

## **SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS: RESULTADOS DA SIMULAÇÃO COM OS AEROPORTOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

Marcelo de Canossa Macedo

Engenheiro, DAPRS

Secretaria de Estado dos Transportes do Rio Grande do Sul

Av. Borges de Medeiros, 1555/ 16º andar, Porto Alegre, RS, Brasil – CEP 90110-150

e-mail: [mcmacedo@cpovo.net](mailto:mcmacedo@cpovo.net)

Regis Martins Rodrigues

Professor, Instituto Tecnológico de Aeronáutica/ Centro Tecnológico de Aeronáutica

Praça Marechal Eduardo Gomes, no. 50, São José dos Campos, São Paulo, Brasil

e-mail: [regis@infra.ita.cta.br](mailto:regis@infra.ita.cta.br)

### **RESUMO**

O trabalho apresenta os resultados de uma simulação com um sistema de gerência de pavimentos (SGP) para a rede de aeroportos do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. O SGP está sendo desenvolvido com o apoio do ITA, de São José dos Campos, SP, para aplicação em redes regionais de aeroportos. Estas se caracterizam por possuir operação de tráfego leve e, essencialmente, de pequenas aeronaves, embora alguns desses aeroportos apresentem tráfego elevado e operação regular de aeronaves do porte do Boeing B737-500. A rede de pavimentos para a qual se fez a simulação é composta por vinte aeroportos e está descrita com relação às características estruturais e de condição dada pelo índice PCI (pavement condition index), conforme metodologia sugerida pela FAA (Federal Aviation Administration, USA). Os resultados das simulações aqui apresentados consideram duas situações básicas: (a) montante de investimentos necessários para que a rede seja totalmente recuperada considerando as intervenções de manutenção e restauração de maior eficácia (estratégia base) e (b) o montante de investimentos considerando alguns cenários de restrição orçamentária. Assim, definido um padrão mínimo de serventia operacional a ser alcançado e mantido em 4 anos foi apresentado um plano plurianual de investimentos que atende aos recursos disponíveis. Com a simulação foi possível prever a condição futura dos pavimentos dos diversos aeroportos de acordo com a restrição orçamentária fixada. Melhorias nas condição da rede indicadas pelo índice PCI puderam ser observadas para um nível de investimento inferior ao praticado no passado. Os resultados da aplicação do sistema proposto, ainda que frutos de uma simulação, devem encorajar as agências de administração de aeroportos regionais a desenvolver e implementar esse tipo de ferramenta.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma organização que administre uma rede pavimentada, seja rodoviária ou aeroportuária, pode executar as atividades envolvidas na manutenção e melhoria das condições operacionais de sua rede por meio de uma série de formas, que vão desde a execução dispersa das diversas atividades por departamentos ou setores com pouca ou nenhuma interconexão até a adoção de um Sistema de Gerencial. No caso, um Sistema de Gerência de Pavimentos que seja capaz de assegurar a execução coordenada, pela organização, de todas as atividades envolvidas na manutenção e melhoria da rede.

Tal coordenação visa, basicamente, garantir coerência na tomada de decisões em todos os níveis, de modo a que os recursos disponíveis sejam utilizados da forma mais eficiente possível, minimizando o custo total do investimento aplicado, ao mesmo tempo em que as funções da rede pavimentada são plenamente realizadas. Além disso, um sistema com essas feições possibilita que mais recursos sejam disponibilizados para investimentos em novas construções.

O tema vem sendo estudado com o foco em redes regionais de aeroportos com o apoio do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, de São José dos Campos, SP, desde 1996. O estudo considera as características das redes aeroportuárias dos Estados do Rio Grande do Sul e São Paulo, além da Infraero (Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária) e do Estado do Texas (EUA). Conclusões preliminares recentes desse estudo aplicado à rede de aeroportos do RS publicadas em um relatório interno são apresentados nesse artigo. Pretende-se demonstrar alguns aspectos da implementação de um SGP aplicado à redes regionais de aeroportos cujo principal objetivo é garantir operacionalidade e eficácia das soluções de manutenção. São apresentados os resultados de uma simulação com um sistema protótipo para estratégias de manutenção com e sem restrições orçamentárias desenvolvidos para o DAPRS (Departamento Aeroportuário do Estado do Rio Grande do Sul).

## 2. RELEVÂNCIA DO TEMA

Os gerentes de aeroportos têm, como uma de suas metas principais, administrar as áreas de circulação de aeronaves e de veículos de apoio dos respectivos aeroportos, de modo a oferecer um nível de serventia adequado às atividades aéreas ao menor custo possível. Neste sentido, é preciso adotar medidas que visem à garantia permanente da melhoria ou, pelo menos, da manutenção de um padrão mínimo de serventia aceitável.

Devido às diferentes características de comportamento e de desempenho das áreas de circulação (pistas de pouso e decolagem, pátios de estacionamento e manobras, vias de circulação de veículos de apoio, estacionamentos), pavimentadas ou não pavimentadas, os administradores de aeroportos normalmente se defrontam com as seguintes questões básicas relativas à manutenção deste importante ativo de infra-estrutura:

- Em face das condições atuais do pavimento e de tráfego e com base em um padrão mínimo de condição aceitável, qual orçamento seria adequado e requerido, em termos de conservação e restauração (C&R), ao longo dos próximos anos?

- Que efeito as restrições orçamentárias terão sobre as atividades de C&R e, por conseguinte, sobre a condição dos pavimentos ao longo dos próximos anos?

