
Sistema de gerenciamento de pavimentos aeroportuários – visão da Agência Nacional de Aviação Civil

Júlio César Buzar Perroni¹, Anderson Bermond de Lima²

1 julio.perroni@anac.gov.br

2 anderson.lima@anac.gov.br

RESUMO: O Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 153 determina que o operador de aeródromo estabeleça um sistema de gerenciamento de pavimentos aeroportuários (SGPA), com a finalidade de manter as condições funcionais e estruturais dos pavimentos conforme aceitos pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). No entanto não é definido no RBAC 153, nem em outro regulamento, o que seria aceito pela Agência. Desse modo, a ANAC publicou um manual complementar ao requisito estabelecido no regulamento de forma a orientar os regulados para o estabelecimento de um SGPA. Neste trabalho, serão abordados os métodos de avaliação funcional e estrutural recomendados pela ANAC, bem como as frequências sugeridas para realização dos ensaios de engenharia e levantamentos de campo. Por fim, o trabalho conclui que o SGPA é uma ferramenta necessária para auxiliar os responsáveis pela manutenção dos pavimentos aeroportuários na tomada de decisão eficiente a fim de garantir a segurança das operações aeronáuticas.

Palavras Chave: Sistema de Gerenciamento de Pavimentos. Pavimentos Aeroportuários. Avaliação Funcional e Estrutural.

Airport pavement management program – National Civil Aviation Agency overview

ABSTRACT: The Brazilian Civil Aviation Regulation 153 requires that the aerodrome operator establish an airport pavement management program (PMP), with the purpose of maintain the functional and structural conditions of the pavements as accepted by the National Civil Aviation Agency. However, it is not defined in RBAC 153, nor in another regulation, which would be accepted by the Agency. Thus, ANAC published a complementary manual to the requirement established in the regulation, to guide regulators towards the establishment of an airport PMP. In this paper, will be discussed the functional and structural evaluation methods recommended by the ANAC, as well as the suggested frequencies for conducting the engineering tests and field surveys. Lastly, the paper concludes that the airport PMP is a necessary tool to assist those responsible for maintaining airport pavements in efficient decision making in order to ensure the safety of aeronautical operations.

Key words: Pavement Management Program. Airport Pavement. Functional and Structural Evaluation.

Citação: Perroni, JCB, Lima, AB. (2019). Sistema de gerenciamento de pavimentos aeroportuários – visão da Agência Nacional de Aviação Civil. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 10, N°. 3, pp. 67-72.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o requisito 153.203(b)(1)(i) do RBAC 153 (ANAC, 2019, p. 50), “o operador de aeródromo deve manter as condições estruturais e funcionais da área operacional, conforme aceito pela ANAC”.

Em complemento, o requisito 153.203(c) do RBAC 153 define que:

O operador de aeródromo deve estabelecer e documentar requisitos e procedimentos de monitoramento e de avaliação do estado do pavimento baseados em metodologia de sistema de gerenciamento de pavimentos, a fim de manter as condições estruturais e funcionais ... (ANAC, 2019, p. 51).

Entretanto não é esclarecido na norma em tela nem em orientação suplementar o que é aceito pelo ANAC em termos de manutenção das condições estruturais e funcionais das áreas pavimentadas.

Dessa forma, visando preencher esse vácuo regulatório, a Agência publicou, em junho de 2017, um manual de sistema de gerenciamento de pavimentos aeroportuários (ANAC, 2017) tendo por objetivo a proposição de um modelo de orientação complementar aos requisitos impostos pela norma, de forma a orientar a implementação de um SGPA.

O modelo proposto fundou-se nas classes dos aeródromos, conforme classificação do RBAC 153, focando nos aeroportos com maior movimento de passageiros, sugerindo métodos, ensaios e as frequências para avaliação das condições funcionais e estruturais do pavimento.

