



**Publicação IPR - 745**

# **MANUAL DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**

**2011**

**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES  
DIRETORIA GERAL  
DIRETORIA EXECUTIVA  
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS**

MINISTRO DOS TRANSPORTES

Dr. Paulo Sérgio Oliveira Passos

DIRETOR GERAL DO DNIT

Dr. Luiz Antonio Pagot

DIRETOR EXECUTIVO DO DNIT

Eng.º José Henrique Coelho Sadok de Sá

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS

Eng.º Chequer Jabour Chequer

# **MANUAL DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**

## **EQUIPE TÉCNICA:**

Eng.º José Luís Mattos Britto Pereira – Coordenador – Engesur  
Eng.ª Maria Lúcia Barbosa de Miranda – Supervisora -Engesur  
Eng.º João Menescal Fabrício – Consultor – Engesur  
Eng.º Amarílio Carvalho de Oliveira - Colaborador - Engesur  
Eng.º José Gustavo Hermida – Consultor - Engesur  
Téc.º Luiz Carlos Aurélio – Informática - Engesur  
Téc.ª Carolina Lima de Carvalho – Informática - Engesur  
Téc.ª Célia de Lima M. Rosa – Informática - Engesur

## **COMISSÃO DE SUPERVISÃO**

Eng.º Gabriel de Lucena Stuckert – Coordenador Técnico – IPR/DNIT  
Eng.º Pedro Mansour – Supervisor Técnico – IPR/DNIT  
Bibl.ª Heloisa Maria Moreira Monnerat – Supervisora Administrativa – IPR/DNIT

## **COLABORADORES**

Engº Mirandir Dias da Silva – IPR/DNIT  
Engº Olímpio Luiz Pacheco de Moraes – COPLAN/DNIT  
Engº Sandro Scarpelini Vieira – COPLAN/DNIT  
Bibl.ª Tânia Bral Mendes – Apoio Administrativo - IPR/DNIT  
Estat. Dener dos Santos Coelho – Informática - IPR/DNIT

Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de  
Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de  
Pesquisas Rodoviárias.

Manual de gerência de pavimentos. - Rio de  
Janeiro, 2011.  
189p. (IPR. Publ. 745).

1. Pavimentação – Manuais. I. Série. II. Título.

CDD 625.80202

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES  
DIRETORIA GERAL  
DIRETORIA EXECUTIVA  
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS

Publicação IPR 745

## **MANUAL DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**

RIO DE JANEIRO  
2011

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES  
DIRETORIA GERAL  
DIRETORIA EXECUTIVA  
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS  
Rodovia Presidente Dutra, km 163 – Vigário Geral  
Cep.: 21240-000 – Rio de Janeiro – RJ  
Tel.: (21) 3545-4504  
Fax.: (21) 3545-4482/4600

e-mail.: [ipr@dnit.gov.br](mailto:ipr@dnit.gov.br)

**TÍTULO: MANUAL DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**

Elaboração: DNIT / ENGESUR  
Contrato: DNIT / ENGESUR 264 / 2007 – IPR

Aprovado pela Diretoria Colegiada do DNIT em 25/01/2011.

Processo nº 50607.001578/2010-11

## **APRESENTAÇÃO**

A Gerência de Pavimentos constitui-se atualmente em uma importante ferramenta de administração, objetivando determinar a forma mais eficaz da aplicação dos recursos públicos disponíveis, em diversos níveis de intervenção, de sorte a responder às necessidades dos usuários dentro de um plano estratégico que garanta a melhor relação Custo x Benefício.

Sob este enfoque, o DNIT traçou um plano gerencial, proporcionando anualmente ao Governo Federal maior eficiência na aplicação, elevando desta forma o conforto e a segurança dos usuários das rodovias federais.

O presente Manual de Gerência de Pavimentos tem como objetivo reunir as informações necessárias para a atualização e a utilização do Sistema de Gerência de Pavimentos do DNIT (SGP-DNIT), buscando desenvolver um processo contínuo e integrado de ações que alcancem todos os setores técnicos da Autarquia, sempre com o objetivo de obter a melhor aplicação possível para os recursos públicos. Neste documento procurou-se resumir os métodos e procedimentos considerados os mais eficientes desenvolvidos até o presente, de forma a facilitar a disseminação e a consolidação da prática de Gerência de Pavimentos no DNIT. Foram mantidos os conceitos e critérios básicos do sistema, sendo introduzidos os resultados de pesquisas mais recentes, que aportam melhoramentos aos procedimentos até então desenvolvidos.

O aspecto mais importante desta reformulação diz respeito à utilização do Sistema HDM-4 para a realização das avaliações econômicas que se fazem necessárias para o desenvolvimento do Sistema.

Além de se tratar de um Sistema que foi desenvolvido em grande parte a partir de pesquisas realizadas no Brasil, tem sido aceito por entidades internacionais de financiamentos, como o BIRD (Banco Mundial) e BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento), devido aos resultados considerados satisfatórios pelos diversos organismos responsáveis pela administração dos sistemas de rodovias do País.

Esperamos que a publicação do presente Manual possa contribuir para a consolidação da prática de Gerência de Pavimentos no DNIT, de forma a otimizar a aplicação de recursos e consequentemente, obter melhor qualidade nas rodovias federais.

**Engº MSc. Civil Chequer Jabour Chequer**

**Gerente de Projeto – DNIT**

**Instituto de Pesquisas Rodoviárias**





## **LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

AASHO - American Association of State Highway Officials  
AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials  
AHC – Curvatura horizontal media  
ASTM - American Society for Testing and Materials  
BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento  
BIRD - International Bank for Reconstruction and Development ou Banco Mundial  
BPR - Bureau of Public Roads  
BT7 – Bitrem de 7 eixos  
BT9 – Bitrem de 9 eixos  
BTL – Bitrem longo, rodotrem  
CA – Carreta  
CABA – Concreto asfáltico ou mistura asfáltica sobre base asfáltica  
CABE - Concreto asfáltico ou mistura asfáltica sobre base estabilizada  
CABG - Concreto asfáltico ou mistura asfáltica sobre base granular  
CAPA - Concreto asfáltico ou mistura asfáltica sobre pavimento asfáltico  
CBR - California Bearing Ratio  
CBUQ – Concreto betuminoso usinado a quente  
CG – Cegonheiro  
CO – Caminhão e Ônibus Convencional  
CPGP – Comissão Permanente de Gerência de Pavimentos  
CS – Conservação  
D - Deflexão  
DEF – Deflection  
DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem  
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes  
DRF – Distrito Rodoviário Federal  
EB - Quebra de borda  
EBM – Expenditure Budgetary Model – Modelo de Planejamento Orçamentário  
ES – Especificação de Serviço  
FWD – Falling Weight Deflectometer  
GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes

GMR – General Motors Corporation Research Laboratories  
GP – Gerência de Pavimentos  
GPS - Global Positioning System  
HDM – Highway Development and Management System  
HDM-MAN - HDM Manager  
ICPF – Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis  
IGGE – Índice de Gravidade Global Expedito  
IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias  
IRI – International Roughness Index ou Índice de Irregularidade Internacional  
IS – Índice de Suficiência  
ISC – Índice de Suporte Califórnia  
LVC – Levantamento Visual Contínuo  
M & R – Manutenção e/ou Restauração  
MRD – Trilha de roda  
MT – Ministério dos Transportes  
NMT - Non-motorised transport  
NP – Número de buracos  
NPV - Net Present Value – Valor líquido Atual  
O – Ônibus urbano longo  
OR – Ônibus rodoviário  
PICR – Pesquisa de Inter-relacionamento de Custos Rodoviários  
PMF - Pré-misturado a frio  
PNCT – Plano Nacional de Contagens de Tráfego  
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento  
PNV – Plano Nacional de Viação  
PPA – Programa Plurianual de Investimento  
PRO – Procedimento  
PSR – Present Serviceability Ratio  
R - Reconstrução  
R+F – Rise and fall – Rampa + contra-rampa  
RA - Desgaste  
SCRIM – Sideways Force Coefficient Routine Investigation Machine - Resistência à derrapagem  
SDD – Dois sentidos de fluxo  
SGP – Sistema Gerencial de Pavimentos

SL – Velocidade limite

SNP – Structural Number of the Pavement – Número Estrutural do Pavimento

SUD – Sentido único descendo

SUS – Sentido único subindo

TD – Textura

TMD – Tráfego médio diário

TMDAm – Tráfego médio diário anual de veículos motorizados

TMDAnm – Tráfego médio diário anual de veículos não motorizados

TRRL - Transport and Road Research Laboratory

TSBA – Tratamento superficial sobre base asfáltica

TSD – Tratamento superficial duplo

TSPA - Tratamento superficial sobre pavimento asfáltico

TSBE - Tratamento superficial sobre base estabilizada

TSBG - Tratamento superficial sobre base granular

TSS – Tratamento superficial simples

TST – Tratamento superficial triplo

UA – Unidade de Amostragem

USP – Universidade de São Paulo

VMD – Volume Médio Diário Anual de Tráfego

VP – Veículo leve

VSA – Valor de Serventia Anual



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1 – O Sistema pavimento .....	35
Figura 2 – O Sistema de Gerência de Pavimentos .....	36
Figura 3 – Variação da serventia com o tráfego ou com o tempo decorrido de utilização da via .	47
Figura 4 – Período recomendável para a manutenção dos pavimentos .....	48
Figura 5 – Diversas faixas de variação do IRI .....	49
Figura 6 – Fluxograma de um sistema SGP com alternativas das estratégias de M&R .....	56
Figura 7 – <i>Road network – All section/Definition Data</i> .....	88
Figura 8 – <i>New section</i> .....	88
Figura 9 – <i>New section from aggregate data (1)</i> .....	89
Figura 10 – <i>New section from aggregate data (2)</i> .....	91
Figura 11 – <i>Section : Seção km 1 a km 9,5 – Janela - Definição</i> .....	92
Figura 12 – <i>Section : Seção km 1 a km 9,5 – Janela – Geometria</i> .....	92
Figura 13 – <i>Section : Seção km 1 a km 9,5 – Janela – Pavimento</i> .....	93
Figura 14 – <i>Section : Seção km 1 a km 9,5 – Janela - Condição</i> .....	93
Figura 15 – Rampas e contra-rampas.....	102
Figura 16 – Grau de curvatura horizontal .....	102
Figura 17 – Índice de serventia x Vida útil do pavimento .....	117
Figura A.1 – Welcome to HDM4 .....	134
Figura A.2 – Programas .....	134
Figura A.3 – Ciclo de vida .....	135
Figura A.4 – <i>Select sections</i> .....	135
Figura A.5 – <i>Select Vehicles</i> .....	136
Figura A.6 – <i>Define Normal Traffic</i> .....	136
Figura A.7 – <i>Normal Traffic Details</i> .....	137
Figura A.8 – <i>Specify Standards Assignments</i> .....	137
Figura A.9 – <i>Generate Programme</i> .....	138
Figura A.10 – <i>Browse</i> .....	138
Figura A.11 – <i>Select directory</i> .....	139

Figura A.12 – <i>Select directory to Export Data</i> .....	139
Figura A.13 – <i>Acionado Start</i> .....	140
Figura A.14 – <i>Define Budget</i> .....	140
Figura A.15 – <i>Optimization Setup</i> .....	141
Figura A.16 – <i>Perform Budget Optimization</i> .....	141
Figura A.17 – <i>Generate Reports</i> .....	142
Figura A.18 – <i>Pro. &amp; Strat. Reports</i> .....	142
Figura A.19 – <i>Tela Select Sections</i> .....	158
Figura A.20 – <i>Tela Run Setup</i> .....	160

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### TABELAS

Tabela 1 – Código de identificação dos trechos do PNV .....	38
Tabela 2 – Código de identificação do subtrecho homogêneo .....	38
Tabela 3 – Código atual de identificação do subtrecho homogêneo.....	39
Tabela 4 – Identificação da região .....	40
Tabela 5 – Código da estrutura do pavimento (Material betuminoso) .....	40
Tabela 6 - – Código da estrutura do pavimento (Concreto) .....	41
Tabela 7 – Código de VMD referente às rodovias com revestimento em concreto asfáltico .....	42
Tabela 8 – Código de VMD referente às rodovias com revestimento em tratamento superficial	42
Tabela 9 – Código referente à Irregularidade de superfície .....	43
Tabela 10 – Tabela para obtenção do código de Deflexão/IGG (Revestimento em concreto asfáltico) .....	43
Tabela 11- Tabela para obtenção do código de Deflexão/IGG (Revestimento em tratamento superficial) .....	44
Tabela 12 – Níveis de serventia .....	46
Tabela 13 – Matriz de células .....	77
Tabela 14 – IRI x condições de trafegabilidade.....	78
Tabela 15 – Padrões de manutenção para matriz de células .....	79
Tabela 16 – Variáveis selecionadas para agregação em trechos (VMD, IRI e D).....	80
Tabela 17 – Valores médios dos trechos agregados .....	81
Tabela 18 – Frota de veículos .....	82





## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### QUADROS

Quadro 1 – Características dos trechos com pavimento asfáltico.....	100
Quadro 2 – Características dos trechos com revestimento primário.....	109
Quadro 3 – Plano Plurianual 2008-2011 – Ministério dos Transportes – Programa 1462 – Vetor Logístico Sul .....	123
Quadro A.1 - Alternativas Ótimas por Seção (com limitação orçamentária) - Análise por Ciclo de Vida .....	144
Quadro A.2 - Alternativas Ótimas por Seção (sem limitação orçamentária) - Análise por Ciclo de Vida .....	146
Quadro A.3 - Alternativas Ótimas por Seção (com limitação orçamentária) – Análise por Programa Multianual.....	150
Quadro A.4 - Alternativas Ótimas por Seção (sem limitação orçamentária) – Análise por Programa Multianual.....	151
Quadro A.5 – Alternativas Ótimas por Seção (com limitação orçamentária) – Análise por estratégia – Estudo 1 - Maximização do NPV - Análise por estratégia.....	156
Quadro A.6 – Alternativas Ótimas por Seção (sem limitação orçamentária) – Análise por estratégia – Estudo 1 - Maximização do NPV .....	157
Quadro A.7 - Alternativas Ótimas para as Seções (sem limitação orçamentária) – Análise por estratégia – Estudo 1 – Otimização do custo mínimo para um IRI desejado.....	162
Quadro A.8 - Programa de Trabalho por Trecho (Sem limitação Orçamentária).....	163
Quadro A.9 - Programa de Trabalho por ano (Sem limitação Orçamentária) .....	164
Quadro A.10 - Irregularidade: Média para a Rede selecionada por Trecho (Gráfico) .....	166
Quadro A.11 - Irregularidade: Média por Tipo de Pavimentação (Gráfico) .....	167
Quadro A.12 - Irregularidade: Média por Categoria da Rodovia (Gráfico) .....	168
Quadro B.1 – Análise por Ciclo de Vida de uma seção de rodovia.....	175
Quadro B.2 – Programa Plurianual de Investimentos versus Custos do Usuário .....	176
Quadro B.3 – Análise por estratégia – Maximização do NPV .....	177
Quadro B.4 – Otimização do padrão mínimo de manutenção para atingir o IRI máximo desejado.....	178

Quadro B.5 – Máxima melhoria do IRI nas seções selecionadas .....	179
---	-----

## **SUMÁRIO**



## **SUMÁRIO**

Apresentação .....	7
Lista de símbolos e abreviaturas .....	9
Lista de ilustrações – Figuras .....	13
Lista de ilustrações – Tabelas .....	15
Lista de ilustrações – Quadros .....	17
1. Introdução .....	23
2. Histórico da implantação do sistema de gerência de pavimentos no DNER/DNIT .....	27
3. Sistema de gerência de pavimentos – Conceituação .....	33
4. Níveis de decisão da gerência de pavimentos .....	51
5. Desenvolvimento e implementação do sistema de gerência de pavimentos .....	57
6. Coleta de dados e banco de dados do sistema .....	63
7. Análise econômica da rede de rodovias federais pavimentadas .....	73
8. Determinação das prioridades .....	113
9. Elaboração do programa plurianual de investimentos .....	119
Anexos .....	129
Referências bibliográficas .....	181
Índice .....	185



## **1. INTRODUÇÃO**





## 1. INTRODUÇÃO

O presente Manual de Gerência de Pavimentos tem como objetivo reunir as informações necessárias para a atualização e a utilização do Sistema de Gerência de Pavimentos do DNIT (SGP-DNIT), buscando desenvolver um processo contínuo e integrado de ações que alcancem todos os setores técnicos da Autarquia, sempre com o objetivo de obter a melhor aplicação possível para os recursos públicos. Neste documento procurou-se resumir os métodos e procedimentos considerados os mais eficientes desenvolvidos até o presente, de forma a facilitar a disseminação e a consolidação da prática de Gerência de Pavimentos no DNIT.

A principal orientação existente acerca do assunto é o documento O Sistema Gerencial de Pavimentos do DNER, publicado em 2000, que descreve os conceitos, a estrutura e os objetivos do SGP-DNER. O surgimento de novas metodologias e modelos impõe inovações, tornando necessário o contínuo aprimoramento dos procedimentos desenvolvidos, de forma a possibilitar a aplicação das mais poderosas ferramentas de planejamento rodoviário, otimizando, assim, todo o sistema.

Como vem sendo feito pelo DNIT, procedeu-se agora à reformulação do documento citado, para atender ao desenvolvimento técnico verificado desde 2000. Neste Manual foram mantidos os conceitos e critérios básicos do sistema, sendo introduzidos os resultados de pesquisas mais recentes, que aportam melhoramentos aos procedimentos até então desenvolvidos.

O aspecto mais importante desta reformulação diz respeito à utilização do Sistema HDM-4 para a realização das avaliações econômicas que se fazem necessárias para o desenvolvimento do Sistema.

Além de se tratar de um Sistema que foi desenvolvido em grande parte a partir de pesquisas realizadas no Brasil, tem sido aceito por entidades internacionais de financiamentos, como o BIRD (Banco Mundial) e BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento), devido aos resultados considerados satisfatórios pelos diversos organismos responsáveis pela administração dos sistemas de rodovias do País.

Para atualização deste Manual, as principais fontes de informações foram as seguintes publicações:

- a) O Sistema de Gerencial de Pavimentos, do DNER, Engº Tobias S. Visconti, IPR, 2000;
- b) *Guidelines for Pavement Management Systems*, AASHTO, 1990;
- c) *Software User Guide, HDM-4*, 2000;
- d) *Pavement Management Systems*, Haas, Hudson e Zaniewsk, 1982.
- e) *Modern Pavement Management*, Haas, Hudson e Zaniewsk, 1994.

Além destas fontes, foi consultada extensa bibliografia constituída de dissertações de mestrado, teses de doutorado, artigos técnicos e manuais de gerência de pavimentos de outros países.

O Manual de Gerência de Pavimentos é composto por 08 (oito) seções conceituais, 01 (uma) seção onde se especifica a utilização do Modelo HDM-4, e 02 (dois) anexos. Assim:

- Seção 1: Introdução, onde são explicitados os objetivos e orientações que nortearam a criação do Manual.
- Seção 2: Histórico e Implantação do Sistema de Gerência de Pavimentos no DNER/DNIT, onde são apresentados os dados históricos da implementação do SGP no DNER/DNIT.
- Seção 3: Sistema de Gerência de Pavimentos – conceituação, básica do Sistema.
- Seção 4: Níveis de Decisão na Gerência dos Pavimentos, onde se expõe o processo decisório de um Sistema de Gerência de Pavimentos.
- Seção 5: Desenvolvimento e Implementação do Sistema de Gerência de Pavimentos, onde são descritas as diversas etapas para o desenvolvimento e implementação do Sistema.
- Seção 6: Coleta de Dados e Banco de Dados do Sistema, onde são discriminadas as informações sobre pavimentos rodoviários de importância fundamental para o Sistema, a serem levantadas, e as especificações para que estes levantamentos sejam procedidos. Expõem-se ainda a forma de ser implementado o Banco de Dados para o armazenamento das informações levantadas e seu manuseio.
- Seção 7: Análise Econômica da Rede de Rodovias Federais Pavimentadas, onde são especificados os procedimentos para a utilização do Sistema HDM-4 para a realização das análises econômicas cabíveis.
- Seção 8 e Seção 9: Determinação das Prioridades e Elaboração do Programa Plurianual de Investimentos, onde são expostos os procedimentos conclusivos de um Sistema de Gerência de Pavimentos.
- Anexos, onde são apresentados exemplos de utilização do Sistema HDM-4.

As orientações e procedimentos estabelecidos neste Manual são passíveis de revisões periódicas, devendo seus usuários enviarem sugestões e, em caso de dúvidas, pedidos de informações ou esclarecimentos ao DNIT.

## **2. HISTÓRICO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS, NO DNER/DNIT**



## **2. HISTÓRICO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS, NO DNER/DNIT**

A partir de 1980, ocorreu um crescente interesse no desenvolvimento e aplicação de Sistemas de Gerência de Pavimentos – SGP, por parte de diversos órgãos rodoviários, em face de inúmeros fatores, dentre os quais se destacam:

- a) Maior evidência da necessidade de manutenção oportuna e adequada da rede rodoviária, em virtude do envelhecimento dos pavimentos;
- b) As exigências dos órgãos financiadores, mais especificamente do BIRD, que passaram a estimular o emprego de técnicas racionais, visando melhores resultados na aplicação dos programas utilizando os empréstimos financeiros;
- c) A exiguidade dos recursos a serem aplicados no setor rodoviário, face às crescentes necessidades motivadas pela deterioração progressiva da rede;
- d) O reconhecimento do efeito direto da condição do pavimento nos custos operacionais dos veículos, principalmente no consumo de pneus e combustíveis, nos custos de manutenção e tempo de viagem;
- e) A utilização em nosso País de avançada tecnologia, envolvendo métodos e equipamentos para avaliação de pavimentos, com o emprego de processos informatizados.

Com relação a este último item, destacaram-se a formulação de novas equações de custos operacionais de veículos e de modelos de previsão do desempenho dos pavimentos, desenvolvidos principalmente na Pesquisa de Inter-relacionamentos de Custos Rodoviários – PICR, conduzida pelo GEIPOT entre 1975 e 1984, através de convênio entre o Governo do Brasil e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), e que contou com a participação de técnicos do IPR e de nove países interessados. Os resultados da PICR encontram-se incorporados ao HDM-III, sistema de avaliação econômica utilizado pelo Sistema de Gerência de Pavimentos - SGP do DNER.

No DNER, estudos e trabalhos relacionados ao modelo HDM e à Gerência de Pavimentos já vinham sendo desenvolvidos pelo Grupo do HDM (GHDM), formado na antiga Divisão de Planos e Programas da Autarquia. Esse Grupo foi pioneiro no Brasil, ao utilizar o modelo nas suas versões iniciais, HDM-1 e HDM-2, para a análise de projetos isolados e para a definição das prioridades de investimentos na rede federal pavimentada.

No entanto, a implantação do Sistema Gerência de Pavimentos se daria a partir de 1982, quando a Direção da Autarquia, por iniciativa do Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, decidiu formalizar a

criação da Comissão Permanente de Gerência de Pavimentos – CPGP, presidida pelo IPR e contando com representantes dos demais setores técnicos do DNER.

Assim que iniciou suas atividades, a CPGP teve como mais importante tarefa o desenvolvimento de metodologia e de instruções para o Levantamento de Condição de Superfície dos Pavimentos Flexíveis para Gerência de Pavimento a Nível de Rede. O trabalho, concluído em 1983, constituiu a Norma Rodoviária DNER – ES 128/83, aprovada em 18/03/83. Os critérios então estabelecidos para identificação dos subtrechos homogêneos e dos segmentos-testemunha tiveram a aprovação de técnicos do Banco Mundial. Em 1986, a CPGP complementaria essa Norma, elaborando as “Instruções para caracterização de subtrechos homogêneos de rodovias do PNV”, que, além dos dados referentes à condição do pavimento, permitiram caracterizar o subtrecho homogêneo com informações referentes à avaliação funcional e estrutural dos pavimentos. Essas instruções passaram a ser utilizadas em conjunto com a Norma DNER-ES 128/83.

Nesse período inicial da CPGP, já se necessitava da definição das prioridades de obras de restauração através de critérios técnicos, de forma a obter financiamentos do Banco Mundial. Para atender a essa demanda, a CPGP desenvolveu um Índice de Suficiência, que, se ainda não levava em conta fatores de ordem econômica, já ponderava informações que refletiam as condições de conservação e de utilização da rodovia. O Banco Mundial, à época, aceitou incluir em seus programas de financiamento trechos priorizados pelo Índice de Suficiência, embora recomendasse o desenvolvimento de modelos que considerassem também a avaliação econômica dos trechos selecionados.

Posteriormente, no período 1985/1986, foram estabelecidos a metodologia e os procedimentos para utilização dos resultados dos levantamentos de campo no Sistema HDM-III, selecionado para avaliar economicamente as alternativas de manutenção para todos os trechos da rede federal pavimentada. Desde então, o Sistema HDM-III foi empregado no Sistema de Gerência de Pavimentos para avaliação da rede federal e para a definição das prioridades de restauração. Foram, também, à época, elaborados programas para recebimento das informações e montagem de um Banco de Dados. Para complementação das informações coletadas, passaram a compor as instruções de levantamento de campo as Normas DNER-ME 24/78 e DNER-PRO 07/78, que disciplinavam a determinação das Deflexões com Viga Benkelman e a Avaliação Subjetiva dos Pavimentos, respectivamente. Posteriormente, as referidas normas foram revisadas e substituídas respectivamente, pelas Normas DNER-ME 024/94 e DNIT 009/2003-PRO.

A designação de Coordenadores da CPGP em todos os Distritos Rodoviários Federais do DNER foi acompanhada do desenvolvimento de um amplo programa de treinamento, voltado para os

Coordenadores Distritais e para os técnicos que atuavam nas Residências, objetivando difundir e homogeneizar os conceitos e critérios estabelecidos na Norma DNER-ES 128/83.