Um SGP em nível de rede e em âmbito estadual deve oferecer estas respostas. E, além disso, mostrar o impacto na condição dos pavimentos decorrente de diferentes políticas orçamentárias atuais e futuras, de modo a permitir aos que tomam decisões efetuarem uma alocação de recursos eficaz.

Para ilustrar, até o ano de 2000, o Estado do Rio Grande do Sul, em 35 anos, havia executado, com recursos próprios, a pavimentação de 20 aeroportos de um total de 76 que compunham o seu sistema aeroportuário. Se forem considerados apenas os 6 aeroportos onde há operação regular de companhias aéreas, em 2000, houve o movimento de cerca de 138 mil passageiros (embarcados e desembarcados) e mais de 20 mil operações de pouso e decolagem. Um desses aeroportos, o da cidade de Caxias do Sul, foi responsável por 91 mil passageiros e quase 50% das operações das aeronaves, inclusive de Boeing 737-500 e Fokker 100. Nos demais aeroportos, as poucas operações se restringem a aeronaves da aviação geral. Essa infra-estrutura de pistas pavimentadas exige agora investimentos de manutenção para proteger um patrimônio que se tivesse que ser reconstruído custaria cerca de US\$ 70 milhões. Para ilustrar a necessidade de manutenção desses pavimentos, uma análise estatística da base de dados resultou que, no ano 2000, a idade média destes pavimentos era de 15,2 anos, sendo que 60% deles estavam com idades superiores a 15 anos. Da extensão total de pista, apenas 5,4% havia sofrido alguma medida de conservação. Uma vez que é de 10 a 12 anos a vida útil de um pavimento, com nível de serviço satisfatório, a condição dos demais era de grande deterioração e demanda por intervenções emergenciais.

O resultado da displicência em relação à manutenção das pistas dos aeroportos resulta, normalmente, em obras emergenciais de restauração ou reforço da estrutura, sempre mais onerosas que as medidas preventivas. Sempre que as intervenções de manutenção nos pavimentos são postergadas, o custo futuro dos serviços acaba sendo muito maior. No período de 1996 a 1998, segundo o relatório da Divisão de Infra-Estrutura do DAPRS (DIN, 1999), o Estado despendeu cerca de US\$ 1,33 milhões em obras de restauração ou reforço, envolvendo 10% da superfície pavimentada dos aeroportos gaúchos e 40% dos recursos totais investidos em obras de infra-estrutura.

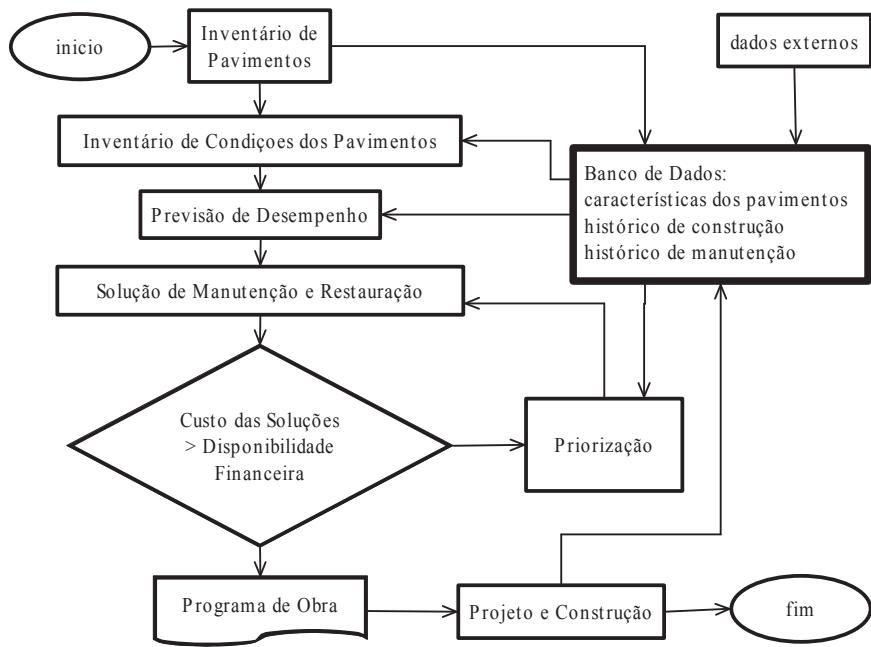
A adoção de sistemas prontos como o PAVER e o IAPMS que incorporam a metodologia e a filosofia de um SGP completo e operacional já foi reportada em alguns trabalhos como o de Cardoso e outros (1996). As dificuldades de adaptação desses sistemas à realidade e à capacidade operacional das agências que administram as redes e que tentaram introduzir esses sistemas “importados” já foram abordadas por especialistas, especialmente no que se refere à adoção em redes regionais (Fonseca, 1999). Não é sempre que uma experiência positiva da utilização de pacotes como o do sistema Micro Paver no relato de Broten e McNeely (1995) na rede de aeroportos do Estado da Virginia, USA. Os autores descrevem a adoção de um SGP nos aeroportos do Viginia Department of Aviation desde o ano de 1990 para priorizar e programar as atividades de conservação e restauração da rede de 70 aeroportos e 1 heliporto. O VDOA utilizou inicialmente o Micro Paver e que após modificações e adaptações resultou no software DSS.

