



AVALIAÇÃO DO MÉTODO PCI E DO PROGRAMA PAVEAIR PARA A GERÊNCIA DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS

JORGE BRAULIO COSSÍO DURÁN¹; JOSÉ LEOMAR FERNANDES JÚNIOR²

RESUMO

O presente artigo objetiva contribuir para a implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Aeroportuários (SGPA) em nível de rede no Aeroporto Estadual de Araraquara-SP Bartolomeu de Gusmão. O aeródromo foi dividido em ramos, seções e amostras e posteriormente realizou-se um levantamento dos defeitos presentes na superfície. O programa computacional *FAA PAVEAIR* foi utilizado para determinar, com base no método PCI (*Pavement Condition Index*), a condição atual das seções do pavimento que compõem a pista de pousos e decolagens, a pista de rolagem e o pátio de aeronaves. Com valores de PCI calculados e com históricos de intervenções disponíveis, foi feita a previsão do desempenho do pavimento, expressa em termos de perda de PCI por ano. Em seguida, foram planejadas cinco estratégias de intervenção baseadas numa escala de classificação de PCI de cinco categorias (Muito Bom, Bom, Regular, Ruim e Muito Ruim) considerando-se um período de projeto de vinte anos. A melhor estratégia foi escolhida aplicando o critério da razão Benefício/Custo. Consequentemente, elaborou-se o respectivo cronograma de atividades de manutenção e reabilitação. Os resultados mostraram que o aeródromo apresenta atualmente condições regulares de operação indicadas por um PCI médio de 67, sendo os principais defeitos: desagregação das partículas da mistura asfáltica, trincas transversais e, principalmente, trincas longitudinais. Por sua vez, a melhor estratégia, se aplicada ao longo do período de projeto, resultaria em um valor de PCI médio igual a 77, correspondente a boas condições de operação. Assim, o estudo de caso desenvolvido representa um exemplo completo que contribui tanto para a implantação de um SGPA em nível de rede para um aeroporto só, quanto para o desenvolvimento de um SGPA integral para uma rede de aeroportos de pequeno, médio e grande portes no Brasil.

PALAVRAS CHAVE: SGPA; avaliação de pavimentos; PCI; manutenção e reabilitação; análise econômica.

ABSTRACT

This paper aims to contribute to the implementation of an Airport Pavement Management System (APMS) at a network level in the Araraquara-SP Bartolomeu de Gusmão State Airport. The airfield was divided into branches, sections and samples; subsequently a survey was carried-out to evaluate the conditions of the pavement and the present surface distresses. The computer program *FAA PAVEAIR* was used to determine based on the PCI (*Pavement Condition Index*) the current condition of the pavement sections that make up the runway, taxiway and apron. With calculated values of PCI and available historical information of interventions, a prediction of the pavement performance, expressed in terms of PCI loss per year, was completed. Then were planned five intervention strategies based on a PCI rating scale of five categories (Very Good, Good, Fair, Poor and Very Poor) considering a twenty-year period of project. The best strategy was chosen bases on the criterion of the Benefit/Cost ratio. Consequently, a schedule plan of maintenance and rehabilitation activities was elaborated. The results showed that the airfield currently has regular operating conditions indicated by an average PCI of 67, the main airfield distresses are: raveling, transverse cracking and mainly longitudinal cracking. The best strategy if applied over the project period, PCI result in an average value of 77, corresponding to good operating conditions. Therefore, the study case represents an example that contributes both to the implementation of a APMS at network level for an airport only, and for the development of a comprehensive APMS for an airport network of small, medium and large sizes in Brazil.

KEY WORDS: APMS; pavement evaluation; PCI; maintenance and rehabilitation; economic analysis.

^{1, 2} Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Transportes.



INTRODUÇÃO

A infraestrutura aeroportuária representa uma grande parcela dos recursos materiais e financeiros da administração de aeroportos e a importância da conservação de uma rede de pavimentos aeroportuários é evidente, uma vez que a deterioração do pavimento pode contribuir para a ocorrência de acidentes aéreos. Contudo, os recursos financeiros necessários para a adequada conservação de uma rede de pavimentos são elevados e, na maioria das vezes, os recursos disponíveis são insuficientes (Shahin, 2005).

São milhões os metros quadrados de pavimento utilizados na infraestrutura aeroportuária. O Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo (DAESP), por exemplo, administra 26 aeroportos estaduais que totalizam 1.956.552 m² de pavimento, dos quais 99% são pavimentos flexíveis e somente 1% é pavimento rígido (DAESP, 2014). Portanto, a grande quantidade de recursos financeiros investidos na infraestrutura aeroportuária faz com que uma das principais preocupações das autoridades administrativas seja a preservação da vida útil dos pavimentos, por meio do constante monitoramento da estrutura e da correta execução de atividades de M&R.

Deste modo, os SGPA visam a obtenção do melhor retorno possível para os recursos investidos, provendo pavimentos seguros, confortáveis e econômicos, que são os principais benefícios esperados por uma sociedade que exige o retorno do que foi indiretamente investido através de impostos e taxas pagos. Os SGPA permitem avançar de um esquema de manutenção baseado apenas na correção de problemas para um sistema de manutenção planejada, capaz de prolongar a vida útil e garantir padrões mínimos de serviço em toda a rede. Assim, uma programação eficiente das atividades de M&R, resultante da implantação de um SGPA, pode dar respostas às questões de como, quando e onde utilizar os recursos financeiros disponíveis (Fernandes Jr. *et al.*, 2011).

O propósito deste trabalho é contribuir para a implantação de um SGPA em nível de rede no Aeroporto Estadual de Araraquara-SP Bartolomeu de Gusmão. Para isso, o aeródromo foi dividido em ramos, seções e amostras, de forma a organizar a avaliação da superfície e definir áreas viáveis para executar trabalhos de M&R segundo o seu estado de conservação. Os dados decorrentes do levantamento (tipo de defeito, extensão, severidade e localização) foram armazenados numa base de dados criada através do programa computacional *FAA PAVEAIR*. O programa permitiu calcular o PCI das amostras e seções que compõem os ramos do aeródromo, assim como a previsão do desempenho do pavimento expressa em termos de perda de PCI por ano. Os valores de PCI calculados foram classificados através de uma escala de PCI constituída por cinco categorias: Muito Bom, Bom, Regular, Ruim e Muito Ruim. Em seguida, com a condição do pavimento das seções foram propostas cinco estratégias de intervenção considerando um período de projeto de vinte anos. De forma a avaliar e selecionar a alternativa com o menor custo possível, este trabalho utiliza o critério da razão Benefício/Custo, utilizado geralmente para comparação de alternativas de investimentos, sendo imprescindível para a definição da viabilidade de projetos de manutenção e reabilitação de aeródromos.

A intenção de contribuir na implantação de um SGPA no Aeroporto Estadual de Araraquara é fornecer uma ferramenta de controle e auxílio na tomada de decisões técnicas e administrativas relacionadas com o planejamento, programação, orçamento e identificação das áreas candidatas à manutenção e reabilitação. Além disso, os resultados e benefícios obtidos através do presente trabalho podem incentivar a implantação de um SGPA integral para a rede de aeroportos de administrações aeroportuárias de pequeno, médio e grande porte no Brasil.



ESTUDO DE CASO

O Estado de São Paulo administra, através do DAESP, uma rede de 26 aeroportos pavimentados, entre eles, o Aeroporto Estadual de Araraquara. A infraestrutura aeroportuária do DAESP totaliza 1.956.552 metros quadrados de pavimento, divididos em pistas de pouso e decolagem, pátios de aeronaves e pistas de rolagem. Em 2014, os 26 aeroportos movimentaram 341.986 aeronaves, 2.981.502 kg e 1.992.170 passageiros (DAESP, 2014). O Aeroporto Estadual de Araraquara recebe o nome de Bartolomeu de Gusmão e é designado pela Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO) com as siglas SBAQ. Em dezembro de 2013 o aeroporto foi reinaugurado após 6 anos e 5 meses sem operação de voos regulares, período em que o aeródromo era utilizado apenas por empresas privadas, ligadas à atividade de negócios, pelo Aeroclube de Araraquara e pela Unidade de Instrução Prática da Escola de Aviação Fênix.

