

Manual de
PROJETO, EXECUÇÃO
E MANUTENÇÃO
DE *GROOVING*
EM PAVIMENTOS
AEROPORTUÁRIOS



**MANUAL DE PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO DE *GROOVING* EM
PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS**

SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA – SIA

Abril / **2021**

SUPERINTENDENTE

Giovano Palma

GERENTE DE CERTIFICAÇÃO E SEGURANÇA OPERACIONAL

Fábio Lopes Magalhães

GERENTE TÉCNICO DE ENGENHARIA AEROPORTUÁRIA

Lucas Bernardino Travagin

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL

Lucius de Albuquerque Prado

REVISOR DE TEXTO

Ingrid Fonseca de Araújo

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Assessoria de Comunicação Social (ASCOM)

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

obras.sia@anac.gov.br

SUMÁRIO

PARTE 1 - ABORDAGEM AO TEMA

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Surgimento do <i>grooving</i> em aeroportos	7
1.2 Finalidade do <i>grooving</i>	8
1.3 O que existe na regulação atual?	8
1.4 Estrutura deste manual	8
2. OBJETIVO	9
3. CONSIDERAÇÕES GERAIS	10
3.1 Revisão histórica dos casos de acidente/incidente relacionados à aquaplanagem nas instalações aeroportuárias	10
3.2 Revisão anual da frequência de precipitação, bem como da intensidade de chuva na região	11
3.3 Declividades longitudinal e transversal, levantamento de áreas planas, depressões, elevações ou outras anormalidades que afetem o escoamento de água da superfície	11
3.4 Qualidade da textura superficial quanto ao escorregamento sob condições de pista seca e molhada	13
3.5 Limitações do terreno, como quedas (desníveis) nas extremidades das áreas de segurança	15
3.6 Adequação do número e do comprimento das pistas disponíveis	15
3.7 Efeito de vento cruzado, principalmente quando prevalecerem condições de atrito baixo	15
3.8 Resistência e condição do pavimento de pistas de pouso e decolagem	16
4. ANÁLISE PRÉVIA DA NECESSIDADE DE <i>GROOVING</i> EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	17
5. ANÁLISE PRÉVIA DA NECESSIDADE DE <i>GROOVING</i> EM PAVIMENTOS RÍGIDOS	20
6. ANÁLISE PRÉVIA DA DECLIVIDADE LONGITUDINAL VERSUS DECLIVIDADE TRANSVERSAL	21

SUMÁRIO

PARTE 2 - PROJETO

7. CRITÉRIOS DE PROJETO PARA <i>GROOVING</i>	23
7.1 <i>Grooving</i> em pista de pouso e decolagem	23
7.1.1 Tolerância	24
7.1.2 Geometria do <i>grooving</i>	25
7.1.3 Período do dia para realização do <i>grooving</i>	32
7.1.4 Disposição na pista de pouso e decolagem	32
7.1.5 Distanciamento até a borda da pista de pouso e decolagem	33
7.1.6 Distanciamento do início e até o final de cada extremidade da pista	34
7.1.7 <i>Grooving</i> em cabeceiras constituídas por pavimentos rígidos	34
7.1.8 Alinhamento das ranhuras transversais (<i>grooving</i>)	35
7.1.9 Distância do <i>grooving</i> em relação a juntas de concreto em pavimentos rígidos	35
7.1.10 <i>Grooving</i> e cabos da sinalização luminosa instalados sob a pista	36
7.1.11 <i>Grooving</i> e juntas construtivas longitudinais	37
7.1.12 <i>Grooving</i> , fiações e luminárias embutidas	37
7.1.13 Limpeza dos resíduos derivados do processo de <i>grooving</i>	38
7.2 <i>Grooving</i> em interseções de pistas de pouso e decolagem	38
7.2.1 Velocidade da aeronave	40
7.2.2 Zona de toque	40
7.2.3 Avaliação de risco	40
7.3 <i>Grooving</i> em pistas de táxi de saída rápida	41
7.4 Quadro resumo dos requisitos de projeto	43

PARTE 3- EXECUÇÃO

8. CRITÉRIOS DE EXECUÇÃO PARA <i>GROOVING</i>	47
8.1 Critérios de execução para pavimentos flexíveis	48
8.1.1 Preparação para execução do <i>grooving</i>	48
8.1.2 Precauções com a mistura asfáltica	49

SUMÁRIO

8.1.3 Tempo de cura e de estabilização	50
8.1.4 Acabamento do <i>grooving</i>	50
8.2 Critérios de execução para pavimentos rígidos	51
8.2.1 Tempo de cura e de estabilização	51
8.2.2 Tipos de execução de <i>grooving</i> em pavimentos rígidos	53
8.2.3 Acabamento do <i>grooving</i>	58
8.3 Fatores que afetam o custo	58
8.4 <i>Grinding</i> em pavimentos usados	59

PARTE 4- MANUTENÇÃO

9. PROGRAMA DE MANUTENÇÃO DO <i>GROOVING</i>	65
9.1 Monitoramento	65
9.2 Manutenção corretiva	78
9.3 Manutenção preventiva	82
9.4 Manutenção em pavimentos com <i>grooving</i> parcial	82

PARTE 5- HOMOLOGAÇÃO DE *GROOVING* E CRÉDITOS DE DESEMPENHO AOS OPERADORES AÉREOS

10 HOMOLOGAÇÃO DE <i>GROOVING</i> NOVOS E EXISTENTES	85
10.1 Homologação de <i>grooving</i> novo	85
10.2 Homologação de <i>grooving</i> existente	86
11 CONCESSÃO DE CRÉDITOS DE DESEMPENHO	87
11.1 Manutenção dos créditos de desempenho	88
11.2 Créditos de desempenho em pistas com <i>grooving</i> parcial	88

REFERÊNCIAS	89
--------------------	-----------

APÊNDICE: MODELO DE RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DA PROFUNDIDADE DA MACROTEXTURA	91
---	-----------

PARTE 1

Abordagem ao tema

1. INTRODUÇÃO

Este manual apresenta algumas considerações sobre o projeto, a execução e a manutenção do *grooving* em pavimentos aeroportuários, de modo que possa consistir em fonte de consulta pelos regulados quando se tiver a pretensão de projetar, executar ou manter o *grooving* em determinado aeroporto.

Em regiões com registros de intensidade de chuva elevada – o que ocorre com frequência em países de clima tropical como o Brasil – uma das formas de acelerar a retirada de água da superfície do pavimento é por meio de tratamento superficial, como é o caso da camada porosa de atrito (CPA) e do *grooving*, formado por ranhuras executadas transversalmente ao sentido de operação das aeronaves.

Tanto a CPA quanto o *grooving* possuem a intenção de drenar rapidamente a água da superfície do pavimento, proporcionando condições seguras de pousos e decolagens mesmo em situação de chuva moderada ou forte – contanto que a intensidade de chuva seja inferior à considerada no projeto.

Em situações específicas, o uso de tratamento superficial possibilita ganhos de performance (desempenho) em operações em pistas curtas, como é o caso dos aeroportos Santos Dumont/RJ e Congonhas/SP. Esses ganhos são decorrentes do que ficou conhecido como crédito de performance ou crédito de desempenho, com o qual se admitem operações em condição de pista molhada de forma análoga ao que se admitiria para operações em condição de pista seca, no tocante ao comprimento de pista exigido.

Nesse contexto, os aeroportos com alguma peculiaridade operacional, como operações de aeronaves a jato, comprimento de pista relativamente curto, grande movimentação de aeronaves, potencial de chuvas com intensidade moderada ou alta etc., possuem benefícios significativos na adoção de tratamentos superficiais como o *grooving*. Este, muitas vezes, representa o elemento que viabiliza as operações do ponto de vista econômico-financeiro.

Faz-se oportuno observar que a execução de *grooving* em um elemento de infraestrutura, como nas pistas de pouso e decolagem, depende considerável recurso financeiro. Além disso, também pode apresentar riscos, como nos casos de obstrução e erosão das ranhuras. Assim, de acordo com [estudos australianos](#), muitos operadores de aeródromo têm empenhado esforços no desenvolvimento de misturas asfálticas alternativas que buscam aprimorar a textura superficial e o nível de atrito sem a necessidade da execução do *grooving*.

O *grooving*, assim como a camada porosa de atrito (CPA), é elemento necessário para a consecução de créditos de desempenho em aeroportos. Esses créditos de desempenho permitem que os despachantes operacionais de voos (DOV) desconsiderem parte ou todo percentual de pista adicional exigido para operações em condição de pista molhada, o que representa grande benefício tanto para os operadores aéreos quanto para os operadores aeroportuários, principalmente os que possuem pistas de pouso e decolagem curtas.

1.1 SURGIMENTO DO GROOVING EM AEROPORTOS

Aeroportos militares

O primeiro *grooving* apareceu em aeroportos militares do Reino Unido em meados de 1950. Na sequência, os Estados Unidos seguiram o mesmo caminho, realizando uma pesquisa na NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) entre 1964 e 1966.

Aeroportos Civis

Em aeródromos civis, o *grooving* apareceu primeiramente nas pistas de pouso e decolagem dos aeroportos de Manchester (Reino Unido), em 1961, e John F. Kennedy (Estados Unidos), em 1967. Dez anos depois, aproximadamente 160 pistas de pouso e decolagem já possuíam *grooving* no mundo.

1.2 FINALIDADE DO *GROOVING*

Como já mencionado, o *grooving* é uma forma de tratamento superficial que tem como objetivo permitir a drenagem de água, por exemplo, da pista de pouso e decolagem, de modo a mitigar o risco de hidroplanagem, excursões de pista e outras consequências derivadas da presença de água sobre o pavimento (perigo).

Publicações europeias afirmam que o propósito primário do *grooving* em uma pista de pouso e decolagem é melhorar a drenagem. A drenagem natural sobre a superfície do pavimento ocorre em velocidade lenta, mas o *grooving* pode acelerar a retirada de água na medida em que encurta e facilita o caminho de escoamento e aumenta a taxa de drenagem.

1.3 O QUE EXISTE NA REGULAÇÃO ATUAL?

A regulação brasileira relativa à infraestrutura e às operações aeroportuárias, ou seja, os RBAC nº 154 e 153, respectivamente, pouco aborda o assunto e, por isso, há pouco conteúdo em termos de regulação. Também não há, até o momento, material orientativo aos regulados sobre o tema, razão pela qual o manual que ora se propõe vai ao encontro dessa necessidade do mercado.

1.4 ESTRUTURA DESTE MANUAL

Este manual está organizado, basicamente, em cinco partes técnicas. A primeira faz uma abordagem inicial ao tema e tece algumas considerações gerais sobre o planejamento do *grooving* em pavimentos aeroportuários.

A segunda parte aborda os parâmetros de projeto e estabelece os principais requisitos do *grooving*, ao passo que a terceira parte aborda as questões relacionadas à execução do *grooving*. A quarta parte trata sobre os aspectos de manutenção necessários para durabilidade e eficiência do *grooving*, assegurando os propósitos pelos quais foi instalado. Por fim, a quinta e última parte traz noções gerais sobre a homologação e o benefício do crédito de desempenho em pistas de pouso e decolagem.

2. OBJETIVO

Este manual pretende trazer informações técnicas sobre o projeto, a execução e a manutenção do *grooving* em pavimentos aeroportuários. Para tanto, baseia-se em estudos e pesquisas em normativos, regulações internacionais, trabalhos acadêmicos e outros documentos técnicos, bem como nas melhores práticas existentes em âmbito nacional e internacional.

Uma vez que os materiais orientativos do tipo manual publicados por este órgão regulador não se constituem em regulamento ou norma, é importante ressaltar que o conteúdo aqui contido não possui característica mandatória. Trata-se apenas de documento orientativo que busca facilitar a compreensão do tema e esclarecer aos regulados questões técnicas referentes ao planejamento, ao projeto, à execução e à manutenção do *grooving* em pavimentos aeroportuários.

Como uma primeira proposta para desenvolver o tema, este manual pretende expor a visão técnica da ANAC sobre o assunto, propiciando a divulgação e o amadurecimento do conteúdo aqui contido.

Com isso, espera-se que sugestões de melhoria, correção e outros ajustes possam permitir o aprimoramento deste documento e que, com o tempo, seu conteúdo possa vir a constar em normativos futuros. É o caso, por exemplo, da [IS nº 154.201-001A](#), que estabelece os requisitos de projeto (geometria) do *grooving*, assunto abordado na Parte 2 deste manual.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Como dito anteriormente, o *grooving* consiste em um tratamento superficial com o intuito de facilitar o escoamento de água sobre a superfície da área pavimentada, em especial, pistas de pouso e decolagem.

Nem sempre a execução do *grooving* é recomendada em determinado pavimento. Nesse sentido, de acordo com o Doc 9157 – Parte 3 (2017), o operador aeroportuário ou projetista deve considerar os seguintes fatores quando for necessário avaliar a necessidade de instalação desse elemento de drenagem:

- (1) Avaliação histórica dos casos de acidente/incidente relacionados à aquaplanagem nas instalações aeroportuárias;
- (2) Avaliação anual da frequência de precipitação, bem como da intensidade de chuva na região;
- (3) Declividades longitudinal e transversal, levantamento de áreas planas, depressões, elevações ou outras anormalidades que afetem o escoamento de água da superfície;
- (4) Qualidade da textura superficial quanto ao escorregamento sob condições de pista seca e molhada;
- (5) Limitações do terreno, como quedas (desníveis) nas extremidades das áreas de segurança (faixa de pista, RESA etc.);
- (6) Compatibilidade entre a quantidade e o comprimento das pistas disponíveis e as operações;
- (7) Efeito de vento cruzado, principalmente quando prevalecerem condições de atrito baixo; e
- (8) Resistência e condição do pavimento de pistas de pouso e decolagem.

Conforme se observa, uma avaliação criteriosa sobre os elementos citados nos itens anteriores deve ser realizada para tomada de decisão quanto à instalação ou não de *grooving* em pistas de pouso e decolagem.

Ainda sobre esse assunto, na sequência serão tecidos comentários sobre cada item citado.

3.1 REVISÃO HISTÓRICA DOS CASOS DE ACIDENTE/INCIDENTE RELACIONADOS À AQUAPLANAGEM NAS INSTALAÇÕES AEROPORTUÁRIAS

Faz-se importante que o operador de aeródromo avalie eventuais registros de acidentes/incidentes relacionados à aquaplanagem nas instalações aeroportuárias, uma vez que relatos recentes do ocorrido indicam que a capacidade de drenagem da pista pode estar comprometida.

É sempre bom manter conversas com pilotos que operam no local, principalmente após a ocorrência de chuvas, pois eles são capazes de opinar sobre acionamentos do sistema *anti-skid*, percepção de perda de controle direcional, trepidação excessiva durante o pouso ou decolagem etc.

Pode-se, adicionalmente, consultar as equipes de *safety* das companhias aéreas em busca dos monitoramentos da eficiência de frenagem e da aceleração vertical (VRTG) que estas costumam realizar dentro dos seus respectivos processos de gerenciamento de risco nos aeroportos onde operam.

3.2 REVISÃO ANUAL DA FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO, BEM COMO DA INTENSIDADE DE CHUVA NA REGIÃO

Outro elemento importante é a consulta à base de dados do sistema de meteorologia local buscando conhecer os períodos com maior índice pluviométrico e, o mais importante, as intensidades de chuva típicas da região.

A intensidade de chuva característica da região, que geralmente é utilizada nos projetos que envolvem sistemas de drenagem, possibilita conhecer – associada a outros parâmetros do elemento de infraestrutura avaliado – a altura da lâmina d’água esperada no decorrer de chuvas moderadas ou intensas.

Essa análise se justifica porque o processo de instalação do *grooving* em um elemento de infraestrutura aeroportuário é oneroso e muitas vezes não se faz necessário. Mundo afora, em muitas situações, o operador de aeródromo, o projetista ou o consultor se deparam com localidades onde há poucos meses de precipitação ou onde a intensidade de chuva é relativamente baixa, sem registros anteriores de acidentes ou incidentes no aeroporto em decorrência de aquaplanagem.

Assim, apesar de o *grooving* ser capaz de drenar rapidamente a quantidade de água sobre a pista de pouso e decolagem, pode ocorrer de a intensidade de chuva típica da região não ser capaz de providenciar uma altura de lâmina d’água superior a 3 mm – altura tida como referência pela OACI e pelos regulamentos da ANAC, como se observa no RBAC nº 153.

3.3 DECLIVIDADES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL, LEVANTAMENTO DE ÁREAS PLANAS, DEPRESSÕES, ELEVAÇÕES OU OUTRAS ANORMALIDADES QUE AFETEM O ESCOAMENTO DE ÁGUA DA SUPERFÍCIE

Trata-se de outro critério de avaliação importante. Se determinada pista de pouso e decolagem possuir áreas planas, depressões ou elevações, pode-se perceber que nessas regiões a água ficará estacionada sobre a superfície do pavimento.

Esse perigo representa um risco adicional se for localizado na região dos 12 metros centrais da pista de pouso e decolagem, ou seja, se localizado em uma área correspondente a 6 m à direita e a 6 m à esquerda do seu eixo, em uma extensão de 150 metros.

As declividades transversais têm papel preponderante na drenagem de água da pista de pouso e decolagem. Estudos apontam que, associadas à ausência de deformações, declividades transversais da ordem de 1,5% e profundidades de macrotextura superiores ao parâmetro regulatório (0,60 mm para concreto betuminoso convencional) são suficientes para impedir a formação de lâmina d'água em nível superior a 3 mm.

No entanto, deformações no piso da ordem de 1 a 2 mm já possibilitam o empoçamento de água, mesmo sob condição de chuva leve ou moderada. Desse modo, em casos de depressões, áreas planas (sem declividade) ou outras anomalias que afetem o escoamento de água, o *grooving* pode se tornar ineficiente e contraindicado.

Quando não há declividade transversal para possibilitar o escoamento, a água se acumula dentro das ranhuras transversais, e isso tende a provocar danos futuros ao pavimento. Por essa razão, a instalação do *grooving* não é recomendada.

Na prática, quando começam a aparecer problemas de escoamento de água na superfície de pistas de pouso e decolagem, muitos operadores recorrem ao *grooving* como forma de solucionar o problema. No entanto, se houver deformações no pavimento, o *grooving* apenas esconderá a água entre as ranhuras.

Além disso, em locais onde há deformações acentuadas, nem sempre é possível fazer os canais de drenagem e, quando se faz, são desnivelados, com profundidades diferentes do padrão proposto.

Vale ressaltar que, à medida que as operações ocorrem sobre o elemento de infraestrutura, deformações começam a surgir, principalmente as trilhas de roda e as depressões isoladas, fruto de deformações plásticas decorrentes das cargas impostas ao pavimento pelas aeronaves, bem como por deficiências diversas, entre as quais se destacam o baixo controle de qualidade da compactação e a infiltração de água nas camadas subjacentes ao revestimento.

Também é importante comentar que, à medida que a profundidade da macrotextura diminui, aumenta-se a lâmina d'água sobre o pavimento. Assim, mesmo que a declividade esteja dentro dos parâmetros normativos, poderá ocorrer lâmina d'água excessiva sobre a superfície, propiciando a ocorrência de aquaplanagem. Esse fenômeno depende da velocidade, da pressão dos pneus e, naturalmente, do peso das aeronaves, sendo que aeronaves mais leves são mais propícias ao evento.

Em suma, é possível afirmar que o *grooving* não é eficaz caso o pavimento não possua superfície adequada, tanto do ponto de vista geométrico (declividades) quanto da ausência de deformações superficiais. Nesses casos, o *grooving* não deve ser utilizado como medida paliativa.

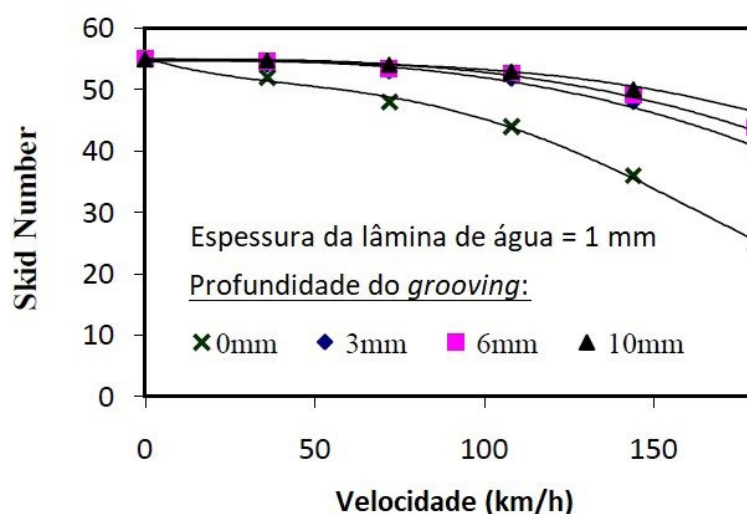
3.4 QUALIDADE DA TEXTURA SUPERFICIAL QUANTO AO ESCORREGAMENTO SOB CONDIÇÕES DE PISTA SECA E MOLHADA

A qualidade da textura superficial pode ser compreendida como o nível de aderência da pista de pouso e decolagem, o que corresponde ao coeficiente de atrito e à profundidade da macrotextura, embora a irregularidade longitudinal acentuada também possa comprometer a aderência.

Pistas de pouso e decolagem com coeficientes de atrito baixos, independentemente da existência de *grooving*, podem comprometer a interação pneu-pavimento na presença de um pequeno filme d'água ou até mesmo na condição de pista seca. Destaca-se que baixos níveis de atrito podem surgir, por exemplo, em razão de baixa microtextura, nos casos de polimento dos agregados decorrente da reiteradas passagens de aeronaves em um sentido preferencial.

Muitos profissionais consideram que a execução do *grooving* pode aumentar o coeficiente de atrito intrínseco. Na verdade, o coeficiente de atrito máximo da pista é representado, na melhor situação, pela condição de pista seca. No entanto, a medição em pista seca, sem a presença de água (atrito intrínseco), não é realizada nos aeroportos. A medição padronizada, conforme requisitos do RBAC nº 153, exige equipamentos certificados capazes de produzir lâmina d'água de 1,0 mm sobre o pavimento.

Na outra ponta, na pior situação, temos o atrito na condição de pista molhada e sem *grooving*, com lâmina d'água superior a 1 mm. Dito isso, é fácil perceber que, como as ranhuras favorecem o escoamento de água da superfície rapidamente, o coeficiente de atrito em pistas com *grooving* é dado por um valor intermediário: mantém-se entre aquele obtido na condição de pista seca e aquele obtido na condição de pista molhada sem *grooving*. Contudo, não é o atrito da pista que aumenta, mas a velocidade de escoamento da água em relação à pior situação esperada (pista molhada sem *grooving*).



Parâmetros do teste: pneu macio, 49x17, tipo VII; pressão dos pneus de 120 kPa; coeficiente de atrito = 0,55; carga de roda = 100 kN.

Figura 1 – Efeito do *grooving* na resistência à derrapagem.

Fonte: (PASINDU, 2011).

Observe a figura 1, onde a variável “Skid Number” (SN) é uma função de:

- (a) velocidade da aeronave;
- (b) carga por roda;
- (c) pressão dos pneus;
- (d) tipo de superfície; e
- (e) espessura da lâmina d’água.

Na presença de lâmina d’água de 1 mm é possível avaliar o efeito da velocidade das aeronaves em função de diferentes profundidades do *grooving* na variável SN. Nessa condição, percebe-se que os valores de SN são menores na condição de pista sem *grooving*, ao passo que são maiores na condição de *grooving* com profundidade de 10 mm, embora as curvas de 3 mm, 5 mm e 10 mm de profundidade encontrem-se muito próximas para velocidades inferiores a 150 km/h.

Nota-se que, na hipótese de ausência da lâmina d’água de 1,0 mm – cuja curva não está na figura 1 e ciente de que isso está fora dos parâmetros de medição estabelecidos pela OACI e pelo RBAC nº 153 – pode-se perceber que o SN seria ainda maior, pois o atrito em presença de água é sempre menor que na condição totalmente seca (atrito intrínseco). Assim, fica evidente que o *grooving* mantém o atrito entre a pior e a melhor situação.

Para concluir este tópico, pode-se avaliar o impacto do *grooving* nas medições de coeficiente de atrito padronizadas de acordo com o RBAC nº 153 em duas situações: (1) pista de pouso e decolagem com *grooving* e com 1,0 mm de água; e (2) pista de pouso e decolagem sem *grooving* e com 1,0 mm de água.

Trata-se de comparação mais adequada, uma vez que as medições de atrito padronizadas exigem a aplicação de lâmina d’água de 1,0 mm, não sendo recomendada a realização de medições de atrito em condição de pista totalmente seca (sem a lâmina d’água de 1,0 mm).

Nessa comparação, estudos apontam que a realização de *grooving* aumenta o coeficiente de atrito na faixa de 10 a 15% se os testes forem conduzidos por equipamento na velocidade de 65 km/h, enquanto tais resultados podem aumentar na faixa de 20 a 30% se forem conduzidos na velocidade de 95 km/h. A figura 1 anterior retrata o que foi exposto.

3.5 LIMITAÇÕES DO TERRENO, COMO QUEDAS (DESNÍVEIS) NAS EXTREMIDADES DAS ÁREAS DE SEGURANÇA

A existência de áreas de escape após a pista de pouso e decolagem, como a faixa de pista e a RESA (*Runway End Safety Area*), constitui outro elemento que deve ser verificado pelo operador aeroportuário.

Isso porque a inexistência de RESA, por exemplo, constitui risco adicional no caso de aeronaves não conseguirem parar até os limites da pista de pouso e decolagem em condições de chuva (*overrun*), o que poderia provocar um acidente ou um incidente grave.

Assim, no caso de um aeroporto onde não existem áreas de segurança após o término da pista de pouso e decolagem, a execução de *grooving* tem potencial para mitigar as consequências danosas no caso de *overrun*.

3.6 ADEQUAÇÃO DO NÚMERO E DO COMPRIMENTO DAS PISTAS DISPONÍVEIS

Pistas de pouso e decolagem curtas implicam maiores esforços de frenagem, o que está atrelado à maior contaminação do pavimento por borracha, necessitando também de manutenção mais frequente.