No entanto, os resultados mais promissores ocorrem quando os sistemas são desenvolvidos especialmente para a rede que se deseja gerenciar. Os autores Eckrose e Reynolds (1991) apresentam alguns detalhes do processo de implantação do sistema de gerencia de pavimentos

estruturado para os aeroportos do Estado de Indiana (EUA). O sistema adotado utiliza o levantamento de condições seguindo os critérios do índice PCI. O sistema PAVER foi substituído por um sistema próprio desenvolvido especialmente para atender as necessidades da agência e essa questão foi enfatizada como uma das principais conquistas do processo de desenvolvimento do sistema de gerência. Além disso, o desenvolvimento de um sistema próprio, como o que se apresenta nesse artigo, exige e permite que a agência esteja permanentemente envolvida com o aprimoramento do sistema, ainda que com o apoio de consultores externos.

### 3. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

O sistema de gerência de pavimentos desenvolvido para o DAPRS baseia-se no conceito de engenharia de sistemas. As práticas de manutenção já adotadas pelo órgão e outras que durante a etapa de concepção, estruturação e estudo de outros órgãos de administração de aeroportos regionais foram implementadas de acordo com o fluxograma esquemático apresentado na Figura 1. Os módulos do sistema foram desenvolvidos e implementados, em um protótipo, na linguagem de programação qbasic e os resultados da simulação serão apresentados nesse artigo.



**Figura 1: Fluxograma do SGP Desenvolvido para o DAPRS**

O primeiro módulo atua em conjunto com o banco de dados e armazena os dados obtidos durante a fase de inventário dos pavimentos quando se cadastram todas as informações relativas as seções pavimentadas. O módulo seguinte é o de levantamento, atualização e armazenamento das condições funcionais das seções pavimentadas que integram a rede que se deseja gerenciar. O módulo de previsão de desempenho implementado utiliza modelos matemáticos obtidos a partir de regressão estatística com análise da própria base de dados disponível. Estes modelos permitem, dentro de intervalos de confiança aceitáveis, prever as condições futuras da rede em

cada uma das seções que se encontram na base de dados. As condições são projetadas de acordo com a família de pavimentos a que pertencem considerando um comportamento homogêneo das seções que têm mesma estrutura e estão submetidas à mesma situação de serviço.

As soluções de conservação e restauração se baseiam na heurística para definir as intervenções de manutenção para as seções. Uma matriz de soluções foi desenvolvida buscando relacionar a estratégia de solução mais apropriada à condição projetada para a seção em determinado ano da análise. Quando ao final de determinado ano da análise o custo das soluções idealmente indicadas (Estratégia Base) é maior que a disponibilidade financeira do órgão, as seções passam por um processo de priorização onde são contemplados entre outros fatores, a importância do aeroporto à rede, a posição funcional (pista, táxi-way e pátio), o nível de tráfego e, evidentemente, a condição do pavimento. As intervenções nas seções não prioritárias são postergadas para o ano seguinte. O resultado final é uma programação dos investimentos para o período de análise requerido.

#### 4. INVENTÁRIO DA INFRA-ESTRUTURA

O inventário de rede é o primeiro passo para implantação de um SGP. A rede é subdividida em segmentos que mantém uma identidade funcional como áreas de pista, pátio e taxi-way. Os segmentos são divididos ainda em seções com as mesmas características de tráfego, estrutura, idade, histórico de manutenção, etc. Essas informações são cadastradas e transformam-se num banco de dados. O banco de dados estruturado parta o DAPRS utiliza o Microsoft Access ® e, além de servir os propósitos do SGP, serve de referência para consultas de informações, devendo ser permanentemente atualizado.

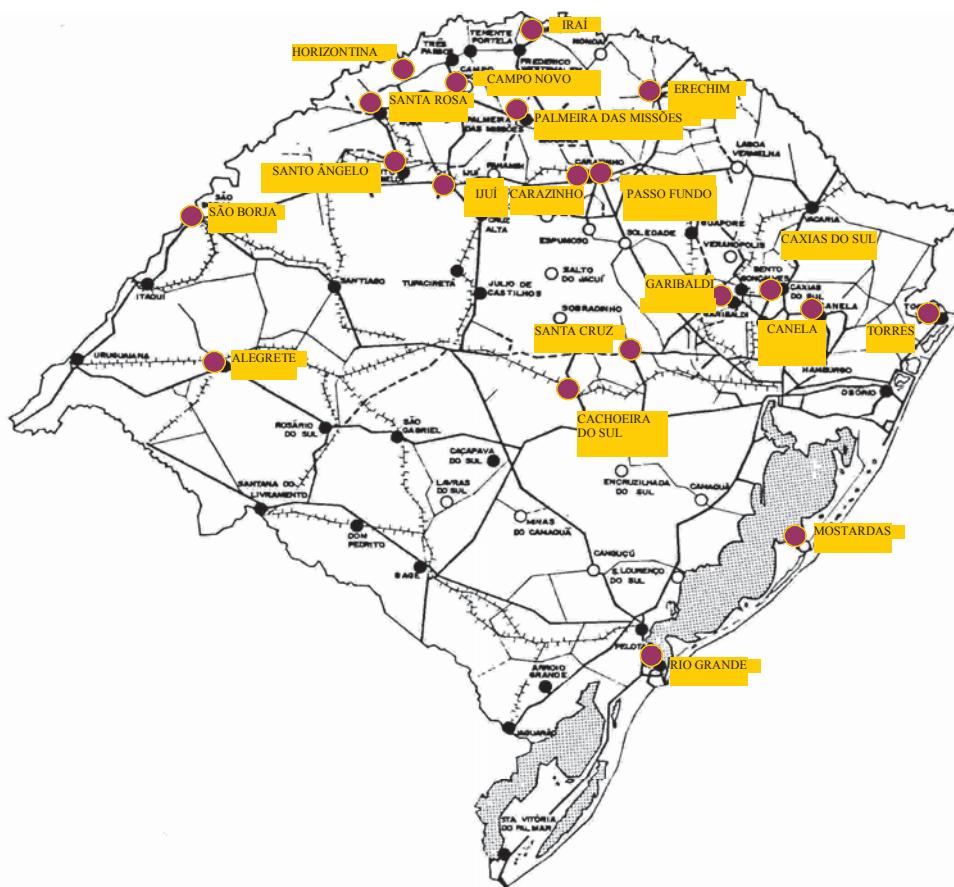
A definição da rede a ser gerenciada é fundamental para a consistência do SGP, particularmente, quando a administração é pública. No caso do DAPRS, a rede definida para integrar a base de dados compõe-se de aeroportos administrados pelo Estado e também pelos municípios. Isso porque os investimentos em infra-estrutura realizados nos aeroportos administrados pelos Municípios recaem normalmente sob a responsabilidade do Estado, e às vezes da União. Esta situação decorre da incapacidade das administrações municipais em arcar com os investimentos, tanto sob o ponto de vista técnico como financeiro.