Em 1987, a aplicação rotineira das técnicas de Gerenciamento dos Pavimentos recomendou a transferência da presidência da CPGP para a Divisão de Planos e Programas da Diretoria de Planejamento do DNER. A partir de então foram consolidados os métodos estabelecidos, mediante a criação de Relatórios Gerenciais para divulgação dos resultados.

No período 1984/1989 foram realizadas quatro etapas de levantamentos de campo, com o objetivo de caracterizar as condições de todos os subtrechos homogêneos da rede federal pavimentada. Os levantamentos foram integralmente executados por técnicos das Residências, do então DNER, sob a coordenação das sedes dos DRF e supervisão geral da Administração Central do DNER. O DNER, nesse mesmo período, divulgou os procedimentos estabelecidos para Levantamento das Condições de Pavimento Flexível para Gerência a Nível de Rede, bem como a metodologia para avaliação econômica das alternativas de manutenção, em congressos, seminários, cursos etc., no Brasil e no exterior, influenciando na sua adoção por outras organizações.

Em 1990, as atividades do SGP-DNER foram temporariamente interrompidas, em função da transferência da Administração Central do DNER para Brasília e da paralisação dos contratos de projetos e obras de restauração. A retomada das atividades, em 1991, caracterizou-se por significativas modificações na metodologia até então utilizada. Tais modificações tiveram como causas básicas:

- a) A redução da capacidade de execução do DNER, trazendo como consequência a necessidade de contratação de diversas etapas do processo;
- b) A avaliação do SGP empreendida pela missão do BIRD à época, que sugeriu alterações de cunho metodológico. Resumidamente, as sugestões do Banco Mundial referiram-se a:
  - Necessidade de realização de um levantamento visual contínuo para a condição dos pavimentos;
  - Necessidade de incorporação de novos parâmetros (estrutura e idade dos pavimentos) para definição dos subtrechos homogêneos.
- c) Em complementação à avaliação econômica com o HDM-III, a necessidade de utilização de modelo para avaliar as estratégias de manutenção rodoviária em condição de restrição orçamentária (modelo EBM).

Desta forma, nas etapas desenvolvidas em 1992 e em 1996, os levantamentos de campo para o SGP foram realizados com a participação de firmas de consultoria, à exceção do Levantamento Visual

Contínuo, executado diretamente pelos DRF. Os levantamentos, além de incorporarem as alterações recomendadas pelo Banco Mundial, apresentaram como inovação o conceito de Unidade de Amostragem (UA), que simplificava os procedimentos preconizados pela Norma DNER-ES 128/83, com o objetivo de reduzir os custos dos levantamentos. Para processar os dados e avaliar economicamente as alternativas de manutenção para os trechos da malha rodoviária foram utilizados, em ambas as ocasiões, os modelos HDM-III (versão HDM-MAN) e EBM.

Em 1997, a Divisão de Apoio Tecnológico do IPR concluiu estudos, demonstrando que os levantamentos das condições dos pavimentos realizados em Unidades de Amostragem não apresentam vantagens para a análise em nível de rede, com o modelo HDM-III, podendo-se obter os dados referentes a defeitos diretamente do Levantamento Visual Contínuo. Com este procedimento, adotado nos levantamentos iniciados em 1999, o SGP-DNIT deve poupar recursos, que podem ser empregados na coleta de dados, para os quais o modelo apresenta maior sensibilidade, isto é, volume de tráfego, quociente de irregularidade e deflexão. Os resultados desses levantamentos certamente devem constituir os principais dados de entrada para nova avaliação econômica da rede federal pavimentada, agora já com a utilização do Sistema HDM-4.



### **3. SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS - CONCEITUAÇÃO**

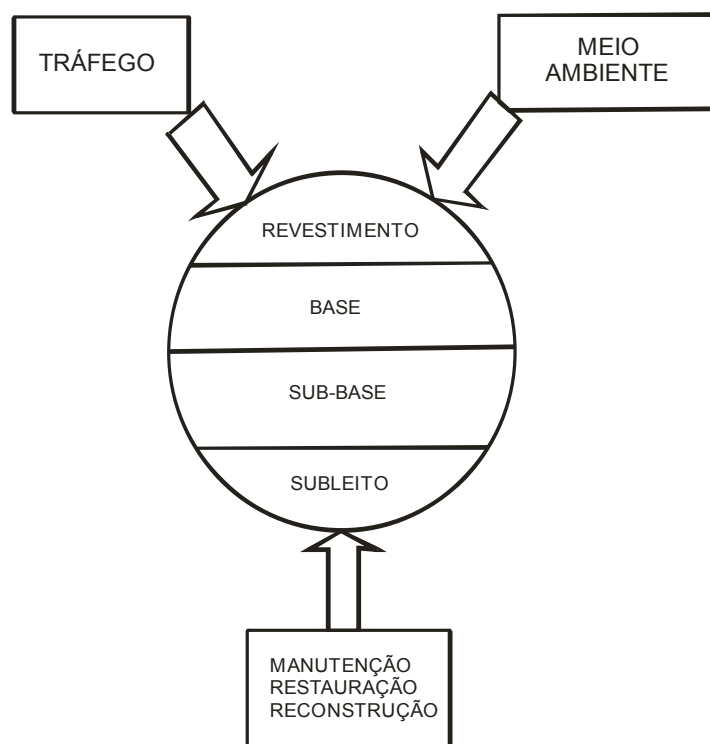


### 3. SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS - CONCEITUAÇÃO

#### 3.1. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

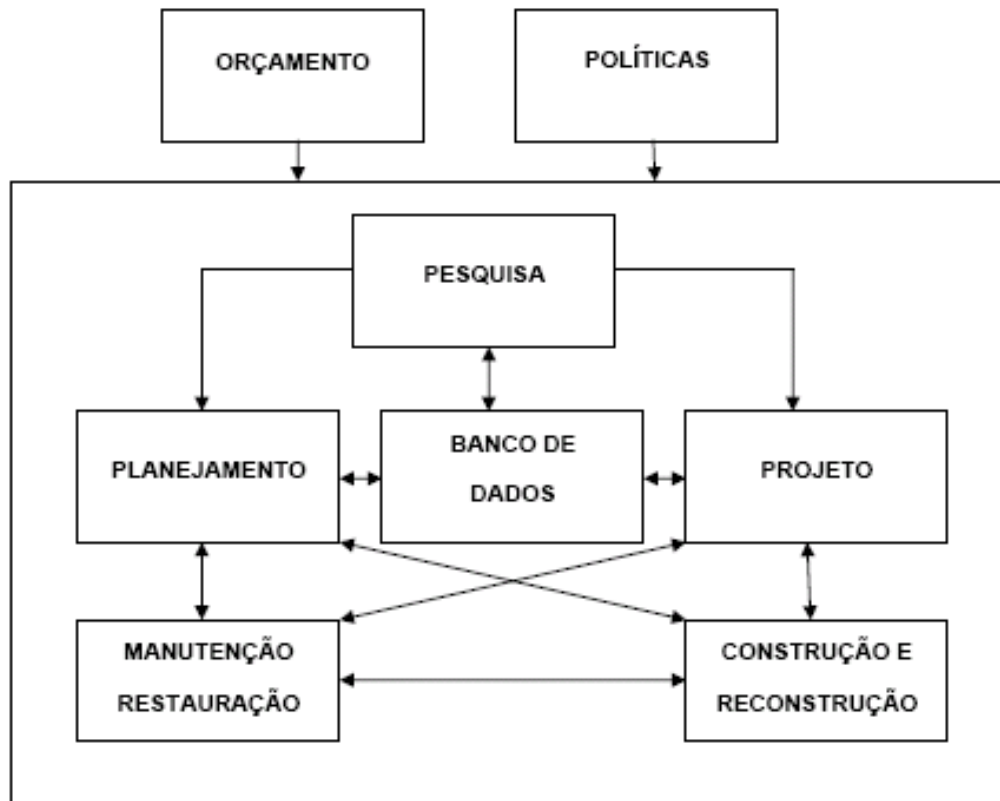
O Sistema Pavimento pode ser definido como um conjunto de componentes que interagem mutuamente. Os componentes deste Sistema (revestimento, base, sub-base e subleito) são submetidos a fatores externos, como o tráfego, as operações de manutenção e as condições ambientais, conforme mostrado na Figura 1, a seguir:

**Figura 1 – O Sistema Pavimento**



Já um Sistema de Gerência de Pavimentos tem como componentes, que devem interagir mutuamente, o planejamento, o projeto, a construção e a manutenção dos pavimentos. Como principais fatores externos podem ser citados os recursos orçamentários, os dados necessários ao sistema e as diretrizes políticas e administrativas. A Figura 2, a seguir, ilustra adequadamente como se estrutura um Sistema de Gerência de Pavimentos.

**Figura 2 – O Sistema de Gerência de Pavimentos**



Os pavimentos rodoviários representam um valioso patrimônio, cuja conservação e restauração oportunas são essenciais para a sua preservação. Qualquer interrupção ou redução na intensidade ou na frequência dos serviços necessários à manutenção desse patrimônio implica em aumentos substanciais nos custos de operação dos veículos e na necessidade de investimentos cada vez mais vultosos para sua recuperação.

O objetivo principal de um Sistema de Gerência de Pavimentos é alcançar a melhor aplicação possível para os recursos públicos disponíveis e oferecer um transporte rodoviário seguro, compatível e econômico.

### **3.2. ATIVIDADES BÁSICAS**

As atividades básicas de um Sistema de Gerência de Pavimentos estão normalmente afetas à área de planejamento e podem ser agrupadas em quatro grandes atividades básicas, para implantação e frequente avaliação de um Banco de Dados, quais sejam:

- a) Sistema de referência;
- b) Avaliação dos pavimentos:

- Históricos da implantação, manutenção e melhoramentos da rodovia;
- Orografia da região;
- Características regionais das rodovias;
- Condições funcionais das rodovias;
- Condições estruturais das rodovias;
- Tráfego das rodovias.

c) Determinação das prioridades;

d) Elaboração de programa plurianual de investimentos.

O grau de detalhes e a frequência das coletas e medições necessárias são dependentes do nível de gerência do modelo para definição das prioridades. No entanto, algumas características básicas se aplicam a todas as situações:

- a) O sistema de coleta de dados deve ser confiável, devendo, portanto, ser cuidadosamente planejado e precedido por um treinamento de todo o pessoal envolvido no processo. Antes de compor o banco de dados do sistema os mesmos devem ainda ser submetidos à análise crítica;
- b) As informações devem ser de fácil acesso e periodicamente atualizadas, através de estruturação do banco de dados do sistema de referência adotado;

### **3.2.1. Sistema de referência**

Os dados de um Sistema de Gerência de Pavimentos devem ser fisicamente localizados em relação à rede rodoviária. Assim, como primeira providência para planejar a coleta de informações do SGP/DNIT, procura-se estabelecer um eficiente sistema de referência para as informações.

O DNER já possuía, desde a década de 70, um sistema para divisão e codificação dos trechos da Rede Rodoviária Federal, de forma a padronizar a referência das informações das diversas atividades do Órgão. Esse sistema de trechos rodoviários, atualizado e publicado anualmente sob o título Rede Rodoviária do PNV – Divisão em trechos, tem como critério básico a divisão de cada rodovia da rede federal em trechos, cujos pontos extremos exerçam uma ação modificadora no volume de tráfego. A situação física da rodovia é também considerada para interrupção do trecho, de forma que cada trecho tenha apenas uma situação (pavimentado ou implantado ou duplicado etc.). Os trechos assim obtidos, sempre com extensão máxima de 999 km, recebem um código de identificação composto por 10 (dez) dígitos, conforme Tabela 1, a seguir.

**Tabela 1 – Código de identificação dos trechos do PNV**

<b>135</b>	<b>B</b>	<b>MA</b>	<b>0010</b>
Nº da BR	Indica Trecho Federal	Unidade da Federação	Nº do Trecho (crescente no sentido do PNV – não volta a zero nas divisas estaduais)

O Sistema de Referência assim constituído foi subdividido em subtrechos homogêneos, que passaram a ter as seguintes características adicionais:

- Homogêneo quanto às condições de superfície;
- Homogêneo quanto ao tipo de revestimento;
- Homogêneo quanto à geometria;
- Limites nos contratos de restauração;
- Extensão máxima – 20 km;
- Extensão mínima – 300 m;
- Limites nos pontos do PNV;
- No máximo 9 (nove) subtrechos homogêneos por trecho do PNV.

Como código de cada subtrecho homogêneo foi adotado o mesmo do trecho do PNV ao qual o subtrecho pertence, acrescido de dígitos para sua identificação, conforme a Tabela 2, a seguir:

**Tabela 2 – Código de identificação do subtrecho homogêneo**

<b>135</b>	<b>B</b>	<b>MA</b>	<b>0010</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>E</b>	<b>R03</b>
Nº. do PNV	Indica Trecho Federal	Unidade da Federação	Nº. do Trecho	Nº. do Subtrecho	Pista Dupla	Lado Esquerdo	Nº. da Residência

Obs.: No caso de pista simples, a posição que indica o lado é deixada em branco.