O SBAQ recebe atualmente uma média mensal de aproximadamente 1000 pousos e decolagens, embarcando e desembarcando um acumulado de aproximadamente 50.000 passageiros, de janeiro a setembro de 2014. O tráfego aéreo que opera no aeroporto corresponde à aeronave ATR-72 (peso máximo de decolagem igual a 21.500 kg), utilizada pela empresa Azul para operação de voos regulares domésticos entre Araraquara-SP e Campinas-SP. Além disso, há operação de aeronaves de pequeno porte como o Cessna 310 e o EMB-712 Tupi, utilizadas pela Escola de Aviação e pelo Aeroclube de Araraquara e com pesos máximos de decolagem em torno de 2000 kg. A maior parte das operações aéreas é devida a voos não regulares e a toques e arremetidas das pequenas aeronaves. A Tabela 2 mostra as características operacionais do aeroporto.

Tabela 1. Características operacionais do Aeroporto Estadual de Araraquara.

Características gerais	
Latitude	21°48'16" S
Longitude	48°08'25" O
Código de pista	2
Altitude	711 m
Área patrimonial	182,3 ha
Superfície pavimentada	86.144 m ²
Temperatura média	29,4 °C
Distância aérea da capital	253 km
Distância centro da cidade	6 km
Média mensal de pousos e decolagens (regulares/não regulares/toque e arremetida)	997
Linha aérea comercial em operação	Azul
Pista de pouso e decolagem	
Pavimento	Flexível
Dimensões	1800 m x 30 m
Designação da cabeceira	17-35
Resistência (<i>Pavement Classification Number</i> - PCN)	40/F/A/X/T*
Declividade máxima	1,39%
Declividade efetiva	1,07%
Pistas de rolagem	
Pavimento	Flexível
Dimensões Pista de rolagem A (Principal)	160 m x 23 m
Dimensões Pista de rolagem B (Hangares de empresas privadas)	302,5 m x 10 m
Dimensões Pista de rolagem C (Escola de Aviação Civil)	281,5 m x 23 m
Pátio de aeronaves	
Pavimento	Flexível
Dimensões	138 m x 93,5 m
Capacidade de aviões	3 ATR ou 2 Airbus
Instalações	
Capacidade do terminal de passageiros	210 passageiros

*Pavimento avaliado de forma técnica com PCN igual a 40, flexível, de resistência do subleito alta e pressão admissível dos pneus média.



De acordo com Dinato (2001), o Aeroporto Estadual de Araraquara começou a ser construído em 1937, época em que o aeroporto operava duas pistas de pousos e decolagens não pavimentadas, ambas com dimensões iguais a 1000 m de comprimento, 32 m de largura e orientação 08/26 e 16/34 que davam ao aeródromo a forma de um “T”. Contudo, foi só em 1973 quando começaram os estudos para a pavimentação e ampliação do aeródromo. O planejamento da ampliação e a escolha do novo traçado da pista ficaram a cargo do DAESP, que com o desenvolvimento das diretrizes do projeto recomendou a desativação da pista secundária (orientação 08/26) e estabeleceu a pista principal (orientação 16/34) como foco do projeto. Assim, em 1975, foi executado o projeto de uma nova pista baseada no traçado da pista com orientação 16/34, mudando ligeiramente para a orientação 17/35 que é a sua orientação atual. A Tabela 1 mostra um resumo do histórico de construção do Aeroporto Estadual de Araraquara.

Tabela 2. Histórico de construção do Aeroporto Estadual de Araraquara.

Ano	Obras
1975	* Construção da nova pista de pousos e decolagens, orientação 17/35 (1200 x 30 m) * Construção da Pista de rolagem A principal * Construção do pátio de aeronaves
1985	* Construção da pista de rolagem de acesso aos hangares
1986	* Ampliação da pista de pouso e decolagem (1500 x 30 m)
1997	* Ampliação da pista de pouso e decolagem (1800 x 30 m) * Recapeamento total da infraestrutura existente
2000	* Construção da pista de rolagem B para uso do aeroclube e C para a escola de aviação Fênix
2006	* Ampliação do pátio de aeronaves
2013	* Construção do novo terminal de passageiros e estacionamento de veículos
2014	* Construção de cobertura do meio fio (lado terra) * Reurbanização do entorno * Adequação de calçamento * Readaptação da Seção Contra Incêndio (SCI)
2016 ¹	* Ampliação da pista de pouso e decolagem (2300 x 45 m) * Ampliação do pátio de aeronaves * Construção de Pista de rolagem D secundária (1700 x 25 m)

^[1] Ano provável para os trabalhos serem executados

O projeto de dimensionamento do pavimento foi realizado com base no método do CBR (*California Bearing Ratio*), utilizando o gráfico da aeronave B737-200 da *Boeing Company* indicado para pavimentos flexíveis (Dinato, 2001). A Figura 1 mostra a estrutura atual do pavimento do aeródromo. Ressalta-se que os primeiros 1200 metros do pavimento da pista de pousos e decolagens foram construídos com uma base estabilizada com solo-cimento, enquanto os 600 metros restantes foram construídos com uma base de macadame hidráulico. A superfície pavimentada do aeródromo em estudo totaliza 86.144 m² de pavimento flexível, em que 56.944 m² correspondem à pista de pousos e decolagens, 14.360 m² às pistas de rolagem e 14.840 m² ao pátio de aeronaves (DAESP, 2014). A superfície total pavimentada do aeroporto representa 4,4% da somatória das superfícies pavimentadas dos 26 aeroportos administrados pelo DAESP.

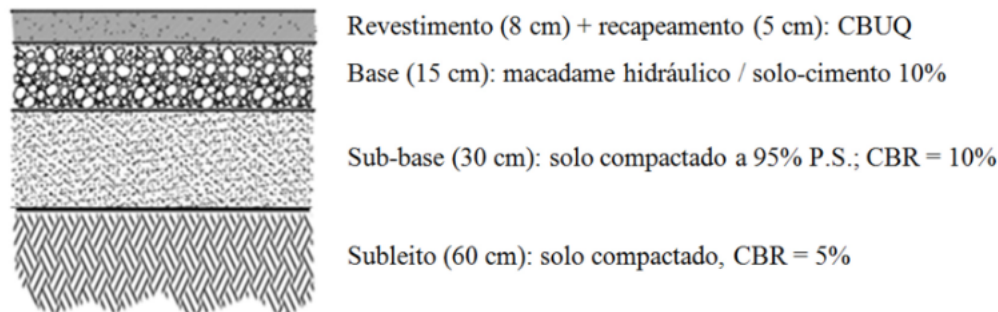


Figura 1. Estrutura atual do pavimento do SBAQ [adaptada de Dinato (2001)].



METODOLOGIA

Definição dos ramos, seções e amostras

O primeiro passo no desenvolvimento de um SGPA é a divisão do aeródromo. De forma a organizar a avaliação da superfície e definir áreas viáveis para executar trabalhos de M&R segundo o seu estado de conservação, o aeródromo em estudo foi considerado como uma rede e dividido em ramos, seções e amostras. Cada seção foi dividida segundo sua designação de uso, tipo de pavimento e histórico de construção: pista de pousos e decolagens (PI), pistas de rolagem (TX) e pátio de aeronaves (PA). As amostras foram divididas em áreas de entre 270 e 630 m² como estabelecido na norma D5340-12 da Sociedade Americana para Testes e Materiais (ASTM) referente ao método de teste padrão para a avaliação do índice de condição de pavimentos aeroportuários (ASTM, 2012). A Figura 2 mostra o mapa da rede do SBAQ dividido em ramos, seções e amostras.