Portanto, dos aeroportos administrados pelo Estado e municípios somam 20 (v. Figura 2) os que são pavimentados e dependeriam dos recursos do Governo do Estado para fins de investimentos em ampliações e manutenção de seus pavimentos. Esta área pavimentada totaliza mais de 700 mil metros quadrados divididos em pistas, pátios e taxi-ways.

Do inventário da rede resultou que as pistas ocupam 80% das áreas pavimentadas cadastradas, os pátios, 15% e os taxi-ways, 5%. A idade média da última camada dos pavimentos é de 14 anos enquanto que a idade da estrutura é de 16 anos (indicando que houve poucas restaurações). Adotou-se o ano de 2001 como referência ao cálculo das idades. A idade da estrutura é definida com base no ano da pavimentação do aeroporto e a idade da última camada considera o ano da pavimentação ou o ano do último recape, caso exista.

O tipo de pavimento dominante é revestido com premisturados (40,9% da área). Também são numerosos os pavimentos em concreto betuminoso usinado a quente cobrindo 1/3 da área

pavimentada. Os tratamentos superficiais ocupam 15.6% das áreas pavimentadas. Com limitada ocorrência aparecem os revestimentos com bloquetes de concreto (0.4%) e os de concreto de cimento portland (1%). Quanto à estrutura, caracteriza-se pela construção do tipo flexível com 99% das áreas. Não há estruturas semi-rígidas. O tipo rígido tem apenas 1% do total de área pavimentada. Os pavimentos flexíveis são constituídos por bases granulares, na maioria, com 68%. Há os macadames betuminosos ou hidráulicos, com 12%, e outros materiais, como bases estabilizadas com cascalhos e solos, com 27% da extensão. A idade média das estruturas flexíveis é de 14 anos e da última camada também. A única unidade de pavimento rígido existente tem espessura da placa de concreto igual a 25cm e 45 anos de idade.



**Figura 2: Aeroportos Pavimentados Administrados pelos Municípios ou Estado do RS que Foram Objetos da Simulação**

Apenas 15% das áreas pavimentadas já sofreram um ou mais recapes. Não está se considerando a realização de tratamentos superficiais ou com lama, conceitualmente definidos como conservação pesada. Os recapes são definidos como restauração. A espessura média da camada de recape é de 8,8cm e que está atualmente com 10,7 anos de idade. Estas seções do pavimento possuem idade média de construção de 20.7 anos. Do restante de pavimentos, sobram 84% ainda não recapeados, excluindo-se os pavimentos rígidos. Estes têm médias de idade de construção e espessura de revestimento de 13,6 anos e 5,3cm, respectivamente. Destaca-se que algumas das seções dos pavimentos não recapeados estão sujeitas às operações regulares da aviação comercial, como Rio Grande, Passo Fundo, Santo Ângelo e Caxias do Sul.

O cruzamento das variáveis tráfego atuante em cada seção, estrutura do pavimento, histórico de construção e área típica resultou em 87 unidades homogêneas de análise. As unidades homogêneas de análise são compostas por uma determinada extensão pavimentada que apresenta um comportamento semelhante com relação à deterioração.

## **5. CONDIÇÕES DA INFRA-ESTRUTURA**

Uma metodologia baseada na avaliação de 16 defeitos dos pavimentos (15 no caso de estruturas de concreto) foi utilizada para classificar as condições das áreas pavimentadas. Com esta classificação obtém-se um índice chamado de PCI (*pavement condition index*) ao qual se atribui um conceito que varia da condição Excelente à Rompido. Detalhes dessa classificação, que é internacionalmente aceita e preconizada como padrão pela FAA (Federal Aviation Administration, EUA) para avaliação de pavimentos aeroportuários, são apresentados no relatório Estudo sobre Gerência de Pavimentos Aeroportuários – Parte 1: Inventário de Pavimentos e Condições da Rede do DAPRS (Macedo, 2001). O valor máximo do PCI, igual a 100, corresponde a um pavimento sem defeitos. À medida que o pavimento se deteriora o valor do PCI decresce. É consenso que um pavimento oferece condições satisfatórias e segura quando o PCI está acima de 55, o que corresponde à classificação, no mínimo, Bom.