No mesmo raciocínio, aeroportos com grande movimento e com mais de uma pista de pouso e decolagem tendem a possuir uma densidade de tráfego por pista menor, se comparado a aeroportos com pista única. Nessa última situação, além de o processo de emborrachamento ser mais acelerado, há também maior dificuldade em se fechar a pista única para procedimentos de manutenção de rotina.

Assim, uma avaliação sobre isso deve ser conduzida pelo operador aeroportuário antes da tomada de decisão relativa à instalação ou não do *grooving* em algum elemento do sistema de pista do aeroporto.

3.7 EFEITO DE VENTO CRUZADO, PRINCIPALMENTE QUANDO PREVALECEREM CONDIÇÕES DE ATRITO BAIXO

A condição de pista molhada, por si só, já pode desencadear perda de controle direcional no decorrer de um pouso. Quando somada ao efeito de vento cruzado, pode, ainda, desestabilizar a aeronave e se tornar fator agravante em caso de eventual acidente ou incidente nas instalações aeroportuárias.

Diante disso, a execução de *grooving* nessas condições visa manter a pista de pouso e decolagem em situação próxima à de pista seca, mantendo-se os níveis de atrito em patamares mais elevados que na condição de pista molhada sem *grooving*.

3.8 RESISTÊNCIA E CONDIÇÃO DO PAVIMENTO DE PISTAS DE POUSO E DECOLAGEM

A condição superficial e a resistência do pavimento de pistas de pouso e decolagem são outros pontos que merecem avaliação prévia antes de se instalar o *grooving*. Pavimentos oxidados apresentam fragilidades em função da deterioração do ligante, o que provoca a desagregação do pavimento no decorrer do processo de corte das ranhuras transversais, constituindo-se em fonte de FOD.

A avaliação funcional da condição superficial do pavimento pode ser realizada por meio da metodologia PCI (*Pavement Condition Index*), cuja abordagem pode ser verificada no [Manual do Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários \(SGPA\) da ANAC](#), disponível aqui.

Ainda sobre o PCI, recomenda-se que o processo de tratamento superficial do tipo *grooving* não seja executado em pavimento com PCI inferior à escala 55 (regular), pois trata-se de pavimento em condição de deterioração já avançada. É mais prudente, em um primeiro momento, recapear o pavimento e, caso haja problema maior, realizar uma intervenção estrutural.

No tocante à resistência, pavimentos acomodados em subleito de baixa resistência – a qual pode ser expressa por meio do CBR ou por meio do módulo de elasticidade no caso de pavimentos flexíveis e por meio do módulo de reação “k” do solo no caso de pavimentos rígidos – possuem maior propensão a recalques de fundação, assim como a deformações pontuais, o que pode ocasionar deficiência no processo de escoamento de água da superfície.

Sendo assim, o emprego de recursos financeiros para instalação de *grooving* em pista de pouso e decolagem em tais condições poderá não ser capaz de propiciar o efeito previsto desejado.

Portanto, fica evidente que avaliações prévias antes da tomada de decisão sobre a instalação ou não de *grooving* devem ser conduzidas pelo operador aeroportuário. Com foco nessa atividade, encontra-se na regulação internacional alguns normativos que podem ser fontes de consulta. Para tanto, a *Federal Aviation Administration* (FAA), dos Estados Unidos da América, tem em seu arcabouço regulatório a AC 150/5320-6F, disponível aqui, bem como a AC 150/5370-10H, que pode ser obtida aqui.

4. ANÁLISE PRÉVIA DA NECESSIDADE DE *GROOVING* EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Algumas características devem estar presentes em pavimentos flexíveis quando se opta pela instalação do *grooving*. Nesse sentido, a OACI, por meio do Doc 9157 – Parte 3 (2017), aponta que as superfícies de asfalto devem ser examinadas para determinar se o revestimento em uso na pista de pouso e decolagem encontra-se denso, estável e bem compactado.

Assim, se a superfície examinada do pavimento exibir ondulações ou se partículas de agregado gráúdo oriundas de desagregação da camada de revestimento estiverem expostas ou soltas, outros métodos precisarão ser considerados ou, ainda, poderá ser necessário recapear a pista totalmente antes da realização das ranhuras.

Para pavimentos flexíveis há, também, riscos associados à instalação das ranhuras transversais, principalmente em regiões quentes. Em tais regiões, sob o trânsito de aeronaves, o *grooving* tende a se fechar, podendo obstruir o canal de drenagem em algum ponto específico. Essa condição é mais severa nos trechos onde as aeronaves transitam paralelamente às ranhuras.

De acordo com [estudos australianos](#), o risco de obstrução é maior:

- (a) Em regiões quentes;
- (b) Durante o verão, principalmente depois de vários dias consecutivos muito quentes que ocasionam altas temperaturas nos pavimentos;
- (c) Em pavimentos que foram recapeados recentemente;
- (d) Em locais onde as aeronaves transitam de forma lenta;
- (e) Em locais sujeitos a aeronaves com grande carregamento por roda e com alta pressão nos pneus;
- (f) Em áreas onde as aeronaves transitam paralelamente às ranhuras transversais; e
- (g) Em misturas asfálticas produzidas com ligantes cujo ponto de amolecimento não seja compatível com a utilização em pavimentos, em função da temperatura do local.

A experiência australiana sobre o tema aponta que vários operadores de aeródromo locais experimentaram o fechamento dos sulcos do *grooving*, sendo que a severidade e a extensão variaram de “menor e isolado” a “grave e generalizado”.

Em alguns casos, o fechamento da ranhura foi tanto que exigiu a remoção e a substituição de grandes áreas impactadas. De acordo com alguns [trabalhos](#) realizados na Austrália, canaletas de *grooving* obstruídas não podem ser abertas e não podem ser refeitas.

Em função disso, alguns estados australianos optaram por não fazer *grooving* em suas pistas de pavimento flexível ou o interromper próximo ao final da pista (geralmente 80 metros). Nessa região, onde as aeronaves geralmente fazem giros para retornar ou para sair por uma pista de táxi de cabeceira, movimentando-se paralelamente ao *grooving* em certos locais, o risco de fechamento dos sulcos é maior.

Dessa forma, orienta-se que o operador de aeródromo estude a configuração (*layout*) do seu aeroporto com o projetista responsável, de modo a avaliar a viabilidade de execução do *grooving* nessas áreas que correspondem a deslocamentos em baixas velocidades paralelamente às ranhuras transversais. Para tanto, deve-se levar em consideração o seguinte:

- (a) Se há uma área de giro (*turn pad*) ou não na cabeceira;
- (b) Se há pista de táxi de acesso à cabeceira e, então, a aeronave não precisa fazer giro sobre o *grooving*;
- (c) Se há pista de táxi de acesso à cabeceira, mas, mesmo assim, a aeronave ainda necessita girar sobre o *grooving*; e
- (d) Se não há pista de táxi de acesso à cabeceira e a aeronave se desloca ao longo da pista de pouso e decolagem e faz o giro sobre a cabeceira (configurações com e sem área de giro, ou seja, *turn-pad*).

Essas decisões foram motivadas por uma combinação de fatores, dentre os quais pode-se destacar:

- (a) Eventos de chuvas intensas (principalmente em regiões tropicais), em que as operações de pousos e decolagens geralmente são proibidas, o que significa dizer que os pousos só podem ocorrer em condição de pista seca;
- (b) Chuvas pouco frequentes (principalmente em locais áridos), o que significa que o risco de obstrução do *grooving* é alto, comparado ao risco de derrapagem da aeronave; e
- (c) Áreas sem *grooving* ao final da pista (geralmente 80 metros de comprimento), o que representa uma extensão pouco significativa, se comparada à extensão total da pista.

Importante também destacar que se trata de informações sobre a Austrália e, apesar de o país ter um clima parecido com o do Brasil, possui também diferenças. Portanto, faz-se necessário levar em consideração essas características.

Do exposto anteriormente, percebe-se que, na Austrália, alguns operadores de aeródromo optaram por não instalarem *grooving*, seja pelo fato de se localizarem em regiões caracterizadas por chuvas intensas (o que já provoca a interrupção das operações), seja pelo fato de a localização em regiões de pouca chuva – onde há risco de obstrução do *grooving* em função de altas temperaturas – ter potencial de provocar acidente (aquaplanagem) nos raros eventos de pousos com chuva.

Ademais, os aeroportos que optaram por executar o *grooving* deixaram de fazê-lo nas regiões que compreendem áreas de giros de aeronaves em pavimentos flexíveis, reservando trechos com 80 (oitenta) metros de extensão destinados a essa função. Esses trechos sem *grooving* representam um percentual pequeno, se comparados à extensão total da pista, e não comprometem o objetivo principal da instalação: a drenagem rápida da água da superfície. Em cabeceiras construídas em concreto de cimento Portland, esse problema é minimizado.

Dito isso, também se salienta que uma inspeção prévia deve ser realizada em toda largura e extensão da pista de pouso e decolagem. Na existência de elevações, depressões, juntas de dilatação ausentes ou danificadas no pavimento, áreas lascadas ou repletas de rachaduras, as pistas não devem ser consideradas aptas ao recebimento do *grooving* até que sejam reparadas ou substituídas.

As avaliações estruturais dos pavimentos devem ser realizadas em apoio às observações funcionais. Se necessário, testes destrutivos e não destrutivos devem ser conduzidos pelo operador aeroportuário, principalmente os relacionados à estabilidade do revestimento asfáltico.

O julgamento técnico do operador de aeródromo ou do consultor em pavimentos deve ser levado em consideração para tomada de decisão antes da execução das ranhuras transversais. Além disso, outros fatores deverão ser avaliados nas discussões preliminares, tais como:

- (1) estimativa de vida útil do *grooving* sobre o pavimento asfáltico;
- (2) máxima temperatura operacional da superfície do pavimento;
- (3) pressão de pneus efetiva à qual se submete o pavimento;
- (4) frequência de acionamentos de frenagem nas áreas avaliadas;
- (5) composição do *mix* de aeronaves; e
- (6) propriedades dos agregados.

Caso algum dos fatores apontados acima seja desfavorável na avaliação do operador ou do consultor especializado, o *grooving* não deverá ser executado.

Entendimento da ANAC

A visão deste órgão regulador é que o *grooving* não seja implantado em regiões onde a pista esteja submetida a temperaturas elevadas, no decorrer do ano inteiro. Desse modo, é pertinente o estudo com base em medições meteorológicas dos órgãos oficiais do Brasil, como o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). O projetista responsável tem papel fundamental no desenvolvimento dessa atividade.

Da mesma forma, este órgão regulador também não recomenda a implantação de *grooving* nos 80 (oitenta) metros iniciais/finais de cada extremidade de pistas revestidas com pavimento flexível, cujas justificativas já foram apresentadas anteriormente. Esses 80 (oitenta) metros geralmente envolvem os trechos onde as aeronaves transitam em baixas velocidades e paralelamente às ranhuras transversais, como nos casos onde o aeroporto dispõe de pistas de táxi de cabeceira.

Na condição citada no parágrafo anterior, o *grooving* pode ser interrompido na distância informada, de modo a evitar que este seja danificado. Não havendo esse tipo de configuração (*layout*) no aeroporto, o projeto e a execução devem observar os afastamentos contidos na Parte 2 deste manual.

5. ANÁLISE PRÉVIA DA NECESSIDADE DE *GROOVING* EM PAVIMENTOS RÍGIDOS

Em pavimentos rígidos, deve ser realizado exame prévio à instalação do *grooving*, com o intuito de verificar a integridade do pavimento e a existência de defeitos como escamação, lascas extensas, trincas e rachaduras.

Para que fique claro o entendimento, escamação é, *por definição*, uma patologia que se caracteriza pelo deslocamento da camada superficial fissurada. No entanto, também pode ser proveniente de outros defeitos, tal como o desgaste superficial.

A presença de rachaduras e trincas – estas últimas candidatas a rachaduras no futuro – também tem um aspecto importante, uma vez que se caracterizam pela separação completa das partes da placa de concreto envolvidas, o que significa que percorrem toda a espessura da placa. Essas condições, naturalmente, inviabilizam a instalação do *grooving*.

Entendimento da ANAC

As situações aqui expostas exigem a substituição das placas danificadas, para que seja possível o planejamento do *grooving* nessas superfícies.

Portanto, este órgão regulador não recomenda a execução de *grooving* em casos de defeitos no pavimento. É necessária a substituição das placas danificadas, de modo que todas estejam, primeiramente, íntegras.

6. ANÁLISE PRÉVIA DA DECLIVIDADE LONGITUDINAL VERSUS DECLIVIDADE TRANSVERSAL

Outro ponto importante na discussão, apontado pela OACI no Doc 9157 - Parte 3 (2017), é a relação entre as declividades longitudinal e transversal. No caso de haver preponderância da declividade longitudinal frente à declividade transversal, de modo que o caminho de drenagem da água da pista seja preferencialmente o longitudinal, a execução de *grooving* pode resultar em algo não desejável.

Explicando melhor, ao se fazer o *grooving* em uma pista de pouso e decolagem com essas características, à medida que a água preenche totalmente as ranhuras transversais ocorre o transbordamento e o escoamento do líquido pela via preferencial, ou seja, o percurso longitudinal. Isso pode ocasionar condições propícias para a ocorrência de aquaplanagem, aumentando a exposição ao risco das aeronaves em condição de chuva.

Como já abordado anteriormente, a relação entre declividade longitudinal e transversal também deve ser avaliada levando em consideração as áreas deformadas ou planas do pavimento, que podem favorecer água parada e aumentar o risco às operações, se situadas na região central da pista de pouso e decolagem, isto é, 6 m à esquerda e 6 m à direita do seu eixo.

PARTE 2
Projeto

7. CRITÉRIOS DE PROJETO PARA *GROOVING*

Uma vez definida a necessidade do *grooving* em pavimento aeroportuário com base nos fundamentos apresentados neste manual, passa-se à definição dos critérios de projeto, os quais compreendem o planejamento da obra ou do serviço.

Um bom planejamento é capaz de aumentar a probabilidade de sucesso na obra ou no serviço a ser executado, de modo a reduzir retrabalhos e – se assegurada manutenção eficiente – postergar a necessidade de intervenção para reparos, levando a vida útil do elemento cada vez mais próxima do estabelecido no projeto.

Os critérios de projeto adotados pelas principais autoridades de aviação civil mundiais divergem entre si, provavelmente em função das peculiaridades de cada país, como clima, grau de desenvolvimento, maturidade do órgão regulador etc.

Na sequência, serão apresentadas as características geométricas, os níveis de tolerância e outros requisitos de projeto utilizados no processo de execução das ranhuras transversais em elementos de infraestrutura aeroportuária.

7.1 *GROOVING* EM PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

As especificações para execução do *grooving* em pistas de pouso e decolagem variam entre os países. A tabela 1 a seguir ilustra os requisitos considerados por algumas autoridades de aviação civil do mundo para pistas novas e usadas.

TABELA 1 - DIMENSÕES DO <i>GROOVING</i> EM ALGUNS PAÍSES						
País	Condição	Geometria do <i>grooving</i>			Prof. macrotextura (mm)	
		Largura (mm)	Profundidade (mm)	Espaçamento (eixo a eixo)	Revest. asfáltico Sem <i>grooving</i>	Com <i>grooving</i>
Austrália	Novo	6	6	38	0,65	1,49
Estados Unidos	Usado (1/2 da profundidade)	6	3	38		1,02
Noruega	Novo	6	6	125	0,7-1,6	0,95-1,81
Reino Unido	Novo	4	4	25	0,65	1,19

Fonte: ICAO – Asia Pacific Regional Aviation Safety Team (2013).

Uma vez executado e à medida que as operações ocorrem, o *grooving* começa a ser preenchido pela borracha em decorrência das operações de pouso na pista, o que tende a ser mais acentuado nas regiões de zona de toque.

Com isso, como se observa da tabela 1 anterior, os Estados Unidos estabelecem como profundidade mínima aceitável para o *grooving* 3 mm, ou seja, 50% da sua profundidade preenchida por borracha ou reduzida em função de desgaste superficial. Acima desse percentual, a autoridade norte-americana considera que o *grooving* apresenta deficiência no processo de drenagem rápida da água da superfície da pista.

É importante perceber que o não atendimento dos parâmetros mínimos do *grooving*, como o de 3 mm de profundidade, impossibilita a consecução de créditos de desempenho em certos aeroportos, o que pode, muitas vezes, inviabilizar operações de operadores aéreos em condição de pista molhada.

7.1.1 TOLERÂNCIA

A AC 150/5320-12C também contém as tolerâncias exigidas no processo de execução do *grooving*, conforme mostrado na tabela 2 a seguir.

TABELA 2 - PARÂMETROS MÁXIMOS E MÍNIMOS PARA O GROOVING EM AEROPORTOS		
Profundidade	Largura	Espaçamento
6 mm	6 mm	38 mm
Tolerância	Tolerância	Tolerância
(- 1,6 mm, + 1,6 mm)	(- 0 mm, + 1,6 mm)	(- 3 mm, + 0 mm)
RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
(4,4 mm – 7,6 mm)	(6 mm – 7,6 mm)	(35 mm – 38 mm)

Fonte: FAA – AC 150/5320-12C.

A norma da FAA também estabelece que 60% ou mais do *grooving* (ranhuras transversais) devem possuir profundidade de pelo menos 6 mm (no caso de *grooving* novos).

Nota-se que a tolerância impacta a questão da profundidade para mais ou para menos. Já na largura, a tolerância permite que esta seja maior que 6 mm, mas nunca menor. Por fim, a tolerância também permite que o espaçamento entre as canaletas de drenagem seja menor que 38 mm, mas nunca maior.

Entendimento da ANAC

A ANAC sugere que operadores de aeródromo, projetistas e consultores adotem os parâmetros (profundidade, largura e espaçamento) e as respectivas tolerâncias preconizados pelo normativo norte-americano, conforme apresentado na tabela 2.

7.1.2 GEOMETRIA DO GROOVING

Por meio da AC 150/5320-12C, a FAA estabelece apenas configuração geométrica retangular para o *grooving*. No entanto, estudos recentes da autoridade de aviação civil norte-americana têm mostrado que a configuração trapezoidal possui vantagens quando comparada à forma retangular tradicional.

Assim, a discussão para a inserção em regulamento do *grooving* trapezoidal tem ganhado força nos Estados Unidos. A seguir, na figura 2 são apresentadas duas configurações de *grooving*: (a) a retangular (adotada atualmente); e (b) trapezoidal (em discussão no momento), conforme verificado no trabalho de Patterson (2012).

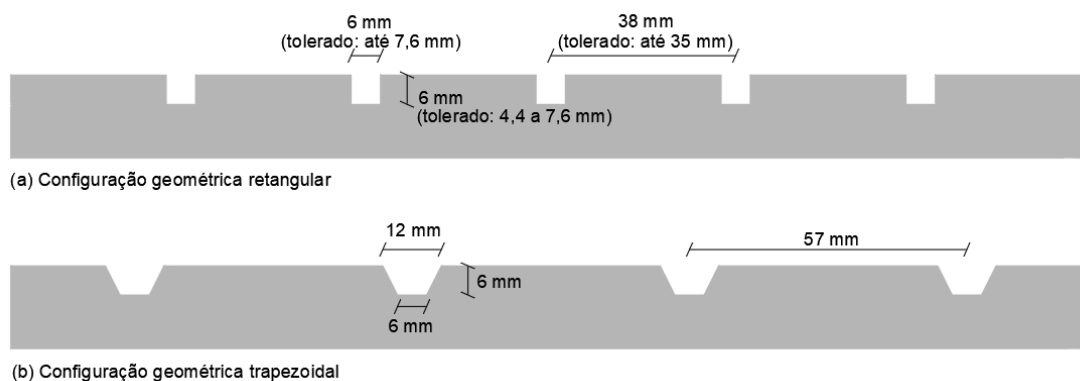


Figura 2 – Configurações geométricas de *grooving*.

Fonte: GTEA/GCOP/SIA.

Entre os benefícios que advém do uso do *grooving* trapezoidal, pode-se elencar:

- (1) Coeficiente de atrito comparável ao obtido em pistas com *grooving* tradicional (retangular);
- (2) Redução do consumo de pneu (borracha) no decorrer das operações de pousos e decolagens;
- (3) Aumento da vida útil do pavimento;
- (4) Redução do número de lascamentos (desplacamentos em função de trincas de canto ou de borda), assim como da obstrução das canaletas de drenagem, principalmente em regiões de temperaturas elevadas, conforme já abordado anteriormente; e
- (5) Capacidade de drenagem do canal trapezoidal superior à do canal retangular.

A seguir, uma breve explicação sobre cada benefício apontado:

a) Coeficiente de atrito comparável ao obtido com o *grooving* retangular

A figura 3 a seguir mostra resultados de testes realizados com pistas molhadas sem *grooving*, com *grooving* retangular e com *grooving* trapezoidal. É possível perceber que o *grooving* trapezoidal fornece as mesmas características de atrito que a fornecida pelo *grooving* retangular.

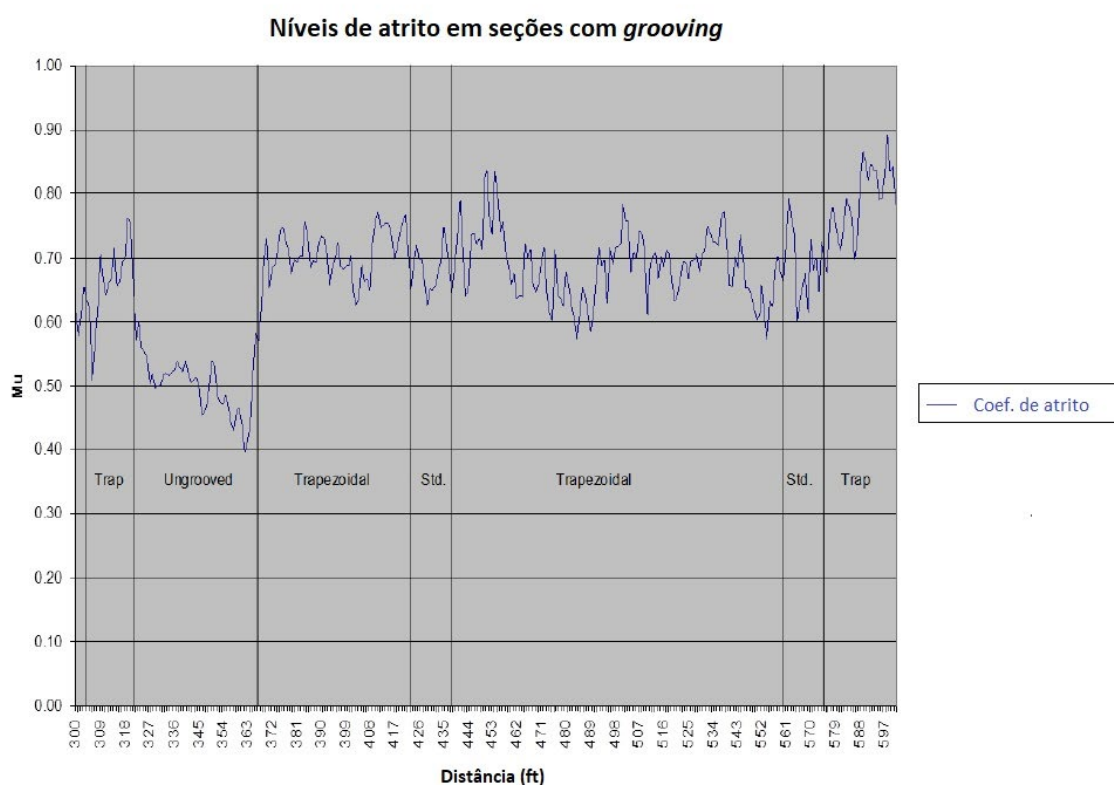


Figura 3 – Atrito em pistas sem *grooving*, com *grooving* retangular e trapezoidal.

Fonte: Stantec (2014).

b) Redução do consumo de pneus (borracha)

O *grooving* trapezoidal, em função da ausência de ângulos retos junto às bordas, diminui o desgaste do pneu e o acúmulo da borracha em seu interior. As figuras 4 e 5 a seguir ilustram o exposto.

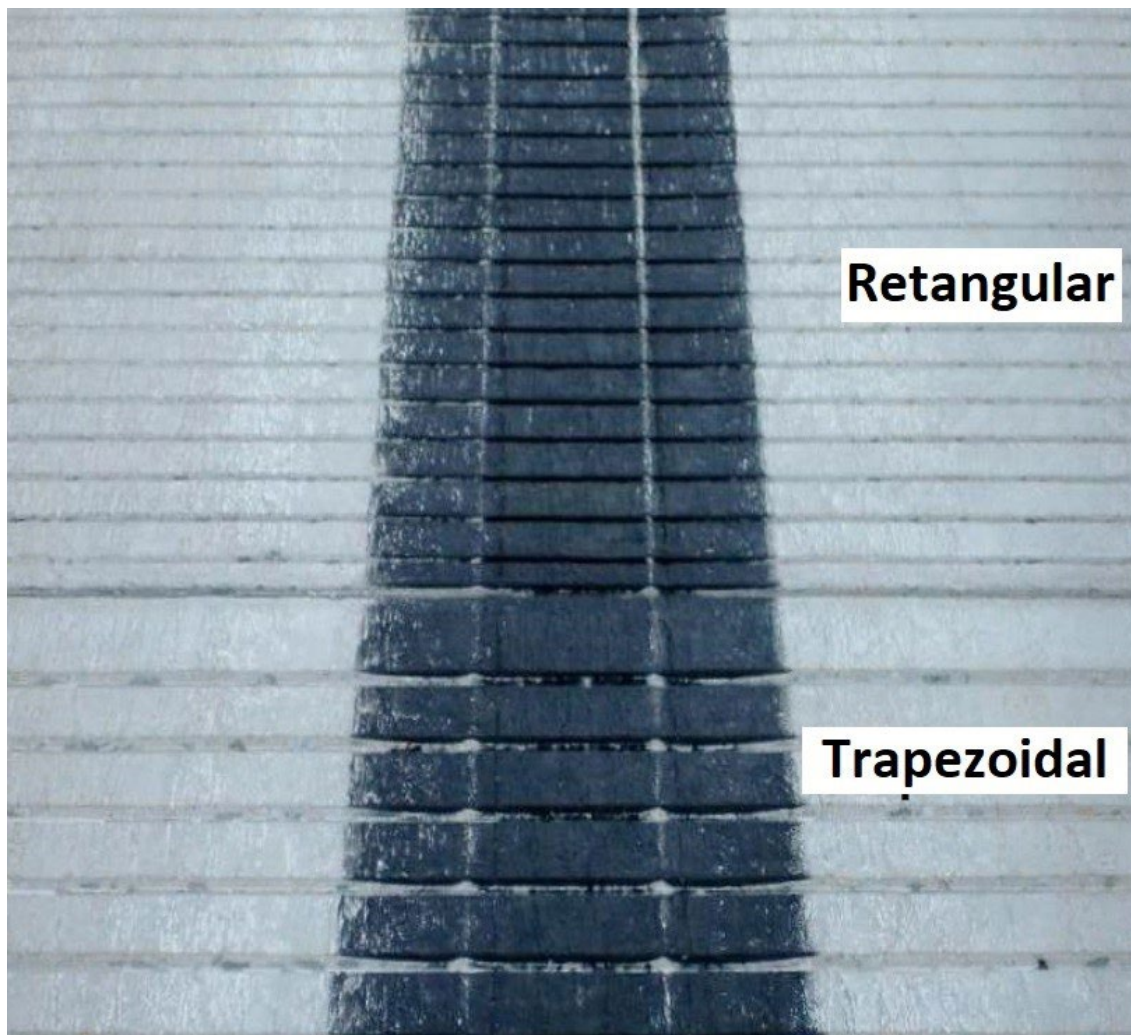


Figura 4 – Acúmulo de borracha em pista com *grooving* retangular e trapezoidal.