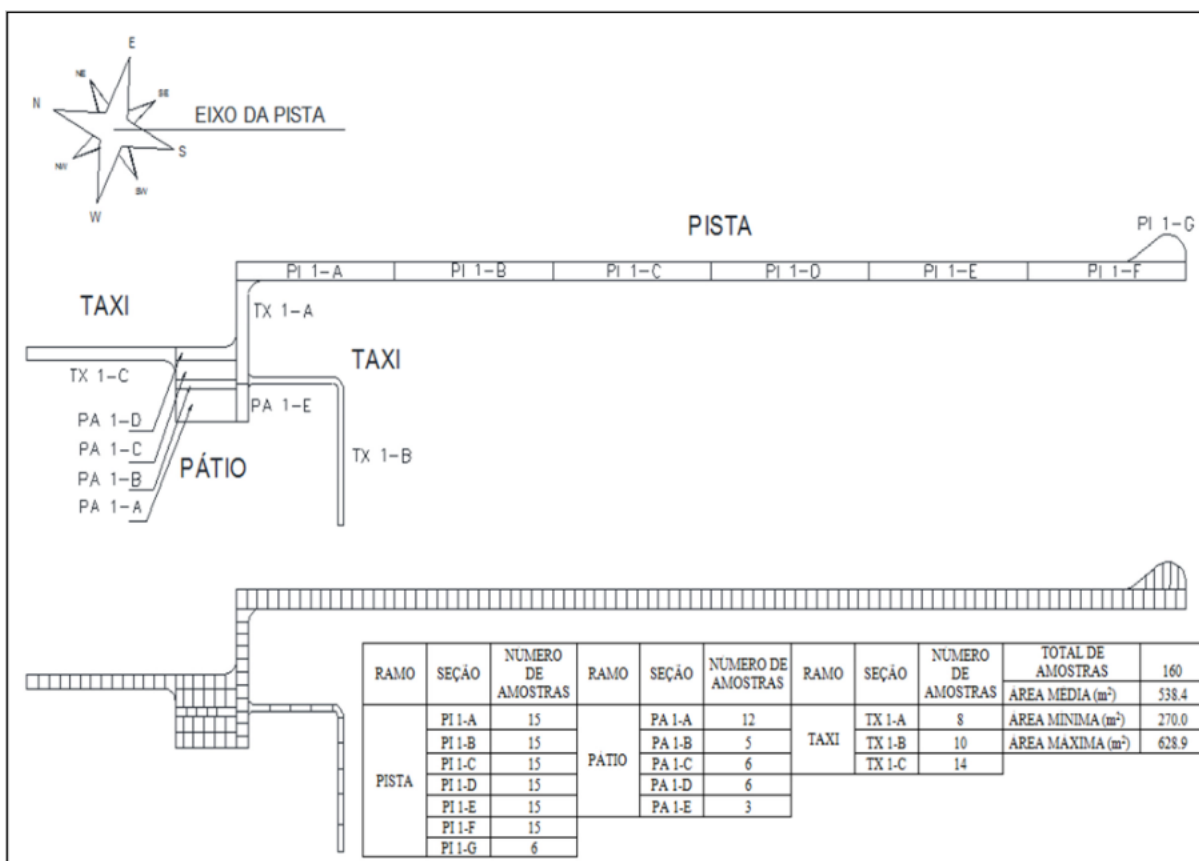


Figura 2. Rede do Aeroporto Estadual de Araraquara dividida em ramos, seções e amostras.

A Figura 2 mostra que a rede foi dividida em 15 seções e em 160 amostras. Esta divisão baseou-se nos critérios mencionados a seguir:

- PI 1-A, PI 1-B, PI 1-C, PI 1-D, PI 1-E e PI 1-F – Pista de pouso e decolagem: Este ramo representa a pista, sendo dividida desta forma uma vez que os primeiros e os últimos 300 metros da pista, correspondentes às cabeceiras 17 e 35, são as áreas que recebem o impacto direto das aeronaves sobre o pavimento no momento do pouso e que os primeiros 1200 m da pista, seguidos dos 1500 e 1800 m das respectivas ampliações, possuem diferentes datas de construção. Já a seção



PI 1-G que corresponde à área de giro das aeronaves foi considerada como uma seção independente, uma vez que também existem diferenças tanto na data de construção quanto na composição do revestimento asfáltico (mistura asfalto-borracha);

- TX 1-A, TX 1-B e TX 1-C – Pistas de rolagem: Estes ramos são constituídos por apenas uma seção cada, fazendo a ligação com a pista de pouso e decolagem, o acesso aos hangares e ao pátio de aeronaves, respectivamente;

- PA 1-A, PA 1-B, PA 1-C, PA 1-D e PA 1-E – Pátio de aeronaves: o Pátio foi dividido com base nos mesmos critérios anteriores, pois existem diferenças nos históricos de construção e nos materiais usados no revestimento, como é o caso da seção PA 1-B, em que o revestimento foi construído utilizando mistura asfalto-borracha.

Avaliação do pavimento

A avaliação do pavimento visou identificar os defeitos presentes na superfície do pavimento. Foi feita em março de 2014 e teve uma duração de seis dias, sendo realizada por quatro engenheiros civis previamente treinados. A finalidade do treinamento foi adquirir os conhecimentos suficientes para identificar e registrar cada tipo de defeito, quantificar sua extensão e identificar o nível de severidade, garantindo assim, resultados homogêneos, coerentes e concisos. O levantamento de defeitos foi realizado com o auxílio do manual de defeitos disponibilizado pela norma D5340-12 (ASTM, 2012).

A coleta de dados foi realizada de forma manual, ou seja, caminhando sobre a amostra e identificando visualmente os diversos defeitos. Utilizou-se uma trena com 40 metros para identificar as seções e amostras a serem avaliadas e para medir a superfície dos diferentes defeitos; uma régua com 3 metros para medir a extensão e abertura de trincas e uma trelça de alumínio para medir a profundidade de afundamentos. Para cada amostra avaliada foi preenchido um formulário de avaliação de PCI através do registro dos diferentes tipos de defeito, associando o respectivo código de identificação com a letra que indica seu nível de severidade: Baixa (B), Média (M) e Alta (A).

Embora a metodologia do PCI (descrita mais para frente neste item) permita calcular o número mínimo de amostras a serem avaliadas (amostragem aleatória) atendendo um nível de confiança de 95%, foi possível avaliar todas as amostras que compõem a rede. A avaliação de todas as amostras é sugerida quando não existem dados anteriores de PCI e quando as operações aéreas permitem fazer um levantamento completo. Um levantamento de defeitos completo determina a condição atual do pavimento com maior precisão e permite obter valores concisos, necessários para a determinação do número mínimo de amostras a serem avaliadas em avaliações futuras.

Programa computacional FAA PAVEAIR

FAA PAVEAIR é um programa computacional público e gratuito desenvolvido pela *Federal Aviation Administration* (FAA) para criar e implantar Sistemas de Gerência de Pavimentos Aeroportuários em aeroportos de pequeno, médio e grande portes. O programa cumpre com os requisitos da *Advisory Circular 150/5380-7A* da FAA, referente ao conceito e componentes essenciais de um SGPA e seu uso na tomada de decisões de baixo custo para a manutenção e reabilitação de pavimentos aeroportuários (FAA, 2006). *FAA PAVEAIR* foi projetado para ser usado por engenheiros e autoridades administrativas responsáveis pelos pavimentos aeroportuários que devem determinar o mais preciso PCI de forma a manter a maior qualidade e segurança possível nos



pavimentos, dentro das limitações orçamentárias e prazos aceitáveis. O aplicativo adota rigorosamente os procedimentos de avaliação dos pavimentos e o manual de defeitos estabelecidos pela ASTM para pavimentos flexíveis e rígidos, aeroportuários e rodoviários, uma vez que a infraestrutura aeroportuária também é constituída por áreas de passagem de veículos rodoviários (ASTM, 2011; 2012). Qualquer mudança nestas normas é refletida no aplicativo *FAA PAVEAIR*.