A subdivisão dos trechos do PNV em subtrechos homogêneos, no período 1984 – 1990, foi sempre tarefa realizada pelo Engenheiro Residente do DNER, que, percorrendo os trechos sob sua jurisdição, os subdividia visualmente em segmentos homogêneos, de acordo com os critérios mencionados.

A partir de 1992, por recomendação do Banco Mundial, a subdivisão dos trechos do PNV em subtrechos homogêneos passou a ser antecedida por uma avaliação de caráter funcional, estrutural e operacional de toda a rede rodoviária.

Entre os anos de 2000 e 2001, o sistema de gerência de pavimentos do DNIT passou por uma remodelagem que permitiu a sua interação com os sistemas operacionais e bancos de dados atuais. Tendo em vista este processo, verificou-se a necessidade da utilização de uma nova codificação para os subtrechos homogêneos, uma vez que estes parâmetros passaram a ser manipulados computacionalmente de maneira mais ágil e eficiente.

Esta nova padronização, que é a utilizada atualmente, se dá pela atribuição de características comuns a campos previamente determinados, conforme catálogo de soluções técnicas do DNIT. Este catálogo foi elaborado de acordo com a norma PRO 11/79 e com o Manual de Soluções Técnico-Gerenciais para Rodovias Federais, sendo calculado para um período de 10 anos.

É importante ressaltar que a identificação dos subtrechos homogêneos é baseada em levantamentos realizados em toda a malha federal, ou seja, incluem rodovias com os diversos tipos de superfícies: pavimentos flexíveis, semi-rígidos e rígidos. Observa-se que estes dados são utilizados para a divulgação dos índices da condição da malha rodoviária federal e para a alimentação do banco de dados do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) do DNIT. Porém, apesar da identificação dos subtrechos homogêneos abranger toda a malha rodoviária federal, as análises técnicas e econômicas realizadas com o auxílio do modelo HDM-4 e a aplicação do catálogo de soluções técnicas mencionado anteriormente restringem-se aos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Este fato é explicado pela ausência, até o presente momento, de metodologias e catálogos específicos para a análise de pavimentos rígidos.

O atual código para classificação dos subtrechos homogêneos é composto por cinco campos inseridos após o código tradicional dos trechos do PNV. Nestes campos são inseridas informações referentes à região, estrutura do pavimento, tráfego, irregularidade superficial, índice de gravidade global dos defeitos e dados de deflexão dos trechos em análise, conforme exemplificado pela Tabela 3, a seguir:

**Tabela 3 – Código atual de identificação do subtrecho homogêneo**

<b>9</b>	<b>0407</b>	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>C</b>
Região	Estrutura do Pavimento	Volume de Tráfego	Irregularidade da Superfície	Deflectometria e IGG

A seguir será descrito cada um dos campos pertinentes ao código dos subtrechos homogêneos. Cabe alertar que os dados necessários ao preenchimento dos referidos campos foram resumidos a partir dos documentos técnicos do DNIT e dos procedimentos adotados no modelo HDM-4 e reunidos nas tabelas seguintes.

Sendo assim, o primeiro campo indica a região do Brasil em que o subtrecho está inserido. As regiões são identificadas pelos números de 1 a 5 conforme sequência do PNV exemplificada na Tabela 4 abaixo. No caso de estudos em que não é necessária a identificação da região, utiliza-se o número 9.

**Tabela 4 – Identificação da região**

<b>Região</b>	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Região não identificada
<b>Código</b>	1	2	3	4	5	9

O segundo campo do código de identificação do subtrecho homogêneo (ver Tabela 3) refere-se à estrutura do pavimento, que é descrita através de quatro dígitos, conforme Tabelas 5 e 6, a seguir:

**Tabela 5 – Código da estrutura do pavimento (Material Betuminoso)**

<b>Código da estrutura</b>	<b>Designação</b>	<b>Descrição da Estrutura (Pavimentado - Betuminoso)</b>
0000	BCAG	Concreto Asfáltico (Base Granular)
0001	BRQG	Asfalto Rolado a Quente (Base Granular)
0002	BPLG	Asfalto Modificado com Polímero (Base Granular)
0003	BBOG	Concreto de Asfalto Borracha (Base Granular)
0004	BFRG	Concreto de Asfalto a Frio (Base Granular)
0005	BPOG	Asfalto Poroso (Base Granular)
0006	BSMG	SMA (Stone Mastic)(Base Granular)
0100	BCAA	Concreto Asfáltico (Base Asfáltica)
0101	BRQA	Asfalto Rolado a Quente (Base Asfáltica)
0102	BPLA	Asfalto Modificado com Polímero (Base Asfáltica)
0103	BBOA	Concreto de Asfalto Borracha (Base Asfáltica)
0104	BFRA	Concreto de Asfalto a Frio (Base Asfáltica)
0105	BPOA	Asfalto Poroso (Base Asfáltica)
0106	BSMA	SMA (Stone Mastic)(Base Asfáltica)
0200	BCAP	Concreto Asfáltico (Pavimento Asfáltico)
0201	BRQP	Asfalto Rolado a Quente (Pavimento Asfáltico)
0202	BPLP	Asfalto Modificado com Polímero (Pavimento Asfáltico)
0203	BBOP	Concreto de Asfalto Borracha (Pavimento Asfáltico)
0204	BFRP	Concreto de Asfalto a Frio (Pavimento Asfáltico)
0205	BPOP	Asfalto Poroso (Pavimento Asfáltico)
0206	BSMP	SMA (Stone Mastic)(Pavimento Asfáltico)
0300	BCAE	Concreto Asfáltico (Solo Estabilizado)



<b>Código da estrutura</b>	<b>Designação</b>	<b>Descrição da Estrutura (Pavimentado - Betuminoso)</b>
0301	BRQE	Asfalto Rolado a Quente (Solo Estabilizado)
0302	BPLE	Asfalto Modificado com Polímero (Solo Estabilizado)
0303	BBOE	Concreto de Asfalto Borracha (Solo Estabilizado)
0304	BFRE	Concreto de Asfalto a Frio (Solo Estabilizado)
0305	BPOE	Asfalto Poroso (Solo Estabilizado)
0306	BSME	SMA (Stone Mastic)(Solo Estabilizado)
0407	BTSG	Tratamento Simples (Base Granular)
0408	BTDG	Tratamento Duplo (Base Granular)
0409	BCSG	Capa Selante (Base Granular)
0410	BLFG	Lama Fina (Base Granular)
0411	BMCG	Penetração Macadame (Base Granular)
0507	BTSA	Tratamento Simples (Base Asfáltica)
0508	BTDA	Tratamento Duplo (Base Asfáltica)
0509	BCSA	Capa Selante (Base Asfáltica)
0510	BLFA	Lama Fina (Base Asfáltica)
0511	BMCA	Penetração Macadame (Base Asfáltica)
0607	BTSP	Tratamento Simples (Pavimento Asfáltico)
0608	BTDP	Tratamento Duplo (Pavimento Asfáltico)
0609	BCSP	Capa Selante (Pavimento Asfáltico)
0610	BLFP	Lama Fina (Pavimento Asfáltico)
0611	BMCP	Penetração Macadame (Pavimento Asfáltico)
0707	BTSE	Tratamento Simples (Solo Estabilizado)
0708	BTDE	Tratamento Duplo (Solo Estabilizado)
0709	BCSE	Capa Selante (Solo Estabilizado)
0710	BLFE	Lama Fina (Solo Estabilizado)
0711	BMCE	Penetração Macadame (Solo Estabilizado)

**Tabela 6 – Código da estrutura do pavimento (Concreto)**

<b>Código da estrutura</b>	<b>Designação</b>	<b>Descrição da Estrutura (Pavimentado - Concreto)</b>
2000	CCBG	Pavimento de concreto com junta plana com barras (transferência e ligação) (Base granular)
2001	CCBA	Pavimento de concreto com junta plana com barras (transferência e ligação) (Base asfáltica)
2002	CCBC	Pavimento de concreto com junta plana com barras (transferência e ligação) (Base cimento)
2100	CSBG	Pavimento de concreto com junta plana sem barras (transferência e ligação)(Base granular)
2101	CSBA	Pavimento de concreto com junta plana sem barras (transferência e ligação)(Base asfáltica)
2102	CSBC	Pavimento de concreto com junta plana sem barras (transferência e ligação)(Base cimento)
2200	CJEG	Pavimento de concreto com junta de encaixe(Base granular)
2201	CJEA	Pavimento de concreto com junta de encaixe(Base asfáltica)
2202	CJEC	Pavimento de concreto com junta de encaixe(Base cimento)
2300	CACG	Pavimento de concreto com armação contínua(Base granular)
2301	CACA	Pavimento de concreto com armação contínua(Base asfáltica)
2302	CACC	Pavimento de concreto com armação contínua(Base cimento)

O terceiro campo do código identificador do subtrecho homogêneo (ver Tabela 2.1) refere-se ao volume de tráfego atuante (volume médio diário – VMD). A definição deste campo depende do tipo de pavimento em que o tráfego se desenvolve.

As Tabelas 7 e 8, indicadas a seguir, representam o código referente ao volume de tráfego de acordo com o tipo de revestimento empregado, ou seja, utilizando-se os catálogos de soluções técnicas referentes às rodovias com revestimento em concreto asfáltico e em tratamento superficial, respectivamente.

Nos casos de estruturas de pavimentos em concreto de cimento Portland, como ainda não se dispõem de catálogos técnicos específicos, o campo é preenchido com a letra X, sendo que, desta forma, as análises técnicas não são realizadas, mas o banco de dados do sistema é alimentado.

**Tabela 7 – Código de VMD referente às rodovias com revestimento em concreto asfáltico**

<b>Código</b>	<b>VMD (Concreto Asfáltico)</b>
A	< 1000
B	1000 < 2000
C	2000 < 3000
D	3000 < 5000
E	> 5000

**Tabela 8 – Código de VMD referente às rodovias com revestimento em tratamento superficial**

<b>Código</b>	<b>VMD (Tratamento Superficial)</b>
A	< 1000
B	1000 < 2000
C	≥ 2000

O quarto campo do código identificador do subtrecho homogêneo (ver Tabela 3) refere-se ao índice de irregularidade superficial (IRI – International Roughness Index). O dígito atribuído a este campo refere-se à condição da superfície dos pavimentos e está distribuído em quatro faixas conforme Tabela 9, a seguir:

**Tabela 9 – Código referente à Irregularidade da superfície**

<b>Código</b>	<b>Irregularidade Superficial</b>
0	IRI < 3 (BOM)
1	$3 \leq \text{IRI} < 4$ (REGULAR)
2	$4 \leq \text{IRI} < 5,5$ (MAU)
3	IRI $\geq 5,5$ (PÉSSIMO)

Os limites de classificação de irregularidade superficial referem-se aos valores adotados atualmente para identificação de subtrecho homogêneo, podendo, entretanto, ser alterados mediante o aprimoramento do SGP.

Por fim, o quinto campo do código identificador do subtrecho homogêneo (ver Tabela 3) está relacionado com a deflexão dos pavimentos e com o índice de gravidade global (IGG) das superfícies. Para o preenchimento deste último campo, utilizam-se as Tabelas 10 e 11, referentes aos trechos de rodovias com revestimentos em concreto asfáltico e em tratamento superficial, respectivamente. Estas tabelas relacionam os dados de VMD, IRI, Deflexão e IGG e retornam o dígito alfabético (de A a D) a ser utilizado.

**Tabela 10 – Tabela para obtenção do código de Deflexão/IGG  
(Revestimento em Concreto Asfáltico)**

Rodovias com revestimento em Concreto Asfáltico																	
IRI		0				1				2				3			
IGG/Deflexão		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
VMD	Deflexão	IRI<=3 (BOM)				3<IRI<=4 (REGULAR)				4<IRI<=5,5 (MAU)				IRI>5,5 (PÉSSIMO)			
		IGG<=20	IGG>20	IGG<=20	IGG>20	IGG<=60	IGG>60	IGG<=60	IGG>60	IGG<=100	IGG>100	IGG<=100	IGG>100	IGG<=150	IGG>150	IGG<=150	IGG>150
A	Deflexão Admissível = 64	Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível	
B	Deflexão Admissível = 56	Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível	
C	Deflexão Admissível = 52	Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível	
D	Deflexão Admissível = 48	Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível	
E	Deflexão Admissível = 46	Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível		Deflexão <= D.admissível		Deflexão > D.admissível	

**Tabela 11 – Tabela para obtenção do código de Deflexão/IGG**  
**(Revestimento em Tratamento Superficial)**

Rodovias com revestimento em Tratamento Superficial																	
IRI		0				1				2				3			
IGG/Deflexão		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D

VMD	Deflexão	IRI<=3 (BOM)				3<IRI<=4 (REGULAR)				4<IRI<=5,5 (MAU)				IRI>5,5 (PÉSSIMO)			
		IGG<=20	IGG>20	IGG<=20	IGG>20	IGG<=60	IGG>60	IGG<=60	IGG>60	IGG<=100	IGG>100	IGG<=100	IGG>100	IGG<=150	IGG>150	IGG<=150	IGG>150
A	Deflexão Admissível = 64	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível
B	Deflexão Admissível = 56	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível
C	Deflexão Admissível = 52	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível	Deflexão <= D.admissível	Deflexão > D.admissível

### 3.2.2. Avaliação dos pavimentos

#### 3.2.2.1. Generalidades

Na implementação do SGP, a avaliação de pavimentos é uma das etapas mais importantes, por ser o ponto de partida para as futuras decisões neste sistema. Esta atividade possibilita que sejam definidas as condições funcionais, estruturais e operacionais dos pavimentos dos segmentos constituintes de uma malha viária em um determinado momento, mediante a obtenção dos dados fundamentais que alimentam periodicamente o SGP.