De acordo com o que foi apresentado naquele relatório, a condição dos pavimentos dos aeroportos, baseada em levantamentos de campo em 9 pistas e extrapolados para os demais aeroportos da rede foi, na média, Regular, com o índice PCI igual a 47,2.

Como o objetivo de um SGP é apresentar uma previsão dos investimentos necessários para manter a infra-estrutura dos aeroportos do Estado do RS, é preciso se ter as suas condições atualizadas considerando as obras de restauração que algumas das pistas estão sofrendo ao longo de 2002 (aeroportos de Rio Grande, Passo Fundo, Carazinho, Palmeira das Missões, Santa Rosa e São Borja). As condições dessas áreas foram estimadas partindo-se de dados estatísticos, modelos matemáticos e de expectativa das suas condições após as obras, utilizando um recurso disponível no sistema protótipo desenvolvido. Salienta-se que, apesar de que esse procedimento não seja recomendado, pois não garante a representação da real condição da estrutura, servirá aos propósitos da simulação pretendida. Em casos correntes, todas as áreas pavimentadas que compõem a rede a ser gerenciada devem ser inventariadas, ou seja, devem passar pelo levantamento detalhado de defeitos e da sua real condição em campo, como preconiza o método do PCI.

Os modelos matemáticos referidos fazem a previsão de desempenho dos pavimentos ao longo do tempo e é fundamental que sejam obtidos com base nas informações da própria rede. Os modelos utilizados no sistema protótipo foram construídos usando regressão polinomial como descrito por Macedo e outros (2003).

Com estas considerações, fez-se a estimativa das condições para o ano de 2002. Contudo, foram excluídos desta análise os aeroportos de Irai e Canela que estão ou serão desativados. Neste caso, o índice PCI médio das pistas resultou no valor 62 e corresponde a condição Bom. Em 2002, verifica-se que houve reduções das áreas pavimentadas classificadas como Rompido, Muito

Ruim, Ruim e Regular e Bom, com considerável aumento nas áreas classificadas nas condições Muito Bom e Excelente. Assim, entre 2001 e 2002, os investimentos em manutenção aumentaram o índice PCI e melhoraram a condição dos pavimentos em alguns aeroportos e a deterioração reduziu o PCI de outras produzindo a distribuição apresentada na Figura 4.

## 6. RELAÇÃO INVESTIMENTOS x CONDIÇÕES DA INFRA-ESTRUTURA

Como a ferramenta que está se propondo permite que se estime a condição dos pavimentos ao longo do tempo é, por isso, possível prever o seu comportamento futuro. Além disso, também é possível projetar as condições no caso de se realizarem necessárias intervenções de manutenção. O principal resultado disso é a capacidade de se formular um Plano Plurianual de Investimentos onde as necessidades de manutenção são atendidas ou não, de acordo com a perspectiva do máximo retorno financeiro dos investimentos. O máximo retorno financeiro é obtido quando todas as necessidades de manutenção são atendidas a cada ano de análise, sem restrições financeiras. No caso de existirem restrições financeiras, as intervenções que não puderem ser atendidas são postergadas.

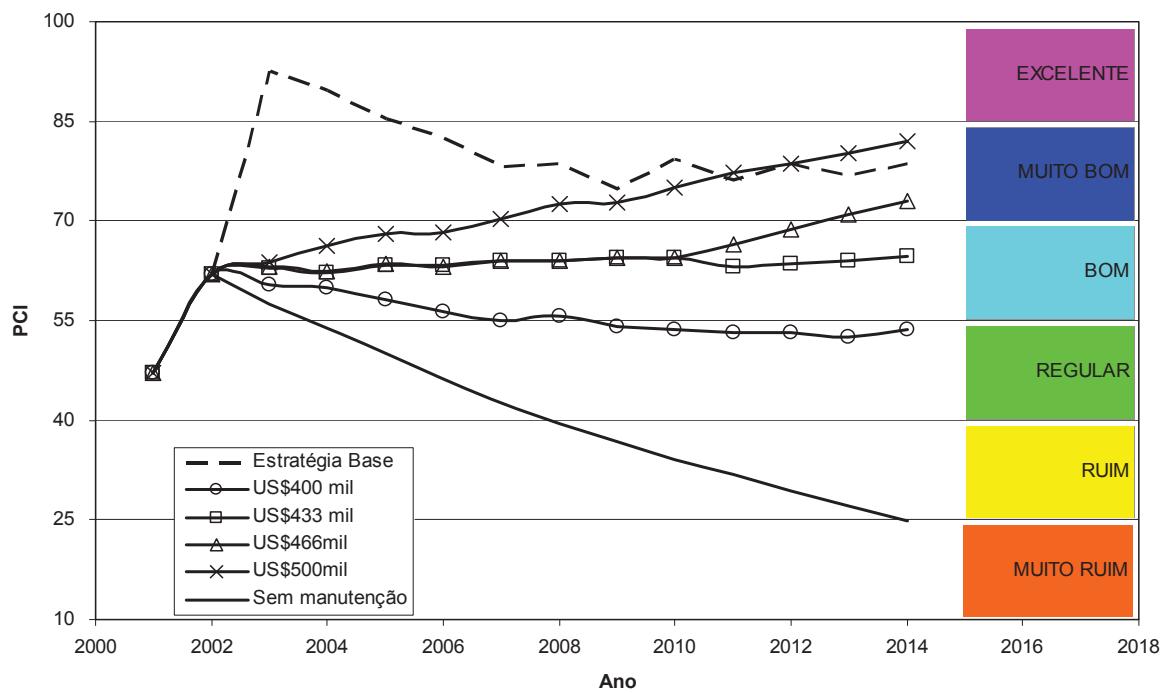
No caso de não existirem restrições financeiras, para a condição que se encontra a rede de pavimentos do Estado, seria necessário o aporte de cerca US\$ 2,73 milhões a serem aplicados num período de análise, por exemplo, de quatro anos, i.e. de 2003 a 2006. E já no primeiro ano seriam necessários US\$ 2,4 milhões. O saldo restante seria aplicado no período 2004 – 2006. A curva tracejada da Figura 3 mostra como se comportaria o índice PCI nessa situação que é chamada de Estratégia Base. A curva resulta em um índice que corresponde à condição Excelente já ao final de 2003, uma vez que todas as intervenções indicadas como sendo necessárias foram atendidas.