Fonte: Stantec (2014).

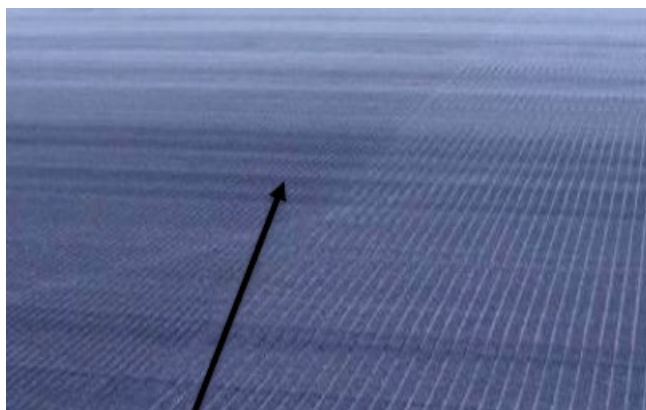


Figura 5 - Acúmulo de borracha em pista com *grooving* retangular (à esquerda) e trapezoidal (à direita).

Fonte: Stantec (2014).

c) Aumento da vida útil

O *grooving* retangular apresenta, naturalmente, arestas retangulares. Estas estruturas propiciam concentração de tensão localizada em seus cantos vivos no processo de deslocamento das aeronaves, o que tende a provocar, com o tempo, ruptura por falha do material.

Esse tipo de ruptura se caracteriza como uma patologia denominada esborcinamento, responsável por acelerar o desgaste das canaletas. Já no *grooving* trapezoidal, a concentração de tensão nas regiões de cantos vivos é minimizada, o que permite maior resistência das arestas em função da passagem das aeronaves e, consequentemente, maior durabilidade.

d) Redução de eventos de lascamentos e obstruções

Em decorrência dos cantos vivos existentes no *grooving* tradicional exposto no item anterior, uma das consequências do esborcinamento é o seu lascamento.

As figuras 6 e 7 ilustram a situação.

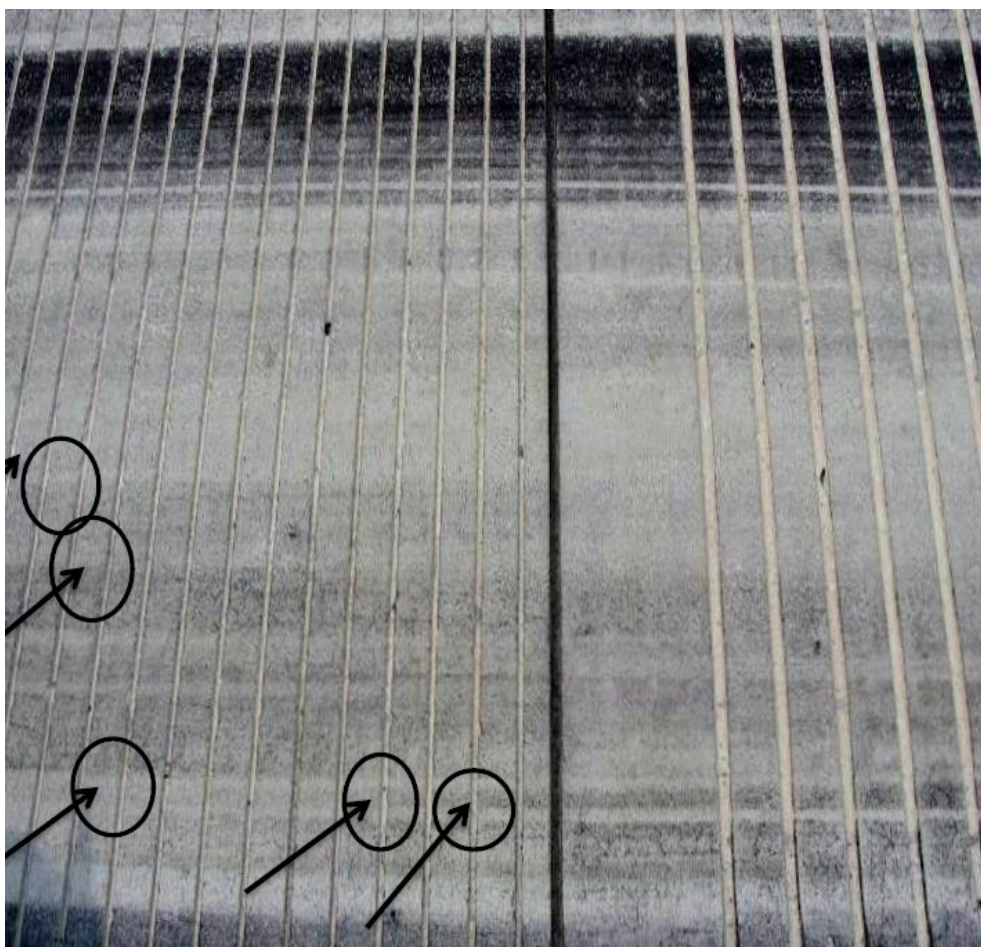


Figura 6 – Danos às bordas das ranhuras transversais. À esquerda, *grooving* tradicional com alguns danos. À direita, *grooving* trapezoidal intacto

Fonte: Santec (2014)

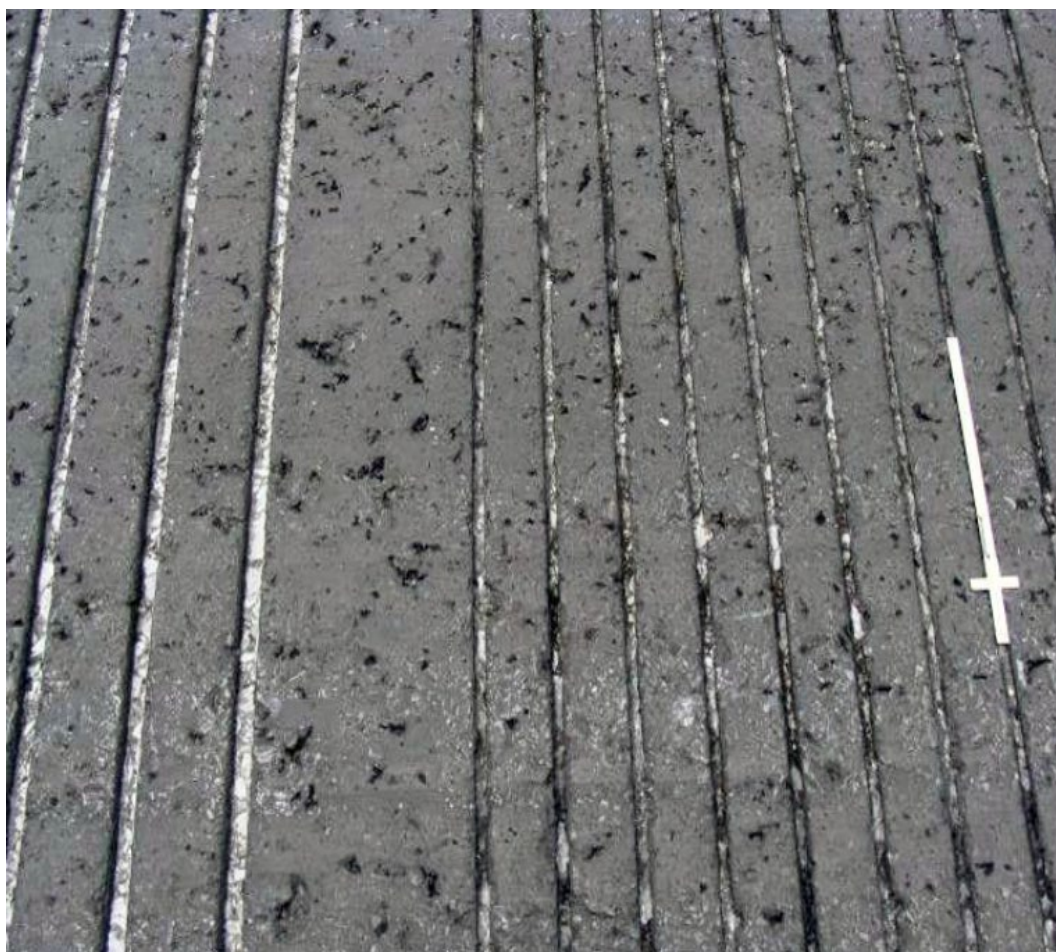


Figura 7 – *Grooving* tradicional ainda mantém sua forma aberta, mas pode-se observar fechamento e obstrução das ranhuras em alguns pontos, assim como o desgaste acentuado.

Fonte: Stantec (2014).

e) Capacidade de drenagem do canal trapezoidal superior à do canal retangular

A capacidade de drenagem de água da superfície do pavimento é mais rápida no *grooving* trapezoidal, em função das maiores dimensões e, conseqüentemente, do maior volume da seção. A figura 8 a seguir apresenta uma comparação entre ambos.

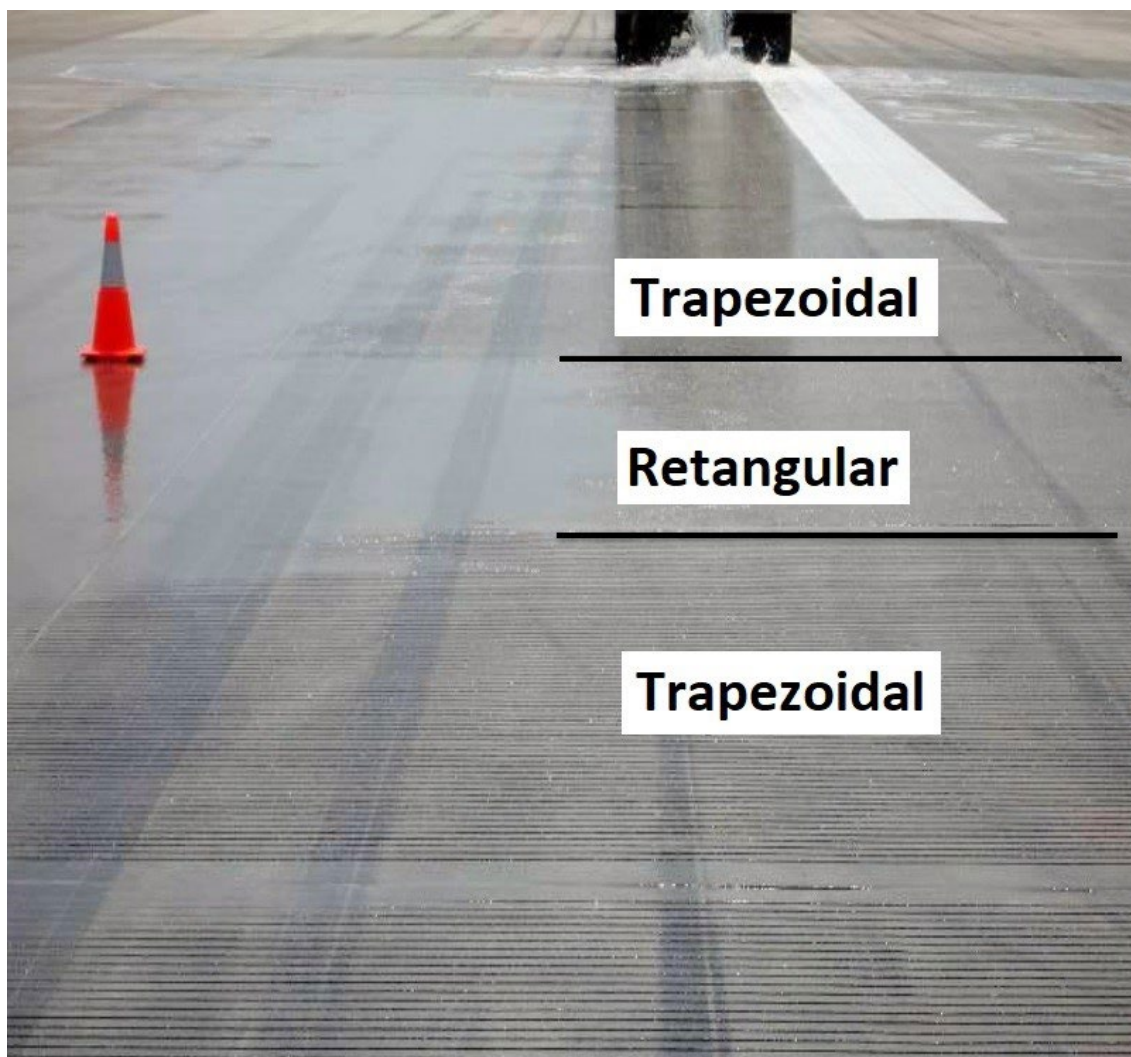


Figura 8 – Comparação da eficiência de drenagem em *grooving* tradicional (retangular) e trapezoidal.

Fonte: Stantec (2014).

Como abordado nos itens anteriores, em função da geometria das canaletas de drenagem, pode-se obter maior ou menor rapidez na drenagem da água da superfície do pavimento.

É importante deixar claro que o operador aeroportuário, em conjunto com o projetista, deve avaliar a melhor solução a ser empregada. Não necessariamente o *grooving* trapezoidal se mostra melhor que o retangular.

A depender das condições da infraestrutura, como, por exemplo, a macrotextura da pista de pouso e decolagem, a declividade, a intensidade de chuva média considerada no projeto, a densidade operacional etc., pode-se optar confortavelmente pela realização do *grooving* padrão.

Além disso, também é importante avaliar as condições de mercado, como a existência de empresas capazes de realizar esse tipo de serviço, os respectivos tempos de execução e os custos envolvidos. Dessa forma, uma decisão assertiva pode ser tomada levando em consideração os tópicos até aqui discutidos.

Como os estudos existentes sobre o *grooving* trapezoidal ainda são pouco materializados nas regulações internacionais, este órgão regulador recomenda que os operadores aeroportuários utilizem o *grooving* tradicional (retangular), não podendo se esquecerem do fato de que o *grooving* trapezoidal ainda está implantado em poucos aeroportos mundo afora, não tendo sido testados massivamente na prática.

No entanto, caso esteja convencido de que o *grooving* trapezoidal é a melhor solução técnica para o caso concreto, o operador aeroportuário deverá manter conversas com os operadores aéreos para verificação da configuração de *grooving* considerada pelos fabricantes de aeronaves para as análises de desempenho de frenagem em pistas dotadas de tratamento superficial *antiskid*, uma vez que a geometria retangular é a configuração que costuma servir como base para essas análises.

Tal discussão se mostra essencial na hipótese de o operador de aeródromo desejar usufruir do benefício decorrente do crédito de desempenho, abordado adiante. Nesse sentido, a escolha da configuração do *grooving* deve levar em conta a visão e os estudos técnicos dos fabricantes de aeronaves, caso se deseje obter crédito de desempenho genérico da infraestrutura aeroportuária.

A forma de cumprimento para a geometria do *grooving* definida pela ANAC é a retangular, conforme se observa na [IS nº 154.201-001A](#). Assim, o uso de geometria diferente da geometria padrão (seção e espaçamento) deve estar embasada tecnicamente quanto à não afetação dos aspectos de desempenho das aeronaves.

É admitido o uso de configuração diferente da retangular (preferencial) adotada na Instrução Suplementar. No entanto, o seu uso necessita ser avaliado e aceito pelo órgão regulador como forma de cumprimento alternativa.

Quanto ao uso de créditos de desempenho específicos por parte dos operadores aéreos, sabe-se que são exigidos ensaios em voo na pista de referência ou em pista que seja equivalente, conforme entendimento e regulamentos associados à certificação de aeronaves.

Dessa forma, sugere-se que, para informações adicionais, os operadores aéreos mantenham conversas com as Superintendências de Aeronavegabilidade (SAR) e de Padrões Operacionais (SPO) deste órgão regulador.

Por fim, importante comentar que o órgão regulador australiano, *Civil Aviation Safety Authority (CASA)*, publicou a AC 139.C06 v1.0 – [Skid resistance of aerodrome pavements, disponível aqui](#).

Trata-se de material em fase de consulta pública enquanto este trabalho está sendo escrito. No documento, consta a previsão regulamentar para execução do *grooving* trapezoidal na regulação da Austrália. Assim, posteriormente, avalia-se que o assunto tenderá a constar também nas regulações de outros países.

7.1.3 PERÍODO DO DIA PARA REALIZAÇÃO DO GROOVING

O *grooving* pode ser executado tanto no período diurno quanto no período noturno. Há, no mercado, equipamentos modernos capazes de realizar cortes com grande controle tecnológico e, se associados à boa iluminação, podem ser utilizados nos períodos diurno ou noturno.

No entanto, também existem os equipamentos desenvolvidos e utilizados pelos próprios operadores aeroportuários para que o processo de corte seja executado por equipe orgânica, reduzindo os custos envolvidos.

Nesses casos, devido às eventuais limitações do maquinário, o que inclui recursos para alinhamento e sistemas automatizados/computadorizados, recomenda-se que o processo de execução seja realizado, preferencialmente, no período diurno.

É importante que seja avaliada a “janela operacional” disponível para a realização do serviço, tanto diurna quanto noturna, de modo que acarrete o menor impacto ao aeroporto e à malha aérea. Dessa forma, é pertinente que a execução do *grooving* ocorra durante o maior número de horas possível, de modo a melhorar a produtividade.

7.1.4 DISPOSIÇÃO NA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

De acordo com a AC 150/5320-12C, o *grooving* deve ser disposto perpendicularmente ao eixo da pista de pouso e decolagem, ou seja, na direção das operações de pousos e decolagens. Deve, ainda, estar disposto em toda a extensão da pista.

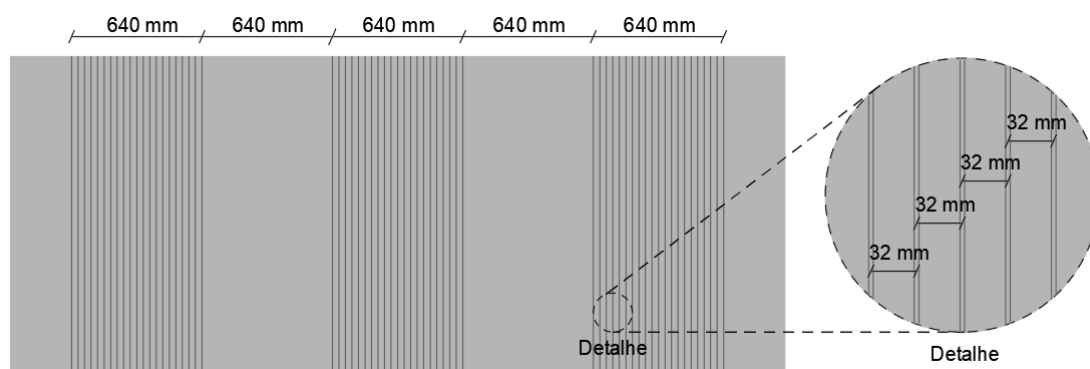


Figura 9 – *Grooving* intermitente.

Fonte: GTEA/GCOP/SIA.

Entendimento da ANAC

Este órgão regulador orienta que o *grooving* seja disposto perpendicularmente ao eixo da pista, podendo ser implantado de forma contínua ou intercalada, como facultado aos operadores de aeródromo por meio do regulamento canadense, mas com alteração simbólica no espaçamento (ver figura 9).

No caso de disposição intercalada, sugere-se a execução de 640 mm de *grooving*, deixando outros 640 mm sem *grooving*, com o espaçamento, nessa situação, reduzido para 32 mm. Essa modificação no espaçamento de 620 mm para 640 mm em relação à orientação canadense, permite um número exato de canaletas (20 canaletas) no espaço disponível (640 mm)."

Ressalta-se que a forma de comprimento definida pela ANAC encontra-se na [IS nº 154.201-001A](#) e é a configuração retangular. No entanto, caso se utilize outra configuração e deseje ter o *grooving* homologado, esta deverá obter aprovação do órgão regulador como forma de comprimento alternativa.

7.1.5 DISTANCIAMENTO ATÉ A BORDA DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

A Austrália, conforme consta de [trabalhos publicados](#) naquele país, requer que o *grooving* cesse a uma distância compreendida entre 0,5 a 1,0 metro da borda da pista. Já a FAA, por meio da já mencionada AC 150/5320-12C, estabelece que o *grooving* termine a uma distância de até 3 metros da borda da pista de pouso e decolagem, de modo a permitir espaço adequado para o equipamento que fará os cortes transversais.

Entendimento da ANAC

Na visão deste órgão regulador, admitindo que ambas as orientações se mostram eficazes no atendimento à finalidade da instalação do *grooving*, recomenda-se que o *grooving* cesse a uma distância de até 3 metros das bordas laterais da pista, como forma de padronização nos aeroportos brasileiros. No entanto, se possível, recomenda-se que essa distância seja de 1 metro. A figura 10 ilustra o entendimento.

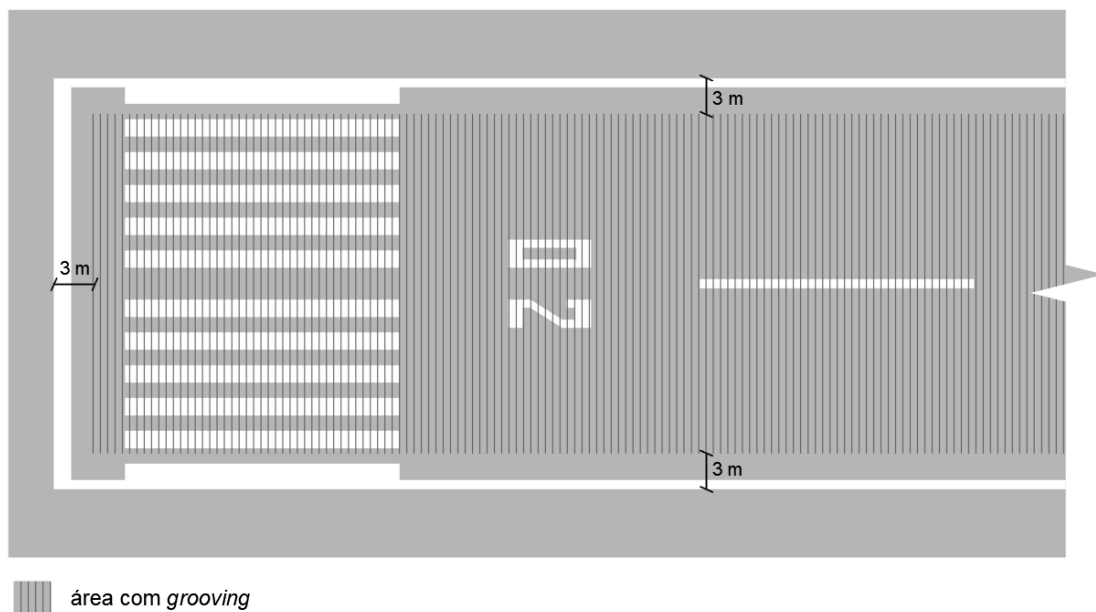


Figura 10 – Distanciamento do *grooving* em relação à extremidade da pista e à borda da pista de pouso e decolagem.

Fonte: IS nº 154.201-001A.

7.1.6 DISTANCIAMENTO DO INÍCIO E ATÉ O FINAL DE CADA EXTREMIDADE DA PISTA

Algumas orientações internacionais recomendam que o *grooving* comece e termine a uma distância de até 3 metros do início e até o final de cada extremidade da pista, respectivamente. Para cabeceiras em concreto rígido, atentar para o contido no próximo item.

Entendimento da ANAC

A ANAC considera razoável a recomendação de que o *grooving* inicie e termine a uma distância de até 3 metros do início e até o final de cada extremidade da pista. No entanto, se possível, recomenda-se que essa distância seja de 1 metro. Dessa forma, operadores de aeródromo, projetistas e consultores podem adotar essa configuração em seus projetos. Ver desenho anterior (figura 10).

7.1.7 GROOVING EM CABECEIRAS CONSTITUÍDAS POR PAVIMENTOS RÍGIDOS

A regulação australiana recomenda que as cabeceiras de concreto (pavimento rígido) sejam ranhuradas se não dispuserem de profundidade da macrotextura que atenda aos parâmetros regulatórios. Assim, se o *grooving* for executado no pavimento, também deverá ser executado nas cabeceiras.

No Brasil, como já sabido, os parâmetros regulatórios para a profundidade da macrotextura em pavimentos tradicionais (CBUQ) é de 0,60 mm (mínimo), ao passo que, para pavimentos dotados de camada porosa de atrito (CPA), é igual a 1,2 mm (mínimo).

