



MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO DE PAVIMENTO AEROPORTUARIO

Rafael de Santana Silveira

Graduando em Engenharia Civil - Universidade de Araraquara - Uniara

Departamento de Ciências e Tecnologia, Araraquara – São Paulo

rafaelsantanasilveira@hotmail.com

Professora Dra. Sandra Fabiana Rodgher

Doutora em Engenharia de Transporte – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade
de São Paulo EESC USP – São Carlos – São Paulo.

Universidade de Araraquara, Uniara, Araraquara – São Paulo

srodgher@uol.com.br

Resumo: O pavimento de um aeroporto passa diariamente por varias inspeções, para poder atender os critérios básicos para operações, assim diariamente necessita de manutenção preventiva e corretiva, nessa pesquisa de campo, será feito um estudo no aeródromo da Embraer (fabricante de aeronaves comerciais, executivos, agrícolas e militares) localizado na cidade de Gavião Peixoto - SP. Com isso, nos anos 2000 foi projetado e construído o pavimento da pista de pouso e decolagem pensando na maior aeronave comercial que trafegava até então; O Boeing 777. Os engenheiros da Embraer projetaram para atender essa aeronave em sua capacidade máxima.

Alem dos testes realizados com as aeronaves da Embraer, diariamente são feitas manutenções das aeronaves da Azul Linhas Aéreas. Com isso, o tráfego é intenso e há sempre aeronaves operando na pista. Devido ao aeródromo ser muito extenso (4996 metros de comprimento) será realizado uma pesquisa em um trecho de 400m² da pista, obtendo um levantamento das Patologias encontradas, descobrindo as causas e origens dos problemas, e analisar as possíveis soluções. Proporcionando então condições e requisitos mínimos de conforto e segurança de uma operação aérea.

Palavras-chave: Aeródromo, Aeronaves, Patologia, Pavimento.

MAINTENANCE AND CONSERVATION OF AERODROME PAVEMENTS

Abstract: The pavement of an airport passes daily for several inspections, to be able to meet the basic criteria for operations, so daily needs preventive and corrective maintenance, in this field survey, a study will be done at the Embraer aerodrome (Manufacturer of commercial aircraft, executives, agricultural and military) located in the city of Gavião Peixoto-SP. With this, in the years 2000 was designed and constructed the pavement of the runway of landing and takeoff thinking in the largest commercial aircraft that traveled until then; the Boeing 777. Embraer engineers designed to service this aircraft at its maximum capacity.

In addition to the tests performed with Embraer aircraft, daily maintenance of Azul Linhas Aéreas aircraft is carried out. With this, the traffic is intense and there are always aircraft operating on the track. Due to the fact that the aerodrome is very extensive (4996 meters in length), a survey will be carried out on a 400 m stretch of track, obtaining a survey of the pathologies found, discovering the causes and origins of the problems, and analyzing the possible solutions. Thus providing minimum conditions and requirements for the confort and safety of an aerial operation

Key-words: Airfield, Aircraft, Anomalies, Pavement.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que todos os pavimentos gradualmente se deterioram com o tempo. Essa deterioração é normalmente evidenciada pelo aparecimento de diferentes tipos de defeitos estruturais e de superfície, causados pela combinação de condições climáticas e ambientais, materiais (OLIVEIRA, 2007)

Tem-se como objetivos a realização de inspeção visual, análise, e demonstração dos métodos corretivos no Aeródromo de Gavião Peixoto – SP (Embraer S.A.) empregados. Foi considerado um conjunto de áreas no pavimento flexível da pista principal (pista de pouso e *taxyway*), que apresentavam defeitos tais como:

Trincas longitudinais, com desagregação de agregados da massa asfáltica em maior e menor grau. Ocorre principalmente entre as linhas de encontros das faixas de compactação da camada de capa do revestimento. Painelas constatadas em menor quantidade, resultam de áreas com desapropriação de agregados da massa asfáltica. Quando preenchidas com nova massa ou com material asfáltico, passam a ser caracterizados como remendos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No Brasil, segundo Gonçalves (apud CORDOVIL, 2010), em se tratando de atividades que envolvem a gerência da manutenção dos pavimentos, existe uma grande distância entre os responsáveis pelo aspecto técnico do processo e os administradores de recursos públicos, o que aumenta as dificuldades de entendimento de que as atividades de manutenção não significam apenas redução de custo, mas também a preservação do patrimônio existente e o aumento da segurança operacional.