O uso do *FAA PAVEAIR* permitiu a criação de uma base de dados que armazenou toda informação inerente aos pavimentos, principalmente os históricos de construção e de intervenções feitas, assim como o tipo, quantidade e severidade dos defeitos, resultado da avaliação do pavimento. Essas informações foram indispensáveis para calcular o PCI das seções e amostras que compõem o aeródromo a assim, definir a curva de previsão de desempenho do pavimento e analisar sua condição ao longo de um período de tempo definido, facilitando a escolha de atividades de manutenção e reabilitação adequadas.

Índice de condição do pavimento (PCI)

O PCI é um índice numérico que varia de 0 para pavimentos completamente ruins a 100 para pavimentos em perfeitas condições sendo dividido, para fins deste trabalho, em cinco categorias, como mostrado na Figura 3.

91 a 100	Muito Bom
76 a 90	Bom
51 a 75	Regular
26 a 50	Ruim
0 a 25	Muito Ruim

Figura 3. Escala de classificação do PCI.

O cálculo do PCI é baseado nos resultados da avaliação visual da condição do pavimento. O grau de deterioração de um pavimento está em função do tipo, severidade e densidade (quantidade do defeito com relação à área da amostra avaliada) de cada um dos defeitos. Devido ao grande número de possíveis condições do pavimento, produzir um índice que considere esses três fatores torna-se um problema considerável. De modo a solucionar esse problema, “Valores Deduzidos” (VDs) são introduzidos na metodologia do PCI para indicar o grau do efeito que cada combinação de tipo de defeito, nível de severidade e densidade tem na condição do pavimento.

Os VDs de cada defeito são fatores de ponderação que traduzem a influência que sua densidade e severidade têm na condição do pavimento, fornecendo valores entre 0 e 100. A determinação dos VDs é feita através da consulta de gráficos específicos disponíveis para cada tipo de defeito. Uma vez que os VDs dependem da densidade, valores iguais ou perto de zero indicam que os defeitos não afetaram significativamente o desempenho do pavimento, enquanto valores deduzidos iguais ou perto de cem indicam defeitos extremamente graves.



Os VDs são em seguida ajustados através de um gráfico específico de Valor Deduzido Corrigido (VDC). O VDC é o valor que será subtraído do valor máximo do PCI (100) e tem como base um número máximo de deduções que objetivam traduzir, de forma ajustada, a influência que o conjunto de defeitos registrados na amostra tem na condição do pavimento. Assim, o cálculo do PCI de uma amostra é dado pela Equação 1.

$$PCI_{amostra} = 100 - VDC \quad (1)$$

em que:

$PCI_{amostra}$: Índice de Condição do Pavimento da amostra e,
 VDC : Valor Deduzido Corrigido.

Por sua vez, para calcular o PCI das seções é utilizada a Equação 2.

$$PCI_S = \overline{PCI_r} = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{r,i} * A_{r,i})}{\sum_{i=1}^n A_{r,i}} \quad (2)$$

em que:

PCI_S = valor do PCI da seção;
 $\overline{PCI_r}$ = média ponderada do PCI das amostras da seção;
 $PCI_{r,i}$ = PCI da amostra i selecionada aleatoriamente;
 $A_{r,i}$ = Área da amostra i selecionada aleatoriamente e,
 n = número total de amostras aleatórias avaliadas.

O método completo do cálculo do PCI usado pelo *FAA PAVEAIR* pode ser consultado na norma ASTM D5340-12. Para pavimentos flexíveis esta metodologia considera 17 tipos de defeitos, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Defeitos nos pavimentos aeroportuários flexíveis [adaptada de ASTM (2012)].

Defeitos em pavimentos aeroportuários flexíveis (ASTM)	
1	Trincas por fadiga, couro de jacaré (<i>Alligator Cracking</i>)
2	Exsudação (<i>Bleeding</i>)
3	Trincas em Bloco (<i>Block Cracking</i>)
4	Corrugação (<i>Corrugation</i>)
5	Depressão/Afundamento (<i>Depression</i>)
6	Erosão por rápida propulsão do jato de aeronaves (<i>Jet Blast</i>)
7	Trincas de reflexão, base de concreto (<i>Joint Reflection, PCC</i>)
8	Trincas transversais e longitudinais (<i>Longitudinal & Transversal Cracking</i>)
9	Deterioração por presença de óleo/combustível (<i>Oil Spillage</i>)
10	Remendo (<i>Patching</i>)
11	Agregado polido (<i>Polished Aggregate</i>)
12	Desagregação (<i>Raveling</i>)
13	Afundamento da trilha de roda, deformação permanente (<i>Rutting</i>)
14	Solevamento da camada asfáltica devido à placa de PCC (<i>Shoving from PCC</i>)
15	Escorregamento (<i>Slippage cracking</i>)
16	Inchamento (<i>Swelling</i>)
17	Desprendimento (<i>Weathering</i>)



Estratégias de M&R

Uma vez que é conhecida a condição do pavimento das seções é possível fazer a proposta de diferentes estratégias de intervenção para um determinado período de projeto. A Figura 4 mostra as atividades de M&R recomendadas para cada uma das categorias que define a escala de classificação do PCI.

Condição do pavimento		M&R recomendada	PCI após intervenção	Vida em serviço (anos)	Custo aproximado (m ²)
91 a 100	Muito Bom	Não fazer nada (NF)	-	-	R\$ -
76 a 90	Bom	Manutenção Corretiva (MC)	mais 5 pontos	4 a 6	R\$ 2.00
51 a 75	Regular	Manutenção Preventiva (MP)	até 85	3 a 8	R\$ 9.00
26 a 50	Ruim	Reforço estrutural (RF)	até 95	8 a 15	R\$ 15.00
0 a 25	Muito Ruim	Reconstrução (RC)	até 100	mais de 15	R\$ 30.00

Figura 4. Atividades de M&R recomendadas para a classificação do PCI.

As principais características das atividades de M&R são as seguintes:

1. - NF: Nenhuma intervenção, somente monitoramento da estrutura e execução de ensaios e testes específicos no pavimento;
2. - MC: Limpeza da superfície e selagem de trincas;
3. - MP: aplicação de tratamentos superficiais ou microrrevestimento asfáltico;
4. - RF: execução de fressagem e recomposição do pavimento;
5. - RC: Reconstrução total ou parcial da estrutura do pavimento.

A coluna “PCI após intervenção” corresponde ao novo PCI alcançado após a execução de uma atividade de M&R. A atividade “Não fazer nada”, por exemplo, não apresenta acréscimo do PCI uma vez que a condição do pavimento piora quando não se faz nenhuma intervenção. A coluna “Vida em serviço” representa a duração média de uma determinada atividade de M&R, estes valores foram obtidos com base nos critérios do Programa de Pesquisa Cooperativa em Aeroportos (ACRP, 2011). Já a coluna “Custo aproximado” indica o custo médio em reais por m² de cada atividade de M&R.

É importante ressaltar que, embora estes custos sejam apresentados em ordem de grandeza, representam uma proporção adequada entre o preço de uma atividade de M&R e outra, permitindo assim para fins deste trabalho, fazer análises econômicas que forneçam informações coerentes para uma eficiente tomada de decisões em nível de rede.

Critério da razão benefício/custo

De forma a avaliar e selecionar estratégias de intervenção que representem o menor custo possível, as análises econômicas desenvolvidas neste trabalho baseiam-se no critério da razão Benefício/Custo, utilizado geralmente para comparação de alternativas de investimentos, sendo imprescindível para a definição da viabilidade de projetos de manutenção e reabilitação de aeródromos.



Os custos totais representados em análises econômicas de estratégias de intervenção foram convertidos em Valor Presente Líquido (VPL). O valor presente líquido de um projeto é o valor presente de seu fluxo de caixa, valor este obtido mediante o desconto do fluxo de caixa a uma taxa que reflita o custo de oportunidade do capital investido (MOITA, 2002).