2 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE PAVIMENTO AEROPORTUÁRIO

O sistema de gerenciamento de pavimentos constitui-se em uma importante ferramenta de administração, cujo objetivo é a tomada de decisão mais eficiente considerando-se os recursos disponíveis, em diversos níveis de intervenção, garantindo a melhor relação custo x benefício (DNIT, 2011).

Conforme o manual da ANAC (2017, p. 10), “o SGPA tem como um de seus objetivos a melhoria do nível de serviço e a segurança da infraestrutura aeroportuária a partir da otimização e do gerenciamento eficaz dos recursos disponíveis”.

Ainda segundo o manual de sistema de gerenciamento de pavimentos aeroportuários,

O SGPA avalia a condição atual e prevê a condição futura do pavimento. Ao projetar a taxa de deterioração, o SGPA auxilia na análise de custos do ciclo de vida para os procedimentos de manutenção e reabilitação do pavimento, ajudando a determinar a melhor alternativa e fornecendo recomendações específicas para ações necessárias para manter a rede de pavimentos em um nível aceitável de serviço (ANAC, 2017, p. 10).

Na visão de Thom (2014), e alinhada com a ICAO (2013), os principais requisitos de projeto e operação para pavimentos de aeroportos são:

- a) Limitar deformação;
- b) Garantir uma adequada resistência ao atrito;
- c) Evitar fechamentos futuros;
- d) Resistência ao derramamento de óleo e combustível, provenientes dos motores das aeronaves; e
- e) Evitar os danos às aeronaves e seus equipamentos provocados por objetos estranhos (oriundos do próprio pavimento, ocasionados por desgastes e deteriorações diversas).

Os pavimentos aeroportuários são construídos para fornecer uma adequada capacidade de suporte às cargas impostas pelo tráfego das aeronaves, bem como produzir uma superfície firme, estável e regular, livre de poeira ou outras partículas, que possam ser expelidas ou captadas pelo deslocamento de ar, tanto natural quanto o produzido pela hélice ou pelo jato de uma aeronave. Além disso, o pavimento deve possuir estabilidade adequada para suportar, sem danos, a ação abrasiva do tráfego, das condições climáticas adversas e a influência de outras deteriorações. Para atingir esses objetivos é necessária a coordenação de diversos fatores de projeto, construção e inspeção (FAA, 2009).

Esses requisitos de projeto e de operação, dentre outros, são essenciais para a garantia da segurança operacional nos aeroportos. Um dos principais desafios dos operadores de aeródromos nos dias atuais, portanto, é fazer cumpri-los de modo integrado e seguindo os parâmetros normativos vigentes.

Por isso, em que pese a não obrigação do estabelecimento de um programa baseado numa metodologia de gerenciamento de pavimentos para os aeroportos classe IA, IB, II e III, já que o requisito 153.203(c) do RBAC nº 153 aplica-se, somente, aos aeroportos classe IV, que representa os aeroportos que tenham processados um número de passageiros igual ou superior a cinco milhões, é importante que aqueles pensem em implementar um sistema de gerenciamento de pavimentos aeroportuários mesmo que de modo simplificado e mais adequado ao porte do aeroporto. E para os aeroportos classe IV, além de ser de cumprimento obrigatório, deve ser tratado com atividade prioritária da gestão aeroportuária, face ao impacto direto na segurança operacional e na aplicação eficiente dos recursos da administração aeroportuária.

3 AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DOS PAVIMENTOS

De acordo com Rodrigues (2007), a avaliação de um pavimento tem por objetivo o levantamento de informações e parâmetros que permitam a tomada de decisões relativa ao que fazer com o pavimento avaliado, visando determinar os seguintes parâmetros:

- a) Determinar as necessidades atuais e futuras de manutenção dos pavimentos;
- b) Estimar a vida restante dos pavimentos; e
- c) Determinar índices de condição ou de aptidão dos pavimentos, que possam ser úteis para efeito de priorização de obras de restauração.