A manutenção de segurança é definida pela reabilitação de anomalias localizadas que possam por em causa a segurança das operações aéreas do aeródromo. Este tipo de manutenção prevê a intervenção imediata e pretende assim assegurar a funcionalidade do pavimento durante o tempo necessário até à execução e recuperação do trecho em questão. É direcionada, normalmente para a reabilitação de anomalias de nível de gravidade alto, tais como, *Fendas Longitudinais e Transversais* ou *Remendos* no caso de pavimentos flexíveis (Shahin, 2005 e Veloso, 2001).

Segundo Lemos (apud SHAHIN, 2005), Atualmente, existem várias técnicas para manutenção de pavimentos flexíveis, baseadas em métodos sistemáticos e consistentes de seleção das melhores alternativas de conservação e reabilitação de pavimentos e do momento adequado para a sua implementação, cujo objetivo é aumentar o seu tempo de vida útil e por garantir as condições necessárias para a circulação de aeronaves. As consequências de uma conservação dos pavimentos inadequada e fora de tempo, pode levar a um aumento de quase 50% no custo da reabilitação, além de aumentar o risco de ocorrência de acidentes e o tempo de encerramento ao tráfego.

Os pavimentos flexíveis são compostos por um revestimento de concreto asfáltico apoiados sob um conjunto de camadas subseqüentes que são construídas com materiais cuidadosamente selecionados como solos ou misturas de solos e materiais granulantes. As camadas que compõem sofrem uma deformação elástica significativa em virtude do carregamento aplicado, fazendo distribuir a carga equitativa e gradativamente entre elas (DURÁN, J. B. C.)

3. DESENVOLVIMENTO

Cada problema detectado em um pavimento normalmente esta associado a mais de uma causa. As trincas longitudinais têm como principais causas, a deficiência de compactação na área de encontro das faixas. As panelas podem ter como origem das anomalias, a quantidade de massa asfáltica, a aplicação na pista desta massa ou até mesmo, a falta de manutenção da pista ou o esgotamento da sua vida útil. O desgaste do revestimento esta associado à utilização da pista, e também ao seu envelhecimento natural, devido ao tempo e as condições ambientais. Na tabela 1, podemos observar as patologias encontradas em pavimentos aeroportuários flexíveis

Defeito n°	Nomenclatura	Causas	Métodos de reparo
1	Trinca couro de crocodilo ou trinca de fadiga	Tráfego/fadiga	Reparo superficial
2	Exsudação	Gradientes térmicos; Dosagem de mistura asfáltica	Reparo superficial
3	Trinca em blocos	Tráfego/fadiga; Gradiente de temperatura	Reparo superficial
4	Ondulação	Tráfego/fadiga; Dosagem de mistura asfáltica	Reparo superficial
5	Depressão	Tráfego/falha executiva	Reparo superficial
6	Erosão por carbonização	Tráfego; Gradientes térmicos;	Reparo superficial
7	Trinca de reflexão de junta (longitudinal e transversal)	Gradientes térmicos ou de umidade	Selagem
8	Trinca longitudinal e transversal	Tráfego/fadiga	Selagem
9	Contaminação por óleo	Derramamento de óleo, combustível ou material solvente	Reparo superficial
10	Remendo	Deterioração do revestimento	Reparo superficial
11	Agregado polido	Tráfego e intemperismo	Reparo superficial
12	Envelhecimento ou desagregação	Tráfego e intemperismo	Reparo superficial
13	Trilha de roda	Tráfego/fadiga; Dosagem de mistura asfáltica	Reparo superficial
14	Elevação no encontro de placas	Gradiente de temperatura;	Reparo superficial
15	Trinca de escorregamento	Falta de aderência revestimento-base; Dosagem de mistura asfáltica	Selagem
16	Expansão ou inchamento	Congelamento ou solo expansivo	Reparo superficial

Tabela 1. Principais patologias encontradas em pavimentos aeroportuários flexíveis
Fonte: DIRENG / INFRAERO e SILVA, 2005.

