Regulation Group , FOD Catalogue. Londres: CAA UK. doi:ISBN 1 904862 01 2

CNN.com. (25 de Julho de 2000). Concorde: The super airliner. Fonte: CNN.com/World/Europe: <https://edition.cnn.com/2000/WORLD/europe/07/25/concorder.history/>

Edwin E. Herricks, D. M. (2015). Foreign Object Debris Characterization At A Large International Airport - DOT/FAA/TC-TN14/48. U.S. Department of Transportation. Springfield, VA: Federal Aviation Administration . Fonte: https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ang/redac/media/airports/2015/march/TC-TN14-48_Foreign%20Object%20Debris%20Characterization%20at%20a%20Large%20International%20Airport.pdf

Edwin E. Herricks, E. W. (2012a). Performance Assessment of a Hybrid Radar and Electro-Optical FOD Detection System - DOT/FAA/TC-12/22. Center of Excellence for Airport Technology, Dep of Civil Engineering, University of Illinois at Urbana Champaign. Washington, DC: FAA. Fonte: <https://www.airporttech.tc.faa.gov/Products/Airport-Pavement-Papers-Publications/Airport-Pavement-Detail/ArtMID/3684/ArticleID/67/Performance-Assessment-of-a-Mobile-Radar-Based-Foreign-Object-Debris-Detection-System>

Edwin E. Herricks, E. W. (2012d). Performance Assessment Of A Radar-Based FOD Detection System - DOT/FAA/AR-10/33. Washington, DC: FAA.

Edwin E. Herricks, P. L. (2012b). Performance Assessment Of An Electro-Optical-Based Foreign Object Debris Detection System DOT/FAA/AR-11/13. CEAT/U of Illinois at Urbana Champaign. Washington: FAA.

Edwin E. Herricks, P. L. (2012c). Performance Assessment Of A Mobile, Radar-Based Foreign Object Debris Detection System - DOT/FAA/AR-11/12. Washington, DC: FAA.

Eurocae. (2016). Minimum aviation system performance specification for foreign object debris detection system. Saint-Denis: Eurocae.

FAA. (2009). AC 150/5220-24: Airport Foreign Object Debris (FOD) Detection Equipment. Washington: Federal Aviation Administration.

FAA. (2010). AC 150/5210-24, Airport Foreign Object Debris (FOD) Management. Washington, DC: FAA. Fonte: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_150_5210-24.pdf

Fact.mr. (janeiro de 2021). Airport Runway Foreign Object Debris (FOD) Detection Systems Market, Forecast, Trend, Analysis & Competition Tracking - Global Market Insights 2021 to 2031. Dublin: Fact.mr. Fonte: https://www.factmr.com/report/1897/airport-runway-foreign-object-debris-detection-systems-market?utm_source=adwords&utm_medium=ppc&gclid=EAlalQobChMI_b7m7-_19wIVAzYRCh3PnQeNEAMYASAAEgluU_D_BwE

FOD Finder. (2021). Fonte: FODfinder.com: <http://fodfinder.com/pages/systemoverview.html>

Knight, C. (5 de Agosto de 2018). Twitter.com. Fonte: Tweet / Chris Knight: <https://twitter.com/chrisknight/status/1026152488637005826?lang=id> .

Lewis, R. (01 de Março de 2022). Air France flight 4590. Fonte: Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/topic/Air-France-flight-4590>

McCreary, I. (2011). Runway Safety: FOD, Birds and the Case for Automated Scanning. Washington, DC: INSIGHT SRI.

NFPI. (2022). Foreign Object Debris Definitions. Acesso em 19 de maio de 2022, disponível em FOD Prevention: <https://fodprevention.com/foreign-object-debris-definitions/>

OACI. (2013). Doc 9859 - Safety Management Manual. Organização de Aviação Civil Internacional, Montréal, QC.

OACI. (2016). Annex 19 - Safety Management. Organização de Aviação Civil Internacional, Montréal, QC.

OACI. (2018). Annex 14, Aerodromes - Volume I, Aerodrome Design and Operations. Organização de Aviação Civil Internacional, Montréal, QC.

Reddit / Flying. (2021). Retrieved from How do you evaluate prop nicks and overall condition on preflight and determine if one is a “no go” item?: https://www.reddit.com/r/flying/comments/l4qqn7/how_do_you_evaluate_prop_nicks_and_overall/

Rigg, P. (24 de Agosto de 2021). Quora.com. Fonte: How do aircraft engines deal with the suction of debris and sand from the runway when taking off or landing?: <https://www.quora.com/How-do-aircraft-engines-deal-with-the-suction-of-debris-and-sand-from-the-runway-when-taking-off-or-landing>

SMAO - NASA. (2020). FOD Prevention Program - LPR 5310.1 C. Langley, VA: NASA.