#### 3.2.2.2. Histórico de implantação, manutenção e melhoramentos

O cadastro dos dados históricos de um pavimento desde sua implantação constitui o passo inicial para sua inserção no banco de dados de um SGP. Na maioria dos casos, as rodovias passam pelas seguintes etapas:

- a) **Implantação:** Etapa na qual é implantada a diretriz da rodovia, mediante a execução de serviços relativos a obras-de-arte correntes, terraplenagem e revestimento primário. É muito comum, nesta etapa, a adoção de soluções as menos custosas possíveis, resultando disso uma rodovia com características técnicas muito próximas àquelas especificadas para estradas vicinais;
- b) **Pavimentação:** Etapa na qual são executados serviços de maior envergadura, dotando-se a rodovia de características técnicas compatíveis com volumes de tráfego mais elevados. Nesta etapa, são efetuadas as devidas correções geométricas, mediante a execução de terraplenagem complementar, executados serviços relativos à melhoria das obras-de-arte correntes, implantação de estruturas de pavimento, obras-de-arte especiais, drenagem, sinalização e obras complementares;

- c) **Melhoramentos:** Os melhoramentos constituem um amplo espectro de intervenções, efetuadas com o objetivo de adequar a rodovia às necessidades constatadas ao longo de sua vida de serviço. Constituem intervenções do tipo implantação de terceiras faixas, adequação e aumento da capacidade de interseções, alargamento de plataforma etc. A própria duplicação de uma rodovia pode ser considerada um melhoramento, tendo em vista que proporciona uma adequação da mesma a novas exigências, em termos de capacidade de tráfego;
- d) **Manutenção:** Atividade desenvolvida em determinados períodos da vida de serviço da rodovia, objetivando dotá-la permanentemente de condições adequadas de serventia e segurança. Especificamente quanto ao pavimento, constituiu-se de atividades de restauração, que visam melhorar periodicamente as condições estruturais e funcionais do mesmo.

Os dados relativos às características regionais da rodovia são coletados normalmente do projeto de pavimentação e /ou “As Built”, que fornecem habitualmente as características de geometria, orografia, clima etc.

O somatório dos dados coletados relativos a estas atividades constitui o histórico da rodovia, proporcionando o conhecimento de informações fundamentais ao funcionamento do SGP.

### 3.2.2.3. Condições funcionais

A avaliação funcional de um pavimento relaciona-se à apreciação do estado de sua superfície e de como este estado influencia no conforto ao rolamento. Para este fim, dois parâmetros da avaliação são bastante consistentes, quais sejam, o Valor da Serventia Atual (VSA), uma medida subjetiva baseada em notas dadas por técnicos avaliadores e o Índice de Irregularidade Internacional (IRI), parâmetro determinado por meio de medições de irregularidade longitudinal, efetuadas por meio de aparelhos especificamente projetados para este fim.

#### a) Valor da serventia atual - VSA

O primeiro método estabelecido de forma sistemática para a avaliação funcional foi o da serventia de um dado trecho de pavimento, concebido por *Carey e Iric*, em 1960, para as pistas experimentais da *AASHO (American Association of State Highway Officials, hoje AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials)*. O Valor da Serventia Atual é uma atribuição numérica compreendida em uma escala de 0 a 5, dada pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um determinado trecho, em um dado momento da vida do pavimento. Esta escala compreende cinco níveis de serventia, conforme expresso na Tabela 12, a seguir, sendo também adotada no Brasil pelo Procedimento DNIT 009/2003-PRO.

**Tabela 12 – Níveis de serventia**

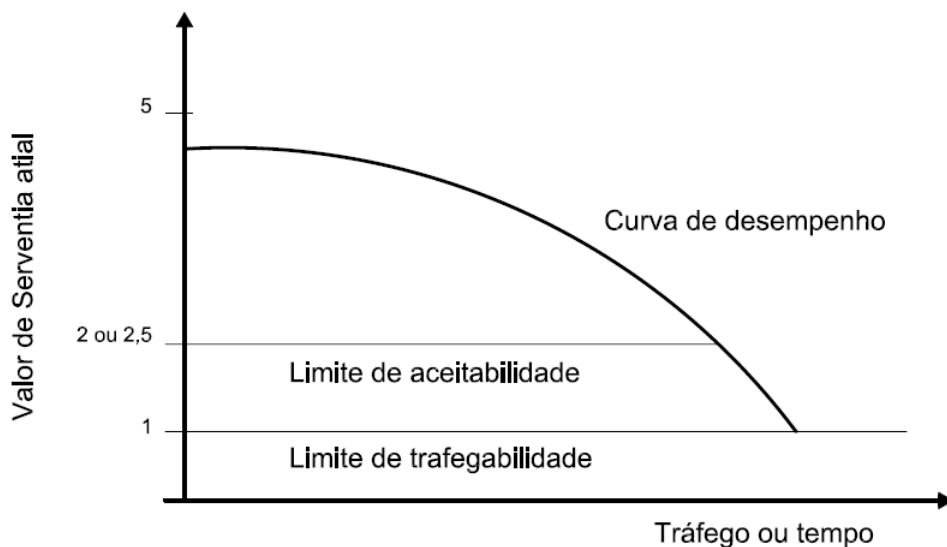
<b>Padrão de conforto ao rolamento</b>	<b>Avaliação (faixa de notas)</b>
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Nos Estados Unidos, a avaliação subjetiva de conforto ao rolamento do pavimento é denominada *Present Serviceability Ratio (PSR)*, correspondendo no Brasil ao Valor de Serventia Atual (VSA).

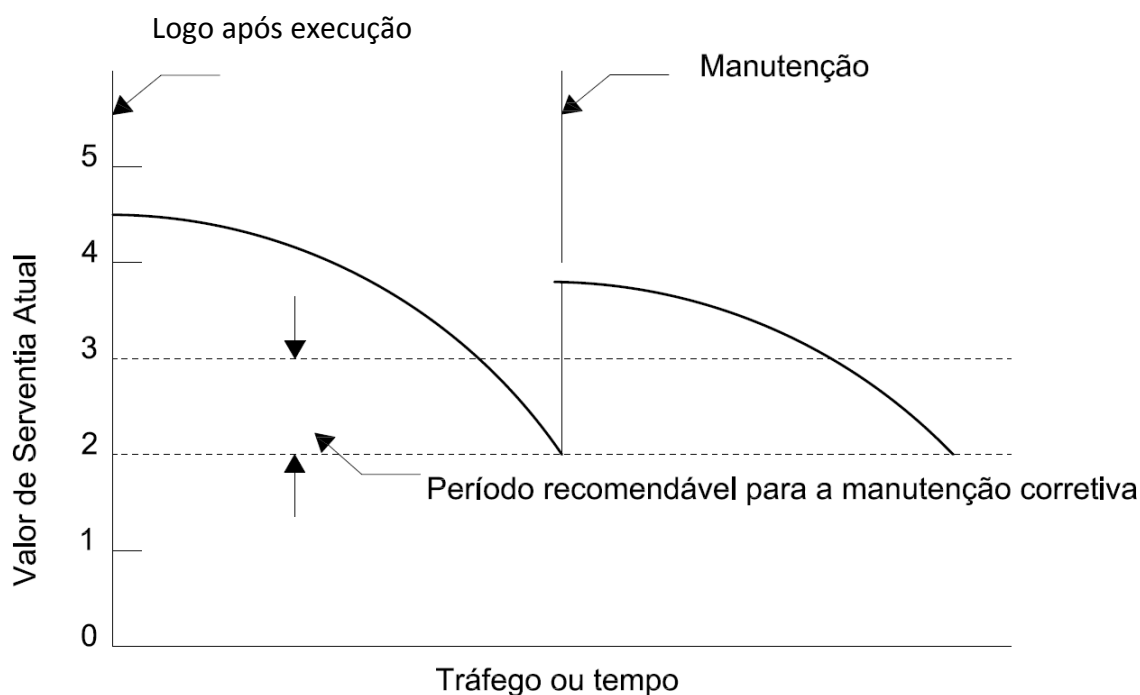
O VSA é, em geral, elevado logo após a construção do pavimento, quando bem executado, pois exibe uma superfície suave, praticamente sem irregularidades. A condição de perfeição, sem qualquer irregularidade ( $VSA = 5$ ), não é encontrada na prática. Como exemplo, nas pistas experimentais da AASHO, na década de 1960, foram obtidos valores de serventia atual inicial de 4,2 para pavimentos asfálticos e de 4,5 para pavimentos de concreto cimento Portland. Com o aprimoramento das técnicas construtivas, é possível obter, nos dois tipos de pavimento, valores iniciais mais próximos da Nota 5. Portanto, o VSA, logo após o término da construção do pavimento, depende muito da qualidade executiva e das alternativas de pavimentação selecionadas.

O VSA do pavimento diminui com o passar do tempo por dois fatores principais: o tráfego e as intempéries. A forma da curva de serventia com o tempo decorrido de utilização da via é mostrada esquematicamente na Figura 3, apresentada a seguir.

**Figura 3 – Variação da serventia com o tráfego ou com o tempo decorrido de utilização da via**



Na Figura 3 estão indicados dois limites: de aceitabilidade e de trafegabilidade. Para os usuários, há um limite de aceitabilidade das condições de rolamento do pavimento, abaixo do qual o nível de conforto passa a ser inaceitável; este limite depende da categoria da rodovia e do tráfego. O guia de dimensionamento de pavimentos norte-americano da AASHTO (1993) introduziu pioneiramente, já na sua primeira versão da década de 1960, além do critério de resistência, também o critério de serventia para o cálculo das estruturas de pavimento. Esse método atribui como limite de aceitabilidade a Nota 2,5 para as vias de alto volume de tráfego e 2,0 para as demais. Na prática, sempre que o Valor de Serventia Atual atinge este patamar, uma intervenção de manutenção corretiva deve ser realizada, de modo a repor o índice a um valor superior, conforme Figura 4 adiante. No período em que o pavimento apresenta VSA acima deste valor, deve-se realizar manutenção preventiva periódica, de modo a prolongar o tempo em que o mesmo permanece em condição aceitável quanto ao rolamento. Caso não haja manutenção, ou esta seja inadequada, o pavimento pode atingir o limite de trafegabilidade, situação na qual se torna necessária sua reconstrução. Este limite depende dos padrões estabelecidos, estando geralmente próximo ao Valor de Serventia Atual igual a 1,0 conforme Figura 4 a seguir. Após manutenção corretiva, o valor da serventia eleva-se novamente, podendo atingir valores menores, iguais ou maiores que o da serventia inicial do pavimento.

**Figura 4 – Período recomendável para a manutenção dos pavimentos**

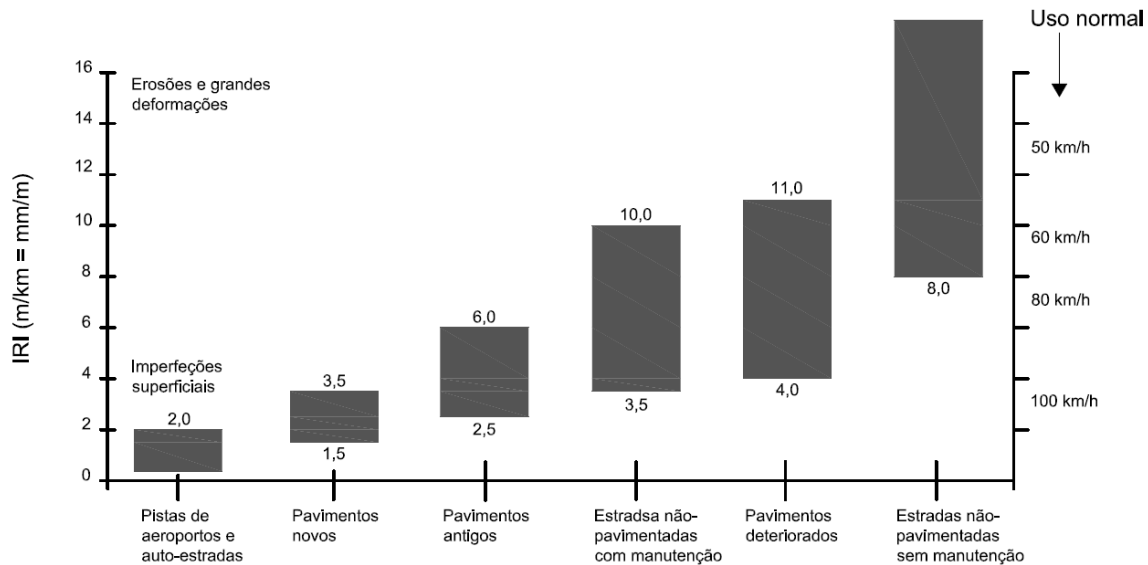
Atualmente, a determinação do VSA tem sido substituída pelo LVC – “Levantamento Visual Contínuo da Superfície de Pavimento Flexível e Semi-rígido”, nos trechos onde ocorre este tipo de revestimento, considerando as ocorrências do pavimento descritas na norma DNIT 006/2003 PRO .