3.1. CARACTERÍSTICAS DO AERÓDROMO DE GAVIÃO PEIXOTO (SP)

O Pavimento caracterizado como tipo 4 (Estrutura Flexível):

- Camadas de capa em concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) com espessura de 0,05 metros
- Camada de binder em concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) como espessura 0,05 metros
- Camada de base brita granulada simples com espessura de 0,275 metros
- Camada de reforço do subleito, feito com índice granular (SOLO) com índice de suporte Califórnia (ISC) $\geq 30\%$ e espessura de 0,255 metros entre as camadas da capa do binder foi aplicado uma pintura ligante como emulsão asfáltica de ruptura rápida, tipo RR-2C, sobre a camada base aplicou-se uma pintura impermeabilizante com asfalto diluído tipo CM-30.
- Pavimento tem fundação o Subleito, na camada superficial passou por uma etapa chamada de Terraplanagem orientada, ela consiste na remoção do natural e na sua recompactação, na espessura de 1,00 metros. Para cada 0,50 metros do inferior, o natural foi recompactado para um grau de compactação (GC) mínimo de 90% energia do proctor modificado, Para os outros 0,50 metros, o GC mínimo foi de 95% em ambas as camadas, o solo utilizado apresentava o índice de suporte Califórnia – ISC $\geq 15\%$.

3.2. ESTUDO DE CASO

Tem-se como objetivo estudar os casos de patologias referentes ao aeródromo de Gavião Peixoto (SP). As circunstâncias no momento da pesquisa, permitiram apenas captura e coleta de dados do trecho principal da *Stopway*, onde os resultados obtidos, são demonstrados à seguir:

3.3. PRINCIPAIS PATOLOGIAS DETECTADAS NA PISTA DO AERÓDROMO DA EMBRAER

a) Fendilhamento

O fendilhamento é geralmente um dos primeiros sinais da redução da qualidade estrutural do pavimento flexível. Engloba vários tipos de degradações que se classificam quanto à sua origem e localização

- Fenda Longitudinal e Transversal

As fendas longitudinais tendem a aparecer junto ao eixo da via, (enquanto as transversais ortogonalmente) ou junto à berma. Como mostrado na Figura 1. Estes tipos de fendas estão muitas vezes associadas a fenômenos de contração ou de retração da superfície das camadas betuminosas



Figura 1. Fenda longitudinal e transversal

- Pele de Crocodilo ou Fendilhamento por fadiga

Pele de Crocodilo é o conjunto de fendas ramificadas entre si que formam uma malha com aspecto semelhante à “pele de crocodilo”. Como é mostrado na Figura 2. Pode ter origem na fadiga das camadas betuminosas sendo que esta é um indicador da fraca capacidade

estrutural do pavimento, muitas vezes, resultante da saturação das camadas de base e de sub-base.



Figura 2. Fendilhamento por fadiga ou Pele de Crocodilo

b) Desagregação da camada ou Desgaste

A desagregação da camada de desgaste num pavimento betuminoso resulta na perda de qualidade superficial causada pela ligação insuficiente dos materiais constituintes da mistura. Quando a mistura betuminosa perde a sua componente mais fina, os agregados grossos ficam mais salientes devido ao aumento da macrotextura do pavimento. À medida que a degradação vai evoluindo dá-se o desprendimento dos agregados grossos, havendo desagregação superficial. Como é mostrado na Figura 3.