Ainda segundo Rodrigues (2007), a avaliação de pavimentos é composta pelos seguintes elementos fundamentais:

- a) Avaliação da Condição Funcional: indica até que ponto o pavimento está cumprindo suas funções básicas (conforto ao rolamento e segurança, nas velocidades operacionais da via). Relaciona-se, portanto, aos aspectos que afetam diretamente o usuário e os custos do transporte (custos operacionais dos veículos, custo do tempo de viagem e custo de acidentes); e
- b) Avaliação da Condição Estrutural: indica como a condição funcional do pavimento evoluirá ao longo do tempo, se nenhuma intervenção for executada, bem como permite que se avalie as consequências, para o desempenho futuro, da implementação de diversas alternativas de restauração. E a condição estrutural subdivide-se em:

- Integridade estrutural: relaciona-se à presença maior ou menor de discontinuidades como trincas e desagregações em camadas asfálticas e cimentadas. É inferida por meio de avaliação visual, quando se registra a extensão, frequência e severidade dos defeitos de superfície existentes, podendo ser complementada por resultados de ensaios não destrutivos, que permitam, por exemplo, a detecção de reduções no módulo de elasticidade efetivo in situ de camadas asfálticas ou cimentadas; e

- Capacidade estrutural: é a capacidade que as camadas do pavimento têm de resistir aos efeitos deteriorantes produzidos pela repetição das cargas do tráfego. Relaciona-se tanto ao comportamento tensão-deformação sob cargas transientes dos materiais (comportamento resiliente) como à resistência dos materiais contra o acúmulo de deformações plásticas sob cargas repetidas e à resistência ao trincamento por fadiga das camadas asfálticas e cimentadas.

Estes três componentes apresentam uma relação estreita entre si, na medida em que uma avaliação da condição estrutural permite que se preveja como evoluirá, ao longo do tempo, a condição funcional, já que a redução do nível de serventia do pavimento ocorre devido aos defeitos e às deformações exteriorizados na sua superfície e que decorrem de uma complexa conjugação dos efeitos do tráfego e do clima sobre o pavimento. Parte desses defeitos é de natureza estrutural, na medida em que são gerados pela repetição das cargas do tráfego e são funções do número e magnitude dessas cargas, bem como das respostas da estrutura do pavimento e essas cargas, na forma da distribuição de tensões e deformações que se manifesta em suas camadas constituintes (RODRIGUES, 2007).

Conforme afirma Oliveira (2016), as condições estruturais (quando é referenciada à questão da deformação e do suporte adequado às cargas impostas), de aderência (resistência à derrapagem) e funcionais (conforto/suavidade ao rolamento) são essenciais à garantia da segurança operacional nos aeroportos, independentemente do tamanho, da estrutura e da complexidade de funcionamento.

3.1 Avaliação da condição funcional

A avaliação funcional verifica se o pavimento aeroportuário cumpre a sua função em relação à segurança e ao conforto das operações das aeronaves. A avaliação funcional pode ser realizada por meio de medições diretas, inspeções visuais ou uma combinação destas duas, sendo geralmente expressas em termos de índices de qualidade (Macedo, 2005).

Os defeitos presentes na superfície de um pavimento podem ser caracterizados na condição funcional em duas grandes famílias, conforme Cavalcante (2005): as características de degradação superficial e as de deformação permanente, que resultam, conseqüentemente, na perda de serventia quanto ao rolamento, segurança e conforto.

Em seu manual de sistema de gerenciamento de pavimentos aeroportuários (ANAC, 2017), a Agência Nacional de Aviação Civil sugere que o operador de aeródromo utilize o *Pavement Condition Index* (PCI) como metodologia para avaliação da condição funcional do pavimento, estabelecido pela norma ASTM D5340-12 - *Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys*.

O PCI, de acordo com a Shahin (1994), foi desenvolvido sob a responsabilidade do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE) no ano de 1989, com o objetivo de ser introduzido em sistemas de gerência de pavimentos nos Estados Unidos.