Este trabalho considerou uma taxa de desconto igual a 6%. O fato de o valor presente de um projeto ser maior ou igual a zero significa que, para a taxa de desconto considerada, o valor que atribuímos, hoje, a suas receitas futuras é maior ou igual aos custos de sua implantação e de sua futura operação. O valor presente representa, na data de hoje, os lucros futuros. Por isso, quanto maior o valor presente, melhor o projeto.

Portanto, o critério da razão Benefício/Custo consiste em obter o valor presente do fluxo de receitas, que são a expressão do quociente entre os benefícios dos projetos VP_B (PCI médio da rede para uma alternativa proposta, uma vez que os benefícios obtidos não podem ser representados de forma monetária) e o valor presente do fluxo de custos VP_C (VPL dos custos das intervenções feitas numa determinada alternativa), como estabelecido na Equação 3:

$$\frac{B}{C} = \frac{VP_B}{VP_C} = \frac{PCI \text{ médio da rede}}{VPL} \quad (3)$$

Deste modo, para a avaliação econômica de cada uma das cinco alternativas que serão descritas neste trabalho foi considerado o PCI médio esperado da rede e o custo total das intervenções feitas ao longo de um período de projeto de vinte anos. A relação Benefício/Custo (PCI médio da rede/Custo total do período) de cada alternativa foi calculada conforme a Equação 3 e o resultado foi elevado à sexta potência de modo a reduzir a quantidade de decimais e facilitar a identificação e comparação dos valores obtidos.

RESULTADOS

As Tabelas 4 e 5 mostram as áreas e o PCI calculado das 15 seções e das 160 amostras da rede do aeródromo em estudo, respectivamente. Destaca-se que o PCI médio do pavimento do aeródromo é igual a 67, indicando condições razoáveis de operação segundo a escala de classificação da Figura 3.

Tabela 4. Área e PCI calculado das seções do SBAQ.

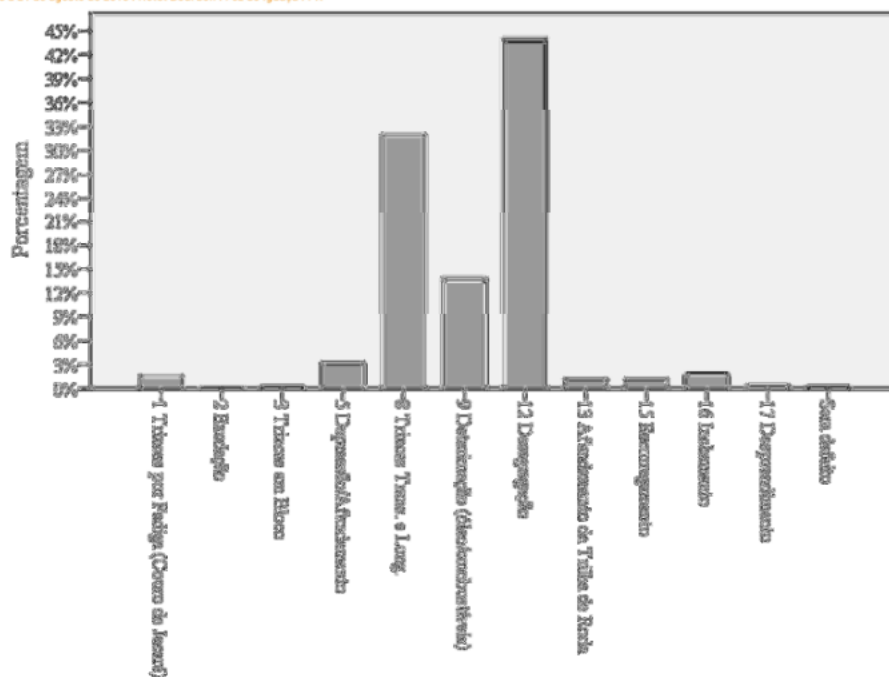
Seção	Área seção (m ²)	PCI Seção
PI 1-A	9000.00	52
PI 1-B	9000.00	53
PI 1-C	9000.00	57
PI 1-D	9000.00	58
PI 1-E	9000.00	56
PI 1-F	9000.00	57
PI 1-G	2943.47	95
TX 1-A	3811.42	52
TX 1-B	3988.54	60
TX 1-C	6560.34	98
PA 1-A	5750.00	59
PA 1-B	1667.50	70
PA 1-C	3335.00	87
PA 1-D	2730.84	95
PA 1-E	1357.00	54



Tabela 5. Área e PCI calculado das amostras do SBAQ.

Seção	Área amostra (m ²)	PCI Amostra	Seção	Área amostra (m ²)	PCI Amostra	Seção	Área amostra (m ²)	PCI Amostra	Seção	Área amostra (m ²)	PCI Amostra
PI 1-A	600.00	48	PI 1-C	600.00	60	PI 1-F	600.00	58	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	51	PI 1-C	600.00	63	PI 1-F	600.00	58	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	42	PI 1-C	600.00	58	PI 1-F	600.00	57	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	54	PI 1-C	600.00	60	PI 1-F	600.00	60	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	49	PI 1-C	600.00	55	PI 1-F	600.00	55	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	49	PI 1-D	600.00	62	PI 1-F	600.00	58	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	53	PI 1-D	600.00	60	PI 1-F	600.00	60	TX 1-C	460.00	98
PI 1-A	600.00	54	PI 1-D	600.00	58	PI 1-F	600.00	65	TX 1-C	494.50	98
PI 1-A	600.00	55	PI 1-D	600.00	58	PI 1-F	600.00	67	PA 1-A	500.00	52
PI 1-A	600.00	48	PI 1-D	600.00	59	PI 1-F	600.00	62	PA 1-A	500.00	61
PI 1-A	600.00	57	PI 1-D	600.00	58	PI 1-G	361.78	100	PA 1-A	500.00	60
PI 1-A	600.00	54	PI 1-D	600.00	64	PI 1-G	409.11	100	PA 1-A	500.00	62
PI 1-A	600.00	55	PI 1-D	600.00	60	PI 1-G	552.80	91	PA 1-A	500.00	59
PI 1-A	600.00	57	PI 1-D	600.00	61	PI 1-G	628.90	95	PA 1-A	375.00	51
PI 1-A	600.00	58	PI 1-D	600.00	58	PI 1-G	588.95	97	PA 1-A	500.00	65
PI 1-B	600.00	58	PI 1-D	600.00	55	PI 1-G	401.93	86	PA 1-A	500.00	63
PI 1-B	600.00	60	PI 1-D	600.00	40	TX 1-A	460.00	47	PA 1-A	500.00	58
PI 1-B	600.00	46	PI 1-D	600.00	50	TX 1-A	460.00	54	PA 1-A	500.00	63
PI 1-B	600.00	53	PI 1-D	600.00	67	TX 1-A	460.00	49	PA 1-A	500.00	54
PI 1-B	600.00	52	PI 1-D	600.00	58	TX 1-A	460.00	56	PA 1-A	375.00	56
PI 1-B	600.00	55	PI 1-E	600.00	59	TX 1-A	460.00	57	PA 1-B	507.50	59
PI 1-B	600.00	55	PI 1-E	600.00	57	TX 1-A	460.00	55	PA 1-B	290.00	79
PI 1-B	600.00	41	PI 1-E	600.00	62	TX 1-A	460.00	47	PA 1-B	290.00	81
PI 1-B	600.00	49	PI 1-E	600.00	58	TX 1-A	591.42	48	PA 1-B	290.00	73
PI 1-B	600.00	51	PI 1-E	600.00	60	TX 1-B	442.92	63	PA 1-B	290.00	69
PI 1-B	600.00	52	PI 1-E	600.00	59	TX 1-B	400.00	66	PA 1-C	580.00	82
PI 1-B	600.00	49	PI 1-E	600.00	58	TX 1-B	400.00	56	PA 1-C	580.00	94
PI 1-B	600.00	58	PI 1-E	600.00	60	TX 1-B	400.00	65	PA 1-C	580.00	92
PI 1-B	600.00	56	PI 1-E	600.00	54	TX 1-B	235.62	38	PA 1-C	580.00	93
PI 1-B	600.00	57	PI 1-E	600.00	57	TX 1-B	400.00	61	PA 1-C	580.00	85
PI 1-C	600.00	54	PI 1-E	600.00	42	TX 1-B	400.00	66	PA 1-C	435.00	72
PI 1-C	600.00	44	PI 1-E	600.00	53	TX 1-B	400.00	73	PA 1-D	545.84	94
PI 1-C	600.00	56	PI 1-E	600.00	62	TX 1-B	500.00	74	PA 1-D	460.00	97
PI 1-C	600.00	54	PI 1-E	600.00	57	TX 1-B	410.00	23	PA 1-D	460.00	96
PI 1-C	600.00	50	PI 1-E	600.00	42	TX 1-C	545.84	98	PA 1-D	460.00	96
PI 1-C	600.00	67	PI 1-F	600.00	62	TX 1-C	460.00	98	PA 1-D	460.00	90
PI 1-C	600.00	60	PI 1-F	600.00	42	TX 1-C	460.00	98	PA 1-D	345.00	94
PI 1-C	600.00	60	PI 1-F	600.00	55	TX 1-C	460.00	98	PA 1-E	437.00	56
PI 1-C	600.00	63	PI 1-F	600.00	50	TX 1-C	460.00	96	PA 1-E	460.00	45
PI 1-C	600.00	57	PI 1-F	600.00	43	TX 1-C	460.00	98	PA 1-E	460.00	62