Figura 3. Desgaste do pavimento betuminoso e desagregação do revestimento

- Panelas ou Buracos

Os buracos, para serem formados, precisam que dois elementos ocorram simultaneamente: água e tráfego. A intrusão da água no pavimento normalmente devido a uma vedação incorreta, inicialmente penetra no substrato logo abaixo, afrouxando o solo adjacente. Combinado com a passagem de pneus quase constante na superfície. Como é mostrado na Figura 4.



Figura 4. Buracos na camada superficial do pavimento

3.4 MANUTENÇÃO DO PAVIMENTO

A manutenção de um pavimento compreende todas as intervenções que afetem, direta ou indiretamente, o nível de serventia atual e/ou o desempenho futuro do pavimento. A manutenção pode ser de dois tipos fundamentais: a conservação e a restauração. Um terceiro tipo de intervenção, utilizado quando não se aproveitará o pavimento existente, é a reconstrução. As definições relativas aos principais tipos de intervenções impetradas nos pavimentos estão apresentadas abaixo:

Conservação: Consiste de intervenções que visam a correção total ou parcial de deficiências funcionais e/ou a proteção da estrutura do pavimento contra uma degradação mais acelerada durante os próximos anos;

Restauração: É o processo de se trazer a condição funcional a níveis aceitáveis por meio de intervenções que sejam técnica e economicamente adequadas, o que implica em que a

durabilidade e o desempenho da solução implementada devam atender a requisitos mínimos, além de levarem a um retorno máximo do investimento realizado, dentro das restrições técnicas e operacionais existentes. A restauração requer, portanto, a execução de um projeto de engenharia completo e consistente;

Reconstrução: Consiste da remoção total do pavimento existente e é utilizada quando:

- Os custos de uma restauração superam o da reconstrução do pavimento;
- Não há confiabilidade suficientemente aceitável para o desempenho do pavimento restaurado;
- Pavimento deve ser restaurado e haverá também uma mudança de traçado na rodovia, motivada, por exemplo, pela necessidade de uma elevação de padrão operacional.

3.5 TÉCNICAS PARA CONSERVAÇÃO

A conservação de um pavimento asfáltico compreende a correção rotineira de defeitos, sem técnicas muito elaboradas. Quando seus custos anuais se tornam importantes ou defeitos como trincas, afundamentos plásticos e desgaste superficial começam a interferir com a serventia, deve-se restaurar o pavimento.

3.6. PROBLEMAS OPERACIONAIS

A degradação dos pavimentos é um dos fatores contribuintes para as ocorrências de acidentes envolvendo aeronaves. Assim, a decisão de conservar uma rede de pavimentos ou mesmo um único sistema de pistas é uma atividade extremamente importante e difícil para uma empresa administradora de aeroportos, haja vista que os recursos financeiros envolvidos nessa operação são altos e, na maioria das vezes, insuficientes.

Entretanto defeitos superficiais como a desagregação de partículas sólidas da massa asfáltica e, ainda, as trincas longitudinais, comprometem a segurança e a operação de aeronaves que pousam, decolam e taxiam na pista.

4. SOLUÇÃO ENCONTRADA PARA CORRIGIR PROBLEMAS OPERACIONAIS

Para corrigir os problemas operacionais causados às aeronaves, é necessário realizar uma intervenção na superfície do pavimento, de modo a corrigir defeitos citados. A medida

mais indicada, como solução paliativa, é a execução de “Remendos” nos pontos pré-determinados da pista com concreto betuminoso usinado à quente (CBUQ).

Estes remendos terão finalidade principal de eliminar os problemas superficiais do pavimento e não tratar deficiências estruturais, no qual não foram encontrados no local. À partir das análises visuais dos elementos de projetos e dos dados de levantamentos de campo, conclui-se que o pavimento da pista está com sua estrutura íntegra, portanto apto para suportar as cargas e tráfego de aeronaves para os quais foi projetado.

Assim, a pista será recuperada com remendos em áreas localizadas da camada de capa de (CBUQ), na espessura de 5,0 cm. A área total calculada, considerando que a dimensão adotada do levantamento dos defeitos, será de 400m².

