



UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA DA MANUTENÇÃO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DO II PROGRAMA CREMA/RS.

*Paulo Ricardo Rodrigues Pinto¹; Fernando Pugliero Gonçalves²;
Elemar Taffe Junior³; Régis Martins Rodrigues⁴*

¹ **Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem:** Av. Borges de Medeiros, 1555 – 9ºAndar – Porto Alegre/RS, Fone: 51 3210 5258 – prpinto@uol.com.br.

² **Pavesys Engenharia Ltda:** Barão de Tefé, 273/804 - Porto Alegre/RS, Fone: 51 3212 5927 – pugliero@pavesys.com.br.

³ **Pavesys Engenharia Ltda:** Barão de Tefé, 273/804 - Porto Alegre/RS, Fone: 51 3212 5927 – taffe@pavesys.com.br..

⁴ **Instituto Tecnológico de Aeronáutica:** Praça Mal. Eduardo Gomes, Vila das Acácias – São José dos Campos/SP, Fone: 12 3947 6804 – regis@infra.ita.br.

RESUMO

A necessidade apresentar um programa de manutenção para a totalidade da rede rodoviária gaúcha (5.770km, em 555 segmentos), com um tráfego diário médio na ordem de 1.100 veículos por faixa, exigiu o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento da manutenção da malha rodoviária com objetivo de gerar um plano plurianual de desembolso. Conceitualmente, adotou-se a mesma metodologia utilizada para os Contratos de Restauração e Manutenção (Contratos CREMA, financiados pelo Banco Mundial). A serventia dos pavimentos foi avaliada segundo o conceito da AASHTO e adotou-se um modelo de deterioração dos pavimentos desenvolvido para prever o desempenho das soluções ao longo do tempo. Usou-se uma seqüência de árvores de decisão para selecionar os tipos e estimativas de custos para as diversas intervenções requerida por cada um dos segmentos rodoviários (conservação de rotina, lama asfáltica, tratamentos, reperfilagem, recapeamentos, fresagem e recomposição, reconstrução parcial e total dos pavimentos), e as equações do Vehicle Operation Costs (VOC) integrantes do Highway Design and Maintenance (HDM-III). As diferentes estratégias para manutenção das rodovias foram avaliadas em termos da Análise do Custo no Ciclo de Vida. O Sistema de Gerência da Manutenção desenvolvido requer ao menos a avaliação visual contínua dos pavimentos para definição das condições de superfície, e estimar a irregularidade e o índice de serventia. Se houver, o Sistema utiliza dados da avaliação estrutural dos pavimentos, e informações da irregularidade transversal (ATR) e longitudinal (IRI) para calcular o índice de Serventia Atual em cada segmento rodoviário. Aplica-se o modelo de previsão de desempenho para cada ano subsequente ao do período de análise, utilizando-se as árvores de decisão, identificação das necessidades e as intervenções de manutenção, e os custos de operação dos veículos. Por fim, diversas alternativas de cenários são elaborados para escolha em termos dos menores custos no ciclo de vida no período de análise.

PALAVRAS-CHAVE: gerência de pavimentos, modelos de previsão de desempenho, plano plurianual de investimentos, manutenção de pavimentos.

ABSTRACT

The need to present a maintenance project to cover the entire paved highway network (5770 km, consisting of 555 segments), in the southeast state of Brazil, with an average daily traffic around 1100 vehicles per lane, required the development of a highway network maintenance management system in order to generate a plurianual budget plan. Conceptually, it was adopted the same methodology in use in the contracts for highway rehabilitation and maintenance (the World Bank CREMA Contracts). The pavement serviceability was evaluated according to the AASHTO concept, and a performance prediction model was developed to forecast it along time. It was used a sequence of decision trees to select the types and estimated costs for each kind of intervention required by each road segment (routine maintenance, slurry seal, chip seal, profiling, surface dressing, overlay, milling and overlay, and partial or total reconstruction), and it was used the Highway Design and Maintenance (HDM-III) equations to compute Vehicle Operation Costs (VOC). Different strategies for highways maintenance were evaluated in terms of Life Cycle Cost Analysis. The Maintenance Management System thus developed requires at least a pavement continuous visual survey for surface condition. If present, the system uses pavement structural evaluation data, transversal (rutting) and longitudinal (IRI) roughness parameters to compute the Present Serviceability Index for each segment. However, in case this information is not available, the model uses the visual survey to estimate the roughness index and to define de serviceability index. After this point, the performance prediction model is applied for each subsequent year of the analysis period, applying the decision trees in order to determine maintenance needs. Pavement maintenance and vehicle operation costs are also computed. Finally, several alternative scenarios are presented for choice in terms of the lowest life cycle cost, within the analysis period.