Šušteršič, P. (16 de Janeiro de 2016). Youtube.com. Fonte: A321 Jet Engine Intake Vortices: https://www.youtube.com/watch?v=Yw5M_1GKa1w

TRB. (2011). Current Airport Inspection Practices Regarding FOD - ACRP Synthesis 26. National Academy of Sciences, Engineering and Medicine. Transportation Research Board. Washington, DC: National Academies Press. doi:10.17226/14572

Viana, P. (25 de Julho de 2020). Acidente que culminou na aposentadori do Concorde completa 20 anos este sábado. Fonte: Aeroflap.

Walker, W. (7 de Julho de 2021). Advice from a Propeller Whisperer. Fonte: General Aviation News: <https://generalaviationnews.com/2021/07/07/advice-from-a-propeller-whisperer/>

WilliamF. (01 de Maio de 2016). EuroGA.org. Fonte: Stones striking the propeller: <https://www.euroga.org/forums/flying/6041-stones-striking-the-propeller>

XSight. (2018). FOD Detect. Fonte: Xsight Systems: <https://www.xsightsys.com/index.php/fodetect/>

Zimmer, F. (3dr Qtr de 2008). Preventing engine ingestion Injuries when working near airplanes. (B. C. Airplanes, Ed.) Aero(QTR_03 / 08), pp. 21-28. Fonte: https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_3_08/article_04_1.html

ANEXO 1

Avaliação do Programa Gerenciamento de FOD

Data	Aeródromo		
Hora	Quadrícula do Mapa de Grade:		
Responsável pelo Controle Local de FOD:	Responsável pela Análise:		
Formulário de Avaliação de FOD			
Item	Descrição	Sim/ Não	Comentários
Acesso à Área e Treinamento			
1	Todos os profissionais que trabalham nesta área receberam o treinamento de controle de FOD requerido pelo Aeródromo?		
2	As áreas de controle de FOD estão claramente marcadas?		
3	As áreas de alimentação estão claramente marcadas?		
4	As áreas de controle de FOD têm controle de acesso?		
Procedimentos			
5	A áreas de prevenção de FOD estão sinalizadas (área crítica, área de controle e área de monitoramento)?		
6	O princípio "Limpe enquanto vai" (<i>clean-as-you-go</i>) está sendo praticado pelas pessoas que transitam na área de movimento?		
7	A limpeza geral da área é adequada para garantir que ela esteja livre de FOD?		
8	A periodicidade das "caminhadas FOD" nas pistas, táxis e pátios é adequada ao risco de FOD no aeródromo?		
9	A periodicidade de utilização, ou passagem dos equipamentos móveis, é adequada ao risco de FOD no aeródromo? Considere o volume de tráfego e o intervalo entre as inspeções na pista.		
10	Ocorre a limpeza dos equipamentos antes de sua utilização?		

11	As rotas estabelecidas para os equipamentos em cada área são cumpridas?
12	A velocidade de passagem dos equipamentos móveis ou rebocados é controlada e verificada?
13	No controle manual do FOD, a localização na quadrícula está sendo anotada?
14	Os procedimentos para análise do FOD coletado, conforme os critérios do Anexo 2, estão sendo cumpridos?
Equipamentos	
15	Os coletores de FOD estão limpos e bem sinalizados pelos pátios?
16	A sua localização favorece o recolhimento de FOD?
17	Os equipamentos de controle de FOD (radares estáticos, coletores, esteiras coletoras, varredores automáticos, barras magnetizadas, etc) são adequados ao risco de FOD no aeródromo? Considere o volume de tráfego e o intervalo entre as inspeções na pista.
18	Os equipamentos de controle de FOD (radares estáticos, coletores, esteiras coletoras, varredores automáticos, barras magnetizadas, etc) estão funcionando e em bom estado de conservação?
Controle de Ferramentas e Objetos	
19	As ferramentas e caixas de ferramentas estão sendo controladas em relação ao FOD?
20	Todas as ferramentas são controladas e rastreadas por seus donos e por seus estojos?
21	Todas as ferramentas, partes de equipamentos e partes consumíveis (parafusos, porcas, fitas, bisnagas, fios, conectores e terminais) são armazenadas e protegidas para não se tornarem FOD?
Documentação	

22 As medidas de controle de FOD estão sendo documentadas e armazenadas?

23 A avaliação dos procedimentos e equipamentos de controle de FOD ocorre segundo o FOD coletado e os eventos de FOD no aeródromo?

24 Os documentos do programa de controle de FOD são divulgadas para acesso a todos?

25 O plano de controle de FOD está em vigor, disponível, divulgado e atualizado?

Comentários:

ANEXO 2

Avaliação do risco do FOD pelo método da severidade

Tabela de classificação do risco por tipo de FOD.