4.1. CORTES E FRESAGENS LOCALIZADAS DO REVESTIMENTO

Para a execução dos serviços “Remendos”, serão necessários cortes com serra Clipper, na profundidade de 5,0 cm e fresagem a frio da área a ser reparada (o equipamento para remoção do pavimento deverá ter dispositivo de regulagem da espessura da camada do pavimento que será removida), como é mostrado na Figura 5. Os locais das fresagens devem ser completamente limpos de todo material solto e desagregado do pavimento, decorrente do serviço, inclusive com uso de jato de ar, se necessário, para eliminação da poeira deve-se aplicar jato de água após a limpeza.



Figura 5. Corte e fresagem a frio do pavimento

4.2 PINTURA DE LIGAÇÃO

Entre a camada de reforço do pavimento e o revestimento atual será executada a pintura de ligação. Como é mostrado na Figura 6. Será seguida a especificação DNER – ES 307/97, sendo indicada a emulsão asfáltica de ruptura rápida RR-2C. A taxa indicada de ligante betuminoso residual é de $0,035 \text{ l/m}^2$, recomendando-se que emulsão seja diluída na proporção de 1:1 com água, de forma a assegurar a uniformidade da distribuição da taxa residual. A taxa de aplicação emulsão diluída é da ordem de $0,9 \text{ l/m}^2$.



Figura 6. Pintura de ligação dos locais a ser recuperado

4.3. CAMADA DE REPOSIÇÃO CBUQ FRESADO DO PAVIMENTO FLEXIVEL

Esta reposição será em concreto betuminoso usinado a quente CBUQ, com 5,0 cm de espessura, nas áreas de pavimento do *Stopway* que foram previamente preparadas, isto é: delimitadas, serradas, fresadas e limpas. A espessura citada é para a camada compactada. O ligante a ser utilizado será o cimento asfáltico de petróleo (CAP), tipo CAP-30/45. Como mostra a Figura 7.

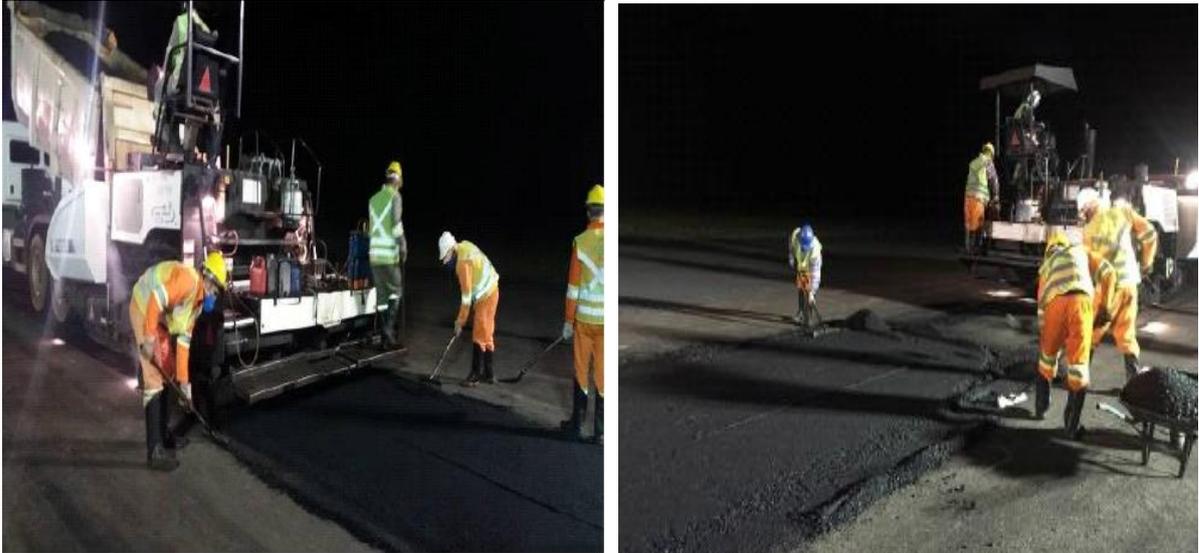


Figura 7. Reposição e compactação da massa asfáltica

A seleção dos materiais, a produção da massa asfáltica e sua aplicação na pista devem seguir a norma DNIT 031/2006 – ES. O material de enchimento da mistura (filer) deve ser cimento portland ou cal hidratado tipo CH-1. Devem ser realizados ensaios para aplicação.