KEY-WORDS: pavement management, performance prediction model, plurianual budget plan, pavement maintenance.

Até dezembro de 2005, o Acordo de Empréstimo celebrado entre o Estado do Rio Grande do Sul e o Banco Internacional para a Reconstrução e o Desenvolvimento (BIRD) estará encerrado e no ano seguinte encerrar-se-ão seis dos sete contratos do Programa CREMA-RS. A partir daí, um novo desafio estará lançado para Governo do Estado e para o Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER): manter aproximadamente 5.700km de rodovias estaduais pavimentadas e impedir que mais de 2.018km (36%) da malha rodoviária, atualmente em condições regulares e ruins, continue seu processo de degradação, gerando um custo adicional ano após ano, decorrente do incremento dos custos de conservação e restauração para o DAER, mais os custos para os usuários das rodovias.

A alternativa proposta é a implantação de um II Programa CREMA/RS que, como se demonstrará, apresenta: viabilidade técnica, atratividade econômica e, sustentabilidade financeira. A análise de viabilidade apoiou-se no Sistema de Gerência da Manutenção já apresentado no 9º. ENACOR, em Natal – RN, e descrito no artigo “Um sistema para geração de estratégias de manutenção dos pavimentos em redes rodoviárias”, publicado na Revista Estradas Nº 7, de Novembro de 2004. Assim, este artigo dará seqüência ao que foi publicado, apresentando uma nova utilização para o SGM, bem como os resultados obtidos.

Este II Programa CREMA-RS constitui-se um plano necessário para a manutenção da malha rodoviária estadual pavimentada e suficiente para assegurar a preservação do patrimônio público rodoviário estimado em aproximadamente R\$ 1.443,80 Milhões e para o preenchimento do vácuo a ser deixado após o encerramento dos CREMAS.

A simplicidade de operação, a transparência dos resultados e variáveis intervenientes foram determinantes na escolha do Sistema de Gerência da Manutenção para análise de viabilidade do II Programa CREMA/RS. Buscava-se um plano de desembolso plurianual, economicamente viável, financeiramente sustentável, tecnicamente consistente com as necessidades de manutenção da rede para um período de 8 (oito) anos, novo período de duração dos contratos.

LEVANTAMENTO DE DADOS

Inicialmente, há de se reconhecer que o planejamento de um programa de gerenciamento de uma rede rodoviária considera algumas etapas, muitas das quais implicam na aplicação de um montante considerável de recursos, seja nos levantamentos cadastrais e pesquisa desses elementos, seja na condução de levantamentos de campo propriamente ditos. A análise de viabilidade conduzida, apesar de não desconsiderar tal necessidade, parte do pressuposto da restrição financeira, trabalha com um número mínimo de elementos, necessários e suficientes para elaborar estimativas físicas, financeira e econômicas das variáveis intervenientes no gerenciamento efetivo da malha rodoviária pavimentada pelos próximos 8 (oito) anos. Entretanto, a experiência adquirida com o primeiro CREMA/RS ensinou que, nesta fase, importa conhecer a condição geral de serventia e de tráfego da rede, dados esses que deverão ser refinados numa próxima fase.

Então, entre os dias 06 de dezembro de 2004 e 21 de março de 2005, foram realizadas as seguintes atividades: a) levantamentos subjetivos da malha rodoviária (06 a 15/12/2004), b) a sistematização dos dados (20 a 30/12/2004), c) a análise de consistência com as informações disponíveis do Programa CREMA I (03 a 07/01/2005) ou DAER, d) a geração de estratégias de manutenção e definição de um plano plurianual (10/01 a 12/03/2004), e) até a redação do presente documento (24/01 a 21/03/2005). Determinou-se a condição funcional dos pavimentos tomando por base o levantamento visual contínuo subjetivo, onde os dados são levantados por unidade de análise com a homogeneidade sendo definida na direção longitudinal. Os defeitos de superfície obedecem à mesma metodologia desenvolvida e utilizada para elaboração dos Projetos do Lote 01 do CREMA-RS. A condição estrutural e os módulos de elasticidade das camadas do pavimento foram obtidos por retroanálise das bacias de deflexões medidas com o *Falling Weight Deflectometer* (FWD) da Dynatest do Brasil, quando disponíveis.