O LVC apresenta a vantagem de determinar não só o ICPF – Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis, semelhante ao VSA, como também proporciona os elementos necessários para avaliação do IGG – Índice de Gravidade Global, com informações necessárias para o uso do Modelo de Padrão de Desempenho HDM-4.

#### **b) Índice de irregularidade internacional - IRI**

A irregularidade longitudinal é o somatório dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico, que afeta a dinâmica dos veículos, o efeito dinâmico das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem superficial da via. O parâmetro utilizado para medida da irregularidade é designado IRI – *International Roughness Index* (Índice de Irregularidade Internacional), um índice estático, expresso em m/km, que quantifica os desvios da superfície do pavimento em relação à de projeto. A Figura 5 mostra as faixas de variação do IRI em diversas situações. O IRI tem sido utilizado como ferramenta de controle de obras e aceitação de serviços em alguns países.



**Figura 5 – Diversas faixas de variação do IRI**

A irregularidade longitudinal é medida ao longo de uma linha imaginária, paralela ao eixo da estrada e, em geral, coincidente com as regiões de trilhas de roda, podendo, em alguns casos, haver o interesse de melhor detalhar o perfil, levantando-o em diversas linhas paralelas imaginárias. A linha de levantamento longitudinal possui uma largura variável de alguns milímetros a centímetros, o que depende do tipo de equipamento empregado.

Há mais de um século, os técnicos procuram quantificar a qualidade de rolamento de seus pavimentos. Um dos primeiros equipamentos norte-americanos para tal finalidade foi o perfilógrafo, sendo um dos exemplos o perfilógrafo do Departamento de Transporte de Illinois, da década de 1920, que operava a baixa velocidade.

A irregularidade pode ser levantada com medidas topográficas ou por equipamentos medidores do perfil longitudinal com ou sem contato, ou ainda indiretamente avaliada por equipamentos do tipo “resposta”, que fornece um somatório de desvios do eixo de um veículo em relação à sua suspensão.

#### **3.2.2.4. Condições estruturais**

A avaliação estrutural de um pavimento está associada ao conceito de capacidade de carga, que pode ser vinculado diretamente ao projeto do pavimento e ao seu dimensionamento. Os defeitos estruturais resultam principalmente da repetição das cargas e estão associados às deformações elásticas ou recuperáveis e plásticas ou permanentes. As deformações elásticas são avaliadas por equipamentos próprios chamados genericamente de deflectômetros, por medirem os deslocamentos verticais nomeados como “deflexão” do pavimento. Elas são responsáveis pelo surgimento da maioria dos

trincamentos ao longo do tempo de serviço do pavimento, que podem levar à fadiga do revestimento. As deformações plásticas são acumulativas durante os anos de serviço de um pavimento e resultam em defeitos do tipo afundamento localizado ou nas trilhas de roda, medidos por meio de treliça normatizada ou por sensores laser.

#### **3.2.2.5 Condições operacionais**

O tráfego incidente nas rodovias constituintes de uma malha viária é um dos fatores mais relevantes na implementação de um SGP quanto às condições operacionais, tendo em vista sua importância na análise da rede e na priorização dos investimentos. A solicitação de tráfego sobre uma rodovia pode ser expressa pelo Número N de repetições do eixo padrão de 8,2 tf, quando a análise é feita em termos da carga atuante, pelo Volume Médio Diário Anual de Tráfego (VMD), quando a análise é feita em termos de capacidade de tráfego, ou por ambos.

O Número N expressa o número de repetições de cargas equivalentes ao eixo simples de rodas duplas de 8,2 tf, tomado como eixo padrão, e determina as necessidades estruturais dos pavimentos para um determinado período de solicitação pelo tráfego.

O VMD indica a quantidade total de veículos que diariamente demanda um determinado segmento rodoviário em um sentido, ou seja, é um parâmetro determinante das necessidades da rodovia em termos de capacidade de tráfego, muito embora seja também utilizado para o cálculo do Número N.

Outro fator importante, utilizado para determinação do tráfego futuro, é sua taxa de crescimento anual. Essa taxa é obtida, mediante considerações de natureza econômica, que procuram definir as demandas de tráfego que solicitarão determinado segmento rodoviário, mediante sua aplicação ao VMD atual.

#### **3.2.3 Determinação das prioridades e elaboração do programa plurianual de investimentos**

O objetivo fundamental do desenvolvimento e implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos – SGP é a determinação das prioridades de intervenções, na busca da otimização dos recursos disponíveis, e a elaboração de um Programa Plurianual de Investimento, como resultado da avaliação econômica empreendida.

## **4. NÍVEIS DE DECISÃO NA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**



## **4. NÍVEIS DE DECISÃO NA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**

Tradicionalmente, o processo decisório de um Sistema de Gerência de Pavimentos pode ser considerado em nível de rede e em nível de projeto.

A Gerência em nível de rede indica os trechos prioritários da malha rodoviária que devem ser objeto de investimentos em manutenção, de forma que os recursos públicos alocados para um determinado período tenham o melhor retorno econômico. O conjunto das recomendações tem como principal objetivo permitir a elaboração de um Programa Plurianual de Investimentos, no qual estejam contemplados os projetos e as obras que serão realizadas em médio prazo.

Já a Gerência em nível de projeto envolve atividades detalhadas do próprio projeto e da execução de obras em um trecho específico da malha, atividades essas que deverão subsidiar orçamentos e programas de curto prazo. É claro que a otimização do Sistema de Gerência de Pavimentos requer a perfeita integração entre esses níveis de decisão, o que nem sempre é uma tarefa trivial.

Logicamente, à medida que a complexidade e o tamanho da rede a ser analisada aumentam o nível de detalhamento das informações forçosamente diminui, e vice-versa. Não deve haver, contudo, uma linha divisória entre os níveis de decisão, procurando-se, isto sim, uma integração, tanto nos aspectos técnicos como nos administrativos.

### **4.1. SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS EM NÍVEL DE REDE**

O Sistema de Gerência de Pavimentos em nível de rede caracteriza-se por estudar uma grande área ou malha viária, onde se situam muitas rodovias. Assim, em se tratando de coleta e análise de dados, predomina a quantidade sobre o detalhe, ou seja, busca-se o conhecimento da malha como um todo, de forma a possibilitar a adequada priorização dos recursos disponíveis.

As atividades de coleta de dados são de grande importância em um SGP, por serem fontes de embasamento das análises e das decisões de destinação de recursos que se fizerem necessários. Assim sendo, as informações devem ser colhidas com objetividade, atualidade e confiabilidade.

Para muitos administradores, nos custos totais de um SGP, a coleta de dados é o componente mais representativo. Em função disso, busca-se cada vez mais desenvolver e utilizar equipamentos automatizados para esta tarefa, que permitam a aquisição dos dados no campo, de forma mais rápida e com o mínimo de interferência no fluxo normal do tráfego, além de processarem os dados obtidos com melhor desempenho, produzindo informações precisas das condições avaliadas.

No SGP em nível de rede, as informações necessárias devem ser mais simples e demandar um menor intervalo de tempo para a sua obtenção. Preocupa-se com a escolha da melhor estratégia (“o que fazer”), em indicar a atividade mais apropriada (“como fazer”), em selecionar as seções prioritárias

(“onde fazer”), em definir a melhor época para execução dos serviços de Manutenção e/ou Restauração (M&R) e a que custo aproximado (“quando fazer”).

A tarefa de determinar como fazer, o que fazer e quando fazer serviços de restaurações nos pavimentos pode ser desenvolvida por meio de modelagem, como um problema de otimização. A meta é maximizar a condição média da rede rodoviária para um horizonte de planejamento plurianual.

## **4.2. SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS EM NÍVEL DE PROJETO**

No Sistema de Gerência de Pavimentos em nível de projeto, observa-se mais detalhadamente um determinado trecho pavimentado. Os dados são coletados de forma mais aprofundada, com estudos de estrutura das camadas do pavimento, determinando, sempre que possível, as causas do aparecimento de defeitos e as consequências que estes poderão induzir em camadas adjacentes, procurando avaliar e selecionar o tipo e data de execução do serviço de M&R.

Para este nível, as decisões, além de administrativas, são técnicas e econômicas, incluindo a previsão da durabilidade do pavimento após a execução de diferentes estratégias de manutenção e de reabilitação, para cada segmento específico, e a avaliação das causas de deterioração.

A interrelação existente entre os dois níveis de SGP, em nível de rede e em nível de projeto, é que este último é o complemento do primeiro. Em nível de projeto, o direcionamento é para estudos específicos em trechos situados na rede viária em questão, que foram priorizados em nível de rede.

Inicialmente é feito um diagnóstico nos diversos segmentos do pavimento, identificando, por meio de avaliações funcionais e estruturais, os problemas neles existentes. As alternativas de projeto são avaliadas e, em função da análise técnico-econômica, é escolhida a mais adequada, permitindo-se que, além de executar a restauração, sejam efetuadas avaliações que possibilitem determinar as causas da deterioração e selecionar as estratégias mais adequadas para a manutenção.

Nos estudos de um SGP em nível de projeto, além da realização de levantamentos e ensaios específicos, são determinadas as quantidades de serviços e os custos das diferentes alternativas de intervenção. Os benefícios advindos das melhorias da condição do pavimento, e consequentemente de sua vida útil, são avaliados, as necessidades são quantificadas, as prioridades são estabelecidas, contemplando programas e, depois de selecionadas as estratégias, os custos são estimados. Enfim, o SGP em nível de projeto possibilita que seja feita uma melhor avaliação das causas de deterioração, ensejando a seleção de estratégias que sejam mais adequadas para a manutenção dos trechos.

A verificação da confiabilidade e do bom uso de um SGP é feita através da análise da coerência dos resultados obtidos em nível de projeto com o planejamento em nível de rede, ou ainda quando, para

as análises em nível de rede, são adotados as próprias ferramentas e os métodos utilizados em nível de projeto.

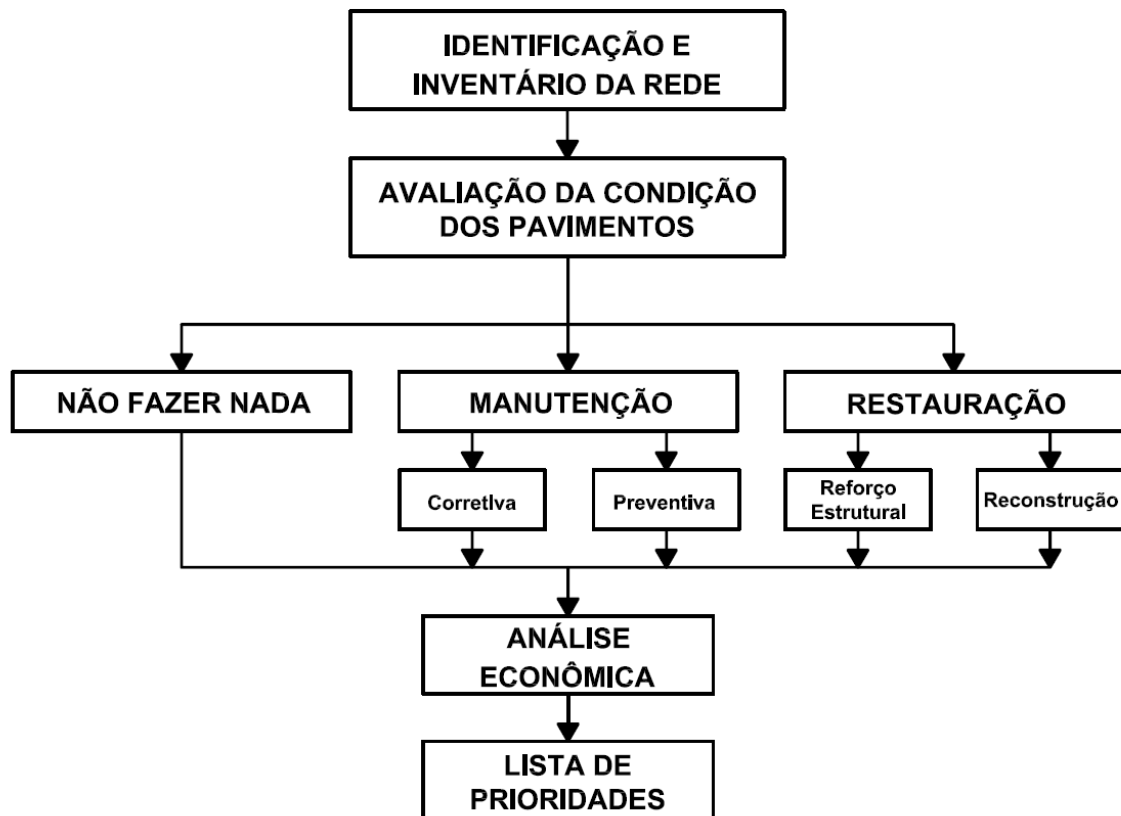
Na Figura 6 adiante é mostrado o Fluxograma de um Sistema de Gerência de Pavimentos com alternativas das estratégias de atividades de M&R. Inicialmente, são definidas e identificadas as seções (ou segmentos) dos pavimentos para análise. O passo seguinte consiste em levantar as condições do pavimento, obtendo-se informações sobre as características físicas e o estado de deterioração, anotando-se as extensões e os níveis de severidade dos segmentos. A análise em nível de rede permite a escolha das alternativas das estratégias de M&R. Em seguida, é efetuada uma análise, em nível de projeto, para a definição das atividades de manutenção ou, se for o caso, de dimensionamento de reforços ou de restauração. A partir destas definições, são efetuadas as análises econômicas e estabelecidas as prioridades.