Entendimento da ANAC

Quando as cabeceiras de concreto rígido (cimento Portland) não dispuserem de profundidade da macrotextura que atenda aos parâmetros regulatórios contidos no [RBAC nº 153](#), sugere-se que estas sejam ranhuradas (*grooving*), de modo a atender os requisitos do regulamento e a proporcionar a drenagem adequada dessas áreas.

Quando não for adequado o *grooving* em cabeceiras de concreto rígido, este deverá ser interrompido a 1 (um) metro da transição do pavimento flexível para o pavimento rígido.

7.1.8 ALINHAMENTO DAS RANHURAS TRANSVERSAIS (GROOVING)

A [AC 150/5320-12C](#) estabelece que o *grooving* não deve variar mais que 8 cm no alinhamento para um comprimento de 23 metros ao longo da pista, podendo ser realinhado a cada 150 metros de extensão.

No Canadá, a [AC 300-008 \(3ª edição\)](#) define que o desvio no alinhamento do *grooving* não deve superar 30 mm em 25 metros de extensão.

Entendimento da ANAC

Sugere-se que os operadores aeroportuários brasileiros adotem o padrão estabelecido pela norma norte-americana (com arredondamento das medidas), ou seja, variação máxima de 8 cm no alinhamento para um comprimento de 25 metros ao longo da pista, com realinhamento a cada 150 metros de extensão.

7.1.9 DISTÂNCIA DO GROOVING EM RELAÇÃO A JUNTAS DE CONCRETO EM PAVIMENTOS RÍGIDOS

O *grooving*, de acordo com a [AC 150/5320-12C](#), deve se localizar a uma distância mínima de 8 cm e máxima de 23 cm em relação às juntas em pavimentos rígidos.

Por sua vez, a [AC 300-008 \(3ª edição\)](#), do órgão regulador canadense, orienta que o *grooving* deve ser executado a uma distância mínima de 75 mm (7,5 cm) das juntas transversais (aquelas que correm paralelas às ranhuras) em pavimentos rígidos.

Esse distanciamento é importante para mitigar a existência de regiões fragilizadas em função da pouca distância entre o *grooving* e a junta de dilatação, o que pode provocar a quebra da placa, a soltura de agregados e, conseqüentemente, a constituição de FOD. Na Austrália, o espaçamento das ranhuras transversais das juntas em pavimentos rígidos deve consistir em não menos que 80 mm (8 cm) e em não mais que 120 mm (12 cm).

Entendimento da ANAC

A ANAC recomenda que seja mantido afastamento mínimo de 8 cm e máximo de 20 cm (arredondamento) das juntas de concreto em pavimentos rígidos. A figura 11 ilustra o distanciamento do *grooving* das juntas do pavimento rígido.

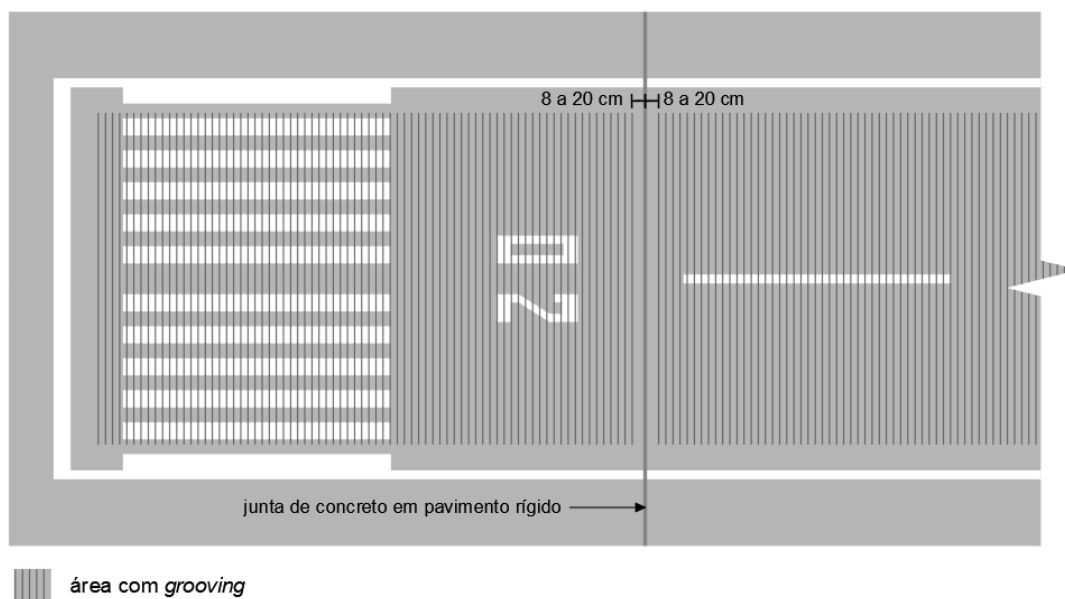


Figura 11 – Distanciamento do *grooving* em relação às juntas em pavimento rígido.

Fonte: IS nº 154.201-001A.

7.1.10 GROOVING E CABOS DA SINALIZAÇÃO LUMINOSA INSTALADOS SOB A PISTA

Quando cabos que alimentam a sinalização luminosa estão instalados sob a pista de pouso e decolagem, deve-se evitar a realização de *grooving* longitudinal ou diagonal.

O *grooving* não deve atravessar as ranhuras (rasgos) destinados à passagem dos cabos de alimentação das sinalizações luminosas, uma vez que a profundidade do corte do *grooving* pode comprometer a integridade dos cabos. Dessa forma, o operador aeroportuário ou a empresa contratada deve assegurar que não há cabos instalados sob a pista em profundidade superficial, o que pode ocorrer quando intervenções no sistema de sinalização luminosa exigirem a passagem de cabos do sistema elétrico para alimentar tal sinalização. As figuras 12 (a) e (b) a seguir ilustram esse caso.



Figura 12 – Cortes no pavimento para passagem de cabos do sistema elétrico para acionamento da sinalização luminosa.

Fonte: GTEA/GCOP/SIA.

Entendimento da ANAC

A ANAC recomenda que, sempre que possível, seja realizada avaliação da profundidade dos cabos que alimentam a sinalização luminosa instalados posteriormente, de modo que a execução do *grooving* não danifique a fiação.

7.1.11 GROOVING E JUNTAS CONSTRUTIVAS LONGITUDINAIS

O *grooving*, de acordo com a [AC 150/5320-12C](#), pode ser continuado através das juntas longitudinais de construção.

Desse modo, o equipamento executor das ranhuras transversais pode realizar o corte atravessando as juntas longitudinais construtivas no pavimento sem que haja risco associado ao processo.

Faz-se importante observar que o processo de corte transversal às juntas longitudinais construtivas do concreto não deve afetar o selante das juntas. No caso de o selante ser danificado, recomenda-se que seja substituído.

7.1.12 GROOVING, FIAÇÕES E LUMINÁRIAS EMBUTIDAS

Quando houver no pavimento fiações embutidas, assim como luminárias embutidas, o executor do *grooving* deve redobrar a atenção e os cuidados. Nesse cenário, as ranhuras transversais devem ser executadas a uma distância mínima de 15 cm da luminária embutida e a uma distância máxima de 46 cm, conforme consta na [AC 150/5320-12C](#).

No Canadá, de acordo com a [AC 300-008 \(3ª edição\)](#), recomenda-se um distanciamento de 150 mm (15 cm) de um lado e de outro das luminárias, de modo a evitar o choque do equipamento que realiza o corte com as luminárias.

Entendimento da ANAC

A recomendação deste órgão regulador é que seja mantido afastamento mínimo de 15 cm e máximo de 45 cm das luminárias embutidas, de um lado e de outro, para que o equipamento de corte não danifique a luminária nem a fiação. A figura 13 ilustra esse entendimento.

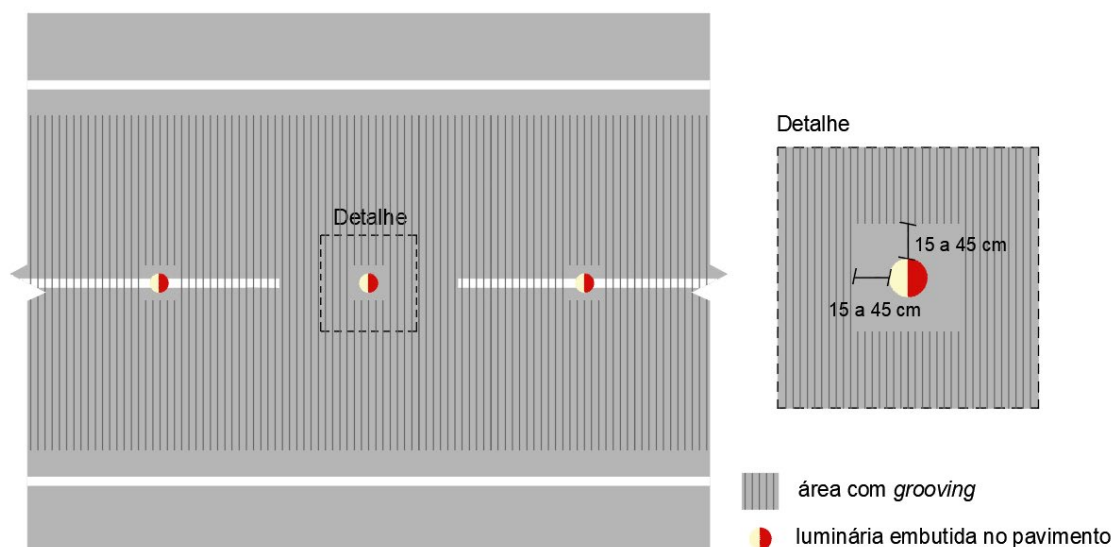


Figura 13 – Distanciamiento do grooving em relação a luminárias embutidas.

Fonte: IS nº 154.201-001A.

7.1.13 LIMPEZA DOS RESÍDUOS DERIVADOS DO PROCESSO DE GROOVING

Após o processo de corte das ranhuras transversais, o executor deverá providenciar a limpeza dos resíduos oriundos desse processo. A remoção pode ocorrer por meio de varredura manual, varredura mecânica, lavagem com água ou dispositivo aspirador.

Se a lavagem for realizada, deve-se ter o cuidado de não deixar os resíduos na área gramada lateral à pista onde o *grooving* foi executado, pois podem se constituir em FOD e, desta forma, em potencial fonte de perigo às operações.

Deve-se, ainda, atentar para as especificações dos órgãos municipal, estadual ou federal quanto ao local de lançamento dos resíduos. Eles não devem ser despejados no sistema de esgoto do aeroporto, e sim em local apropriado.

7.2 GROOVING EM INTERSEÇÕES DE PISTAS DE POUSO E DECOLAGEM

De acordo com a 3ª edição do Doc 9157 - Parte 3 (2017), as interseções de pistas de pouso e decolagem requerem decisão sobre qual pista terá o *grooving* continuado. Nesse sentido, uma pista deve ser avaliada como a principal, ao passo que a outra deverá, necessariamente, ser considerada a secundária.

É comum a percepção de que a pista principal seja aquela que possui a maior movimentação (fluxo) de aeronaves, mas nesse caso, o sentido de pista principal é diferente. No contexto deste tópico, a pista principal é aquela que terá o *grooving* continuado em toda a sua extensão, inclusive a interseção, como mostrado na figura 14 a seguir.

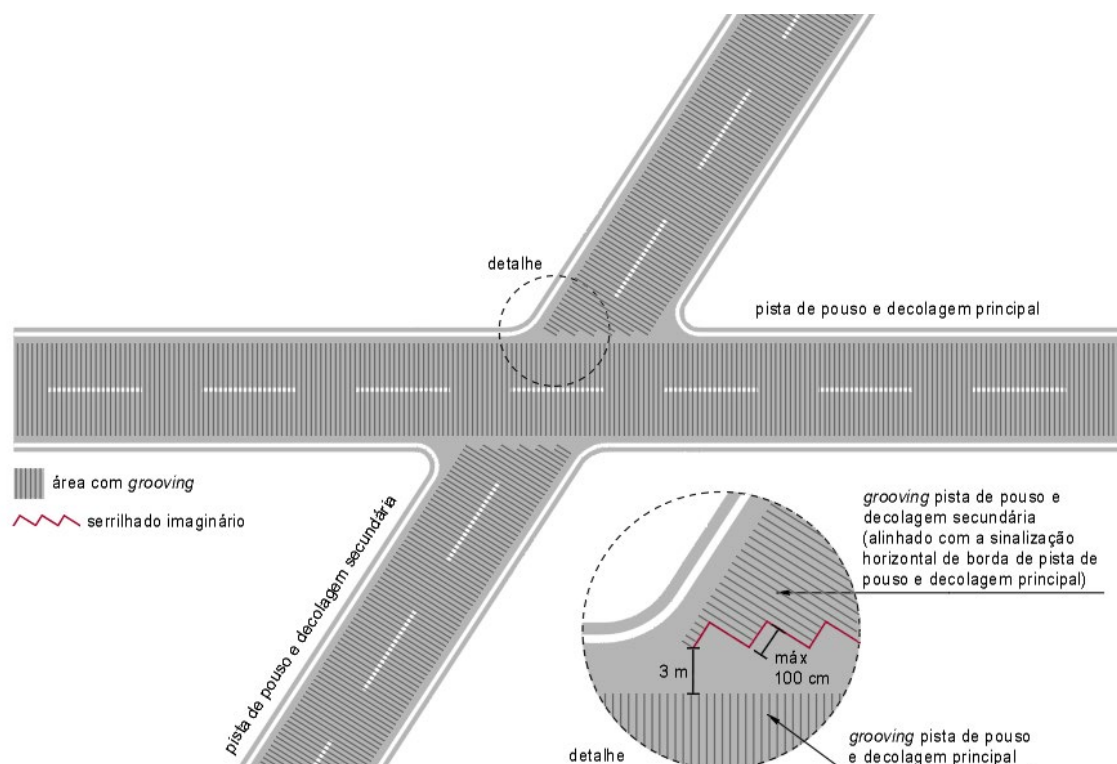


Figura 14 – Grooving na interseção das pistas principal e secundária.

Nota-se o “serrilhado” formado ao final de cada ranhura transversal na pista secundária.

Fonte: IS nº 154.201-001A.

Assim, a pista principal deverá ser escolhida em função dos aspectos de drenagem superficial, a não ser que esse critério não favoreça nenhuma das pistas. Nesse caso, outros aspectos deverão ser levados em consideração.

Uma vez que o principal critério a ser observado é a drenagem superficial, nos locais onde as características de drenagem forem semelhantes para qualquer uma das pistas, alguns critérios operacionais deverão ser avaliados, tais como:

- (1) regime de velocidade no solo da aeronave;
- (2) área de zona de toque; e
- (3) avaliação de risco.

Considerando que o objetivo das ranhuras transversais é melhorar a drenagem de água da superfície, fica evidente que a pista escolhida para ter o *grooving* na interseção é aquela onde as ranhuras transversais fiquem alinhadas de forma mais próxima ao sentido natural de escoamento da água. Para tanto, um mapa com curvas de nível pode ajudar na tarefa de escolha da pista que deverá ter a interseção ranhurada.

Cabe destacar que a pista tida como principal para a realização do *grooving* não tem a ver com a pista tida como principal para operações no aeroporto. Como dito anteriormente, a pista principal em uma interseção é aquela onde as ranhuras transversais acompanhariam o sentido natural do escoamento.

Desse modo, no caso de não ser possível a definição da pista principal apenas pelo critério da drenagem superficial, o operador de aeródromo deve avaliar outros critérios, como o regime de velocidade das aeronaves no solo e a localização da zona de toque de cada uma das pistas.

A preocupação com a drenagem nas regiões de interseção de pistas também diz respeito às premissas de projeto, que buscam proporcionar uma transição suave para quando aeronaves em altas velocidades cruzarem tais regiões. Com isso, as interseções geralmente possuem características mais planas que abauladas, e, por isso, estão mais suscetíveis a empoçamentos de água.

Vale também destacar que, como a pista secundária deverá ter o *grooving* interrompido antes da interseção (no caso desta também possuir *grooving*), poderá ocorrer acúmulo de água na área compreendida logo após a interrupção do *grooving* na pista secundária, podendo a água ser direcionada à pista principal. Com isso em vista, canais de drenagem (ranhuras) adicionais podem ser planejados pelo projetista para minimizar esses efeitos.

Outros critérios que ajudam na identificação da pista principal são explicados a seguir, em ordem de prioridade:

7.2.1 VELOCIDADE DA AERONAVE

Uma vez que o *grooving* acelera a retirada de água da superfície do pavimento, tornando-se eficaz para a manutenção da aderência pneu-pavimento em altas velocidades, a pista na qual as aeronaves costumam alcançar as maiores velocidades na interseção durante pousos e decolagens deve possuir a preferência para ter a interseção ranhurada.

7.2.2 ZONA DE TOQUE

Não sendo possível a definição da pista principal pelo critério de drenagem superficial ou de velocidade da aeronave, a avaliação da localização da zona de toque pode ajudar na tarefa. Assim, a pista na qual a interseção fizer parte da zona de toque deve ser escolhida como a preferencial para a execução do *grooving* na interseção. Esse critério é bastante importante para cenários de operação em condição de pista molhada.

7.2.3 AVALIAÇÃO DE RISCO

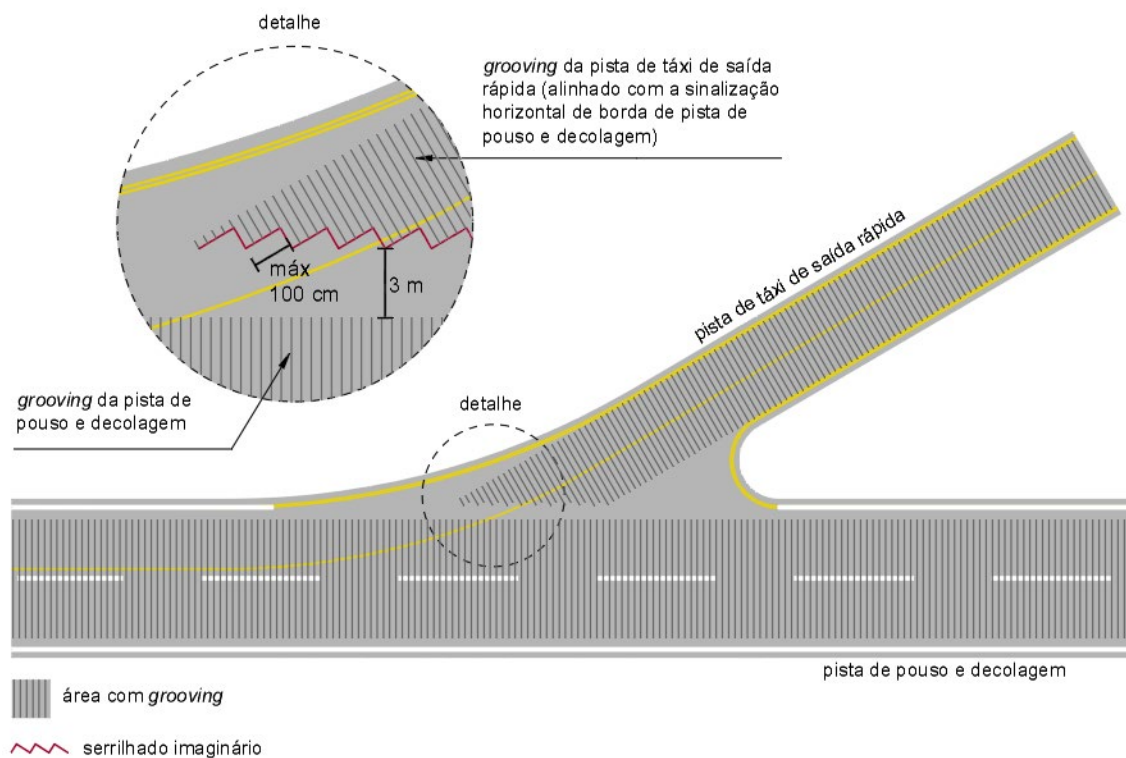
Algumas vezes, a seleção da pista principal pode ser baseada em julgamento operacional dos riscos associados a *overrun* ou a pousos e decolagens abortados, levando em consideração os seguintes fatores:

- (1) uso das pistas (se usadas mais para pousos que decolagens, por exemplo);
- (2) extensões das pistas;
- (3) disponibilidade de áreas de segurança de fim de pista (RESA);
- (4) densidade operacional; e
- (5) condições operacionais particulares.

Expostos os critérios para identificação das pistas principal e secundária para fins de execução do *grooving*, recomenda-se que o operador aeroportuário os leve em consideração para uma tomada de decisão mais adequada ainda na fase de planejamento do projeto.

7.3 GROOVING EM PISTAS DE TÁXI DE SAÍDA RÁPIDA

No tocante ao *grooving* em pistas de táxi de saída rápida, recomenda-se que o padrão siga o exposto na figura 15 (a) a seguir. Já a figura 15 (b) fornece uma visualização de como fica o serviço em campo.



(a)



(b)

Figura 15 – Grooving em pistas de táxi de saída rápida. Nota-se o “serrilhado” formado ao final de cada canaleta. Nota-se, também, o espaçamento entre a borda do pavimento e a linha de onde partem as ranhuras transversais (a). Na figura (b), o efeito esperado em campo.

Fonte: GTEA/GCOP/SIA.

Deve-se atentar para a existência de afastamento de 3 metros entre o prolongamento da linha de borda do pavimento e a linha imaginária que limita as ranhuras transversais na pista de táxi de saída rápida, conforme se observa da figura 15 (a). Sempre que possível, deseja-se que esse afastamento seja de 1 metro.

De acordo com orientações do [Departamento de Defesa da Austrália](#), o operador aeroportuário deve avaliar e, se necessário, contratar consultoria especializada em engenharia de pavimentos visando determinar a necessidade de ranhurar a pista de táxi de saída rápida. Para tanto, deve-se levar em consideração o que se segue:

- (a) mix de aeronaves;
- (b) condições climáticas;
- (c) desempenho de drenagem da pista de táxi de saída rápida;
- (d) geometria das interseções da pista de táxi de saída rápida com a pista de pouso e decolagem; e
- (e) experiência prévia do operador de aeródromo ou consultor.

Ainda de acordo com o Departamento de Defesa australiano, se for realmente constatada a necessidade de construção das ranhuras transversais, estas devem ser cortadas perpendicularmente à linha de eixo da pista de táxi de saída rápida, entre as bordas internas da sinalização de borda da referida pista.

Já na interseção da pista de táxi de saída rápida com a pista de pouso e decolagem, o Departamento de Defesa da Austrália estabelece que a execução das ranhuras pode ser perpendicular à linha de eixo da pista de pouso e decolagem, de modo que o *grooving* não seja interrompido nas bordas da pista de pouso e decolagem.

Isso exposto, cabe ao operador aeroportuário ou ao projetista avaliar a melhor forma de trabalhar a execução do *grooving* nas regiões de interseção da pista de táxi de saída rápida com a pista de pouso e decolagem, de modo que a água escoada da pista de pouso e decolagem em direção à pista de táxi de saída rápida provoque o menor impacto e o menor risco possível.

Entendimento da ANAC

A recomendação deste órgão regulador é que cada operador de aeródromo ou projetista avalie a melhor forma de se fazer a execução do *grooving* na região de interseção da pista de pouso e decolagem com a pista de táxi de saída rápida.

De modo a estabelecer um padrão para os aeroportos brasileiros, sugere-se o uso da configuração apresentada na figura 15 (a), conforme contido na norma da FAA. Todavia, caso se adapte melhor ao caso concreto, a configuração proposta pelo normativo australiano poderá ser utilizada no aeroporto.

7.4 QUADRO RESUMO DOS REQUISITOS DE PROJETO

Esta seção resume os requisitos de projeto contidos neste manual e recomendados por esta Superintendência, servindo como fonte de pesquisa rápida para operadores de aeródromo, projetistas e consultores.

Cabe destacar que a adoção dos requisitos a seguir, por si só, não garante a eficácia das ranhuras como elementos de drenagem, uma vez que é necessário o cumprimento dos requisitos regulamentares estabelecidos no RBAC nº 154. Com efeito, conforme já abordado neste material, um dos critérios que precisa ser verificado em campo antes da instalação do *grooving* diz respeito às declividades (principalmente a transversal).

Desse modo, primeiramente é preciso garantir que a declividade esteja correta, nos termos do contido no RBAC nº 154, para, posteriormente, considerar os requisitos de projeto na sequência apresentados.

QUADRO 1 – RESUMO DOS REQUISITOS DE PROJETO		
#	Elemento	Requisito do Projeto
Grooving em pista de pouso e decolagem		
1	Largura da ranhura transversal	6 mm
2	Tolerância	- 0 mm, + 1,6 mm
3	Resultado	6 mm – 7,6 mm
4	Profundidade da ranhura transversal	6 mm
5	Tolerância	- 1,6 mm, + 1,6 mm
6	Resultado	4,4 mm – 7,6 mm (Obs.: pelo menos 60% das ranhuras transversais devem possuir profundidade maior ou igual a 6 mm).
7	Distância entre as ranhuras transversais	38 mm
8	Tolerância	- 3 mm, + 0 mm
9	Resultado	35 mm – 38 mm
10	Geometria sugerida	Retangular
11	Período do dia para realização do <i>grooving</i>	Diurno ou noturno (com boa iluminação).
12	Disposição do <i>grooving</i> na pista	Perpendicular ao fluxo de aeronaves.
13	Tipo de disposição na pista	(1) Contínuo ou intercalado. Se intercalado, 640 mm com <i>grooving</i> , 640 mm sem <i>grooving</i> e espaçamento de 32 mm. (2) Disposto em toda extensão e em toda largura (uso de créditos de desempenho).
14	Distanciamento até a borda da pista	Cessar até 3 metros da borda. Sugere-se que cesse a 1 metro da borda.
15	Distância entre a extremidade (início/fim) da pista e a primeira/última ranhura	Início e término até 3 metros de cada extremidade. Sugere-se que inicie e cesse a 1 metro de cada extremidade.
16	<i>Grooving</i> em cabeceiras de concreto rígido	Ranhuras necessárias quando o pavimento não dispor de macrotextura superior à requisitada pelo RBAC nº 153.
17	Alinhamento das ranhuras transversais	Variação máxima de 8 cm no alinhamento para um comprimento de 25 metros ao longo da pista. Realinhar a cada 150 metros de extensão.
18	Distância do <i>grooving</i> em relação às juntas de concreto em pavimentos rígidos	Afastamento mínimo de 8 cm e máximo de 20 cm das juntas de concreto em pavimentos rígidos.
19	<i>Grooving</i> e cabos da sinalização luminosa instalados sob a pista	Avaliar a profundidade dos cabos que alimentam a sinalização luminosa. Atentar para que a realização do <i>grooving</i> não danifique a fiação no momento da execução.
20	<i>Grooving</i> e juntas construtivas longitudinais	Pode ser continuado através das juntas construtivas longitudinais. Atentar para os danos ao selante das juntas.