Se por outro lado, não se dispusesse de qualquer valor para se investir em manutenção, no outro extremo, ter-se-ia uma deterioração nos pavimentos e sua condição teria o comportamento conforme mostra a curva inferior do gráfico – Sem manutenção. Neste caso, observa-se que as condições gerais das pistas dos aeroportos podem se deteriorar até o nível Regular em quatro anos, caso não sejam destinados recursos para a manutenção e, ainda, atingir a classificação Ruim em 8 anos, o que possivelmente causaria a interdição de diversas pistas e um possível colapso do sistema estadual de transporte aéreo. Além de comprometer a segurança e levar a interdição das pistas, o capital investido teria uma depreciação muito maior. No limite, na medida em que não se fazem os investimentos necessários para se manter a infra-estrutura, postergando-se as manutenções, chega-se ao momento em que não é mais possível recuperar a infra-estrutura. Um dado interessante que se encontra na bibliografia especializada sobre gerência de redes de pavimentos (Shahin, 1994) aponta que o serviço de manutenção postergado por dois ou três anos custará 4 a 5 vezes mais para ser executado no futuro.

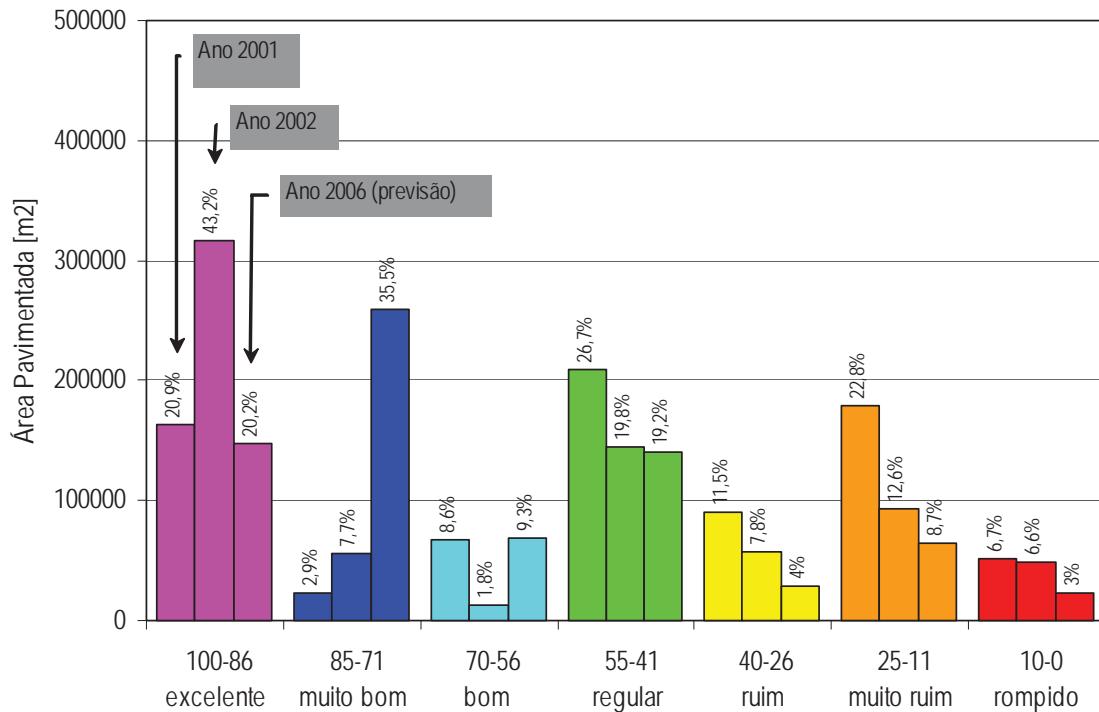
De qualquer forma o montante de recursos exigidos pela Estratégia Base dificilmente poderia ser mobilizado considerando a atual situação econômica do Estado e a média histórica de investimentos em infra-estrutura (de US\$ 500 mil/ano, Macedo, 2002). E isso não é uma particularidade do Rio Grande do Sul. Mesmo Estados mais ricos ou mesmo as agências de administração de rodovias e aeroportos em todo o mundo trabalham com restrições orçamentárias.

Deste modo, é preciso elaborar planos de investimentos alternativos de forma a cotejar a capacidade financeira do órgão ou do Tesouro do Estado, no caso do DAPRS. A esses planos alternativos dá-se o nome de cenários.