A adoção do PCI como procedimento padrão, segundo Shahin (1994), tem recebido grande aceitação por várias agências nos Estados Unidos, como a Administração Federal de Aviação (FAA), a Força Aérea, o Departamento de Defesa, a Administração Federal de Rodovias (FHWA) e a Associação de Obras Públicas (APWA). A Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos recomenda o uso do PCI por meio do documento AC 150/5380-7B (FAA, 2014).

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2017) sugere que a avaliação da condição funcional seja realizada conforme frequência definida na tabela 1.

Tabela 1 – Frequência sugerida para avaliação da condição funcional (ANAC, 2017).

Elemento	Classe I-B		Classe II		Classe III		Classe IV	
	Pista de Pousos	Pista de Táxi e pátio	Pista de Pousos	Pista de Táxi e pátio	Pista de Pousos	Pista de Táxi e pátio	Pista de Pousos	Pista de Táxi e pátio
Frequência (em meses)	24	48	24	48	18	36	12	24

Além de determinar a metodologia e a frequência da avaliação da condição funcional do pavimento, o manual de gerenciamento de pavimentos aeroportuários (ANAC, 2017, p. 31) define o PCI crítico de manutenção como “aquele em que, a partir desse nível, a taxa de decréscimo da condição do pavimento em função do tempo aumenta significativamente” e o PCI crítico de serviço como “aquele em que o pavimento já possui uma condição ruim, que pode comprometer a função do pavimento e aumentar o risco às operações aeroportuárias”. Esses dois limites de PCI servem como balizadores da estratégia de manutenção e reabilitação a ser adotada pelo operador de aeródromo.

3.2 Avaliação da condição estrutural

Conforme Bernucci et al (2006), os defeitos estruturais resultam da repetição das cargas e vinculam-se às deformações elásticas ou recuperáveis e às plásticas ou permanentes. As deformações elásticas são avaliadas por equipamentos próprios

chamados genericamente de deflectômetros por medirem os deslocamentos verticais nomeados como “deflexão” do pavimento, e são responsáveis pelo surgimento da maioria dos trincamentos ao longo da vida do pavimento, e que podem levar à fadiga do revestimento. Já as deformações plásticas são acumulativas durante os anos de vida de um pavimento e resultam em defeitos do tipo afundamento localizado ou nas trilhas de roda, sendo estas medidas por meio de treliça normatizada.

A avaliação estrutural verifica as condições estruturais do pavimento, a partir da avaliação de tensões limites, deformações e deflexões em uma ou mais camadas críticas (MACEDO, 2005).

Segundo Macedo (2005), para efetuar tal avaliação é necessário determinar as características físicas dos materiais componentes da estrutura do pavimento (CBR, módulo de elasticidade, módulo de reação do subleito, etc.) e em seguida, analisar os efeitos do carregamento sobre a estrutura e obter a resposta a estas deformações.

A partir do conhecimento das espessuras das camadas, dos materiais constituintes e seus módulos elásticos e o grau de deterioração atual, é possível avaliar a adequação e capacidade do conjunto pavimento-subleito de resistirem aos efeitos de degradação provocados pelas cargas cíclicas do tráfego e do clima (Henrique, 2013).

A ANAC propõe alguns ensaios para avaliação estrutural de pavimentos. Recomendando a quantidade, a localização e a frequência da realização desses ensaios.

O manual sugere a utilização do *Falling Weight Deflectometer* (FWD) para a determinação das deflexões recuperáveis na superfície do pavimento, conforme tabela 2.

Tabela 2 – Localização do ensaio - FWD (ANAC, 2017).