Dentro da concepção original do Sistema de Gerência de Pavimentos, desenvolvido pela PAVESYS, o qual é a base para o Sistema de Gerência da Manutenção, a serventia do pavimento é determinado utilizando a mesma idéia que foi aplicada quando do estudo experimental da *AASHO Road Test* (1958-1960), em que foi feita a média aritmética entre duas avaliações independentes, PSR e PSI_{CR} , segundo a aplicação da equação $PSI = (PSR + PSI_{CR}) / 2$. Entretanto, para a avaliação da viabilidade do II Programa CREMA/RS, adotou-se $PSI = PSR$, sempre que os levantamentos da irregularidade longitudinal (IRI), com equipamentos apropriados, não estivessem disponíveis. Entretanto, sempre que tais informações estivessem disponíveis e atualizadas elas foram utilizadas, caso contrário, foram estimadas a partir do PSR, reescrevendo a equação: $PSI = 5 \exp\left(\frac{-QI}{71,5}\right)$, onde: $IRI = \frac{QI}{13}$, obtendo-se $IRI = \frac{-71,5}{13} \ln\left(\frac{PSI}{5}\right)$.

As composições dos preços unitários para a manutenção das rodovias foram elaboradas pela Equipe de Economia Rodoviária, subordinada ao Departamento de Programação Rodoviária, do DAER. Para tanto, adotou-se as mesmas intervenções consideradas para o Lote 01, CREMA/RS, bem como as estimativas das quantidades necessárias à execução de cada um dos serviços considerados. As intervenções consideradas são: Conserva Rotineira, Reparos

Localizados, Lama Asfáltica, Tratamento Superficial Simples e Duplo, Reperfilagem, Recapeamento Simples 4, 5 e 6cm, Fresagem e Recomposição mais Recapeamento, Massa Fina mais Recapeamento, Remoção e Reconstrução Parcial do pavimento e Remoção e Reconstrução Total do Pavimento, para que o setor calculasse os preços unitários. Desenvolveu-se, ainda, a possibilidade de opção preferencial pela intervenção em Tratamento Superficial Duplo (quando o Tratamento Superficial será a opção declarada de recuperação das rodovias de baixo volume de tráfego), e a opção por intervenções de reciclagem profunda de pavimentos.

Para composição da frota de veículos, a contagem classificatória e volumétrica foi trazida para a época atual aplicando uma taxa de crescimento de 1,5% ao ano e o número anual de repetições equivalentes do eixo-padrão rodoviário de 8,2tf foi determinado aplicando-se os fatores de veículo médios que foram observados nas campanhas de pesagens da Concessionária UniVias SA. Existe no DAER a composição do tráfego (em termos de veículos de passeio, coletivos, caminhões super-pesados, pesados, médios e leves), não havendo, entretanto, informações suficientes de pesagem desses veículos para composição dos fatores de carga, necessários à aplicação dos modelos. Desta forma, utilizou-se a seguinte composição do tráfego, para cálculo dos fatores de carga: Automóveis e veículos leves (72%), Ônibus (7%), Caminhão Leve (4%), Caminhão Médio (10%), Caminhão Pesado (3%), Caminhão Articulado (4%). Ainda, para utilização do modelo de avaliação dos custos operacionais dos veículos, desenvolvidos por ocasião do desenvolvimento do modelo HDM-III, pelo Banco Mundial, considerou-se os seguintes valores padrões para geometria das rodovias: Geometria vertical ("rise plus fall") = 30 m/km e Geometria horizontal ("horizontal curvature") = 50 graus/km.

Esta etapa do levantamento foi concluída com o lançamento dos dados obtidos no SGM, tais como: a) as características das rodovias, ii) o conjunto de intervenções, c) a composição dos preços unitários, e d) condições das rodovias, para processamento e identificação das necessidades de manutenção segundo os critérios pré-definido (intervenções compatíveis com a condição atual da rodovia e trecho, intervenções economicamente viáveis, suficientes para recompor os segmentos, e necessárias para atingimento dos indicadores de desempenho).