Escore de risco	Avaliação do risco	Tipo do FOD (por similaridade)
10	Alto	Pequeno pedaço de concreto
10	Alto	Porca padrão de uma roda de veículo
10	Alto	Rolamento
10	Alto	Chave de mecânico
10	Alto	Tampa de combustível
10	Alto	Partes da iluminação ou sinalização da pista
10	Alto	Tiras metálicas
10	Alto	Material de construção (incluindo pregos ou parafusos em geral)
7	Moderado	Material de amarração de cargas
7	Moderado	Cupilhas (ou contra pinos metálicos)
7	Moderado	Pequenos fechos
7	Moderado	Porta de fibra de vidro
4	Baixo	Garrafa plástica ou tampa de garrafa
4	Baixo	Pedaço de borracha
4	Baixo	Material de junta de expansão

Tabela de classificação de risco por tamanho de FOD.

Escore de risco	Avaliação do risco	Tamanho do FOD
10	Alto	medidas não aplicáveis
10	Alto	Grande (7,62 cm $\leq$ x)
7	Moderado	Médio (3,81 $\leq$ x < 7,62 cm)
4	Baixo	Pequeno (x < 3,81 cm)

Nota: "x" é a maior dimensão do item.

Tabela de classificação do risco por localização do FOD.

Escore de risco	Avaliação do risco	Localização do FOD
10	Alto	Pistas
10	Alto	Táxis
10	Alto	Pátios
7	Moderado	Vias de serviço

4	Baixo	Áreas não pavimentadas adjacentes às pistas, táxis, pátios e vias de serviço;
4	Baixo	Áreas vizinhas ao aeródromo das quais o FOD pode ser jogado por pessoas ou lançado pelo vento

Escore do Risco do FOD				
FOD analisado	Por Tipo (1)	Por Tamanho (2)	Por Localização (3)	Soma dos escores de risco (1) + (2) + (3)
FOD 1				
FOD 2				
FOD 3				
FOD com escore mais alto:	Tipo	Tamanho	Localização	Escore total
FOD 1				
Encaminhamentos para Prevenção:				

ANEXO 3

Avaliação do risco do FOD pelo método do custo

Tabela de associação do custo da colisão de FOD com o tipo de FOD		
Avaliação do risco	Tipo do FOD (por similaridade)	Custo associado
Alto	Pequeno pedaço de concreto	Estouro de pneu de aeronave Ingestão por motor Dano substancial ao motor
Alto	Porca padrão de uma roda de veículo	
Alto	Rolamento	
Alto	Chave de mecânico	
Alto	Tampa de combustível	
Alto	Partes da iluminação ou sinalização da pista	
Alto	Tiras metálicas	
Alto	Material de construção (incluindo pregos ou parafusos em geral)	
Moderado	Material de amarração de cargas	Pequeno dano ao motor
Moderado	Cupillhas (ou contra pinos metálicos)	
Moderado	Pequenos fechos	
Moderado	Porta de fibra de vidro	
Baixo	Garrafa plástica ou tampa de garrafa	Por evento de dano ao motor
Baixo	Pedaço de borracha	Colisão sem danos
Baixo	Material de junta de expansão	

Tabela de associação do custo da colisão de FOD com o tamanho do FOD		
Avaliação do risco	Tamanho do FOD	Custo associado
Alto	medidas não aplicáveis	Estouro de pneu de aeronave
Alto	Grande (7,62 cm $\leq$ x)	Ingestão por motor Dano substancial ao motor
Moderado	Médio (3,81 $\leq$ x < 7,62 cm)	Pequeno dano ao motor
Baixo	Pequeno (x < 3,81 cm)	Por evento de dano ao motor Colisão sem danos
Nota: "x" é a maior dimensão do item.		

Tabela de associação do custo da colisão de FOD com a localização do FOD.

Avaliação do risco	Localização do FOD	Custo associado
Alto	Pistas	Estouro de pneu de aeronave Ingestão por motor Dano substancial ao motor
Alto	Táxis	
Alto	Pátios	
Moderado	Vias de serviço	Por evento de dano ao motor
Baixo	Áreas não pavimentadas adjacentes às pistas, táxis, pátios e vias de serviço;	Pequeno dano ao motor Colisão "sem danos"
Baixo	Áreas vizinhas ao aeródromo das quais o FOD pode ser jogado por pessoas ou lançado pelo vento	

Custo direto médio de "colisões" com FOD (em dólares americanos, 2011), custo unitário.

por colisão (incluindo "sem danos")	\$10.000
por 10.000 movimentos	\$32.000
por estouro de pneu de aeronave	\$2,000
por ingestão por motor	\$33,000
por "pequeno dano ao motor"	\$12,000
por "dano substancial ao motor"	\$109,000
por evento de dano ao motor	\$26,500

Custo do dano potencial causado pelo FOD

FOD analisado	Quantidade coletada (1)	Custo unitário do evento associado - selecionar o mais provável para o FOD analisado (2)	Custo total do evento associado do FOD (1) x (2)
FOD 1			
FOD 2			
FOD 3			

FOD com custo mais alto			
Tipo	Tamanho	Localização	Custo
FOD 1			
Encaminhamentos para Prevenção:			