A análise econômica permite que sejam avaliadas as alternativas de M&R e se constitui numa ferramenta de tomada de decisão, em função de critérios pré-estabelecidos.

Devem ser levados em consideração, nesta análise, os fatores políticos, econômicos e sociais. A função social de uma rodovia não pode ser desprezada, quando se efetua a análise de relação benefício/custo.

As análises das priorizações se fazem necessárias para que sejam otimizadas as aplicações dos recursos. A finalidade é maximizar os benefícios ou minimizar os custos sob restrições orçamentárias. Para a determinação das prioridades, devem ser estabelecidos procedimentos objetivos, que possibilitem reduzir ao mínimo as subjetividades inerentes ao processo.

Figura 6 - Fluxograma de um SGP com alternativas das estratégias de M&R





## **5. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**



## **5. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**

### **5.1. O PAPEL DA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**

A Gerência de Pavimentos é encarada de diversas maneiras pela administração geral e pelos técnicos. A administração frequentemente está mais preocupada com as perspectivas dos usuários, no que se refere à sua mobilidade e seus custos de operação. A administração pensa também nos impactos sociais na atuação do governo, por meio de pressões públicas, valores e aspectos emocionais, que muitas vezes dão a última palavra sobre o que é politicamente aceitável. Deve-se esperar, portanto, o emprego de termos não técnicos nas relações entre os dirigentes e o público. A GP, por outro lado, usa termos precisamente definidos para descrição dos pavimentos, seus níveis de atuação e suas necessidades. A GP é compreendida como um instrumento estratégico de planejamento para a administração e como ferramenta de engenharia para as decisões técnicas.

Uma vez que a Gerência de Pavimentos passe a ser uma exigência dos órgãos responsáveis pela administração das rodovias, é necessário que o pessoal envolvido se familiarize com suas características básicas.

A administração da GP tem um papel crítico no desenvolvimento do sistema viário, sendo necessário que se identifique com os aspectos administrativos e políticos de sua atuação, que possam afetar o sistema: padrões técnicos, políticas de atribuição de recursos, problemas sociais e do meio ambiente e legislação em vigor. A GP deve prover as decisões e políticas internas necessárias para suportar o desenvolvimento e operação do sistema, de modo a assegurar sua continuidade.

A administração superior tem atuação em quatro das principais áreas relativas a pavimentos: financeira, técnica, organizacional e política. Historicamente, a maior parte do desenvolvimento dos pavimentos tem sido de natureza técnica, com atenção limitada às necessidades de natureza política. A GP deve ajudar a administração superior a compreender e atender às necessidades políticas relativas a pavimentos. A administração precisa ter uma compreensão adequada do que faz a GP e de como fazer uso de suas informações. Não é necessário, entretanto, que compreendam os detalhes técnicos do sistema.

### **5.2. CRIAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**

Devem ser estabelecidas 07 (sete) etapas para o desenvolvimento e implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos – SGP. Podem ser adaptadas para o desenvolvimento de um Sistema já existente ou para a implantação de um novo Sistema.

### **5.2.1. 1ª Etapa: Decisão inicial**

A decisão da criação de um SGP, ou modificação de um já existente, cabe à administração superior, que deve estar convencida das vantagens que dela devem resultar. Essa decisão deve ser de conhecimento geral do órgão, para eliminar eventual resistência de algum ou alguns setores.

O SGP deve ter um coordenador responsável e as diversas unidades do órgão devem ser informadas do eventual papel que pode ocupar dentro do esquema geral. Um compromisso da administração superior deve ser firmado quanto aos recursos que são necessários para alocação de pessoal especializado, equipamento e fundos para desenvolver, implementar e operar o SGP, de modo a garantir o apoio total do órgão ao processo.

### **5.2.2. 2ª Etapa: Organização de uma comissão de implantação do sistema**

Uma comissão deve ser organizada para orientar e dirigir a implantação do SGP. Essa comissão deve ser composta por pessoal do nível mais elevado dos diversos setores do órgão com interesse ou envolvimento com pavimentos. Dessa forma, são minimizados problemas organizacionais e de política interna do órgão no processo de desenvolvimento e implantação da gerência. É importante que as necessidades dos usuários das informações do SGP sejam consideradas antes de sua implantação. A administração geral do órgão deve informar à comissão quanto aos seus objetivos e responsabilidades, incluindo prazos e quanto à política a ser seguida, no que se refere a pavimentos. A comissão deve dispor de autoridade para agir. Algumas das suas responsabilidades serão: definição dos objetivos da administração geral, avaliação das condições e processos atuais de administração dos pavimentos, identificando os resultados e tipos de informações necessários, e recomendando as mudanças apropriadas para que se possa implantar e utilizar o Sistema.

### **5.2.3. 3ª Etapa: Indicação da equipe do sistema**

Se já não existir um SGP, deve ser selecionada e indicada uma equipe para sua constituição e operação e para trabalhar juntamente com a comissão de implantação, para prover o suporte técnico que for necessário para ajudar a atender às necessidades e expectativas da administração geral. Um engenheiro deve ser indicado para liderar o SGP, para sua direção, coordenação e operação, com responsabilidade em tempo integral. Esse elemento deve ser um forte partidário do sistema de gerência de pavimentos e lhe deve ser atribuída a autoridade imprescindível para tomar decisões e levar a bom termo as tarefas necessárias. Deve, também, estar a par da necessidade de cooperar e trabalhar com os vários setores do órgão, durante e depois da criação do SGP.

### **5.2.4. 4ª Etapa – Seleção ou desenvolvimento do sistema de manutenção dos pavimentos**

Esta etapa se destina ao desenvolvimento, seleção ou modificação de um sistema para manutenção e/ou execução de melhorias, que atenda às necessidades e objetivos definidos pela comissão de

implantação e aprovados pela administração geral. Considerações devem ser feitas quanto a: identificação e avaliação dos componentes do sistema, estimando seus custos de desenvolvimento, implementação, e operação; seleção de equipamento e metodologia para monitoração das condições dos pavimentos; acessibilidade das informações necessárias; habilidade para utilizar os resultados obtidos; e flexibilidade do sistema. As necessidades do sistema desejado pelo SGP devem ser definidas e comparadas com as consideradas e utilizadas atualmente. Providências devem ser tomadas para atender às necessidades identificadas. Para esse fim, deve-se poder dispor de: informações adequadas confiáveis, análise competente e uma estratégia de comunicação eficiente.

Um Sistema de Gerência de Pavimentos pode variar de complexidade, ser de aplicação manual ou automatizada, baseada na prática ou tecnicamente otimizada. O SGP deve ser considerado como um sistema dinâmico que possa crescer por etapas ou fases, usando um processo modular, que permita a inclusão de novos módulos com o correr do tempo. O Sistema deve ser consistente com o vulto e estilo do órgão responsável. Não deve ser construído às pressas, mas em ritmo que a administração e sua equipe possam acompanhar sem problemas. Deve ser mantido tão prático quanto possível, evitando complexidades técnicas desnecessárias, de modo a poder ser facilmente usado na fase de operação.

#### **5.2.5 5ª Etapa: Demonstração e funcionamento do sistema**

A demonstração do funcionamento do Sistema de Gerenciamento de Pavimentos em uma escala limitada é desejável, para que se possam identificar necessidades de ajustamentos ou modificações antes de seu uso em larga escala. Esta etapa provê a oportunidade de corrigir problemas de coleta de dados ou dos processos de análise. Apresenta, além disso, as seguintes vantagens:

- a) Torna mais claro o seu funcionamento para aqueles que tenham algumas dúvidas ou mesmo não compreendam sua utilidade;
- b) Dá oportunidade à administração geral e à comissão de implantação de observar e recomendar alterações que se revelem desejáveis;
- c) Permite que potenciais usuários do sistema se familiarizem com a potencialidade da GP e manifestem suas opiniões quanto às vantagens que podem advir de sua implantação.

#### **5.2.6 6ª Etapa – Implantação do sistema de gerência de pavimentos**

Esta etapa trata da implantação do Sistema em larga escala. A equipe selecionada é de capital importância para o sucesso da implantação, constituindo seu principal recurso. O pessoal deve ser treinado, qualificado, experimentado e dedicado. Deve haver um propósito firme em manter os elementos chave, para prover uma continuidade razoável da equipe. O apoio da administração

superior é essencial para seu sucesso a longo prazo. Uma divulgação prévia das vantagens de um SGP é útil e a preparação e treinamento do seu pessoal são essenciais.

#### **5.2.7. 7ª Etapa – Revisão periódica**

O SGP deve ser revisto periodicamente, para se ter certeza de que está atingindo os objetivos originais. O período de funcionamento normal fornece oportunidades para identificar e aplicar possíveis melhorias. O aperfeiçoamento contínuo é essencial para o sucesso a longo prazo do SGP e maximização de seus benefícios.

Um Sistema de Gerência de Pavimentos deve ser suficientemente flexível para permitir melhorias e modificações ao longo do tempo. Deve ser considerado um sistema dinâmico e não estático. Mudanças frequentes, entretanto, devem ser minimizadas. Mudanças de vulto não devem ser feitas a intervalos inferiores a cinco anos, mas pequenas alterações são admissíveis, quando necessárias. Mudanças de menor vulto que simplificam ou dão uma melhor aparência ao processo, ou aperfeiçoam a análise econômica sem efeitos adversos nos resultados, devem ser feitas, quando necessárias. Mudanças que afetem de forma significativa as necessidades básicas de informações, os modelos de previsão, a análise econômica e os tipos de relatórios necessários devem ser considerados como modificações de grande vulto e devem respeitar o intervalo de cinco anos, quando deve ser feita avaliação das melhorias necessárias para um SGP satisfatório. Quaisquer mudanças só devem ser feitas quando consideradas necessárias pela equipe e aprovadas pela comissão de implantação.

Tem sido aceito pelo DNIT o uso do sistema HDM-4 para a execução das análises econômicas necessárias. Além de se tratar de sistema que foi desenvolvido em grande parte a partir de pesquisas realizadas no Brasil os seus resultados têm sido considerados satisfatórios pelos diversos organismos responsáveis pela administração dos sistemas de rodovias no País. Nada impede que seja substituído por outro sistema que se revele mais eficiente, mas deve haver uma justificativa sólida para esse fim, já que uma das suas vantagens é que permite a geração de relatórios para análise dos vários problemas que se apresentam como essenciais. No Exemplo de Roteiro para Determinação de Prioridades de Intervenções, apresentado no Anexo B, verifica-se que os relatórios gerados pelos Programas e Estratégias do HDM-4 cobrem todas as necessidades de análise, inclusive determinação dos investimentos ao longo do período de aplicação. É aconselhável, pois, que, cada vez que se proceder a modificações de grande vulto, se verifique a conveniência de manter ou modificar a metodologia que vem sendo utilizada.

## **6. COLETA DE DADOS E BANCO DE DADOS DO SISTEMA**





## **6. COLETA DE DADOS E BANCO DE DADOS DO SISTEMA**

### **6.1. ASPECTOS GERAIS**

A coleta de informações sobre pavimentos rodoviários constitui tarefa de importância fundamental para um Sistema de Gerência de Pavimentos - SGP. O grau de detalhes e a frequência das coletas e medições necessárias dependem do nível de gerência, do modelo para definição das prioridades a ser adotado e das exigências de cada organização rodoviária.

### **6.2. DEGRADAÇÃO DOS PAVIMENTOS**

Os pavimentos são concebidos para durarem um determinado período. Durante cada período ou ciclo de vida, o pavimento inicia numa condição ótima até alcançar uma condição ruim. O decréscimo da serventia do pavimento ao longo do tempo é o que caracteriza a sua degradação.