A partir do lançamento dos dados, considerados como a condição inicial dos pavimentos, o Sistema de Gerência da Manutenção, promove o ajuste da curva de desempenho de cada seção do pavimento, segundo um Fator de Calibração calculado para cada seção, segundo as características do pavimento, volume de tráfego, etc. Nesse momento, inicia-se a simulação da degradação dos pavimentos, identificando-se as necessidades de manutenção, e os desembolsos. Após a recuperação, o Sistema estima a nova condição do pavimento, redefine a curva de desempenho e assim sucessivamente. Ao final do período de análise, obtém-se o Plano Plurianual de Intervenções e o Plano Plurianual de Desembolsos.

CONDIÇÃO INICIAL DA REDE ESTADUAL PAVIMENTADA

A síntese da condição geral da malha rodoviária, em função da condição de superfície e segundo as diversas categorias de tráfego, por faixa, é apresentada a seguir. Os dados relacionados à condição de superfície dos pavimentos resultam dos levantamentos concluídos em dezembro de 2004. Os dados de tráfego, por faixa, estão disponíveis no Departamento de Programas Rodoviários (DPR). De uma maneira geral, a **Condição de Serventia da Rede Pavimentada encontra-se entre "Boa" e "Muito Boa"**, uma vez que a **Condição de Serventia Média é de 3,20**.

		CONDIÇÃO GERAL (km)			
		BOM (Serventia ≥ 3,5)	REGULAR (3,5 > Serv ≥ 1,5)	PÉSSIMO (Serventia < 1,5)	
NÚMERO DE VEÍCULOS	BAIXO (< 1000)	2179 38.4%	1472 26.0%	226 4.0%	3877 68.4%
	MÉDIO (1000 – 2000)	526 9.3%	568 10.0%	26 0.5%	1121 19.8%
	ALTO (≥ 2000)	239 4.2%	383 6.8%	49 0.9%	671 11.8%
		2944 51.9%	2423 42.7%	301 5.3%	5668 100.0%

Figura 1 – Síntese da condição atual da rede em km (Base: Dez-2004)

CENÁRIOS PARA ANÁLISE DA VIABILIDADE

A partir do lançamento e processamento dos dados disponíveis, foram construídos diversos cenários para análise de viabilidade, com intuito de avaliar a evolução dos desembolsos em função da condição de serventia geral da rede. Desses diversos cenários, restaram três, suficientes para descrever as diversas estratégias e suas conseqüências: o Cenário I – considera apenas a conservação rotineira e periódica, não estando considerada nenhuma intervenção de

restauração ao longo dos oito anos, o Cenário II - sem qualquer restrição ao tipo de intervenção de reabilitação a ser utilizada, e o Cenário III – no qual houve uma preferência declarada pelas intervenções com Tratamento Superficial Duplo (TSD).

Cenário I

Considera apenas a conservação rotineira e periódica, não estando considerada nenhuma intervenção de restauração ao longo dos oito anos. É a alternativa básica para comparação com os demais cenários avaliados. Por este caminho, chegou-se a um desembolso anual de R\$ 101,176 Milhões. Este cenário conduz a 2.236km de rodovias (40% da rede) entre ruins e intrafegáveis, enquanto 2.728km (48%) estarão apenas em condições regulares.