Letra do Código	Localização da medição	Quantidade mínima
Aeródromos com operação de aeronave com letra do código A, B ou C	Distante 3m do eixo	Em cada lado, de forma alternada em relação ao eixo, por toda a extensão, com espaçamento de 20m entre as estações de ensaio
Aeródromos com operação de aeronave com letra do código D, E ou F	Distante 3m e 6m do eixo	Em cada lado, de forma alternada em relação ao eixo, por toda a extensão, com espaçamento de 20m entre as estações de ensaio, para cada distância em relação ao eixo da pista

O FWD é um equipamento automatizado, rebocado por um veículo utilitário leve que carrega parte do sistema de aquisição de dados realizado por computador que fica conectado aos sensores instalados na parte rebocada, ou seja, o deflectômetro propriamente dito. O ensaio consiste em aplicar a carga de impacto e ler os deslocamentos em vários sensores instalados ao longo de um suporte, em posições convenientemente escolhidas para obtenção da linha de deslocamentos (Bernucci et al, 2006).

Para avaliação da estratigrafia e detecção de possíveis anomalias estruturais das camadas do pavimento, o manual sugere a utilização do *Ground Penetration Radar* (GPR), conforme tabela 3.

O GPR utiliza tecnologia que se baseia na propagação de ondas eletromagnéticas, sendo recomendado como ferramenta complementar à avaliação estrutural não destrutiva de pavimentos (Gonçalves & Ceratti, 1998).

Tabela 3 – Localização do ensaio - GPR (ANAC, 2017).

Letra do Código	Localização da medição	Quantidade mínima
Aeródromos com operação de aeronave com letra do código A, B ou C	Distante 3m do eixo	Uma vez de cada lado por toda a extensão
Aeródromos com operação de aeronave com letra do código D, E ou F	Distante 3m e 6m do eixo	Uma vez de cada lado por toda a extensão, para cada distância em relação ao eixo da pista

A avaliação de pavimentos com emprego do FWD e do GPR podem fornecer informações valiosas sobre as características de desempenho do pavimento, transformando-se em ferramentas para priorização de projetos e estratégias para manutenção e reabilitação do pavimento (Noureldin et al, 2003).

Para identificação, caracterização e medição das espessuras das camadas do pavimento, o manual sugere a extração de corpos de prova para a realização de ensaios laboratoriais; e o emprego do *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) para determinar o *California Bearing Ratio* (CBR) *in situ* do pavimento, conforme tabela 4.

As sondagens permitem recolher amostras de materiais para realização de ensaios de laboratório, determinando-se seus índices físicos, como por exemplo, tipo de material, granulometria, além de ensaios, como CBR, resiliência e ensaios de carga permanente.

Tabela 4 – Localização das sondagens e DCP (ANAC, 2017).

Letra do Código	Elemento	Localização da medição	Quantidade mínima
Aeródromos com operação de aeronave com letra do código A, B ou C	Pista de Pouso	Distante 3m do eixo	Em cada lado, de forma alternada em relação ao eixo, por toda a extensão, com espaçamento de 200m entre pontos de sondagem
Aeródromos com operação de aeronave com letra do código D, E ou F	Pista de Pouso	Distante 3m e 6m do eixo	Em cada lado, de forma alternada em relação ao eixo, por toda a extensão, com espaçamento de 200m entre pontos de sondagem, para cada distância em relação ao eixo da pista
Aeródromos com operação de aeronave com letra do código A, B ou C	Pista de Táxi	Distante 3m do eixo	Em cada lado, de forma alternada em relação ao eixo, por toda a extensão, com espaçamento de 500m entre pontos de sondagem
Aeródromos com operação de aeronave com letra do código D, E ou F	Pista de Táxi	Distante 3m e 6m do eixo	Em cada lado, de forma alternada em relação ao eixo, por toda a extensão, com espaçamento de 500m entre pontos de sondagem, para cada distância em relação ao eixo da pista
Aeródromos com operação de aeronave com letra do código A, B, C, D, E ou F	Pátio	Posição de estacionamento	Um ponto de sondagem para cada posição de estacionamento

Por fim, a ANAC (ANAC, 2017) sugere que a avaliação da condição estrutural seja realizada conforme frequência definida na tabela 5.

Tabela 5 – Frequência sugerida para avaliação da condição estrutural (ANAC, 2017).