A Figura 5 mostra as porcentagens dos defeitos encontrados na avaliação do pavimento do SBAQ. Observa-se que os principais defeitos são a desagregação das partículas da mistura asfáltica e as trincas transversais e longitudinais, que em sua maioria, foram trincas longitudinais de construção. Embora a deterioração da superfície por causa de agentes corrosivos como óleos e combustíveis represente aproximadamente 15%, a presença desse defeito não afeta significativamente a superfície, pois se encontra espalhado em pequenas quantidades ao longo da rede.



Defeitos ASTM em pavimentos aeroportuários flexíveis

Figura 5. Porcentagens dos defeitos encontrados no pavimento do aeródromo.

Com base nos resultados obtidos do PCI para cada uma das 15 seções foram identificadas as atividades de M&R mais adequadas, conforme o estabelecido na Figura 4 que mostra as atividades de M&R recomendadas para cada uma das categorias que constituem a classificação do PCI. A Figura 4 mostra as atividades de M&R recomendadas para o SBAQ segundo o valor do PCI atual das seções.

No.	Seção	Área (m ²)	PCI Atual	Classificação PCI proposta	
				Condição do pavimento	M&R recomendada
1	PI 1-A	9000,00	52	Regular	M. Preventiva
2	PI 1-B	9000,00	53	Regular	M. Preventiva
3	PI 1-C	9000,00	57	Regular	M. Preventiva
4	PI 1-D	9000,00	58	Regular	M. Preventiva
5	PI 1-E	9000,00	56	Regular	M. Preventiva
6	PI 1-F	9000,00	57	Regular	M. Preventiva
7	PI 1-G	2943,47	95	Muito Bom	Não fazer nada
8	TX 1-A	3811,42	52	Regular	M. Preventiva
9	TX 1-B	3988,54	60	Regular	M. Preventiva
10	TX 1-C	6560,34	98	Muito Bom	Não fazer nada
11	PA 1-A	5750,00	59	Regular	M. Preventiva
12	PA 1-B	1667,50	70	Regular	M. Preventiva
13	PA 1-C	3335,00	87	Bom	M. Corretiva
14	PA 1-D	2730,84	95	Muito Bom	Não fazer nada
15	PA 1-E	1357,00	54	Regular	M. Preventiva

Figura 6. Atividades de M&R recomendadas para o SBAQ segundo o PCI das seções.

Observa-se na Figura 6 que aproximadamente o 70% dos pavimentos do aeródromo estudado encontram-se em condições regulares de operação, porém a maioria deles com valores de PCI próximos da categoria ruim, superando em alguns casos o PCI crítico de 55. O PCI crítico é um valor de referência na curva do ciclo de vida típico de vinte anos de um pavimento flexível que corresponde aproximadamente aos 75% da vida útil do pavimento, tempo em que a condição do pavimento começa a ser acentuada apresentando uma queda de aproximadamente 40% na



qualidade. O PCI crítico está definido dentro da categoria “Regular” da classificação do PCI apresentada (Figura 3).

Com base nos históricos de construção disponíveis e na condição atual das seções que compõem o aeródromo, o *FAA PAVEAIR* permitiu definir a curva de previsão de desempenho do pavimento. O aplicativo prevê o PCI versus o tempo por meio de um método nomeado de *Family Method* (método por famílias), que define grupos de pavimentos (famílias) com características similares de deterioração. O método por famílias relaciona o valor futuro do PCI com uma série de variáveis, tais como, tipo de revestimento, idade da estrutura, idade do último recapeamento, uso (PI, TX ou PA) e classificação da seção (Primária, Secundária ou Terciária). Em seguida, através de uma equação polinomial do terceiro grau, o aplicativo define a curva de desempenho, a qual é extrapolada de modo a prever a condição futura do pavimento.

O gráfico da Figura 7 mostra a previsão de desempenho do pavimento do Aeroporto Estadual de Araraquara ao longo do tempo (linha vermelha). A equação utilizada para traçar a curva de PCI é exibida abaixo do gráfico. As duas linhas amarelas representam os limites do filtro dos dados, todos os pontos fora dessas linhas (pontos de cor laranja) são pontos que foram ignorados no cálculo da curva de desempenho.

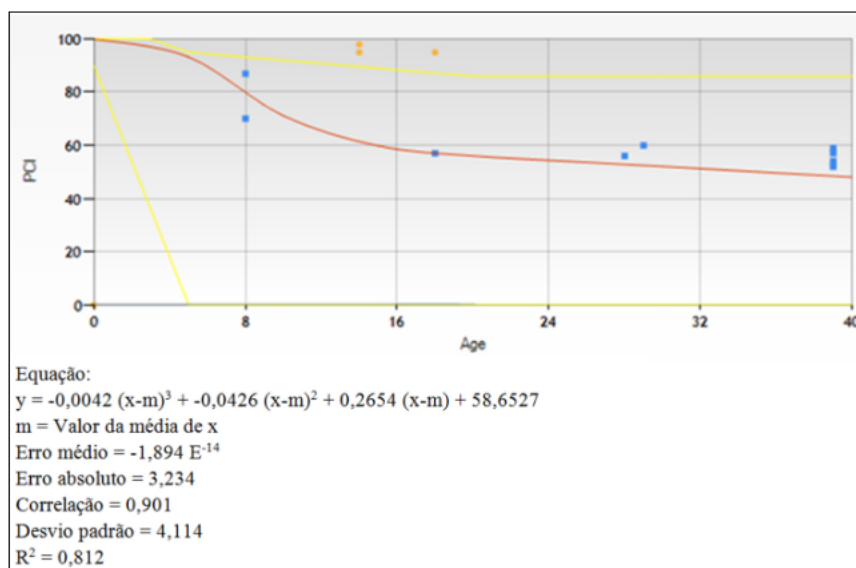


Figura 7. Curva de previsão de desempenho do pavimento do SBAQ.

Através da previsão de desempenho do pavimento calculada pelo *FAA PAVEAIR* é apresentada a Tabela 6 que corresponde à perda de desempenho (deterioração do pavimento) de cada seção que compõe o aeródromo, expressa em pontos do PCI que diminuem a cada ano.