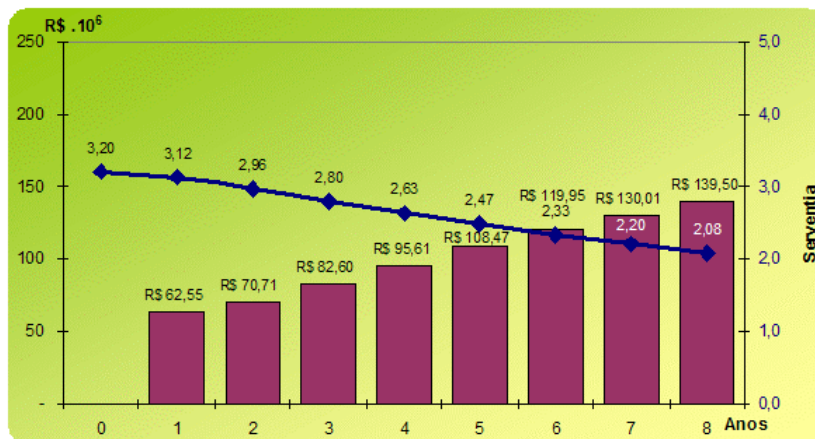


Figura 2 – Cenário I: considera apenas a conservação rotineira e periódica

Cenário II

Sem qualquer restrição ao tipo de intervenção de reabilitação a ser utilizada, razão pela qual identifica-se a reperfilagem com concreto betuminoso usinado à quente (CBUQ) – indicada para segmentos não muito deteriorados e com baixo volume de tráfego – como a intervenção predominante para restauração. É mais cara (90,895 Milhões/ano) e conduz a praticamente os mesmos indicadores do Cenário III.

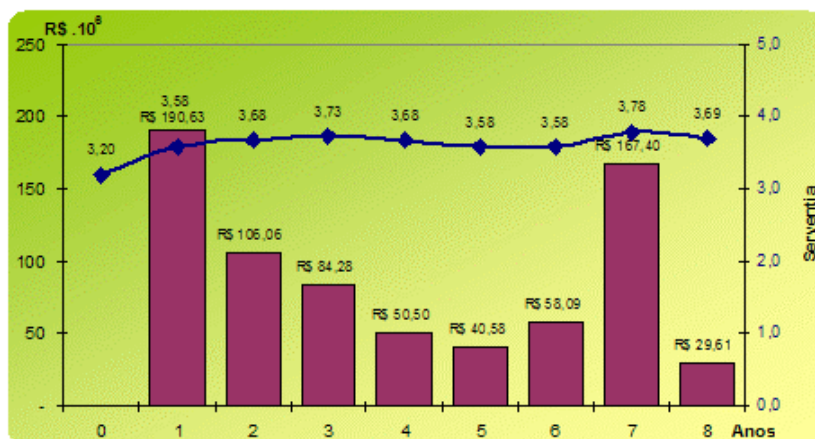


Figura 3 – Cenário II: sem restrição ao tipo de intervenção de reabilitação

Cenário III

No qual houve uma preferência declarada pelas intervenções com Tratamento Superficial Duplo (TSD), mais baratas, igualmente adequadas para reabilitação dos pavimentos, tecnicamente equivalente à reperfilagem e conduzindo a desembolsos de R\$ 55,403 Milhões/ano.

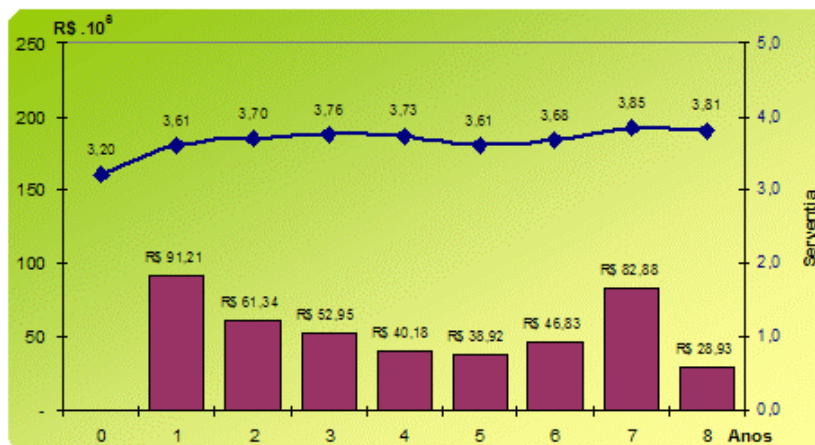


Figura 4 – Cenário III: preferência declarada pelas reabilitações com TSD

Pela própria natureza dos resultados dos Cenários II e III (conduzindo a condições de serventia muito semelhantes ao longo do período de análise, apesar de valores muito divergentes), a escolha recaiu sobre a alternativa representada pelo Cenário III.

RESULTADOS OBTIDOS

O Cenário eleva a condição geral da rede de “Regular – Boa” (Serventia = 3,20) para a condição “Boa - Muito Boa” (Serventia = 3,80), proporcionando uma economia de R\$ 51,602 Milhões/ano, apenas nos custos de operação para a frota de veículos. Obteve-se a economia nos custos de operação aplicando-se o modelo apresentado em “*Roads Economic Decision Model (RED) for Economic Evaluation of Low Volume Roads*”, distribuído pelo Banco Mundial: $\text{Custo de Operação} = 0,16739 + 0,00374 \cdot \text{IRI} + 0,00088 \cdot \text{IRI}^2 - 0,00002 \cdot \text{IRI}^3$, onde $\text{QI} = 71,5 \ln(5 / \text{PSR})$ e $\text{QI} = 13 \cdot \text{IRI}$, de acordo com o Banco Mundial.