Elemento	Classe I-B		Classe II		Classe III		Classe IV	
	Pista de Pouso	Pista de Táxi e pátio	Pista de Pouso	Pista de Táxi e pátio	Pista de Pouso	Pista de Táxi e pátio	Pista de Pouso	Pista de Táxi e pátio
Frequência (em meses)	48		48		36		24	

4 CONCLUSÃO

As ações de manutenção prolongam a vida útil do pavimento, retardando a queda no seu desempenho, prevenindo contra vultosos e dispendiosos serviços de recuperação.

Para aumentar a eficiência de ações de manutenção e de reabilitação, faz-se necessária a implementação de um sistema de gerenciamento de pavimentos aeroportuários seguindo etapas de planejamento, ensaios para o levantamento de informações, avaliação das informações coletadas, definição da estratégia de manutenção, tomada de decisão, execução dos serviços e avaliação dos resultados, assim, minimizando os custos financeiros e operacionais das intervenções nos pavimentos de um aeroporto.

Desse modo, o manual de sistema de gerenciamento de pavimentos aeroportuários da Agência Nacional de Aviação Civil visa auxiliar o operador aeroportuário na tomada de decisão eficiente a fim de garantir a segurança das operações aeronáuticas, como um instrumento de gerenciamento, controle e fiscalização das condições funcionais e estruturais dos pavimentos aeroportuários.

Portanto, a adoção e a implementação de um sistema de gerenciamento de pavimentos aeroportuários trarão benefícios aos operadores de aeródromos, dentre os quais destacam-se, o gerenciamento e alocação eficaz dos recursos de manutenção,

investigação e avaliação da condição atual dos pavimentos, redução dos impactos operacionais provenientes de intervenções não planejadas e, por fim, a melhoria na garantia da segurança das operações aeroportuárias.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) 153**: Aeródromos – Operações, Manutenção e Resposta à Emergência – Emenda nº 04. Brasília, 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Manual de Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários - SGPA**. Brasília, 2017.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D5340-12**: Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys. Pennsylvania, USA, 2012.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M.; CERATTI, J. A. P e. SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica**: Formação Básica para Engenheiros. PETROBRAS, Rio de Janeiro, 2006.
- CAVALCANTE, F. P. **Avaliação das Características Funcionais e Estruturais da Rodovia BR-230/PB Lote III**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Gerência de Pavimentos**. Rio de Janeiro, 2011.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **Advisory Circular AC 150/5320-6E**: Airport Pavement Design and Evaluation. 2009.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **Advisory Circular AC 150/5380-7B**: Airport Pavement Management Program (PMP). 2014.
- GONÇALVES, F. P. e CERATTI, J. A. P. (1998) Utilização do Ground Penetrating Radar na avaliação de pavimentos. In: 31ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPV, São Paulo, 1998.
- HENRIQUE, Y. F. **Método de Avaliação de Pavimentos Aeroportuários** - Aplicação a um Aeródromo Militar. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. Annex 14: Aerodromes - Volume I, Aerodrome Design and Operations Personnel Licensing. Montreal: Canada, 2013.
- MACEDO, M. C. **Estudo para a Base Técnica de um Sistema de Gerência de Pavimentos para Redes Regionais de Aeroportos**. Tese de Doutorado. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, 2005.
- NOURELDIN, A. S.; Zhu, K.; Li, S. e Harris, D. Network Pavement Evaluation with Falling-Weight Deflectometer and Ground-Penetrating Radar. **Transportation Research Record**, Vol. 1860, p. 90–99, 2003.
- OLIVEIRA, F. H. L. **Desenvolvimento de um Modelo de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários como Apoio à Tomada de Decisão sobre Estratégias de Manutenção e Reabilitação**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2016.
- Rodrigues, R. M. **Projeto e Gerência de Pavimentos**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, 2007.
- SHAHIM, M. Y. **Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots**. Chapman & Hall, New York, USA, 1994.
- THOM, N. **Principles of Pavement Engineering**. Thomas Telford Publishing Ltd., London, England, 2014.