O sistema gerencial proposto permitiu que se montassem cenários para prever a condição da rede de acordo com os investimentos aplicados decorrente de maior ou menor restrição orçamentária. Também ilustrado na Figura 3, essa situação de restrição orçamentária simula as diferentes condições alcançadas pelo pavimento no caso de disporem de diferentes níveis de investimentos anuais. Por exemplo, tomou-se, para os próximos 12 anos, a contar de 2003, valores de investimentos que variam entre US\$ 400 e 500 mil.



**Figura 3: Evolução das Condições dos Pavimentos de Acordo com o Aporte de Recurso para Manutenção.**



**Figura 4: Comparativo das Condições dos Pavimentos nos Ano 2001, 2002 e Provável Condição em 2006 com um Aporte Anual igual a US\$ 430 mil em Recursos para Manutenção.**

Assim, definido um índice a ser atingido e mantido, a administração pode estabelecer qual o montante de investimentos que deve aportar para garantir a operacionalidade do sistema. No caso do Estado do RS, sugere-se que os atuais níveis de condição dos pavimentos sejam mantidos na classificação Bom.

Para que isso possa ocorrer, de acordo com a simulação realizada, seria necessário o aporte anual de recursos de cerca de US\$ 430 mil. Com investimentos desta grandeza, a distribuição das áreas pavimentadas em cada uma das classificações sofreria ainda uma significativa modificação, particularmente pela redução das áreas pavimentadas em condições não satisfatórias à segurança das operações. Este aporte de capital permitiria redução das áreas classificadas como Rompido, Muito Ruim, Ruim e Regular, como apresentado no gráfico da Figura 4. Nestas circunstâncias, a condição geral dos pavimentos em 2006 é mantida na categoria Bom, com PCI igual 63 pontos.

As alterações do valor do índice PCI entre os anos 2002 e 2006, para este nível de restrição orçamentária, pode ser observado na listagem da Tabela 1. O valor apresentado constitui-se em uma média ponderada pelas áreas das unidades. A Tabela 1 também mostra as soluções de intervenção indicadas para os aeroportos.

**Tabela 1**  
**Valor do Índice PCI dos Aeroportos da Rede do DAPRS e as Intervenções a Serem Realizadas no Período 2003 – 2006, com Restrição Orçamentária de US\$ 430 mil.**

Aeroporto	PCI			Intervenção
	2002	2006	variação	
Campo Novo	7	7	0	Conserva Localizada
Ijuí	76	54	-0.71	Conserva Localizada
Carazinho	100	76	-0.76	Conserva de Rotina
Palmeira das Missões	93 <sup>(2)</sup>	73	-0.78	Rotina na pista, emergencial no Taxi e Pátio
Passo Fundo <sup>(1)</sup>	100 <sup>(2)</sup>	87	-0.87	Conserva de Rotina
Santa Rosa <sup>(1)</sup>	100	87	-0.87	Conserva de Rotina
Caxias do Sul <sup>(1)</sup>	84	76	-0.90	Conserva Pesada no pátio da aviação geral e Localizada nas demais áreas
Torres	86	78	-0.91	Conserva Localizada
Rio Grande <sup>(1)</sup>	92 <sup>(2)</sup>	86	-0.93	Pesada no trecho em concreto, Rotina nas demais áreas
Mostardas	17 <sup>(2)</sup>	16	-0.94	Conserva Localizada
Horizontina	55	57	+1.04	Conserva Localizada
Santa Cruz	47 <sup>(2)</sup>	54	+1.15	Pesada no taxi, Localizada na pista e pátio
Alegrete	42 <sup>(2)</sup>	49	+1.17	Conserva Localizada, pesada no pátio.
São Borja	42 <sup>(2)</sup>	49	+1.17	Conserva Localizada
Cachoeira do Sul	26 <sup>(2)</sup>	33	+1.27	Conserva Localizada
Garibaldi	13	21	+1.61	Conserva Localizada
Santo Ângelo <sup>(1)</sup>	39	70	+1.79	Localizada na ampliação da pista, pátio e taxi. Restauração nas demais áreas.
Erechim <sup>(1)</sup>	34 <sup>(2)</sup>	80	+2.35	Restauração

<sup>(1)</sup> aeroporto com operação regular      <sup>(2)</sup> PCI medido

As soluções compreendem Conserva de Rotina, Localizada, Pesada e Restauração. A Conserva de Rotina se restringe à limpeza de valetas e bueiros de drenagem, ceifamento e outros serviços que não agem diretamente sobre o pavimento. A Conserva Localizada constitui-se basicamente de intervenções em pequenas áreas como selagem de trincas e juntas, remendos superficiais ou profundos, correção de exsudação de asfalto ou escorregamento de massa. Prevê-se que esse tipo de conserva seja realizado naquelas situações que a intervenção na seção de pavimento tenha sido postergada devido à restrição orçamentária, sendo o caráter dessa manutenção uma emergência. Esse é exatamente o caso do Aeroporto de Campo Novo que, apesar das condições do pavimento refletidas pelo índice PCI (=7) exigir uma intervenção de maior porte, devido as restrições orçamentárias, foi indicado para uma Conserva Localizada. Normalmente, isso acontece, quando os recursos financeiros são demasiadamente escassos e a infra-estrutura tem prioridade baixa para receber os investimentos.