Tabela 6. Perda de desempenho do pavimento do SBAQ em PCI por ano.					
Seção	Perda de desempenho (PCI/ano)	Seção	Perda de desempenho (PCI/ano)	Seção	Perda de desempenho (PCI/ano)
PI 1-A	-3	TX 1-A	-3	PA 1-A	-2
PI 1-B	-3	TX 1-B	-1	PA 1-B	-4
PI 1-C	-3	TX 1-C	-2	PA 1-C	-3
PI 1-D	-3			PA 1-D	-2
PI 1-E	-3			PA 1-E	-3
PI 1-F	-3				
PI 1-G	-3				



Conhecendo a condição dos pavimentos que compõem a rede do SBAQ e seu desempenho ao longo do tempo, é possível definir estratégias ou alternativas de M&R a serem aplicadas em determinada sequência e fases do ciclo de vida do pavimento.

Neste trabalho foram sugeridas cinco alternativas de intervenção, considerando-se um período de projeto de vinte anos a partir do ano 2015. A proposição destas alternativas foi baseada na classificação do PCI proposta na Figura 4 e na previsão de desempenho do pavimento do SBAQ da Tabela 6, considerando o PCI obtido após a execução de uma atividade de M&R específica, assim como a vida útil em serviço e o custo aproximado de cada uma delas. Na proposição das alternativas procurou-se, assim que possível, que o PCI médio do aeródromo não atingisse o PCI crítico de 55, uma vez que ultrapassar este valor compromete a segurança da infraestrutura e traz gastos excessivos decorrentes das ações imediatas de mitigação a serem executadas. Deste modo, foram criadas cinco tabelas de cálculo as quais contêm as respectivas alternativas de intervenção.

A Figura 8 é um exemplo de uma tabela de cálculo parcial que vai do ano 2015 até o ano 2022. Observa-se na Figura 8 que, a partir de 2015 (começo do período de projeto) a condição do pavimento de cada seção (Coluna PCI) piorou com relação à perda de desempenho indicada na Tabela 6. Em 2015, a estratégia apresenta uma série de intervenções de M&R (coluna ESTR), destacando-se principalmente a execução da atividade número 3 (MP) que corresponde à aplicação de tratamentos superficiais ou de microrrevestimento asfáltico, além da execução da atividade 2 (MC) e da atividade 1 (NF). Uma vez aplicadas as estratégias para o ano de 2015, a condição do pavimento melhora, atingindo um PCI igual a 85 de acordo com o especificado na Figura 4 que indica o PCI que pode ser alcançado após a execução de uma determinada atividade de M&R. Consequentemente, para os anos 2016 a 2021 a vida útil da estratégia MC aplicada em 2015 (4 a 6 anos, segundo a Figura 4) faz com que não seja necessária a execução de atividades de M&R. A adoção deste critério depende não só da vida útil das atividades de M&R, mas das decisões, interesses e recursos disponíveis da administração do aeroporto. Assim, neste exemplo, as intervenções com MC voltam a aparecer a partir do ano 2022 em que a condição do pavimento piorou, mas ainda está dentro de uma condição regular de operação (PCI igual a 67).

O processo de cálculo continua da mesma forma nos anos seguintes até chegar em 2035, ano final do período de projeto. A média do PCI anual é mostrada na parte inferior das colunas que representam os anos de intervenção. Já a célula “total”, corresponde ao PCI médio da rede do período para o período de projeto de vinte anos.

Seção	PCI Seção	Desempenho	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
			PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR	PCI	ESTR
PI 1-A	52	3	49	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3
PI 1-B	53	3	50	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3
PI 1-C	57	3	54	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3
PI 1-D	58	3	55	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3
PI 1-E	56	3	53	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3
PI 1-F	57	3	54	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3
PI 1-G	95	3	92	1	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	3	85	1
TX 1-A	52	3	49	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3
TX 1-B	60	1	59	3	85	1	84	1	83	1	82	1	81	1	80	1	79	2
TX 1-C	98	2	96	1	94	1	92	1	90	1	88	1	86	2	91	1	89	1
PA 1-A	59	2	57	3	85	1	83	1	81	1	79	1	77	1	75	1	73	3
PA 1-B	70	4	66	3	85	1	81	1	77	1	73	1	69	1	65	1	61	3
PA 1-C	87	3	84	2	89	1	86	1	83	1	80	1	77	1	74	3	85	1
PA 1-D	95	2	93	1	91	1	89	1	87	1	85	1	83	2	88	1	86	1
PA 1-E	54	3	51	3	85	1	82	1	79	1	76	1	73	1	70	1	67	3
			67		64		87		84		81		78		76		74	
			2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
			total															
			77															

Figura 8. Exemplo da tabela de cálculo de uma estratégia de intervenção proposta (Atividades de M&R).



Por sua vez, a Figura 9 exibe outra tabela que da continuidade à parte econômica do exemplo descrito na Figura 8. A estrutura da tabela é igual à tabela da Figura 8, mas desta vez com os custos que correspondem a cada uma das atividades de M&R propostas. A coluna “CUSTO” representa o custo por m² das atividades de M&R indicadas na Figura 4. A parte inferior das colunas que obedecem aos anos de intervenção mostra o custo total anual em dólares americanos, enquanto a parte inferior esquerda da Figura 9 mostra, para o período de projeto, o custo total em dólares, o VPL calculado e a conversão do custo total em reais. A taxa de conversão utilizada foi de 1 USD = 2,42715 BRL em 15 de outubro de 2014.

Seção	Área m2	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
		ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO	ESTR	CUSTO
PI 1-A	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000
PI 1-B	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000
PI 1-C	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000
PI 1-D	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000
PI 1-E	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000
PI 1-F	9000,00	3	81000	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	81000
PI 1-G	2943,47	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	26491,23	1	0
TX 1-A	3811,42	3	34302,78	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	34302,78
TX 1-B	3988,54	3	35896,86	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	7977,08
TX 1-C	6660,34	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	13120,68	1	0	1	0
PA 1-A	5750,00	3	51750	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	51750
PA 1-B	1667,50	3	15007,5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	15007,5
PA 1-C	3335,00	2	6670	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	30015	1	0
PA 1-D	2730,84	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	5461,68	1	0	1	0
PA 1-E	1357,00	3	12213	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	12213
		641840		0		0		0		0		18582		56506		607250	
DOLARES \$		2.052.193,36		\$ -2.052.193,36		VPL		\$ 342.032,23									
REAIS R\$		4.150.817,59															

Figura 9. Exemplo da tabela de cálculo de uma estratégia de intervenção proposta (custos).

O cálculo das cinco estratégias propostas neste trabalho foi desenvolvido conforme o procedimento do exemplo descrito anteriormente. A Tabela 7 mostra os resultados das análises de cada alternativa proposta, exibindo o PCI médio da rede esperado no fim do período de projeto, o custo total das intervenções feitas e a respectiva razão Benefício/Custo. A relação Benefício (PCI médio da rede) / Custo (custo total do período) foi calculada conforme a Equação 3, lembrando que o resultado foi elevado à sexta potência para reduzir a quantidade de decimais e facilitar a identificação e comparação dos valores obtidos.

Tabela 7. Razão Benefício/Custo das alternativas propostas no SBAQ.

Alternativa	PCI médio da rede	Custo total do período	B/C
1	78	R\$ 4.347.083,60	17,97
2	77	R\$ 4.150.817,59	18,61
3	78	R\$ 5.123.800,36	15,14
4	75	R\$ 4.270.300,32	17,66
5	80	R\$ 5.368.116,07	14,89

Observa-se na Tabela 7 que a melhor alternativa em termos da relação Benefício/Custo é a número 2, destacada em vermelho. A alternativa 2 fornece o menor custo e oferece um PCI médio da rede igual a 77 (condição “Boa” na escala de classificação do PCI), decorrente das intervenções feitas principalmente com manutenção preventiva (MP) no primeiro ano do período de projeto.