21	Grooving, fiações e luminárias embutidas	Afastamento mínimo de 15 cm e máximo de 45 cm das luminárias embutidas, de um lado e de outro. Atentar para danos à luminária ou à fiação provocados pelo equipamento de corte utilizado.
22	Limpeza dos resíduos derivados do processo de <i>grooving</i>	Remoção por meio de varredura manual, mecânica, lavagem com água ou por dispositivo aspirador.
Grooving em interseções entre pistas de pouso e decolagem		
23	Pista principal e secundária	Seleção em função de: (1) regime de velocidade no solo da aeronave; (2) área de zona de toque; ou (3) avaliação de risco
24	Disposição do <i>grooving</i> na pista principal e secundária	Perpendicular ao fluxo de aeronaves.
25	Geometria, profundidade, largura, espaçamentos, afastamentos etc.	Ver parâmetros para pista de pouso e decolagem.
26	Afastamento entre o <i>grooving</i> da pista de pouso e decolagem principal e a linha imaginária que limita as ranhuras transversais na pista de pouso e decolagem secundária. (ver figura 14)	Máximo de 3 metros. Sugere-se que seja de 1 metro.
27	Largura máxima do padrão serrilhado que surge ao se executar um conjunto de canaletas simultaneamente na pista de pouso e decolagem secundária (ver figura 14)	1 metro.
Grooving em pistas de táxi de saída rápida		
28	Disposição do <i>grooving</i> na pista de táxi de saída rápida	Perpendicular ao fluxo de aeronaves.
29	Geometria, profundidade, largura, espaçamentos, afastamentos etc.	Ver parâmetros para pista de pouso e decolagem.
30	Afastamento entre o <i>grooving</i> da pista de pouso e decolagem principal e a linha imaginária que limita as ranhuras transversais na pista de táxi de saída rápida. (ver figura 15)	Máximo de 3 metros. Sugere-se que seja de 1 metro.
31	Largura máxima do padrão serrilhado que surge ao se executar um conjunto de canaletas simultaneamente (ver figura 15)	1 metro.

PARTE 3

Execução

8. CRITÉRIOS DE EXECUÇÃO PARA *GROOVING*

A execução de *grooving* em pavimentos aeroportuários requer avaliação prévia do elemento que será cortado. Nesse sentido, a execução poderá ocorrer em pavimentos novos ou usados. Quanto aos últimos, deverão ser realizadas inspeções para avaliação da viabilidade de se executar o procedimento.

De fato, há situações em que o pavimento existente não está apto para ser cortado. Nesses casos, deve-se avaliar a necessidade de reabilitação ou execução de novo revestimento para que, posteriormente, o *grooving* seja executado.

Na sequência, comenta-se sobre alguns pontos importantes, lembrando que o item 4 traz informações adicionais sobre as análises prévias necessárias.

a) Inspeção em pavimentos usados

Recomenda-se que o processo de corte das ranhuras transversais seja realizado com lâminas diamantadas (diamante sintético) nas extremidades, montadas em um ou mais mandris multilâminas de máquinas construídas especificamente para o processo de *grooving* em pavimentos.

Nesse sentido, deve-se atentar para a escolha do material da lâmina em função das características do pavimento, em especial em relação à dureza do material que compõe a lâmina a ser utilizada.

No decorrer do corte com o equipamento, deve-se manter o controle das ranhuras transversais dentro das tolerâncias apontadas na tabela 2 (ou no resumo disponível no quadro 1, ao final da Parte 2). Também se recomenda que o equipamento utilizado possua pontos de controle de profundidade a uma distância não superior a 90 cm (36 polegadas), de modo a se evitar variação excessiva na profundidade causada pelo perfil de pavimento irregular.

Desse modo, os pontos de controle devem estar alinhados com as lâminas de corte do equipamento para garantir o controle de profundidade constante ao longo da superfície da pista.

b) Água

Recomenda-se que haja algum tipo de sistema de fornecimento de água disponível no local de execução do *grooving* no aeroporto que seja capaz de prover uma vazão de pelo menos 0,03 m³/s (500 galões/min).

No caso do uso de caminhões pipa, é importante que se faça o dimensionamento do volume de água demandado pelo equipamento de corte e da quantidade de caminhões que será necessária, de modo que o serviço não seja interrompido.

c) Grooving no período noturno

O operador aeroportuário ou o contratado, a depender da negociação entre ambos, deve providenciar iluminação adequada quando o serviço de execução do *grooving* for realizado no período noturno.

d) Grooving realizado em etapas

Nos casos em que o *grooving* for realizado em etapas, isto é, quando se faz um pouco em um dia e outro pouco em outro dia, ou até mesmo fechando e abrindo a pista no mesmo dia, destaca-se as orientações contidas no [Manual de Obras e Serviços de Manutenção deste órgão regulador disponíveis aqui](#), mais especificamente as orientações do item 3.5.

e) Gerenciamento da segurança operacional

De modo a manter o risco associado ao serviço de execução de *grooving* em pavimentos aeroportuários em nível aceitável, o operador de aeródromo deve, nos termos do contido no item 153.227 do RBAC nº 153, realizar e submeter ao órgão regulador o conjunto AISO/PESO (Análise de Impacto sobre a Segurança Operacional e os Procedimentos Específicos de Segurança Operacional).

8.1 CRITÉRIOS DE EXECUÇÃO PARA PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Antes da execução do *grooving* em pavimentos flexíveis, deve-se atentar para alguns pontos importantes da preparação, os quais serão expostos na sequência.

8.1.1 PREPARAÇÃO PARA EXECUÇÃO DO GROOVING

O *grooving*, em geral, é o último serviço a ser executado após a construção ou recuperação do pavimento. Muitas vezes, uma pista recém construída ou recapeada tem sua sinalização horizontal realizada para que possa ser utilizada ainda durante o período de estabilização do revestimento, procedimento que pode ser adotado desde que o coeficiente de atrito e a profundidade da macrotextura do revestimento tenham alcançado os parâmetros mínimos regulatórios.

No entanto, este órgão regulador recomenda que o *grooving* só seja executado após a estabilização do revestimento, minimizando os efeitos negativos típicos de uma instalação antecipada. A diferença entre estabilização e tempo de cura será abordada adiante.

Em pistas que já estão em uso, os itens a seguir devem ser observados antes da execução do *grooving* (quando necessário):

- (a) remoção dos depósitos de borracha;
- (b) remoção de acúmulo de pintura (sinalização) excessivo;

- (c) reparação de trincas e rachaduras aleatórias, áreas fragmentadas e selagem de juntas;
- (d) finalização de trabalhos envolvendo o sistema elétrico; e
- (e) aspectos das sinalizações horizontais.

Já em pavimentos novos ou reabilitados, as atividades listadas abaixo devem estar concluídas:

- (a) recapeamento completo;
- (b) trabalhos envolvendo o sistema elétrico;
- (c) sinalizações temporárias ou permanentes; e
- (d) plantio de vegetação na faixa preparada (alguns equipamentos podem danificar o plantio realizado).

Uma vez que a maioria das pistas de pouso e decolagem no Brasil é construída em pavimento flexível, é importante ressaltar que o *grooving* deve ser executado em revestimento assentado sobre base e sub-base estáveis, compactadas adequadamente e com a capacidade de carga compatível com o *mix*, considerando um horizonte de vida útil razoável.

8.1.2 PRECAUÇÕES COM A MISTURA ASFÁLTICA

Uma [pesquisa](#) australiana relatou a experiência com a execução do *grooving* em diversas regiões daquele país. Uma vez que o clima brasileiro é relativamente similar ao australiano, faz-se muito oportuno observar a experiência deles – antes que um *grooving* seja executado no Brasil.

No tocante à mistura asfáltica, é importante deixar claro que o projetista deve levar em consideração a possibilidade de se obter um traço com alta resistência à deformação, uma vez que nessas regiões de altas temperaturas – associadas ao tráfego de aeronaves em baixas velocidades – o amolecimento da mistura asfáltica pode resultar em cisalhamento da massa e, conseqüentemente, do *grooving*.

Também é sabido que as ranhuras do *grooving* propiciam perda de resistência nos trechos sem *grooving*, entre as ranhuras. Em altas temperaturas, essa condição frequentemente leva à obstrução e anula a eficiência das canaletas de drenagem. Também reduz o coeficiente de atrito, em função do amolecimento do pavimento flexível.

Nesse sentido, um estudo prévio conduzido em laboratório com o intuito de selecionar os melhores agregados, bem como os melhores cimentos asfálticos, polímeros e outros aditivos necessários para uma estabilização adequada deve ser considerado pelos envolvidos.

Dessa forma, na medida do razoável, deve ser avaliada a possibilidade de adoção de traço capaz de proporcionar alta resistência à deformação permanente e ao cisalhamento em pavimentos destinados ao *grooving* em regiões quentes, típica de países como Brasil e Austrália.

8.1.3 TEMPO DE CURA E DE ESTABILIZAÇÃO

Os pavimentos flexíveis – desde que adequadamente compactados para se obter a densidade de projeto – requerem muito pouco tempo de cura, em geral de 1 (uma) a 3 (três) horas.

Por outro lado, para a estabilização da mistura faz-se necessário tempo adicional, de modo a permitir certo grau de oxidação e, também, maior resistência à soltura de agregados graúdos.

Assim, em aeroportos com grande movimentação e número reduzido de pistas de pouso e decolagem, é relativamente comum (apesar de não desejável) a execução do *grooving* após pouco mais de 24 horas da aplicação e compactação da massa asfáltica.

Em linha com o exposto, a autoridade de aviação civil norte-americana (FAA) sugere período de estabilização de 30 (trinta) dias, com o intuito de garantir que a execução do *grooving* não provoque a desagregação da mistura asfáltica.

Sabe-se que, com os avanços da tecnologia de pavimentação, é possível afirmar que um prazo de duas semanas (14 dias) é satisfatório para que o risco de desagregação seja mitigado.

Todavia, levando em consideração que o controle de qualidade pode não ser adequadamente implementado no processo de usinagem, transporte, lançamento e compactação, assim como eventuais limitações tecnológicas existentes no mercado brasileiro, este órgão regulador sugere que o *grooving* seja realizado após o tempo de estabilização sugerido pela FAA para pavimentos flexíveis, ou seja, 30 dias.

Entendimento da ANAC

Este órgão regulador sugere que, prudentemente, o *grooving* em pavimentos flexíveis seja executado após decorridos 30 dias da pavimentação. No entanto, dependendo da mistura asfáltica utilizada (presença ou não de polímeros, tipo de CAP e granulometria do traço), bem como de posse de resultados laboratoriais e, mediante aval do engenheiro responsável, pode-se admitir a execução do *grooving* em data inferior aos 30 dias previstos, devendo-se evitar a realização de *grooving* em período inferior a 14 dias do lançamento da massa asfáltica em campo.

8.1.4 ACABAMENTO DO GROOVING

De acordo com o Doc 9157 – Parte 3 (2017), o acabamento do *grooving*, ou seja, a junção da face ranhurada com a superfície do pavimento flexível, deve ser quadrado, arredondado ou, ainda, ligeiramente chanfrado.

Nesse sentido, sugere-se que equipamentos e ferramentas de acabamento manual estejam disponíveis com o objetivo de reparar áreas onde o resultado da execução do *grooving* não se mostrar da forma apresentada no parágrafo anterior.

Além disso, esses equipamentos e ferramentas também podem ser utilizados para realização de acabamento ao final de cada canaleta de drenagem, de modo que possuam a mesma extensão.

Há, ainda, a situação onde lâmpadas embutidas estão presentes na superfície do pavimento. Nessa situação, de modo a atender à orientação mostrada na figura 13, equipamentos de corte menores ou, ainda, equipamentos de corte manuais devem estar disponíveis para que o objetivo seja alcançado.

8.2 CRITÉRIOS DE EXECUÇÃO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS

A execução do *grooving* em pavimentos rígidos deve levar em conta a localização das juntas transversais no pavimento (juntas de dilatação). Uma vez que o *grooving* não deve ser executado em uma distância inferior a 8 cm nem superior a 20 cm das juntas de dilatação (vide item 7.1.9 deste manual), é importante que estas sejam executadas mantendo-se espaçamentos iguais entre uma e outra.

Essa recomendação decorre da existência de máquinas no mercado que podem ser programadas para executarem o *grooving* de acordo com uma configuração pré-estabelecida.

Desse modo, a existência de espaçamentos diferentes entre juntas de dilatação inviabiliza a configuração do equipamento, o que pode ocasionar maior tempo para término do serviço e, ainda, custo financeiro adicional para o contratante.

Isso exposto, o contido anteriormente busca munir o operador de aeródromo de informações que permitam melhorar o planejamento do serviço.

8.2.1 TEMPO DE CURA E DE ESTABILIZAÇÃO

O que se observa na prática é a execução do *grooving* em pavimentos rígidos após um período mínimo de 72 (setenta e duas) horas, embora, no geral, os engenheiros responsáveis pelos laboratórios de concreto recomendem que a execução somente ocorra após 7 (sete) dias.

Apesar de o pavimento de cimento Portland poder ser ranhurado antes dos 28 dias normalmente aceitos como tempo de cura, essa prática não é recomendada por autoridades de aviação civil mundo afora. A execução do corte poucos dias após a concretagem provoca desgaste excessivo nas lâminas de corte diamantadas (diamante sintético) e pode encarecer financeiramente a realização do serviço contratado.

Retirando o aspecto financeiro, do ponto de vista técnico, aos 7 dias o concreto produzido com os tipos de cimento Portland mais utilizados nesse tipo de obra já possui cerca de 70% de sua resistência à compressão, como mostrado na figura 16 a seguir.

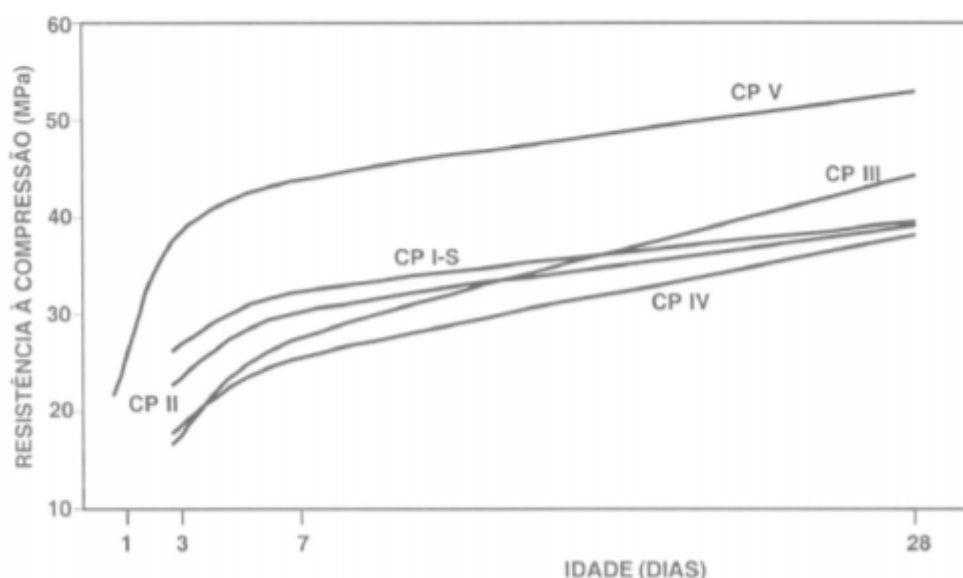


Figura 16 – Evolução média da resistência à compressão dos diferentes tipos de Cimento Portland.

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (2002).

Considerando que, como formulação genérica (ordem de grandeza) a resistência à tração do concreto é cerca de 10% de sua resistência à compressão, a execução do *grooving* em data posterior aos 7 dias da concretagem pode ser admitida mediante aval do engenheiro responsável, baseado nos resultados das amostras dos corpos de prova moldados.

A AC 150/5320-12C estabelece que o *grooving* não deve ser executado antes de a cura do concreto de cimento Portland estar completa, geralmente por volta dos 28 dias. No entanto, há de se ressaltar a preocupação da autoridade norte-americana com a relação custo x benefício, uma vez que aquela autoridade financia obras de construção nos aeroportos por ela regulados.

Considerando-se que o tempo de cura de concretos de cimento Portland varia em função do tipo de cimento e da relação água/cimento utilizados, bem como em função das condições climáticas locais, verifica-se que, aos 28 dias, o concreto já terá alcançado a resistência de projeto.

Portanto, a partir dessa data, entende-se que o pavimento rígido já estará curado e suficientemente estável para a realização das ranhuras transversais, o que também estará associado a menor desgaste das lâminas utilizadas no processo.

Entendimento da ANAC

Este órgão regulador recomenda que o *grooving* em pavimentos rígidos seja executado após os 28 dias que sucedem a concretagem. No entanto, de posse de resultados laboratoriais e, mediante

aval do engenheiro responsável, pode-se admitir a execução do *grooving* em data superior a 7 dias da concretagem.

Naturalmente, é importante destacar que o tráfego de aeronaves, de veículos e de máquinas sobre um pavimento de concreto de cimento Portland só deve ocorrer após este alcançar a resistência indicada pelo projetista. Uma vez que o tráfego de aeronaves é liberado, não há razões técnicas razoáveis para restringir a realização do *grooving*.

8.2.2 TIPOS DE EXECUÇÃO DE GROOVING EM PAVIMENTOS RÍGIDOS

Antes de se iniciar a abordagem das técnicas de execução de *grooving* em pavimentos rígidos previstas pela norma AC 150/5320-12C, salienta-se que os métodos destinados à execução do *grooving* em concreto em estado plástico não foram observados nos aeroportos brasileiros.

Ainda, após consulta ao órgão regulador dos Estados Unidos (FAA), verificou-se que, muito provavelmente, os métodos de execução de *grooving* em pavimentos de concreto recém-lançados estão em desuso naquele país, embora tenham sido validados e aprovados por aquela autoridade de aviação civil à época da elaboração da norma (1997).

Ocorre que a execução do *grooving* em pavimentos de concreto recém-lançados proporciona qualidade inferior à técnica que viabiliza o corte por meio de lâminas diamantadas, afetando suas características geométricas (largura, profundidade e alinhamento). Em função disso, atualmente a execução de *grooving* no Brasil praticamente só ocorre pelo método da serra (ver item 8.2.2 (b) a seguir).

Isso exposto, a AC 150/5320-12C ainda considera duas possibilidades aceitáveis que podem ser utilizadas para execução do *grooving* em pavimentos rígidos. Uma delas, conforme já mencionada, é a executada ainda no estado plástico do concreto (em desuso), ao passo que a outra é utilizada no concreto já curado, por meio de serra de corte.

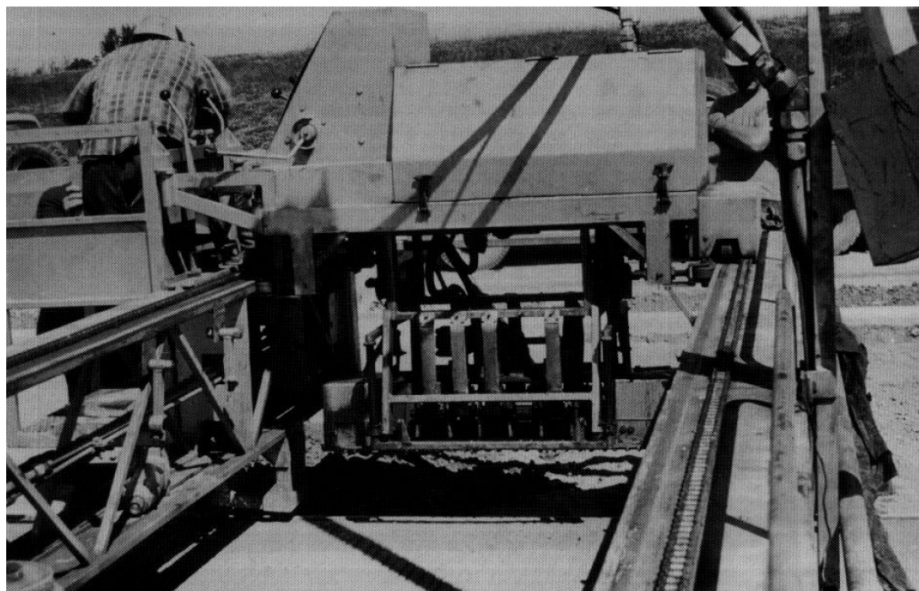
a) *Grooving* plástico

A execução do *grooving* ainda na fase plástica se dá por meio de equipamentos, entre os quais pode-se destacar: (1) prato com nervura vibratória; e (2) rolo nervurado. Mais detalhes são ditos a seguir.

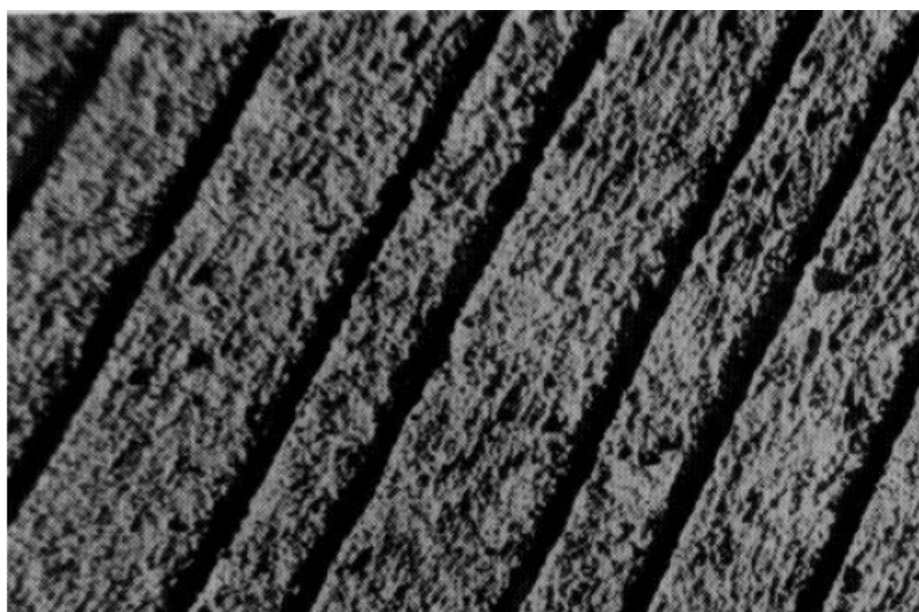
- *Prato vibratório nervurado*

Uma forma de se executar *grooving* em pavimentos de concreto ainda no estado plástico é fazendo-se uso de pratos vibratórios nervurados, os quais ficam anexos a uma “ponte” que atravessa a placa de concreto.

Nesse tipo de equipamento, o prato sofre vibração para ajudar a redistribuir os agregados no concreto. Isso evita rasgos e cortes à medida que o prato avança transversalmente através da placa de concreto. As figuras 17 (a) e (b) fornecem uma ideia do procedimento.



(a)



(b)

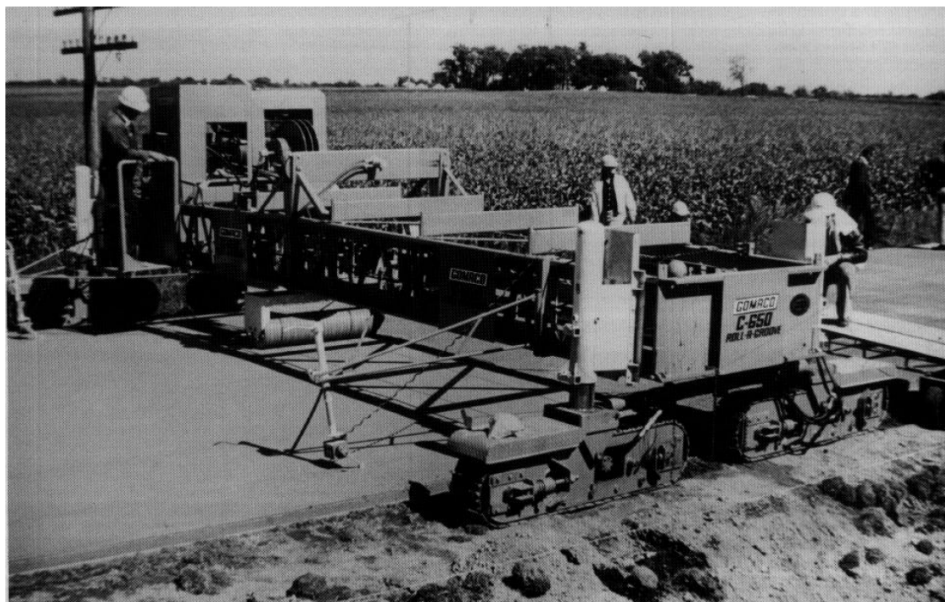
Figura 17 – Uso da técnica de *grooving* em concreto plástico por meio do prato nervurado vibratório (a) e o resultado final (b).

Fonte: FAA (AC 150/5320-12C).