A equação refere-se apenas aos custos de operação, não leva em consideração os custos de tempo de viagem, de acidentes ou para o ambiente. Ainda, determinou-se o tráfego ponderado, em um sentido, composto de 68,4% da rede com 800 veículos, 19,8% com 1500 veículos e 11,8% com 2.200 veículos, resultando em uma frota de 2.208 veículos para os dois sentidos, composta por 72% de Automóveis/Veic. Leves, 7% de Ônibus, 4% de Caminhão Leve, 10% de Caminhão Médio, 3% de Caminhão Pesado, 4% de Caminhão Articulado.

Serventia	Custo de Operação R\$/(veic.fx.km.ano)	Custo de Operação p/Frota R\$/(fx.km.ano)	Custo de Operação p/Frota (R\$/ano)	Custo Adicional de Operação (R\$)
3,80	0,4845	437.246	2.525.094.961	51.602.549
3,20	0,4944	446.181	2.576.697.510	-

Tabela 1 – Síntese da condição futura da rede em km (Base: Dez-2004)

A síntese da condição geral da malha rodoviária, em função da condição de superfície e segundo as diversas categorias de tráfego, por faixa, estimada para o final dos oito anos do período de análise é apresentada a seguir.

		CONDIÇÃO GERAL (km)			
		BOM (Serventia ≥ 3,5)	REGULAR (3,5 > Serv ≥ 1,5)	PÉSSIMO (Serventia < 1,5)	
NÚMERO DE VEÍCULOS	BAIXO (< 1000)	2457 43.4%	1419 25.0%	0 0.0%	3877 68.4%
	MÉDIO (1000 – 2000)	952 16.8%	169 3.0%	0 0.0%	1121 19.8%
	ALTO (≥ 2000)	540 9.5%	130 2.3%	0 0.0%	671 11.8%
		3950 69.7%	1718 30.3%	0 0.0%	5668 100.0%

Figura 5 – Síntese da condição futura da rede em km (Base: Dez-2004)

Nos custos totais de implementação do II Programa CREMA-RS, ainda considerou-se a contratação de empresa de engenharia consultiva especializada para: a) o Planejamento, Programação e Preparação, objetivando levantar a condição geral da rede por métodos mais precisos, desenvolver os Projetos Básicos Referenciais para a Licitação, apresentar uma metodologia para avaliação do desempenho das empresas contratadas para o gerenciamento das rodovias, e apoiar a elaboração dos editais de licitação, por um período que vai desde setembro de 2005 até junho de 2006, num prazo de 10 meses, envolvendo custos na ordem de R\$ 2.013.959,85 e b) Monitoramento e Supervisão dos Contratos CREMA, para a assistência técnica e apoio à implementação, monitoramento e supervisão dos contratos de gerenciamento da rede rodoviária sob contratada, para verificar o atingimento e preservação dos indicadores de desempenho contratados, elaboração dos relatórios anuais de progresso, mais o armazenamento e disponibilização das informações técnicas durante todo o Programa, por um período que vai desde dezembro de 2007 até dezembro de 2015, a um custo estimado na ordem de R\$ 1.606.578,16.

Por fim, o resumo dos custos totais para implementação do II Programa CREMA-RS, para o Cenário III é apresentado a seguir.

	Plano Plurianual de Desembolsos										Anual
	R\$. 10 ³	R\$. 10 ³	R\$. 10 ³	R\$. 10 ³	R\$. 10 ³	R\$. 10 ³	R\$. 10 ³	R\$. 10 ³	R\$. 10 ³	R\$. 10 ³	
Serviços	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano	6º Ano	7º Ano	8º Ano	9º Ano	10º Ano	Prestação
Pre-Planejamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Planejamento, Programação e Preparação	604	1.410	-	-	-	-	-	-	-	-	2.014
Implantação II Programa CREMA	-	-	55.403	55.403	55.403	55.403	55.403	55.403	55.403	55.403	443.221
Monitoramento e Supervisao			201	201	201	201	201	201	201	201	1.607
Total Pista	604	1.410	55.603	55.603	55.603	55.603	55.603	55.603	55.603	55.603	446.841