Entende-se por Conserva Pesada, a aplicação contínua de alguma camada de pequena espessura que tenha uma ou mais das seguintes funções: selagem de trincas, rejuvenescimento ou correção da resistência à derrapagem. Poderia ser uma solução com lama ou tratamento superficial. A Restauração é o tipo de intervenção que busca cumprir uma necessidade de restabelecer os níveis máximos de serviço funcional ou estrutural. Esse tipo de intervenção poderá ser um recapeamento simples ou uma reconstrução da estrutura do pavimento, de acordo com a situação atual do pavimento. As soluções indicadas são aquelas que apresentam o melhor investimento para a manutenção da rede considerando a restrição orçamentária indicada pela administração.

Outros cenários poderiam ser montados considerando a disponibilidade de recursos sejam diferenciadas ao longo dos anos. Por exemplo, poder-se-ia examinar a possibilidade de se trabalhar com um aporte de recursos menor que o sugerido no(s) primeiro(s) ano(s) de gerenciamento e aumentar o dispêndio, posteriormente, a fim de se manter um patamar aceitável para as condições da rede.

## 7. CONCLUSÕES

Com base nos dados levantados sobre a rede de pavimentos que compõem a infra-estrutura aeroportuária administrada pelo Estado do Rio Grande do Sul e, tendo-se em vista as simulações realizadas com um SGP protótipo, pode-se concluir:

1. Em 2002, a rede de aeroportos analisada está com os pavimentos numa condição geral estimada na classificação Bom, com índice PCI (pavement condition index) igual a 62 pontos. Apesar disso, há extensão significativa de pavimentos que estão em condições variando entre Regular, Ruim, Muito Ruim e Rompidas e, portanto, aquém do índice aceitável (PCI = 55);
2. O DAPRS, administrador da rede de aeroportos, deveria, para ter a máxima eficácia dos investimentos em manutenção, aplicar US\$ 2,4 milhões no primeiro ano (2003) e, em quatro anos, um valor total igual a US\$ 2,73 milhões. Nessa situação, que corresponde a Estratégia Base de intervenções, se obteria um incremento de áreas nas condições de rede variando entre Excelente e Muito Bom.
3. No entanto, sob restrição orçamentária, seria possível manter a condição geral e atual da rede em um nível satisfatório com um aporte anual de cerca de US\$ 430 mil, totalizando US\$1,72 mi após 4 anos. Investimentos anuais neste nível permitiriam manter os atuais índices e ainda garantir eficácia econômica dos investimentos. Além disso, com este aporte de capital é possível reduzir, em relação aos índices atuais, as áreas de pavimentos classificadas nas condições Regular, Ruim, Muito Ruim e Rompido.
4. A adoção de um SGP também permitiria, partindo de uma outra condição de rede a ser fixada como meta pela administração, estabelecer um Plano Plurianual de Investimentos em manutenção. Assim, definido um índice a ser atingido e mantido, a administração pode estabelecer qual a necessidade de investimentos que deve aportar para garantir a operacionalidade do sistema.

Finalmente, pode-se afirmar que o SGP desenvolvido é capaz de atender às necessidades da agência de administração no que se refere ao planejamento das ações de manutenção das áreas pavimentadas seguindo preceitos técnicos e eficácia na alocação dos recursos disponíveis, ainda que em um cenário de restrição orçamentária. De qualquer forma, a ferramenta, que foi desenvolvida em nível de protótipo, deve ser constantemente aprimorada e incorporar os resultados da execução do plano de ação de manutenção da rede fazendo com que as respostas sejam cada vez mais consistentes.

## REFERÊNCIAS

- Broten, M and McNeely, S. (1995) Virginia Pavement Management System: A historical perspective **Transportation Research Record 1508**, Pavement Design, Management, and Performance **Transportation Research Board**, p. 84 – 91.
- Cardoso, S. H., Rocha, G. M. P e Marcello, J. R. (1996) Implantação do Sistema de Gerência de Pavimentos pelo Ministério da Aeronáutica nos Aeroportos Brasileiros In: **Seminário sobre Manutenção da Infra-Estrutura Aeroportuária**, Rio de Janeiro, RJ, março, 12p.
- DIN (1999) **Relatório de Andamento**, Divisão de Infra-estrutura Aeroportuária/ Departamento Aeroportuário, Relatório Interno, 30p.
- Eckrose, R. A., and Reynolds, W.G. (1991) Implementation of a Management System for Indiana Airports – A case history In: **Pavement Management Implementation Symposium**, ASTM, Atlantic City, NJ, 26-27 jun, p. 228 - 239.
- Fonseca, O. A. (1999) Abordagem revisada para a gerência em nível de rede dos pavimentos de um conjunto de aeroportos. In. **III Reunião de Usuários de Sistemas de Gerência de Pavimentos**, Caldas Novas, GO, de 15 a 17 de Setembro, 24p.
- Macedo, M. C. (2002) **Estruturação de um Sistema de Gerência de Pavimentos para uma Rede Estadual de Aeroportos – Volume 1 Secretaria de Estado dos Transportes do RS**, Porto Alegre, dez, 146p.
- Macedo, M. C. (2001) **Estudo sobre gerência de pavimentos aeroportuários – Parte 1: Inventário de pavimentos e de condições da Rede do DAP** Centro Técnico Aeroespacial, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 22p.
- Macedo, M. C., Rodrigues, R. M., Abukater, J. and Parra, A. (2003) The pavement performance models of São Paulo State Regional Airports In.: **2003 International Conference Airports: Plannig, Infraestructure & Environment** Rio de Janeiro, RJ, June, 8 -11, 15p.
- Shahin, M. Y. (1994) **Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots** Chapmam & Hall, New York, NY, 450p.