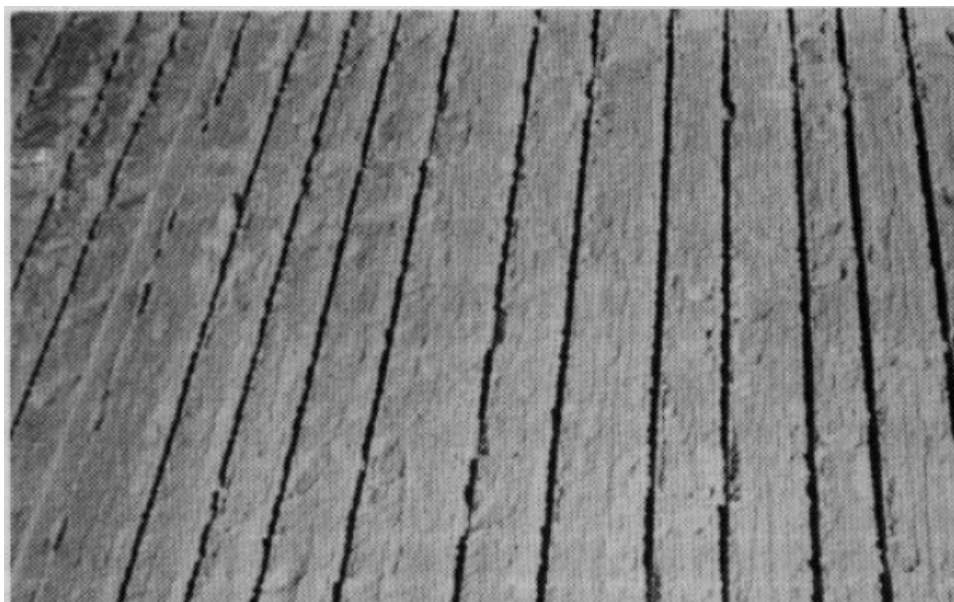
- **Rolo nervurado**

Outro método consiste no uso de rolo com protusões (saliências) ou nervuras capazes de executar o *grooving* em pavimentos de concreto ainda no estado plástico. Esse método não

fornece o mesmo acabamento que o método anterior (pratos vibratórios nervurados). Esse tipo de rolo não vibra e, conseqüentemente, não consegue penetrar consistentemente na profundidade adequada requerida para o *grooving*, ou seja, 6 mm. As figuras 18 (a) e (b) exemplificam o exposto.



(a)



(b)

Figura 18 - Uso da técnica de *grooving* em concreto plástico por meio de rolo-tubo nervurado (a) e o resultado final (b).

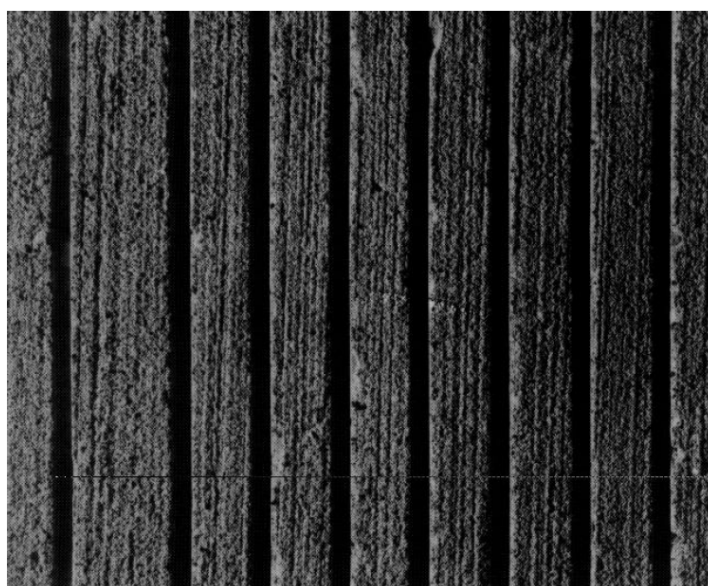
Fonte: FAA (AC 150/5320-12C).

Atualmente, o “prato vibratório nervurado” e o “rolo nervurado” não são utilizados em pavimentos de concreto com finalidade aeroportuária.

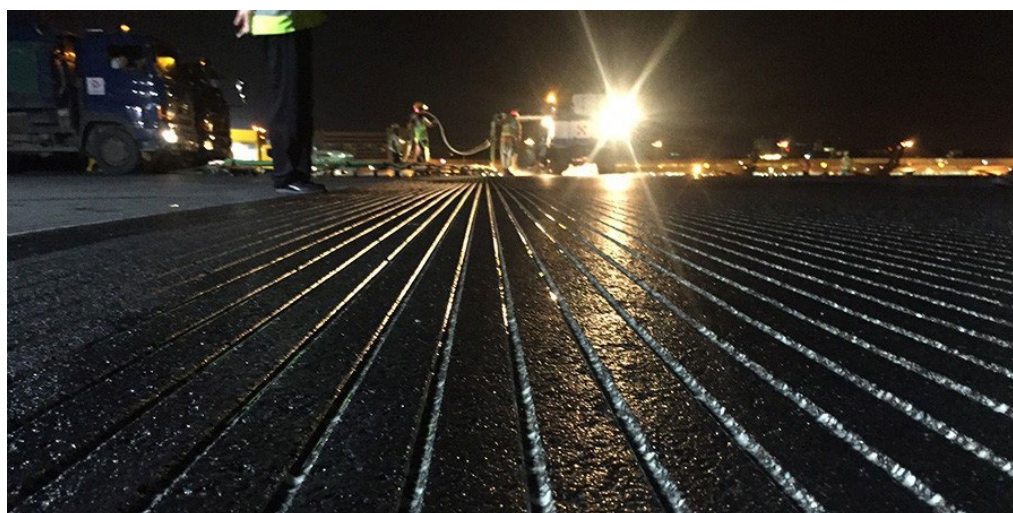
b) Grooving de serra

No caso de pavimentos de concreto já endurecidos, a técnica consiste no uso de equipamentos capazes de cortar o pavimento. Para tanto, o tempo decorrido desde a concretagem até o corte deve ser orientado pelo engenheiro responsável. Contudo, sugere-se que não seja inferior ao período de 28 dias indicado neste manual.

No caso do uso de aditivos aceleradores de pega, cura ou que proporcionem aumento significativo nas resistências iniciais, o período para a realização das ranhuras também deve ser indicado pelo engenheiro responsável. As figuras 19 (a) e (b) mostram o resultado do *grooving* executado em pista de pouso e decolagem em concreto de cimento Portland. Já as figuras 19 (c) e (d) mostram modelo de equipamento utilizado no Brasil (tanto em pavimentos rígidos quanto em pavimentos flexíveis).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 19 – *Grooving* executado por meio de serra em pavimento de concreto endurecido (a) e (b); máquina de execução em pavimento flexível (c); e lâminas de corte do equipamento (d).

Fonte: (a) FAA (AC 150/5320-12C); (b) internet (aeroporto de Changi, Singapura); (c) Holemaker; e (d) GTEA/GCOP/SIA.

De acordo com o Doc 9157 – Parte 3 (2017), e considerando as técnicas disponíveis atualmente, o *grooving* executado em pavimento já estabilizado ou curado produz melhor uniformidade na largura, na profundidade e no alinhamento.

A execução do *grooving* por meio de serras depois que o pavimento já se encontra curado ou estabilizado – apesar de apresentar resultado de melhor qualidade – despende mais recursos financeiros que eventual técnica de execução do *grooving* em concreto ainda no estado plástico.

O montante financeiro é mais significativo se o pavimento a ser cortado for constituído de agregados de alta dureza, já que exigirá maior quantidade de lâminas diamantadas (sintéticas) para a realização do corte.

8.2.3 ACABAMENTO DO GROOVING

De acordo com o Doc 9157 – Parte 3 (2017), o acabamento do *grooving*, ou seja, a junção da face ranhurada com a superfície do pavimento rígido deve ser quadrada, arredondada ou, ainda, ligeiramente chanfrada.

Nesse sentido, sugere-se que equipamentos e ferramentas de acabamento manual estejam disponíveis com o objetivo de reparar áreas onde o resultado da execução do *grooving* não tenha se mostrado na forma adequada apresentada no parágrafo anterior.

8.3 FATORES QUE AFETAM O CUSTO

Como ferramenta de planejamento para o operador aeroportuário que avalia a instalação de *grooving* nos seus elementos de infraestrutura, pode-se dizer que, em geral, o custo de realizar tal serviço depende de algumas variáveis, entre elas destacam-se:

- (1) custo das lâminas de corte diamantadas (sintéticas);
- (2) custo inerente à mão de obra empregada;
- (3) custo de despesas administrativas diversas; e
- (4) custo de mobilização/desmobilização.

Os fatores predominantes que impactam o custo das lâminas de corte diamantadas (diamante sintético) são:

- (1) O tipo de pavimento, ou seja, se é pavimento flexível (asfáltico) ou pavimento rígido (concreto de cimento Portland);
- (2) A dureza do agregado graúdo, que é o pedregulho ou a brita proveniente de rochas estáveis, ou a mistura de ambos; e
- (3) A dureza do agregado miúdo, que é a areia de origem natural ou resultante de britagens de rochas estáveis, ou a mistura de ambas.

Quanto aos custos de mão de obra, é importante ter em mente que estes dependem das condições salariais típicas da região, da velocidade de execução do *grooving* – que varia em função do tipo de agregado utilizado na mistura e do espaçamento a ser usado entre as ranhuras –, do número de horas ininterruptas por turno que a equipe de campo tem disponível e, também, das dimensões do equipamento de *grooving* disponível em campo. Destaca-se, ainda, que o custo da mão de obra varia em função do período de execução, isto é, diurno ou noturno. Nesse cálculo, devem ser considerados os adicionais de trabalho noturno.

Para terminar este tópico, é bom salientar que, mantidas as mesmas condições, a execução de *grooving* em pavimentos rígidos despende mais recursos financeiros que a realizada em pavimentos flexíveis.

8.4 GRINDING EM PAVIMENTOS USADOS

À medida que são utilizados, os pavimentos rígidos começam a se desgastar, polindo os agregados da superfície e reduzindo o atrito e a macrotextura. Além disso, os pavimentos rígidos podem ser ranhurados com o concreto ainda fresco por meio de vassouras e estopas, de modo a construir os caminhos de percolação da água sobre a superfície.

Naturalmente, esse processo de ranhura por meio de vassouras ou outro elemento mais rústico não produz a capacidade de drenagem de um *grooving* clássico. Além disso, os problemas mencionados anteriormente (desgaste, polimento e baixa aderência) constituem riscos adicionais às operações em condição de pista molhada, principalmente no tocante à hidroplanagem.

O Doc 9157 – Parte 3 (2017) traz método alternativo ao clássico *grooving* para melhorar os aspectos de drenagem da superfície de pavimentos com essas características de desgaste e, também, para mitigar os riscos associados à aquaplanagem que essas deficiências impõem. Trata-se de procedimento denominado cepilhamento (*grinding*), o qual pode ser utilizado tanto em pavimentos rígidos como flexíveis, sendo bastante comum o uso em pavimentos rígidos.

A diferença entre *grooving* e *grinding* é que o objetivo deste último consiste na restauração da textura por meio da remoção de uma fina camada da superfície do pavimento (concreto de cimento Portland ou concreto betuminoso), melhorando a sua qualidade e a tornando mais eficiente no processo de drenagem de água da superfície da pista de pouso e decolagem ou de outro elemento ranhurado.

Por outro lado, como já mencionado neste manual, o *grooving* tem por finalidade a retirada de água da superfície do pavimento de forma rápida e eficiente, cujos critérios de geometria, execução e manutenção geralmente são estabelecidos em regulamentos ou documentos orientativos das autoridades de aviação civil.

Em adendo, os equipamentos que realizam esse trabalho (*grinding*) o fazem com distância entre as ranhuras – eixo a eixo – muito menor que a distância recomendada neste manual para execução de *grooving* (38 mm). Dessa forma, é importante deixar claro que o *grinding* não é substituto do *grooving*, mas apenas uma forma mais barata e mais rápida de melhorar a drenagem superficial de água na pista em pavimentos que possuem baixa macrotextura, especialmente os de concreto de cimento Portland.

Pistas com *grinding* não geram crédito de desempenho, uma vez que a previsão regulamentar restringe esse benefício a pistas com *grooving* ou camada porosa de atrito (CPA).

Portanto, em função do número de movimentos no aeródromo, do estado de manutenção e dos aspectos de drenagem envolvidos, o operador aeroportuário ou o consultor pode avaliar a utilização de tal procedimento, estando cientes da impossibilidade de geração de crédito em tais pistas.

A figura 20 (a) a seguir ilustra um tipo de equipamento utilizado no processo de *grinding*. A figura 20 (b) mostra o processo sendo executado em campo. Já a figura 20 (c) mostra o equipamento responsável pela execução das ranhuras, ao passo que a figura 20 (d) permite visualizar melhor a peça mostrada na figura (c).

Tem-se, ainda, na figura 20 (e), uma comparação entre o *grinding* e o *grooving*. Nota-se que, no *grinding*, as ranhuras são rústicas e com menos espaçamento entre elas.



(a)



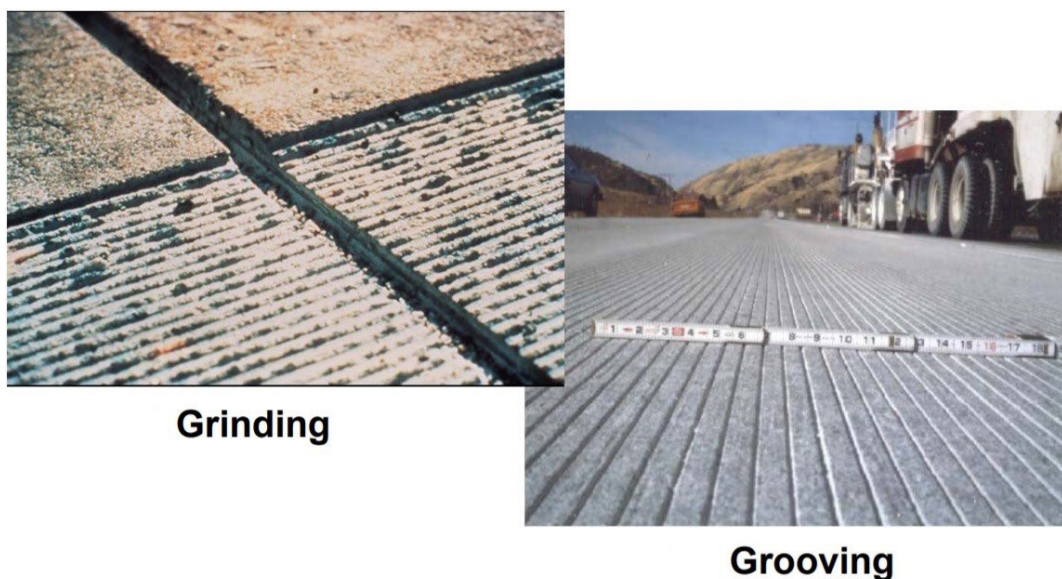
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 20 – Modelo de equipamento realizador de *grinding* (a); execução de *grinding* em campo (b); visualização do rolo central responsável pela execução das ranhuras no pavimento (c); detalhe do rolo executor do *grinding* (d); e diferenças entre *grooving* e *grinding* executados em pavimento (e).

Há alguns modelos de equipamentos disponíveis no mercado atualmente, uns maiores e outros menores, cujas características devem ser avaliadas pelo executor quando contratado. Dessa forma, em função do contido no projeto/planejamento de *grinding* e nas especificações do órgão

regulador, cabe ao executor a seleção do melhor equipamento a ser utilizado para execução deste tipo de serviço.

Como informação adicional, o *grinding* também é um serviço que pode ser utilizado por operadores de aeródromo visando a correções pontuais da irregularidade longitudinal (IRI). Ainda, pode ser usado com o propósito de aumentar os níveis de coeficiente de atrito em pavimentos desgastados, como, por exemplo, em locais onde os agregados já se encontram polidos em função das operações de pousos e decolagens.

PARTE 4

Manutenção

9. PROGRAMA DE MANUTENÇÃO DO *GROOVING*

As orientações contidas até aqui possibilitam a operadores de aeródromo e consultores avaliarem a conveniência e a oportunidade de execução de *grooving* (ranhuras transversais) em seus elementos de infraestrutura, principalmente na pista de pouso e decolagem.

Também foram apresentadas as recomendações de geometria sugeridas por algumas das principais autoridades de aviação civil ao redor do mundo, além de consolidados, no quadro 1, os parâmetros propostos por este órgão regulador.

Nesta seção, serão abordados os aspectos de manutenção que o operador aeroportuário deve levar em consideração quando possuir *grooving* em sua área pavimentada, de modo a manter sua característica de drenagem primária, motivadora da instalação de tais ranhuras no aeroporto.

Desse modo, na sequência pontuam-se alguns itens que devem ser avaliados quando da elaboração do programa de manutenção de *grooving*.

9.1 MONITORAMENTO

É importante destacar que o *grooving* exige manutenção por parte do operador de aeródromo. Dessa forma, os elementos que comumente reduzem a profundidade dos canais, como é o caso da borracha, devem ser monitorados pelo operador.

Nesse contexto, procedimentos e rotinas de manutenção necessitam ser implementados e executados. Em operadores de aeródromo detentores de certificado operacional, há rotinas estabelecidas em programas de manutenção, bem como em *softwares* ou planilhas de controle que orientam os profissionais do setor de manutenção sobre as ações programadas e as respectivas periodicidades, as quais incluem inspeções em pistas, táxis, pátios, sistemas de drenagem, áreas pavimentadas, entre outras.

A subparte E do RBAC nº 153 traz requisitos de manutenção que devem ser observados pelos operadores de aeródromo. Já o Apêndice C do regulamento contém outros requisitos gerais que devem ser levados em consideração quando um programa de manutenção for elaborado.

Com isso em vista, o operador aeroportuário pode consultar o Apêndice A do RBAC nº 153 e verificar quais requisitos são mandatórios para a classe do seu aeroporto e, dessa forma, providenciar as instruções necessárias tanto para o monitoramento quanto para as manutenções exigidas (preventiva e corretiva).

A seção 153.201 do RBAC nº 153 informa que cada programa de manutenção — o que inclui o referente à drenagem — deve conter processos contínuos de:

- (a) monitoramento;
- (b) manutenção preventiva; e
- (c) manutenção corretiva.

De modo a orientar a elaboração de um plano de manutenção do *grooving* por parte dos operadores de aeródromo, na sequência são apresentadas sugestões de ordem geral.

(a) Metodologia de monitoramento

O RBAC nº 153, seção 153.215, estabelece que o operador de aeródromo deve manter o sistema de drenagem visando a evitar que o acúmulo de água na superfície do sistema de pistas e pátio de estacionamento de aeronaves prejudique a segurança das operações aéreas e aeroportuárias.

Além disso, também deixa claro que o operador de aeródromo deve manter as declividades transversais e longitudinais de todo o sistema de drenagem da área operacional.

Ademais, o regulamento preconiza que compete ao operador aeroportuário manter as ranhuras transversais (*grooving*) livres de obstruções que possam comprometer as condições de drenabilidade da pista.

Em linha com o exposto anteriormente, recomenda-se que o operador aeroportuário desenvolva, implemente e registre em documento adequado, como o Manual de Operações do Aeródromo (MOPS), os procedimentos previstos e utilizados para o monitoramento regular do *grooving*, caso existente.

Esclarece-se que, na hipótese de o aeroporto dispor de um MOPS, os critérios de monitoramento e manutenção do *grooving* podem estar dispostos de forma mais genérica no texto do MOPS. Já os critérios mais específicos e detalhados podem constar em documentos do tipo Instruções de Trabalho (IT) ou Procedimentos Operacionais (PO), anexos ao MOPS.

Dessa forma, mudanças ou ajustes que o operador de aeródromo julgar necessários podem ser realizados mais rapidamente, sem a necessidade de se alterar o documento principal (MOPS).

Dito isso, é importante que o operador de aeródromo elabore, como exemplo, um *checklist* que permita o monitoramento dos seguintes elementos, retirados da [AC 300-008 \(3ª edição\)](#), da *Transport Canada*:

- (1) Acúmulo de borracha no interior das ranhuras transversais (*grooving*);
- (2) Esmagamento (estrangulamento) das ranhuras e eventuais pontos de obstrução, principalmente em pavimentos flexíveis; e
- (3) Medição e registro da profundidade da ranhura transversal periodicamente, bem como verificação da integridade das canaletas.

Recomenda-se que os *checklists* elaborados pelo operador aeroportuário sejam instrumentos utilizados pelas equipes de monitoramento de campo, o que geralmente encontra-se a cargo da área responsável pela manutenção.

Com os *checklists* preenchidos, sugere-se que o operador de aeródromo consolide essas informações periodicamente em um relatório, para que sejam repassadas ao órgão regulador quando solicitadas. O repasse poderá ocorrer no decorrer dos processos de certificação operacional ou no processo de vigilância continuada.

Para as medições da profundidade das ranhuras, um dos métodos proposto adiante – o da mancha de areia – é o mesmo utilizado para as medições da macrotextura em pavimentos convencionais. O Apêndice deste manual apresenta modelo de relatório que poderá ser adotado pelo operador aeroportuário.

A seguir, realiza-se breve explicação sobre os itens que devem ser monitorados pelo operador aeroportuário:

Acúmulo de borracha no interior das ranhuras transversais (*grooving*)

O monitoramento do acúmulo de borracha deve ocorrer ao longo de toda a superfície do pavimento ranhurado e, principalmente, nas regiões de zona de toque, onde o acúmulo de borracha é mais acentuado em função dos pousos.

Para tanto, o operador de aeródromo poderá realizar o monitoramento de modo visual ou por meio de instrumentos ou equipamentos e, ao identificar que o *grooving* está com excesso de borracha em seu interior, deverá acionar as equipes responsáveis pela remoção de borracha.

Como é sabido, o acúmulo de borracha sobre o pavimento pode, associado à presença de água sobre a superfície, reduzir o coeficiente de atrito, o que aumenta a exposição ao risco das aeronaves que operam na localidade.

Como é conhecida, a velocidade potencial de aquaplanagem é proporcional à raiz quadrada da pressão dos pneus. Em função disso, aeronaves com menores pressões nos pneus possuem velocidades de aquaplanagem mais baixas, ao passo que aeronaves com pressão nos pneus mais elevada estão sujeitas à aquaplanagem a partir de velocidades maiores.

Dito de outra forma, aeronaves menores podem estar expostas ao fenômeno da aquaplanagem por serem leves e possuírem menores pressões nos pneus. Por outro lado, aeronaves maiores possuem pressões de pneus mais elevadas e estão suscetíveis ao fenômeno em função de as velocidades de aproximação serem também maiores.

O monitoramento, conforme comentado anteriormente, pode ser do tipo visual ou por meio de instrumentos ou equipamentos. O uso de equipamentos possibilita medição direta e automática da profundidade de cada ranhura. Nesses casos, utilizam-se dados de perfil obtidos por perfilômetros a *laser* de alta resolução. Há, ainda, as medições indiretas da profundidade, que podem ser realizadas pelo método da mancha de areia, abordado adiante.

A figura 21 a seguir mostra o equipamento da FAA e a forma como a medição direta é realizada. Esse equipamento dispõe de sensor a *laser* de medição de distância por triangulação, com 1 mm de tamanho nominal do ponto, alcance de medição de ± 200 mm, resolução de 12-bits (0,05 mm) e taxa de amostragem de 32 kHz.

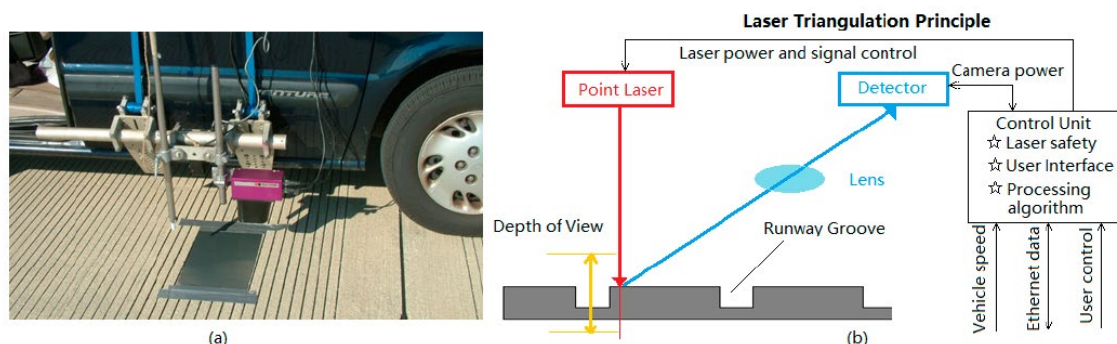


Figura 21 – Perfilômetro a *laser* da FAA/USA (a); e princípios de medição dos equipamentos tipo perfilômetro a *laser* (b).

Fonte: Sensors (2018).

Como resposta, as medições com esse tipo de equipamento são capazes de fornecer as avaliações contidas na figura 22, em que é possível visualizar o atendimento ou não ao parâmetro regulatório, no caso a profundidade.

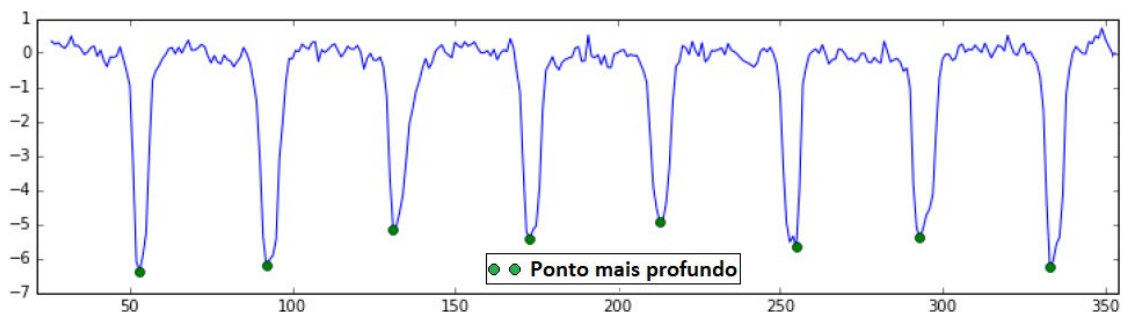


Figura 22 – Determinação da profundidade das ranhuras transversais (*grooving*).