A alternativa 5, embora seja a melhor opção de acordo à condição média do pavimento (PCI igual a 80), é aproximadamente 23% mais cara do que a alternativa 2 e a diferença existente na condição do pavimento é mínima (3 pontos do PCI). As alternativas 1 e 3, por sua vez, apresentam iguais condições do pavimento, porém comparando-as, a alternativa 1 é mais eficiente em termos de



custos, sendo a alternativa 1 aproximadamente 18% mais barata do que a alternativa 3. Já a alternativa 4 é mais barata apenas se comparada com as alternativas 1, 3 e 5, contudo, a condição média do pavimento é pior (condição “Regular”) quando comparada com as outras alternativas em que independentemente dos custos a condição do pavimento é considerada “Boa” ao longo do período de projeto.

O gráfico da Figura 10 mostra o comportamento do PCI médio do aeródromo da alternativa 2 ao longo do período de projeto. Observa-se que esta alternativa apresenta valores médios de PCI entre 75 e 90. Isto significa que se as atividades de M&R sugeridas no cálculo desta alternativa fossem aplicadas pela administração do aeroporto, o aeródromo iria se conservar em boas condições de operação durante os vinte anos do período de projeto, sem a probabilidade de atingir o PCI crítico.

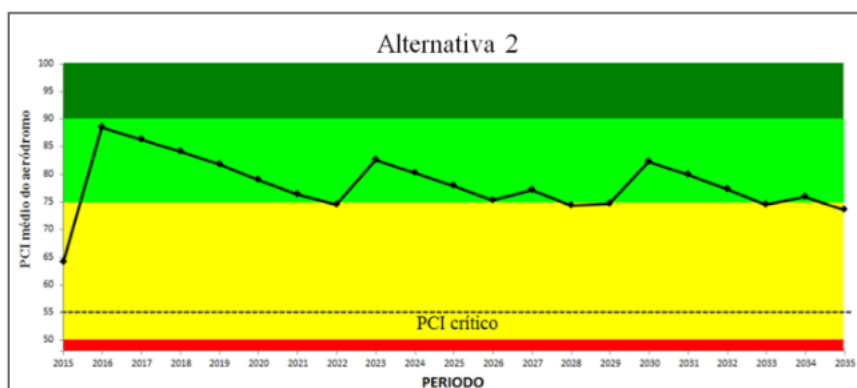


Figura 10. PCI médio da rede por ano da alternativa de M&R No. 2.

Deste modo, a alternativa 2 é escolhida como a estratégia ótima. Embora seja possível propor muitas alternativas diferentes, elas dependem dos critérios dos profissionais responsáveis pela administração do aeroporto, da experiência dos engenheiros com relação as vantagens e desvantagens entre diferentes estratégias de manutenção e reabilitação e dos recursos disponíveis para a execução dos trabalhos. No entanto, a metodologia desenvolvida neste trabalho para a avaliação econômica de projetos de M&R em aeroportos é bastante útil para uma eficiente tomada de decisões em nível de rede. Finalmente, a Tabela 8 mostra o cronograma de atividades de M&R a serem executadas com base na alternativa 2 escolhida.

Alternativa 2															
Ano	Seção														
	PI 1-A	PI 1-B	PI 1-C	PI 1-D	PI 1-E	PI 1-F	PI 1-G	TX 1-A	TX 1-B	TX 1-C	PA 1-A	PA 1-B	PA 1-C	PA 1-D	PA 1-E
1 2015	MP	MP	MP	MP	MP	MP	NF	MP	MP	NF	MP	MP	MC	NF	MP
2 2016	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
3 2017	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
4 2018	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
5 2019	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
6 2020	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MC	NF	NF	NF	MC	NF
7 2021	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF
8 2022	MP	MP	MP	MP	MP	MP	NF	MP	MC	NF	MP	MP	NF	NF	MP
9 2023	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
10 2024	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
11 2025	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
12 2026	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MC	NF	NF	NF	MC	NF
13 2027	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
14 2028	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	NF	MC	NF	NF	NF	MP	NF	NF
15 2029	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MP	NF	NF	MP	MP	NF	NF	MP
16 2030	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
17 2031	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
18 2032	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MC	NF	NF	NF	MP	NF
19 2033	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
20 2034	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	MC	NF	NF	NF	NF	NF	NF

Figura 11. Cronograma de atividades no SBAQ para o período de projeto, alternativa de M&R No. 2.



CONCLUSÕES

O presente artigo visou contribuir para a implantação de um SGPA em nível de rede no Aeroporto Estadual de Araraquara-SP. Os resultados da avaliação do pavimento mostraram que os principais defeitos são: desagregação das partículas da mistura asfáltica, trincas transversais e, principalmente, trincas longitudinais. O programa computacional *FAA PAVEAIR* calculou o PCI das 15 seções e 160 amostras que compõem o aeródromo, concluindo-se que o aeródromo apresenta atualmente condições regulares de operação indicadas por um PCI médio da rede igual a 67.

Ainda neste trabalho foram sugeridas cinco alternativas de intervenção, atendendo um período de projeto de vinte anos a partir do ano 2015. A proposição destas alternativas foi baseada numa classificação do PCI de cinco categorias e na previsão de desempenho do pavimento calculada pelo *FAA PAVEAIR* através do método das famílias. As alternativas levaram em conta, para cada atividade de M&R, o PCI obtido após sua execução, a vida útil em serviço em anos e o custo aproximado por m². Os resultados das análises econômicas mostraram que a alternativa 2 foi a mais eficiente em termos do critério da razão Benefício/Custo. A alternativa 2 contém valores médios anuais de PCI entre 75 e 90 e envolve um conjunto de atividades de M&R que fornecem um valor de PCI médio da rede igual a 77. Portanto, se as atividades de M&R sugeridas no cálculo da alternativa 2 fossem aplicadas pela administração do aeroporto, o aeródromo iria-se conservar em boas condições de operação durante os vinte anos do período de projeto, sem a probabilidade de atingir o PCI crítico.

Este trabalho representa um exemplo completo que contribui tanto para a implantação de um SGPA em nível de rede para um aeroporto só, quanto para o desenvolvimento de um SGPA integral para uma rede de aeroportos de administrações aeroportuárias de pequeno, médio e grande portes no Brasil. O estudo de caso desenvolvido serve de exemplo aos administradores aeroportuários, responsáveis pelas decisões técnicas e econômicas, para incentivar à implantação de SGPA e assim aprimorar a tomada de decisões em nível de rede e obter o melhor retorno econômico possível de atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos aeroportuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRP (2011). Common Airport Pavement Maintenance Practices. Airport Cooperative Research Program - Synthesis 22. Transportation Research Board & Federal Aviation Administration. Washington, DC.

ASTM (2011). Standard Practice for Road and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys - D6433-11. American Society of Testing Materials, USA.

ASTM (2012). Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys - D5340-12. American Society for Testing and Materials, USA.

DAESP (2014). Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo. Disponível em <<http://www.daesp.sp.gov.br/>>. Acesso em 10/04/2014.

DINATO A. C. (2001). Análise dos perfis longitudinal e transversal de pistas de pouso e decolagem com a utilização do GPS em aeroportos do DAESP. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.



44ª RAPv | 18º ENACOR
44ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO | 18º ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA
4ª Expopavimentação
Os caminhos da integração - O maior evento rodoviário do País.
18 a 21 de agosto de 2015 - Hotel Bourbon - Foz do Iguaçu - PR

FAA (2006). Airport Pavement Management Program Advisory Circular - AC 150/5335-5A. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation, Washington, DC, USA.

FERNANDES JÚNIOR, J. L., ODA, S. e ZERBINI, L. F. (2011) Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos - Apostilha. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

MOITA, C. M. (2002). Matemática Financeira: Estudo e Ensino. Atlas, ISBN 85-224-3241-4, 1. ed. 165 f.

SHAHIN, M. Y. (2005). Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots. 2nd Edition. Chapman & Hall, New York, USA.