5. RESULTADOS

De acordo com a pesquisa realizada em campo no aeródromo de Gavião Peixoto–SP, encontrou-se em pontos diferentes da pista apenas um tipo de patologia referente ao estudo realizado.

Sendo assim o diagnóstico que obtivemos do aeródromo, foi que as patologias detectadas na camada superficial do pavimento flexível, não afetaram a camada estrutural do pavimento, portanto o mesmo encontra-se com sua estrutura íntegra, e esta apto para receber as cargas e o tráfego para qual foi projetado e dimensionado.

6. CONCLUSÃO

O presente artigo procura contribuir para o desenvolvimento e aprofundamento técnico na prática de realizar manutenções e conservação de pavimentos aeroportuários, Neste estudo utilizamos exemplos práticos na correção das principais anomalias encontradas no aeródromo da Embraer em Gavião Peixoto-SP. Assim mostramos como são feitas as manutenções em pavimentos aeroportuários, levando em conta as pesquisas e detalhamentos de cada anomalia encontrada, contudo facilitar na detecção e prevenção das anomalias, deste modo o pavimento terá segurança/conforto e durabilidade para qual foi dimensionado e projetado.

O volume crescente de informação relativa à rede de pavimentos leva à necessidade de um sistema eficiente de processamento de dados e de consulta rápida agilizando o processo de tomada de decisões. Neste campo, o SGPA (Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários) representa uma possibilidade concreta de avançar de um sistema de manutenção tradicional, baseado quase sempre na correção de problemas, para um sistema de manutenção planejada em que atuação sobre os pavimentos abrange não só a solução dos problemas imediatos, mas, também, um trabalho preventivo que prolonga a vida útil e garante os padrões mínimos de serviço de toda a rede

7. REFERÊNCIAS

(Agência Nacional de Aviação Civil). ANAC. Manual de Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários – SGPA. 52 p. 2017

BARROS, R. L. **Gestão de conservação de pavimentos de aeroportos e aeródromos**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Portugal, 2008

CORDOVIL, R. M. **Um programa de gerência de pavimentos para o comando da aeronáutica. Estudo de caso: Base Aéreas da Região Sul**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2010.

DNER/DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

DURÁN, J. B. C. **Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários: Estudo de Caso no Aeroporto Estadual de Araraquara**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes – Área de concentração: Infraestrutura de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, EESC/USP. 202 p. São Carlos, SP, 2015.

EMBRAER (SA). Departamento de Infraestrutura e Manutenção

DNER/DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

GONÇALVES, F. J. P. **Diagnóstico e manutenção de pavimentos – Ferramentas auxiliares**. Editora da Universidade de Passo Fundo, 2007

OLIVEIRA, F. H. L. **Proposição de estratégia de manutenção de pavimentos aeroportuários baseadas na macrotextura e no atrito: Estudo de caso do Aeroporto Internacional de Fortaleza**. Departamento de Engenharia de Transportes - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2008

RAMOS, F. R. Q. **Aplicação de SMA (Stone Matrix Asphalt) em pavimentos aeroportuários- Estudo de caso: Aeroporto de Aracaju-SE**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Geotecnia – Núcleo de Geotecnia. Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. 202 p. 174. Ouro Preto, MG, 2015.

SHAHIN, M. **“Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots”**. Springer. 2005.

VELOSO, J. **“Gestão de Pavimentos Aeronáuticos”**. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Transportes. Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. 2001. Lisboa