Fonte: Sensors (2018).

Importante destacar que a medição automática também é capaz, pelo uso de filtros adequados, de identificar as juntas no pavimento, conforme mostra a figura 23, e pode ser utilizada tanto para medições em pistas com *grooving* novos quanto em pistas com *grooving* usados.

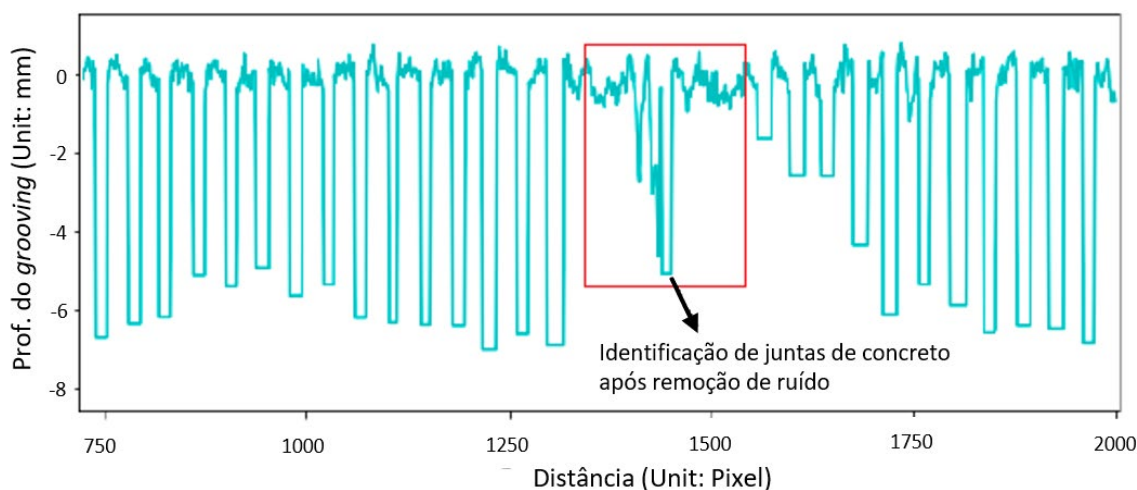


Figura 23 – Identificação de juntas em placas de concreto com *grooving*.

Fonte: Sensors (2018).

Como ferramenta de apoio aos operadores de aeródromo (equipes de engenharia e manutenção), bem como às empresas especializadas na prestação desse tipo de serviço, a FAA disponibiliza o *software* ProGroove para avaliação do *grooving* em pavimentos aeroportuários. [Mais informações sobre o *software* podem ser acessadas aqui.](#)

Esmagamento (estrangulamento) das ranhuras e eventuais pontos de obstrução, principalmente em pavimentos flexíveis

Também é importante que, no processo de inspeção periódica conduzida pelo operador de aeródromo, seja observada a presença de regiões com esmagamento (estrangulamento) da canaleta ou até mesmo sua obstrução.

Conforme já foi abordado neste manual, pavimentos flexíveis situados em regiões quentes sofrem efeitos do esmagamento do *grooving* no decorrer de passagens de aeronaves. Quanto maior a movimentação sobre o pavimento, maior a probabilidade de ocorrer esmagamento e obstrução total da canaleta, à medida que uma face da ranhura encontra a adjacente.

Além disso, em regiões quentes, outras patologias podem influenciar o aspecto do *grooving* e comprometer sua eficiência. Como exemplo, as figuras 24 (a) e (b) ilustram defeitos no pavimento (cisalhamento pelo amolecimento da massa asfáltica) que afetaram a geometria e a eficiência do *grooving*.



Figura 24 – Tipo de defeito que impacta o *grooving* em aeroportos (principalmente os localizados em regiões quentes) e que devem ser monitorados pelo operador aeroportuário (a) e (b).

Ainda de forma exemplificativa sobre o monitoramento, observações apontam que pavimentos com *grooving* onde as aeronaves trafegam em baixas velocidades e em direção paralela às ranhuras transversais — como nos casos onde pistas de táxi interceptam a pista de pouso e decolagem — tendem a ser afetados pela obstrução das canaletas, o que prejudica sua eficiência na região específica.

As figuras 25 (a) e (b) exemplificam o problema, sendo importante ressaltar que se trata de mais uma condição a ser monitorada pelo operador aeroportuário.



(a)



(b)

Figura 25 – Obstrução do *grooving* em superfícies asfálticas aeroportuárias.

Fonte: GREG (2017) - (a) e GTEA/GCOP/SIA - (b).

O exposto na figura anterior tem relação com os seguintes fatores:

- (1) Regiões quentes, comum na maior parte do Brasil, que provocam amolecimento da massa asfáltica;
- (2) *Grooving* executado em regiões da pista ou da *taxiway* onde as aeronaves trafegam em baixas velocidades;
- (3) Deslocamento das aeronaves paralelo às ranhuras transversais;
- (4) Redução da resistência da seção do pavimento sem *grooving* (entre as ranhuras) devido à presença das ranhuras transversais, razão pela qual se faz necessária uma dosagem (traço) que possibilite maior resistência da massa asfáltica.

Dessa forma, é perceptível a quantidade de itens que merecem a atenção do operador aeroportuário durante os monitoramentos periódicos. É bom ressaltar ainda, como já abordado anteriormente, que a obstrução dos canais de drenagem do *grooving* implica o aumento do acúmulo de água sobre a superfície do pavimento, o que aumenta a probabilidade de excursões de pista do tipo *overrun* e *veer-off*.

Medição e registro da profundidade da ranhura transversal periodicamente, bem como verificação da integridade das canaletas

Outro monitoramento importante por parte do operador aeroportuário diz respeito à avaliação da profundidade das canaletas de drenagem que compõem o *grooving*. Como se sabe, à medida que ocorrem as operações, o *grooving* é preenchido por borracha proveniente dos pneus das aeronaves, e sua profundidade útil diminui.

Alguns autores encontrados na literatura técnica do assunto informam que o *grooving* é capaz de se auto limpar em algum grau em função de chuva que eventualmente ocorra. Isso acontece porque os resíduos de borracha que se depositam dentro das ranhuras não são compactados, diferentemente dos materiais que ficam na superfície.

Ocorre, portanto, a lavagem natural de parte do material – processo mais eficiente na geometria trapezoidal que na retangular. Contudo, se a lavagem não ocorre, os resíduos tendem a se acumular no interior do *grooving*, reduzindo, com o passar do tempo, a eficiência do processo de drenagem.

Em pavimentos sem *grooving*, esses resíduos são compactados pelas passagens das aeronaves na superfície, o que provoca a incrustação da borracha na textura do pavimento.

É bom ressaltar que o monitoramento deve abranger a integridade das canaletas. No *grooving* retangular, em função da presença de cantos vivos, a concentração de tensão nas bordas durante a passagem de aeronaves pode levar ao esborcinamento das arestas, principalmente se o *grooving* for executado em pavimento já oxidado (o que é contraindicado) ou em pavimento cujo traço da mistura não resultou adequado.

Dito isso, o monitoramento do *grooving* também pode incluir outros métodos, tais como:

- Avaliação qualitativa;
- Aferição direta quantitativa; e
- Aferição indireta quantitativa.

Mais detalhes sobre esses métodos de monitoramento serão fornecidos adiante.

(b) Periodicidade do monitoramento

Recomenda-se que o operador de aeródromo utilize a periodicidade de monitoramento apresentada na tabela 3 a seguir, de modo a orientar seu programa de manutenção. O monitoramento envolve as inspeções visuais e a aferição da profundidade da macrotextura.

As frequências apresentadas são apenas sugestões, e o operador pode ajustá-las conforme sua necessidade. No entanto, não é indicado que a periodicidade adotada seja superior à apresentada na tabela 3. Considerando a linha de raciocínio que embasou as frequências de medição contidas no

RBAC nº 153 para fins de aderência e irregularidade longitudinal, a adoção das frequências sugeridas na tabela 3 se mostra razoável, sendo a mesma periodicidade da medição da mancha de areia.

TABELA 3 – FREQUÊNCIA DE MONITORAMENTO DO <i>GROOVING</i>		
Faixas [1]	Média de pousos diários de aeronaves de asa fixa com motor à reação, na cabeceira predominante, no último ano [2]	Frequência de monitoramento do <i>grooving</i> [3]
1	Menor que 16	Cada 360 dias
2	Maior ou igual a 16 e menor que 31	Cada 180 dias
3	Maior ou igual a 31 e menor que 91	Cada 90 dias
4	Maior ou igual a 91 e menor que 151	Cada 60 dias
5	Maior ou igual a 151 e menor que 210	Cada 30 dias
6	Maior que 210	Cada 30 dias

(c) Padrões de aceitabilidade e gatilhos para ações de manutenção

Para que o monitoramento seja eficiente, é preciso considerar os padrões de aceitabilidade do órgão regulador. Nesse sentido, considerando que este manual traz orientações no tocante à geometria (tipo de seção, largura, profundidade e espaçamento entre as ranhuras), faz-se necessário comentar o entendimento da ANAC sobre até que ponto esse dispositivo pode ser considerado eficiente.

Em geral, o que se encontra na regulação internacional como parâmetro aceitável para fins de avaliação da eficiência do *grooving* se baseia no monitoramento da profundidade livre dos depósitos de borracha (profundidade da canaleta menos a profundidade preenchida por borracha).

Como exemplo, a AC 150/5320-12C estabelece que, quando a profundidade do *grooving* for menor ou igual a 50%, ou seja, menor ou igual a 3 mm em uma área de pelo menos 40% (avaliada em cada terço da pista), o *grooving* não pode ser mais considerado efetivo para mitigar a probabilidade de aquaplanagem.

Esse tipo de medição é realizado por equipamentos a *laser*, conforme já foi abordado. A ANAC recomenda que as leituras sejam realizadas na linha dos 3 (três) e 6 (seis) metros à direita e à esquerda do eixo da pista de pouso e decolagem, de acordo com a letra do código da maior aeronave em operação. Dessa forma, as medições com *laser* serão realizadas:

- **Letra do código (A, B ou C)** – A 3 metros do eixo da pista. Uma vez de cada lado em relação ao eixo da pista; e

- **Letra do código (D, E ou F)** – A 3 metros e a 6 metros do eixo da pista. Uma vez de cada lado em relação ao eixo da pista, para cada distância de medição.

No Canadá, a [AC 300-008 \(3ª edição\)](#) estabelece alguns critérios adicionais, quando comparada à AC norte-americana. Como se pode ver, para o órgão regulador canadense, a eficiência do *grooving* é considerada reduzida quando profundidade ou largura forem inferiores a 3 mm. Esses parâmetros devem ser avaliados periodicamente em uma extensão de 500 metros.

Ainda de acordo com a visão do órgão regulador canadense, quando o monitoramento desses parâmetros indicarem largura ou profundidade menor que 3 mm, ações corretivas devem ser adotadas pelo operador aeroportuário.

Tentativas de se refazer (reconstruir) as ranhuras transversais possuem alta probabilidade de não darem certo, pois pode haver fragmentação do concreto asfáltico ou do cimento Portland, com geração de FOD e esborcinamento das arestas.

Nesse sentido, a orientação do órgão canadense é para que — nos casos onde o *grooving* se mostrar com dimensões reduzidas — seja feito o recapeamento do local e realizado novo *grooving*.

Entendimento da ANAC

A ANAC realizou alguns estudos em campo para avaliar quais seriam os parâmetros mais importantes para o monitoramento da eficiência de drenagem das ranhuras transversais. Como critério de monitoramento, verificou-se que, entre os dados de geometria das ranhuras transversais, isto é, largura, profundidade e espaçamento, este último possui pouca variação ao longo da vida útil do tratamento superficial.

No entanto, a largura das canaletas pode diminuir em função do estrangulamento destas, conforme já abordado, e esse estrangulamento pode interromper o fluxo de água pelo canal obstruído.

Também ficou evidente nesse estudo que a profundidade do *grooving* é o principal parâmetro a ser monitorado com frequência pelo operador de aeródromo. É em função disso que se propõe a periodicidade contida na tabela 3 para o monitoramento da profundidade do *grooving*.

Já o monitoramento da largura pode ser realizado em periodicidade maior, como, por exemplo, a cada 6 (seis) meses ou menos, de acordo com a necessidade do operador aeroportuário, dentro de sua rotina de manutenção.

Impacto do *grooving* na profundidade da macrotextura

O [CAP 168](#) da *Civil Aviation Authority (CAA)* do Reino Unido esclarece que o *grooving* efetivamente aumenta a macrotextura e que há uma relação matemática entre a largura, a profundidade e o espaçamento entre as ranhuras e a quantidade de macrotextura adicionada pelo *grooving*. A figura 26 a seguir remete ao texto original contido no CAP 168.

Grooving

14. The asphalt surface course is grooved transversely by a machine incorporating diamond saw blades. Grooving effectively adds macrotexture and there is a mathematical relationship between the width/depth of each groove plus the spacing at which they are cut and the amount of texture this adds. As an average texture depth of 1 mm is recommended by ICAO, a sufficient ungrooved texture depth for a new asphalt surface course should be achieved prior to grooving. It is the responsibility of the aerodrome licence holder to ensure that, should grooving be required, it is specified so that the additional benefit when added to the measured asphalt macrotexture exceeds the recommended minimum and takes local climatic characteristics into account.

Figura 26 – Extrato do contido no CAP 168, CAA, Reino Unido.

Uma vez que a regulação inglesa não entra em detalhes sobre a relação matemática comentada, coube a este órgão regulador realizar algumas pesquisas sobre o assunto. Assim, após pesquisas na rede mundial de computadores, encontrou-se equação matemática proposta pela autoridade aeroportuária indiana (*Airports Authority of India*) à OACI. Na visão deste órgão regulador, tal equação pode constituir solução para avaliação da macrotextura em pavimentos com *grooving*.

Apesar do trabalho daquela autoridade não apresentar a dedução da equação, essa é relativamente simples e foi desenvolvida neste manual. Nesse sentido, a figura 27 a seguir apresenta as etapas utilizadas visando o isolamento da variável que permite o cálculo da profundidade da macrotextura do *grooving* em função da geometria das ranhuras transversais.

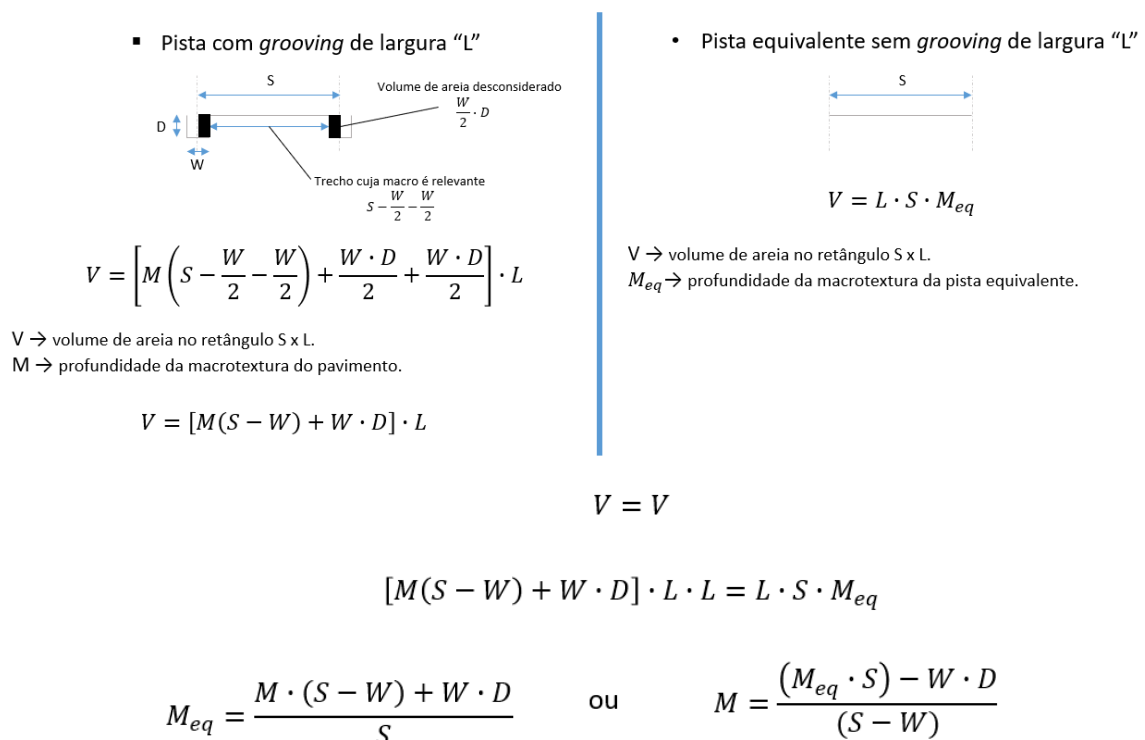


Figura 27 – Dedução da equação que avalia a profundidade da macrotextura em função da geometria do *grooving*.

Utilizando-se as mesmas variáveis constantes no trabalho referenciado anteriormente, tem-se a equação proposta abaixo. Nota-se tratar da mesma equação apresentada na figura 27, apenas trazendo variáveis diferentes (M_{eq} / M_g e M/M_{μ}).

$$M_g = \frac{WD + M_{\mu} \cdot (S - W)}{S}$$

Onde: M_g = profundidade da macrotextura do *grooving*,

W = largura do *grooving*,

D = profundidade do *grooving*,

M_{μ} = profundidade da macrotextura sem *grooving*,

S = espaçamento entre as ranhuras do *grooving* (eixo a eixo).

A profundidade da macrotextura sem *grooving* regulamentar (RBAC nº 153) equivale a 0,60 mm para revestimentos tradicionais (asfalto ou concreto) sem tratamento superficial.

Dito isso e, como exemplo, suponha-se que um aeroporto tenha executado *grooving* há 8 anos, cuja configuração original era de 6 mm de largura, por 6 mm de profundidade e 38 mm de espaçamento. A profundidade da macrotextura sem *grooving* era de 0,60 mm. Utilizando-se a equação acima, tem-se o seguinte:

$$M_g = \frac{6 \cdot 6 + 0,60 \cdot (38 - 6)}{38}$$

O resultado aponta que $M_g = 1,45$ mm, o que representa o aumento da profundidade da macrotextura medida pelo ensaio da mancha de areia provocado pelo *grooving*. Considerando que a profundidade do *grooving* no decorrer das operações não deve ser inferior a 50% da sua profundidade original, tem-se que esta não deve ser inferior a 3 mm.

Nesse sentido, a equação citada passa a ter essa configuração, mantida a largura de 6 mm:

$$M_g = \frac{6 \cdot 3 + 0,60 \cdot (38 - 6)}{38}$$

Como resultado, tem-se que $M_g = 0,98$ mm. Nota-se, a partir disso, que a execução do ensaio da profundidade da macrotextura tradicional nas áreas do pavimento com *grooving* deve ser superior a 0,98 mm, de modo que pelo menos 50% da capacidade de drenagem esteja assegurada.

Uma vez que o RBAC nº 153 apresenta parâmetro para profundidade da macrotextura com uma casa decimal para pavimentos com camada porosa de atrito – CPA (1,2 mm), propõe-se que o parâmetro para medições da macrotextura em pistas com *grooving* seja maior ou igual a 1,0 mm.

A vantagem dessa proposta é que o operador de aeródromo poderá realizar a medição da macrotextura tradicional em pistas com *grooving* total ou parcial. Nessas condições, sugere-se a utilização do modelo de relatório contido no Apêndice deste manual para reportar os dados levantados em campo.

É bom salientar que 60% das ranhuras, como parâmetro em *grooving* novos (**homologação**), deve possuir profundidade superior a 6 mm. Como critério de **manutenção**, quando mais de 40% da profundidade do *grooving* (avaliada em cada terço da pista) for inferior a 3 mm, esta deverá ser acionada.

A tabela 4 apresenta a profundidade esperada por este órgão regulador no tocante às medições de macrotextura em pistas com *grooving*.

TABELA 4 – PARÂMETROS PARA MEDIÇÃO DA MACROTEXTURA EM PISTAS COM GROOVING						
GEOMETRIA DO GROOVING				PROFUNDIDADE DA MACROTEXTURA		
Pavimentos rígidos ou flexíveis				Revestimento convencional		Camada Posa de Atrito (CPA)
Condição	Largura	Profundidade	Espaçamento	Sem <i>grooving</i>	Com <i>grooving</i>	-
Novo	6 mm	6 mm	38 mm	≥ 0,60 mm	≥ 1,0 mm	≥ 1,2 mm
Usado* (*1/2 da profundidade)	6 mm	3 mm	38 mm	≥ 0,60 mm	≥ 1,0 mm	≥ 1,2 mm

Como informação complementar, o CAP 168 estabelece que o operador de aeródromo deve assegurar que a profundidade da macrotextura antes da execução do *grooving* atinja o parâmetro mínimo exigido na regulação inglesa, que no caso do Brasil é, conforme já mencionado, 0,60 mm para pavimentos convencionais.

Tal observação contida no CAP 168 decorre do fato de o *grooving* representar um incremento da macrotextura superior à regulamentar, o que justificaria, por exemplo, o uso dos créditos de desempenho.

Outra observação relevante é que a equação sugerida abarca seções de *grooving* retangular, que é a existente no Brasil e no mundo, uma vez que pouquíssimos aeroportos adotaram — até por ser mais recente — a seção de *grooving* trapezoidal.

(d) Outras formas de monitoramento

Uma vez asseguradas as características geométricas, há algumas possibilidades que o operador de aeródromo pode adotar para monitorar a eficiência do *grooving* nos aeroportos. Entre as opções, destacam-se:

- Avaliação qualitativa
 - *Levantamento visual visando ao monitoramento do estado geral do grooving, com atenção para presença de esborcinamentos de quinas, deslocamentos de massa, descontinuidade das ranhuras, excesso de borracha e outras patologias.*
- Aferição direta quantitativa
 - *Aferição amostral em campo com o objetivo de avaliar a largura, a profundidade e o espaçamento;*
 - *Aferição das profundidades do grooving com equipamentos a laser.*
 - Para o processamento dos dados, sugere-se que seja utilizado o *software* ProGroove, da *Federal Aviation Administration* (FAA);
 - Se mais de 40% das medições da profundidade resultarem menor que 3 mm (avaliadas em cada terço da pista), ações corretivas devem ser adotadas. As leituras com o equipamento devem ser realizadas na linha dos 3 (três) metros ou dos 3 (três) metros e 6 (seis) metros à direita e à esquerda do eixo da pista de pouso e decolagem.
- Aferição indireta quantitativa
 - *Medição via ensaio da mancha de areia, que deve atender ao parâmetro de correlação disposto na tabela 4 do manual de grooving, ou seja, ser $\geq 1,0$ mm. Os dados das medições devem ser reportados no Apêndice contido neste manual.*

9.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Uma vez constatado que o *grooving* não apresenta a profundidade mínima requerida como padrão de aceitabilidade, há necessidade de realizar manutenção no sistema. Nesse sentido, a constatação acima irá exigir a remoção da borracha incrustada no interior da ranhura transversal ou até mesmo o recapeamento de parte ou de todo o pavimento – no caso de não obtenção da profundidade mínima em decorrência de desgaste superficial do próprio revestimento.

Isso exposto, quando a deficiência na drenagem de água da superfície tiver relação com o acúmulo de borracha no interior das ranhuras, o operador poderá fazer uso de algumas técnicas.

De modo geral, a remoção de borracha em pavimentos pode ocorrer por meio de quatro formas (ACRP *Shyntesis* 11, 2008):

- (e) hidrojateamento;
- (f) remoção química;
- (g) retexturização; e
- (h) remoção mecânica.

Todas essas modalidades de remoção mostram-se eficientes quanto ao seu objetivo. A escolha de uma ou outra fica a cargo do operador de aeródromo e não possui relação com o número de operações ou posição geográfica no aeroporto.

De acordo com ACRP *Shyntesis* 11 (2008), nenhuma dessas quatro formas existentes para remoção de borracha se mostra superior às outras. Os estudos realizados desmentem a teoria que um método é melhor que outro.

Assim, todos os métodos apresentados já mostraram serem bem-sucedidos, tanto em pavimentos flexíveis quanto em pavimentos rígidos. Cabe ao operador de aeródromo adotar o mais conveniente.

Para facilitar a compreensão, na sequência serão abordados os quatro meios disponíveis para remoção de borracha elencados anteriormente.

Hidrojateamento

Este é um processo que remove a borracha por meio de um jato de água sob pressão, lançado sob um dispositivo rotativo que fica sobre o pavimento. O equipamento se move devagar ao longo da superfície a ser limpa, aspirando a água e o material retirado pelo jato de água (fragmentos de borracha e eventuais componentes do asfalto ou concreto).

As pressões utilizadas variam entre alta pressão (2.000 psi até 15.000 psi) e ultra-alta pressão (maiores que 15.000 psi até 40.000 psi).

É comum o pensamento de que o hidrojateamento é agressivo ao pavimento, uma vez que pode provocar desgaste acentuado, remover agregados ou danificar a matriz asfáltica ou o concreto. Todavia, estudos apontam que esse problema está mais relacionado à pressão inadequada que é utilizada durante o procedimento, em consequência de erro ou inexperiência do operador do equipamento.

Além disso, o sucesso do processo de remoção de borracha de pavimentos com ou sem *grooving* não depende exclusivamente da tecnologia empregada. É importante que o operador do equipamento esteja preparado e tenha experiência nesse tipo de serviço.

É bom ressaltar que, nos Estados Unidos, alguns aeroportos exigem experiência prévia para os operadores de caminhão limpa pista por hidrojateamento nos documentos contratuais, de modo que os objetivos da remoção sejam alcançados sem deterioração do pavimento.

Como se sabe, o uso inadequado dessa tecnologia pode acarretar graves danos à estrutura, como o apresentado na figura 28 a seguir.