Figura 6 – Cenário III: resumo dos custos totais para implementação do II Programa CREMA-RS

FONTES DE FINANCIAMENTO

As fontes a seguir estão sendo propostas para o financiamento II Programa CREMA-RS:

- R\$ 25 Milhões, ou 37% do total arrecadado com a aplicação de infração por agentes de trânsito ou controladores eletrônicos de velocidade, recursos 8015, 8016 (arrecadação de R\$ 67 Milhões),
- R\$ 30 Milhões, ou 33% do total dos recursos da Contribuição de Intervenção sobre o Domínio Econômico (CIDE), destinado ao Estado (montante de R\$ 90 Milhões).

A possibilidade de se buscar o financiamento de organismos internacionais não deve ser considerado um óbice à continuidade do Programa, especialmente porque os recursos aplicados poderão ser considerados como contrapartida no financiamento.

RISCOS DO PROGRAMA

Do ponto de vista de Programa, tanto a elaboração e o conteúdo dos projetos, a forma de licitação, quanto à execução e implementação dos contratos já foram testadas, com relativo sucesso e economia, em relação aos outros tipos de processos de gerenciamento de malha rodoviária, não constituindo, portanto, em risco para o Programa. Neste caso, constituem riscos: a) incapacidade do Tesouro do Estado em aportar os recursos financeiros de forma tempestiva, impossibilitando o atingimento dos indicadores de desempenho e/ou conduzindo à rescisão dos contratos, que é considerado o maior risco; b) gerenciamento deficiente dos contratos por parte do DAER, c) fatores imprevisíveis, tais como acréscimo significativo do tráfego rodoviário, e d) condições ambientais extremamente adversas capazes de promover uma degradação acentuada dos pavimentos.

CONCLUSÕES

A utilização do Sistema de Gerência da Manutenção para análise de viabilidade de implantação do II Programa CREMA/RS revelou-se extremamente oportuna em vista da simplicidade de operação e transparência dos resultados obtidos. Concluiu-se, também, que a implantação do II Programa CREMA/RS é técnica e economicamente viável e desejável, considerando-se a preservação do patrimônio rodoviário estadual e os benefícios econômicos líquidos resultantes, após os oito anos de implantação. Mais, o Programa é viável financeiramente, tendo em consideração que há fontes de financiamento suficientes para implantação do II Programa CREMA/RS, sem comprometer os demais programas da Autarquia em andamento. E, por fim, alternativamente há que se pensar um outro programa para tratar de aproximadamente 2.018km (36%) da malha rodoviária, com Serventia menor que 3,0, em processo contínuo de degradação, incrementando anualmente os custos para o DAER e usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FHWA. **Life-cycle Cost Analysis Primer**. FHWA IF-02-047. Federal Highway Administration. Washington, D.C: Office of Asset Management 2002 (<http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgt/primer.pdf>, acessado em 28/12/2004 17:36:48)
- HAAS, R. e HUDSON, W.R. **Pavement Management Systems**. New York: McGraw Hill, 1978. HUANG, Yang H. **Pavement Analysis and Design**. New Jersey, USA: Prentice Hall, 1993.
- PINTO, Paulo R.R., GONÇALVES, Fernando P., RODRIGUES, Régis M., OLIVEIRA, José A.. **Um sistema para geração de estratégias de manutenção dos pavimentos em redes rodoviárias**. Revista Estradas, Ano 4, Novembro 04, Nº 7. Porto Alegre: SUDAER, SECDER, Novembro, 2004.
- PATERSON, W.D.O. **Road Deterioration and Maintenance Effects - models for planning and management**. Washington, DC: The World Bank, 1987.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos do Gerenciamento de Projetos, PMBOK Guide 2000 Edition. Official Portuguese Translation**. Newtown Square: Project Management Institute Inc., 2002.
- THE WORLD BANK. **Description of the HDM-III Model**. Volume I. Washington, DC: 1987.
- WALLS, J. e SMITH, M.R. **Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design – in search of better investment decisions**. FHWA-SA-98-079. Pavement Division Interim Technical Bulletin. Federal Highway Administration. Washington, D.C: 1998 (www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgt/lcca.htm)