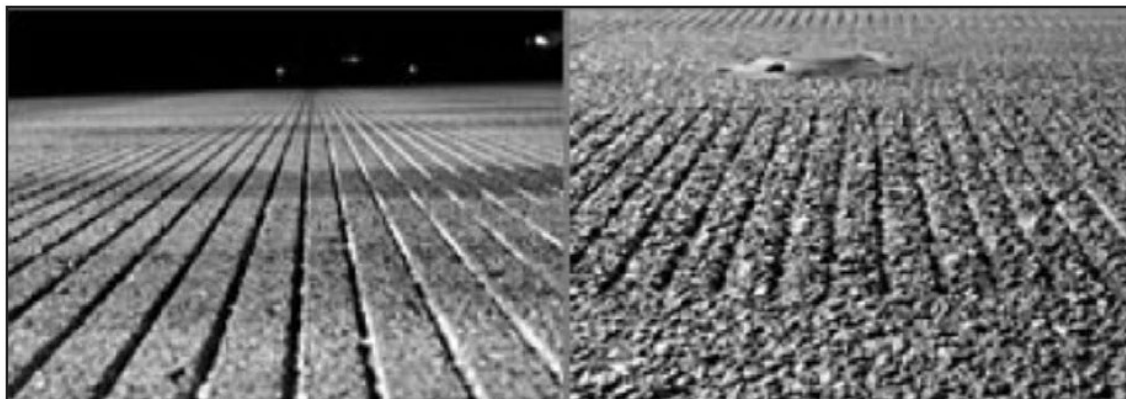


Figura 28 – Grooving em pavimento (antes e após o uso inadequado do hidrojateamento).

Fonte: ACRP Shyntesis 11 (2008).

Remoção química

A principal razão pela qual alguns aeroportos preferem a forma de remoção química diz respeito à possibilidade de realizar o serviço com equipamentos e equipe orgânicos. Além disso, conseguem controlar a programação, a área a ser tratada e o próprio processo.

Trata-se de produtos químicos que possuem a função de amolecer os depósitos de borracha e deixá-los em uma situação em que possam ser removidos do pavimento por meio de escovas, vassouras, raspadores ou outra ferramenta.

Os detritos são removidos por meio de lavagem com água pressurizada, sendo a limpeza mais profunda, uma vez que a borracha incrustada é retirada pelo uso do produto químico.

Uma questão importante é que esse método pode estar sujeito às normas ambientais da localidade e pode haver necessidade de aspiração de todo o material químico utilizado, para que seja descartado em local apropriado nos termos da regulação local.

Na visão do [ACRP Shyntesis 11 \(2008\)](#), a conveniência combinada com a boa experiência no desempenho dessa atividade são os principais motivadores para os aeroportos que optam pelo processo de remoção química.

Retexturização

A retexturização é um processo que também tem o intuito de melhorar o coeficiente de atrito e o aspecto da macrotextura do pavimento.

Nesse contexto, a retexturização tem a finalidade de remover os depósitos de borracha acumulados – os quais reduzem a profundidade da macrotextura – por meio de equipamentos com diferentes

configurações. No mercado, há equipamentos cuja largura varia de 15,2 cm a 1,8 m, o que faz com que o processo seja menos ou mais rápido.

O processo em si consiste no lançamento de partículas abrasivas (em geral esferas de aço) sob pressão no pavimento, fazendo com que a borracha solte da estrutura e provoque um aumento na profundidade da macrotextura. Além disso, pavimentos polidos se beneficiam com um aumento do coeficiente de atrito em função do alto impacto dessas partículas sobre a superfície.

Uma vez lançado o material abrasivo, este retorna a um tambor e é novamente lançado. O material que foi solto pelo impacto do material abrasivo é direcionado a outro tambor para fins de separação e destinação final (reciclagem ou descarte).

Observou-se que o processo de retexturização para fins de aumento do coeficiente de atrito apresenta resultados positivos, embora se note declínio rápido desse parâmetro após algum tempo. Já com o intuito de remover a borracha incrustada, os resultados observados mostram-se satisfatórios. A figura 29 mostra um exemplo de máquina utilizada com essa finalidade.

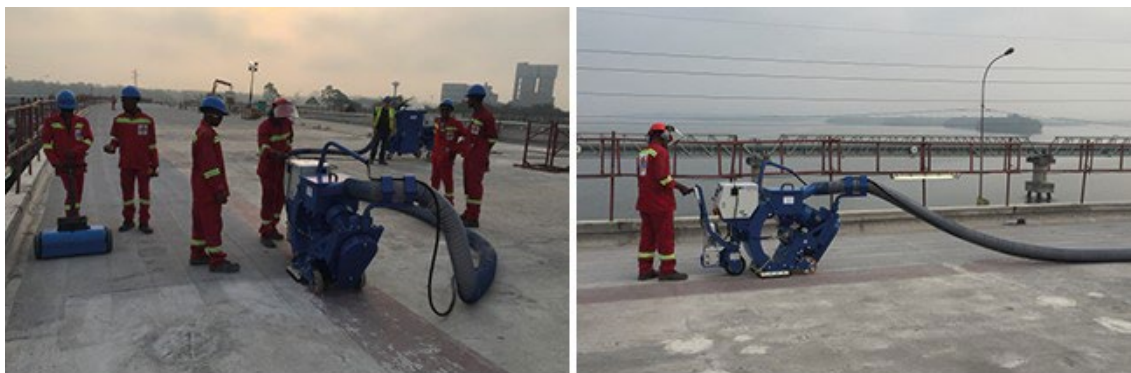


Figura 29 – Equipamento de retexturização (*shotblasting*).

Fonte: Blastrac.

Remoção mecânica

A remoção mecânica envolve qualquer outra forma de remoção de borracha que não foi abordada nos três itens anteriores. Inclui esmerilhamento/cepilhamento (*grinding*), fresagem, escova com cerdas de arame, raspagem com lâminas e outros meios mecânicos para remover a borracha. O jateamento de areia também pode ser enquadrado nessa categoria.

Considerando os quatro métodos que podem ser utilizados para remoção de borracha, pode-se tecer alguns comentários sobre a adequação do uso em pavimentos com *grooving*. Nesse sentido, a opção pelo hidrojateamento ou pela remoção química se mostra mais adequada para uso em pavimentos ranhurados. Frisa-se que o hidrojateamento deve ser utilizado por operador de equipamento com experiência no serviço, sob risco de grave dano ao pavimento, conforme já comentado.

No tocante à remoção química, como já mencionado, essa deverá atentar para os regulamentos ambientais existentes no país e na região, ficando a cargo do operador de aeródromo o seu uso.

Destaca-se também que a retexturização e a remoção mecânica não se mostram adequadas para uso em pavimentos com *grooving*. Uma vez que a retexturização tende a provocar danos às arestas vivas do pavimento (esborcinamentos), não constitui método adequado para a remoção dos depósitos de borracha do interior das ranhuras transversais.

Em linha com o exposto, a remoção mecânica pode consistir em uma espécie de esmerilhamento ou cepilhamento da camada superficial do pavimento (*grinding*), o que danifica os canais de drenagem do *grooving* e provoca esborcinamentos. Trata-se, portanto, de método que pode ser utilizado apenas em pavimentos sem *grooving* (concreto asfáltico ou de cimento Portland).

Entendimento da ANAC

Considerando o exposto, este órgão regulador sugere que a remoção de borracha em pavimentos com *grooving* seja realizada por meio de hidrojateamento ou remoção química, a critério do operador de aeródromo.

Acrescenta-se que o operador de aeródromo pode obter maiores detalhes sobre os processos de remoção de borracha por meio de consulta ao documento original, [ACRP Shyntesis 11, disponível aqui](#).

9.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção corretiva deve ocorrer quando o *grooving* possuir largura ou profundidade inferior às de projeto recomendadas neste manual. Ou, ainda, quando o ensaio de macrotextura nos trechos com *grooving* indicar profundidade média menor que a contida na Tabela 4. Em regra, as alterações na largura e na profundidade decorrem das operações após a abertura da pista ao tráfego.

Nessas condições, a velocidade de drenagem da água fica comprometida, e isso pode afetar as operações de pouso e decolagem sob condições de chuva. Assim, os procedimentos anteriormente sugeridos (hidrojateamento ou remoção química) também podem ser adotados para fins de manutenção preventiva, de modo a evitar que o acúmulo de borracha atinja a profundidade média de 50% da originalmente construída.

9.4 MANUTENÇÃO EM PAVIMENTOS COM *GROOVING* PARCIAL

A manutenção do *grooving* parcial (quando as ranhuras não estão dispostas em toda a largura ou em toda a extensão da pista) deve seguir as mesmas orientações apresentadas na Parte 4 deste documento para pistas com *grooving* em toda largura e extensão.

Nesse sentido, para o cenário de *grooving* parcial, o operador de aeródromo também deve estabelecer procedimentos para o monitoramento, a manutenção preventiva e a manutenção corretiva. Tais procedimentos devem ser implementados e registrados no Manual de Operações

do Aeródromo (MOPS) – se aplicável –, de modo que o contido no MOPS reflita a atividade de manutenção executada pela equipe em campo.

O Apêndice deste manual apresenta modelo de relatório que o operador de aeródromo deverá utilizar para o monitoramento das ranhuras transversais dispostas parcialmente em uma pista de pouso e decolagem.

PARTE 5

Homologação de grooving e créditos de desempenho aos operadores aéreos

10 HOMOLOGAÇÃO DE *GROOVING* NOVOS E EXISTENTES

Uma vez expostas orientações para o planejamento, o projeto, a execução e a manutenção de *grooving* em pavimentos aeroportuários, é prudente abordar como as metodologias e os equipamentos citados na seção de manutenção podem ser utilizados para processos de homologação.

É importante frisar que o contido nessa seção visa orientações gerais aos projetistas, operadores de aeródromo e demais interessados no tema. Normativos específicos, como Instruções Suplementares, poderão ser publicados com conteúdo mais detalhado. A ideia nesta parte é fornecer informações gerais. Assim, é recomendável que o interessado verifique a existência de normativo específico que possa ter sido publicado por este órgão regulador.

10.1 HOMOLOGAÇÃO DE *GROOVING* NOVO

A execução de *grooving* novo após a publicação deste manual deve seguir os parâmetros contidos no item 6 da [Instrução Suplementar \(IS\) nº 154.201-001A](#) e reproduzidos no quadro 1. Dessa forma, espera-se que, doravante, tenha-se uma padronização nas ranhuras transversais dos aeroportos, o que contribui com a segurança operacional.

Para homologação do *grooving* novo em pavimentos aeroportuários, poderão ser solicitadas como embasamento à avaliação deste órgão regulador:

(a) Avaliação qualitativa

- Levantamento visual, com foco nas patologias e na qualidade do serviço de *grooving* executado.

(b) Aferição direta quantitativa

- Aferição amostral em campo da largura, da profundidade e do espaçamento das ranhuras;
- Projeto (desenho, planta ou esquema que contenha a especificação geométrica das ranhuras);
- Aferição com *laser* das profundidades das ranhuras.

(c) Aferição indireta quantitativa.

- Medição da profundidade do *grooving* via ensaio da mancha de areia.

Desse modo, uma vez recebidas e validadas tais avaliações e aferições e, uma vez homologado o *grooving*, o próximo passo consiste na sua inclusão na Lista de Características do Aeródromo (LCA), seguida da divulgação nas publicações aeronáuticas oficiais.

10.2 HOMOLOGAÇÃO DE *GROOVING* EXISTENTE

É sabido que este manual visa fornecer orientações para o projeto, a execução e a manutenção de *grooving*, o que tende a ser foco de projetistas e operadores de aeródromo que desejarem instalar *grooving* novo. No entanto, ele também pode ser útil para os operadores de aeródromo monitorarem o estado geral desses elementos de drenagem.

É pouco provável que as pistas de pouso e decolagem com *grooving* existentes estejam alinhadas com as especificações estabelecidas na IS nº 154.201-001A. Todavia, também não se pode afirmar que, por possuírem geometrias diferentes, esses *grooving* não possuem drenagem satisfatória.

Dessa forma – caso desejado pelo operador de aeródromo – o *grooving* existente também poderá ser objeto de homologação por parte da ANAC e constar nas publicações aeronáuticas oficiais.

Nesses casos, o operador de aeródromo deve submeter à aprovação da Superintendências de Infraestrutura Aeroportuária (SIA), forma alternativa de cumprimento ao disposto na IS, conforme previsto pela Resolução ANAC nº 30, artigo 14, § 1º e 2º.

De modo a embasar a solicitação, entende-se que podem ser apresentadas:

(a) Avaliação qualitativa

- Levantamento visual, com foco nas patologias e na qualidade do *grooving* existente.

(b) Aferição direta quantitativa

- Aferição com *laser* das profundidades das ranhuras.

(c) Aferição indireta quantitativa

- Medição da profundidade do *grooving* via ensaio da mancha de areia.

Uma vez recebidas e avaliadas tais avaliações e aferições, aprovada a forma alternativa de cumprimento pela SIA e homologado o *grooving*, o próximo passo é a inclusão dessa informação na Lista de Características de Aeródromo (LCA), seguido da divulgação nas publicações aeronáuticas oficiais.

11 CONCESSÃO DE CRÉDITOS DE DESEMPENHO

A concessão de créditos de desempenho aos operadores aéreos deve ser avaliada por meio de processo específico. É desejável que esse processo seja iniciado após manifestação expressa do operador de aeródromo em se ter uma pista elegível para esse benefício ([Instrução Suplementar nº 91.009 – Revisão A](#)). Após isso, o *grooving* deve ser avaliado, aferido e homologado.

Uma vez homologado – o que ocorre no âmbito da Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária (SIA) da ANAC – publica-se a informação nas publicações aeronáuticas oficiais. Em paralelo, esse processo de concessão também necessita de avaliação por parte da Superintendência de Padrões Operacionais (SPO) e da Superintendência de Aeronavegabilidade (SAR).

Orienta-se que os operadores de aeródromo que possuam pistas elegíveis para o benefício do crédito de desempenho realizem, periodicamente, o monitoramento do *grooving* por meio de:

(a) Avaliação qualitativa

- Levantamento visual, com foco no surgimento de patologias e conforme procedimentos descritos no MOPS, se existente.

(b) Aferição direta quantitativa

- Aferição com *laser* das profundidades das ranhuras, em conjunto com as medições de irregularidade longitudinal (IRI), e na mesma periodicidade destas.

(c) Aferição indireta quantitativa

- Medição da profundidade do *grooving* via ensaio de mancha de areia.

11.1 MANUTENÇÃO DOS CRÉDITOS DE DESEMPENHO

Para os aeroportos que possuem pistas elegíveis ao benefício dos créditos de desempenho originados a partir de tratamentos superficiais existentes em pistas de pouso e decolagem – neste caso, *grooving*, – a manutenção desses elementos de drenagem em pleno funcionamento possui impacto direto nos aspectos operacionais.

Dito isso, aeroportos que possuem pistas elegíveis ao benefício dos créditos de desempenho e que porventura apresentem não conformidades quanto aos aspectos de manutenção das ranhuras transversais podem ter essa condição suspensa por questões de segurança operacional.

Dessa forma, orienta-se que o operador de aeródromo – ao identificar profundidade da macrotextura nas áreas com *grooving* inferior à proposta neste manual – solicite divulgação de informação aeronáutica comunicando que o *grooving* encontra-se indisponível, de modo a dar ciência às empresas aéreas e, principalmente, aos responsáveis pelos despachos operacionais de voo.

No caso de não ser possível restabelecer as condições funcionais do *grooving* após as manutenções constantes no programa de manutenção, este órgão regulador orienta o recapeamento e a execução de novo *grooving* se o operador desejar manter a pista elegível para os benefícios do crédito de desempenho disponíveis ([Instrução Suplementar nº 91.009 – Revisão A](#)).

11.2 CRÉDITOS DE DESEMPENHO EM PISTAS COM *GROOVING* PARCIAL

Recomenda-se que pistas com *grooving* parcial não sejam elegíveis aos créditos de desempenho.

Esse entendimento também é compartilhado pela equipe da FAA, que vê riscos associados a fatores humanos, como as variações longitudinais de atrito durante a frenagem. Na visão da FAA, é importante fornecer ao piloto sentimento ou resposta consistente no decorrer das ações de frenagem em pistas com *grooving*.

Da mesma forma, na visão da FAA, pistas com *grooving* desgastado pelo tempo ou preenchido por borracha – fatores que limitam sua capacidade de drenagem – também não devem estar aptas aos créditos de desempenho, uma vez que os créditos, nesse caso, se tornariam um agravante em condições de chuva moderada ou forte.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Aviação Civil (2008). Resolução nº 30.

Agência Nacional de Aviação Civil. (2019). Regulamento Brasileiro da Aviação Civil nº 153 – Emenda nº 04.

Agência Nacional de Aviação Civil (2021). Instrução Suplementar nº 154.201-001 – Revisão A.

Agência Nacional de Aviação Civil (2020). Instrução Suplementar nº 91.009 – Revisão A.

Agência Nacional de Aviação Civil. (2019). Manual do Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários.

Agência Nacional de Aviação Civil. (2020). Manual de Obras e Serviços de Manutenção.

Airport Cooperative Research Program. (2008). ACRP Synthesis 11.

Australia Airports Association. (2017). Airfield Pavement Essentials – Airport Practice Note 12.

Civil Aviation Authority. (2019). CAP 168: Licensing of Aerodromes, 11ª edição.

Civil Aviation Safety Authority. (2019). AC 139.C06 v1.0 – Skid resistance of aerodrome pavements.

Department of Defense – Australia Government. (2017). Defense Aircraft Pavement Friction and Grooving Policy.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2004). Norma DNIT 061/2004: Pavimentos rígidos – Defeitos – Terminologia.

European Union Aviation Safety Agency – EASA. (2021). Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design. CS-ADR-DSN.

Federal Aviation Administration. (1997). AC No: 150/5320-12C.

Federal Aviation Administration. (2016). AC No: 150/5320-6F.

Federal Aviation Administration. (2018). AC No: 150/5370-10H.

International Civil Aviation Organization. (2017). DOC 9157 – Part 3 – Pavements.

International Journal of Pavement Research and Technology. (2018). State of the art: Asphalt for airport pavement surfacing.

PASINDU.H.R. National University of Sigapore. (2011). Incorporating Risk Considerations in Airport runway pavement maintenance.

Sensors. (2018). Automatic Groove Measurement and Evaluation with High Resolution Laser Profiling Data.

Stantec. (2004). Runway Grooving in Canada, Ottawa.

Transport Canada. (2017). AC 300-008, 3ª edição.

APÊNDICE

*Modelo de Relatório
de Medição da
Profundidade da
Macrotextura*

MEDICÃO DE MACROTEXTURA

Pistas sem/com *grooving* total/parcial ou CPA

NOME DO AERÓDROMO

CÓDIGO OACI

PISTA DE POUSO E DECOLAGEM __/__/__

<cidade>, <dia> de <mês> de 20__

Relatório Técnico nº: 000/SB __/20__
Data de medição: XX/XX/XXXX

<i>Data:</i> XX/XX/XXXX	<i>Responsável pela execução do ensaio:</i> Nome do Responsável	<i>Assinatura:</i>
<i>Data:</i> XX/XX/XXXX	<i>Responsável técnico pelo relatório:</i> Nome do Responsável CREA: __/__/__	<i>Assinatura:</i>

RELATÓRIO TÉCNICO N°: 000/SB__/20__

1. MOTIVAÇÃO DO ENSAIO

<Descrição dos motivos que levaram à execução da medição da profundidade da macrotextura.>

2. INFORMAÇÕES GERAIS

2.1 Letra do código da maior aeronave em operação.

☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F

2.2 Classificação do pavimento.

☐ Flexível ☐ Rígido ☐ Outro (especificar) _____

2.3 Comprimento e largura da pista de pouso e decolagem.

Comprimento: [_____] metros Largura: [_____] metros

2.4 Tratamento superficial do pavimento do tipo ranhuras transversais (*grooving*).

☐ Não

☐ Sim, na extensão de [_____] metros, iniciando-se a [_____] metros da cabeceira [____].

- Largura do tratamento superficial [_____] metros.

- Dimensões geométricas (de projeto) para pistas com *grooving* retangular:

Largura: [____] mm Profundidade: [____] mm Espaçamento (eixo a eixo de ranhura): [____] mm

Obs.: Caso existam trechos descontinuados, repetir as extensões acima quantas vezes forem necessárias.

2.5 Tratamento superficial do pavimento do tipo Camada Porosa de Atrito (CPA).

☐ Não

☐ Sim, na extensão de [_____] metros, iniciando-se a [_____] metros da cabeceira [____].

- Largura do tratamento superficial [_____] metros.

Obs.: Caso existam trechos descontinuados, repetir as extensões acima quantas vezes forem necessárias.

Visto do responsável pela execução do ensaio

Visto do responsável pelo relatório

RELATÓRIO TÉCNICO N°: 000/SB__/20__

2.6 Comprimento de pista medido.

[_____] metros

2.7 Condição do tempo durante a medição.

[☐] Nublado [☐] Ensolarado [☐] Outros (especificar) _____

2.8 Data da última remoção de borracha da pista.

[____/____/____]

2.9 Próxima medição de macrotextura (data provável).

[____/____/____]

2.10 Pousos diários de aeronaves com motor a reação por cabeceira (média do último ano).

[_____] pousos de aeronaves com motor a reação na cabeceira [____].

[_____] pousos de aeronaves com motor a reação na cabeceira [____].

2.11 Observações:

Visto do responsável pela execução do ensaio

Visto do responsável pelo relatório

RELATÓRIO TÉCNICO Nº: 000/SB___/20__

3. RESULTADOS - VALORES DE MACROTEXTURA

		00			
↑ (*)	Esquerda do eixo da pista		Direita do eixo da pista	↑ (*)	
	3m		3m		
3500				3500	
3400	Conv./CPA		Conv./CPA	3400	
3300			Conv./CPA	3300	
3200	Conv./CPA			3200	
3100			Conv./CPA	3100	
3000	Grooving			3000	
2900			Grooving	2900	
2800	Grooving			2800	
2700			Grooving	2700	
2600	Grooving			2600	
2500			Grooving	2500	
2400	Grooving			2400	
2300			Conv./CPA	2300	
2200	Conv./CPA			2200	
2100			Conv./CPA	2100	
2000	Conv./CPA			2000	
1900			Conv./CPA	1900	
1800	Conv./CPA			1800	
1700			Conv./CPA	1700	
1600	Conv./CPA			1600	
1500			Conv./CPA	1500	
1400	Conv./CPA			1400	
1300			Conv./CPA	1300	
1200	Grooving			1200	
1100			Grooving	1100	
1000	Grooving			1000	
900			Grooving	900	
800	Grooving			800	
700			Grooving	700	
600	Grooving			600	
500			Conv./CPA	500	
400	Conv./CPA			400	
300			Conv./CPA	300	
200	Conv./CPA			200	
100			Conv./CPA	100	
		00			

<Obs.: A tabela acima representa uma pista de pouso e decolagem com pavimento segmentado em revestimento convencional ou Camada Porosa de Atrito (CPA) e *grooving*. Alterar a nomenclatura utilizada conforme o existente na pista avaliada.>

Visto do responsável pela execução do ensaio

Visto do responsável pelo relatório

RELATÓRIO TÉCNICO N°: 000/SB___/20__

4. ORIENTAÇÕES QUANTO AO PREENCHIMENTO DA TABELA

Porção de pista	Prof. média do terço (mm) ¹ CBUQ/PORTLAND/CPA	Prof. média do terço (mm) ² GROOVING TOTAL	Prof. média do terço (mm) ³ GROOVING PARCIAL
1/3 da pista(*)			
2/3 da pista(*)			
3/3 da pista(*)			

(*) O ponto ZERO é o localizado no extremo da PPD (início do pavimento) em relação à cabeceira na qual teve início a medição.

(1) Esta coluna deverá ser preenchida nos casos de pavimentos em pistas de pouso e decolagem caracterizados por CBUQ/Portland/CPA sem a existência de *grooving*;

(2) Esta coluna deverá ser preenchida nos casos de pavimentos em pistas de pouso e decolagem dotados de *grooving* em toda a extensão;

(3) Esta coluna deverá ser preenchida nos casos de pavimentos em pistas de pouso e decolagem dotados de *grooving* parcial, ou seja, quando existir uma combinação de trechos com *grooving* com trechos sem *grooving* em CBUQ/Portland/CPA.

5. ORIENTAÇÕES QUANTO À MEDIÇÃO DA PROFUNDIDADE DA MACROTEXTURA

<A medição da macrotextura do *grooving* deverá ser realizada normalmente, pelo método da mancha de areia.>

<Recomenda-se cuidado no espalhamento da areia, espalhando o material ao máximo. Atenção também à forma geométrica (círculo) formada, pois a precisão na medição da profundidade dependerá bastante da qualidade desse círculo.>

6. ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS

<Deverá ser feita análise crítica dos resultados das medições realizadas, a qual pode conter gráficos, estatísticas e outras informações relevantes para a conclusão.>

Visto do responsável pela execução do ensaio

Visto do responsável pelo relatório

RELATÓRIO TÉCNICO N°: 000/SB___/20__

<A profundidade mínima a ser alcançada em cada terço é:>

- 0,60 mm para pavimentos sem *grooving*;
- 1,2 mm para pavimentos com Camada Porosa de Atrito (CPA); e
- 1,0 mm para pavimentos com *grooving*.

<Valores menores que 0,60 mm para pavimentos sem *grooving* apontam para drenagem de água não satisfatória.>

<Valores menores que 1,2 mm para pavimentos com CPA apontam para drenagem de água não satisfatória nesse tipo de tratamento superficial.>

<Valores menores que 1,0 mm para pavimentos com *grooving* apontam para drenagem de água não satisfatória nas ranhuras transversais.>

7. CONCLUSÕES

<O relatório técnico deve apresentar conclusão baseada na regulação em vigor (RBAC nº 153 e IS nº 153.205-001 – Revisão C).>

8. REFERÊNCIAS

<O relatório técnico deve conter as principais referências utilizadas em sua elaboração.>

9. RESPONSÁVEIS

<O relatório técnico deve conter todas as suas folhas rubricadas pelos responsáveis pela execução do ensaio de medição da profundidade da macrotextura, bem como, pela sua elaboração.>

Nome e assinatura
Responsável pela execução do ensaio

Nome e assinatura
Responsável pelo Relatório Técnico
CREA:_____/

Visto do responsável pela execução do ensaio

Visto do responsável pelo relatório