No âmbito gerencial, três fatores devem ser considerados como subsídios à tomada de decisão quanto à necessidade ou não de restauração do pavimento, quais sejam:

- a) Desempenho funcional** – Refere-se à capacidade do pavimento de satisfazer sua função principal, que é a de fornecer uma superfície com serventia adequada, em termos de qualidade de rolamento. No “AASHTO Road Test”, concluiu-se que a característica do pavimento que mais afeta a avaliação dos usuários é a irregularidade longitudinal medida e designada pelo IRI – International Roughness Index como especificado anteriormente. A avaliação do IRI em conjunto com os levantamentos de defeitos de superfície são os mais apropriados para a definição da condição funcional do pavimento, que devem ser restaurados quando atingirem determinados níveis;
- b) Desempenho estrutural** – Refere-se à capacidade de um pavimento de manter sua integridade estrutural, sem apresentar falhas significativas, sendo avaliado pelos ensaios deflectométricos;
- c) Desempenho operacional e da segurança** – A avaliação operacional envolve vários aspectos do pavimento, da sinalização, da demanda do usuário, do comportamento humano etc. Quanto ao aspecto do pavimento, além da geometria e irregularidade superficial, é importante avaliar o atrito pneu-pavimento, principalmente em dias de chuva, que envolve a quantificação da resistência à derrapagem, que é função da aderência. Outro fator importante na avaliação da segurança é a hidroplanagem, que ocorre quando os pneus perdem contato com o pavimento, devido à presença de um filme de água não rompido pelos pneus ou pela textura da pista. Compreende-se, também, um fator primordial na avaliação do desempenho operacional o conhecimento da demanda de utilização pelo usuário, com a avaliação da frota circulante, volumétrica e classificatória, sendo

este fator de extrema importância no dimensionamento das soluções adotadas nas intervenções do pavimento.

O desempenho funcional e o desempenho operacional quanto à segurança são associados ao custo operacional dos veículos, ao conforto, à segurança, à velocidade e à economia das viagens, enquanto que o desempenho estrutural é associado à preservação dos investimentos.

### **6.3. DADOS NECESSÁRIOS**

Os dados necessários à consecução de um SGP eficaz são aqueles destinados a caracterizar os pavimentos quanto aos três aspectos de desempenho citados na Subseção 6.2, aliados à caracterização física e à adequada determinação do tráfego incidente em cada segmento de análise, conforme descrito a seguir.

#### **6.3.1. Dados relativos à caracterização física e histórica**

Os dados necessários à caracterização física e histórica dos segmentos devem ser coletados em projetos já efetuados ou, no caso destes não estarem disponíveis, deve ser elaborado o cadastro dos mesmos. As informações mínimas a serem fornecidas são as seguintes:

##### **a) Gerais:**

- Tipo de pavimento;
- Largura da pista;
- Largura do acostamento;
- Número de faixas de tráfego;
- Caracterização climática;
- Caracterização orográfica.

##### **b) Tráfego e geometria:**

- Número de veículos motorizados (VMD);
- Número de veículos não motorizados (VMD);
- Sentido de fluxo;
- Subidas e Descidas, que é a soma dos valores absolutos das diferenças de cotas no início e fim de cada subida ou descida, dividida pelo comprimento do subtrecho em estudo, em m/km;

- Grau de curvatura horizontal, que é a soma dos valores absolutos das deflexões sucessivas das tangentes do alinhamento horizontal, dividida pelo comprimento do subtrecho, em quilômetros;
- Velocidade limite.

**c) Revestimento:**

- Tipo e espessura do revestimento existente;
- Tipo e espessura do revestimento anterior.

**d) Dados históricos:**

- Data da construção;
- Data da última reabilitação;
- Data do último tratamento preventivo.

**e) Parâmetros estruturais:**

- Número estrutural;
- Deflexão (Benkelman, FWD etc.);
- Tipo, espessura e coeficiente estrutural de cada camada do pavimento;
- ISC do subleito;
- Condições de drenagem.

**6.3.2. Dados relativos ao desempenho funcional**

Como já citado, o parâmetro mais relevante, no que se refere ao desempenho funcional de um pavimento, é a irregularidade longitudinal. Conceitua-se irregularidade longitudinal de um pavimento, ou simplesmente irregularidade, como o conjunto de desvios da superfície viária em relação a um plano de referência, desvios estes que afetam a qualidade do rolamento, a dinâmica dos veículos e a ação dinâmica das cargas sobre a via (vide Subseção 3.2.2.3. Condições Funcionais).

A irregularidade é um fenômeno que pode decorrer de imperfeições no processo construtivo da via, assim como pode ser resultado de sua degradação, em função da ação do tráfego, do clima e de outros fatores. Não se deve entender a irregularidade como mais um defeito de superfície, mas sim como um parâmetro que representa os efeitos que o conjunto de defeitos de um pavimento provoca na condição de rolamento dos veículos.

Assim, a irregularidade influi na interação da superfície da via com os veículos que a utilizam, gerando efeitos sobre os próprios veículos, sobre os passageiros e sobre as cargas transportadas. A importância do conhecimento da irregularidade de uma via reside, portanto, na sua correlação com a qualidade de rolamento e com vários componentes dos custos operacionais dos veículos.

A medida de parâmetros relacionados à irregularidade pode ser realizada por diferentes tipos de equipamentos. Os sistemas medidores classificam-se em quatro grupos:

- Sistemas de medidas diretas de perfil – Método de nível e mira;
- Sistemas de medida indireta do perfil – Perfilômetro de superfície GMR, Perfilômetro AASHTO, Perfilômetro CHLOE, Merlin do TRRL;
- Sistemas do tipo resposta – Rugosímetro BPR, *Bump Integrator*, *Maysmeter*, Integrador IPR/USP;
- Sistemas de medida com sonda sem contato – Perfilômetro Laser, Perfilômetro Acústico da Universidade FELT.

O levantamento da irregularidade deve ser efetuado, conforme determinam as seguintes normas:

- DNER-PRO 164/94 – Calibração e controle de sistemas de medidores de irregularidade de superfície de pavimento (Sistemas Integradores IPR/USP e *Maysmeter*);
- DNER-PRO 182/94 – Medição da irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores IPR/USP e *Maysmeter*.

No aspecto relativo aos defeitos de superfície, o procedimento mais adequado para sua quantificação, em nível gerencial e de projeto, é o Levantamento Visual Contínuo – LVC.

O inventário visual da superfície dos pavimentos pode ser realizado tradicionalmente, conforme estabelecido pela norma DNIT 006/2003 PRO, ou através do levantamento visual contínuo de defeitos informatizado pelo processo de varredura ao longo do segmento unitário.

Para uma avaliação com finalidade gerencial, o levantamento deve ser realizado na faixa de tráfego que apresentar maior quantidade de defeitos no pavimento. Entretanto, se a finalidade da avaliação for elementos para o desenvolvimento de projetos, o levantamento deve ocorrer em todas as faixas de tráfego.

O levantamento das condições de superfície deve registrar os tipos de defeitos da pista de rolamento, estabelecidos na norma DNIT 006/2003 PRO, a largura dos acostamentos e a existência de degrau entre eles.

Deverão ser associadas aos levantamentos as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude), obtidas a partir de Sistema de Posicionamento Global (GPS), ao longo de todo trecho percorrido, com precisão adequada para o cálculo dos índices de geometria vertical e horizontal.

Os dados devem ser processados devidamente concernentes às referências quilométricas e geográficas, contabilizados a cada 20 (vinte) metros, possibilitando assim, o cálculo do Índice de Gravidade Global – IGG, que deve observar os fatores de ponderação contidas na norma DNIT 006/2003 PRO.

A avaliação **visual** da superfície dos pavimentos poderá ser realizada de duas maneiras:

- a) Direta, “in loco”, com o auxílio de veículo equipado com odômetro de precisão, GPS de navegação e sistema computacional apropriado para registro das ocorrências inventariadas. A operação do sistema deve ser realizada por profissionais qualificados e experientes na interpretação dos defeitos do pavimento. O deslocamento ao longo do trecho avaliado não poderá exceder a velocidade máxima de 50 km/h;
- b) Indireta, com o auxílio de imagens de alta definição sincronizadas sequencialmente por sistema computacional, associadas à quilometragem e as referências geográficas. O sistema deve dispor de recursos de zoom, níveis de velocidade de reprodução progressiva e regressiva, além de ser capaz de adequar-se a configurações que possibilite o cadastro de ocorrências de pavimentos flexível, semirrígido e rígido.

Os veículos utilizados para os levantamentos de avaliação visual da superfície dos pavimentos podem realizar concomitantemente a avaliação do perfil longitudinal (QI/IRI). Esta associação nos levantamentos de campo facilita o sincronismo dos dados obtidos, consequentemente na avaliação conjunta do desempenho funcional do pavimento.

Para os casos de levantamentos em conjunto dos dados de IRI e LVC, deve ser observado o limite máximo de velocidade no deslocamento sobre o trecho avaliado, sendo 50 km/h. Como no agrupamento das ocorrências representativas do levantamento visual contínuo, a avaliação do perfil longitudinal deverá representar extratos a cada 20m determinando o IRI para o segmento.

Além do IRI é possível determinar o Afundamento na Trilha de Rodas – ATR, no levantamento por processo de varredura ao longo do segmento unitário, caso o equipamento acoplado ao veículo, tenha

sido desenvolvido conforme procedimento da Classe II (sem contato) de acordo com a classificação do “*HPMS Field Manual*”, tendo pelo menos 3 (três) sensores a laser.

O Instituto de Pesquisas Rodoviárias do DNIT está providenciando a criação de uma norma para medição de irregularidade de superfície de pavimentos utilizando sistemas a laser.

### 6.3.3 Dados relativos ao desempenho estrutural

A avaliação estrutural mais adequada para ser feita em grandes extensões de pistas e com possibilidade de inúmeras repetições no mesmo ponto, de forma a acompanhar a variação da capacidade de carga com o tempo, é a que lança mão do processo não-destrutivo de levantamento das deflexões.

A cada passagem de roda, o pavimento sofre um deslocamento total, que tem duas componentes, sendo uma plástica, que dá origem ao afundamento das trilhas de roda, e outra elástica, que resulta na flexão alternada do revestimento, chamada por convenção de deflexão, cuja medida é a principal forma de avaliação estrutural de um pavimento em uso.

Os equipamentos utilizados em avaliações não destrutivas podem ser divididos em três categorias:

- Carregamento quase-estático – ensaio de placa e viga Benkelman, por exemplo;
- Carregamento vibratório – *dynaflect*, por exemplo;
- Carregamento por impacto – *falling weight deflectometer (FWD)*.

Há bastante diferença entre os valores numéricos de avaliação estrutural realizados, utilizando-se cada um desses tipos de equipamentos, e todos devem ser regularmente calibrados por processos específicos e seguem rotinas de aplicação determinadas pelo tipo de carregamento.

Os equipamentos de medição de deflexão do pavimento mais utilizados no País são de duas gerações distintas:

- O primeiro desenvolvido, na década de 1950, foi a viga Benkelman, sendo seu criador o engenheiro A.C. Benkelman, do Departamento de Transporte da Califórnia. Este equipamento foi introduzido no Brasil em 1962;
- O segundo grupo é dos equipamentos de peso batente (*falling weight deflectometer*) – FWD, criados na década de 1980. Foi introduzido no Brasil em 1994.

Os levantamentos deflectométricos devem ser executados, conforme determinam as seguintes normas:

- DNER-ME 024/94 – Pavimento – Determinação das deflexões pela Viga Benkelman;

- DNER-PRO 273/96 – Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “*falling weight deflectometer – FWD*”;
- DNIT 132/2010-PRO – Pavimentos – Calibração da célula de carga e de sensores de deflexão dos deflectômetros do tipo “*Falling Weight Deflectometer (FWD)*” – Procedimento.

#### **6.3.4 Dados relativos ao desempenho operacional e da segurança**

O conhecimento adequado do tráfego incidente em cada segmento de análise e de sua taxa de crescimento é um dos fatores que determinam a efetividade de um SGP. O estabelecimento de critérios de contagem e de pesagem de veículos é fundamental na formação de um banco de dados confiável, de forma a possibilitar a demanda e o crescimento do tráfego.

De maneira geral, o Sistema de Gerência de Pavimentos utiliza o Volume Médio Diário (VMD) em cada segmento como o parâmetro de tráfego a ser considerado, para efeito de análise. Estes dados devem ser obtidos do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) e complementados, quando necessário, por pesquisas de tráfego específicas.

O levantamento dos dados de tráfego deve ser feito conforme previsto nos Manuais de Projeto em vigor no DNIT.

Quanto à avaliação dos fatores de segurança considerados é feita mediante a quantificação da resistência à derrapagem e do potencial de hidroplanagem. A resistência à derrapagem é usualmente expressa em termos de números obtidos por medições em condições padronizadas e por diversos equipamentos, conforme a norma “*ASTM 1960-98 – Standard Practice for calculating International Friction Index of a Pavement Surface*”. O potencial de hidroplanagem existe sempre que o filme de água sobre o revestimento atingir uma espessura maior que 5 mm e a velocidade for igual ou maior que a determinada por uma expressão, que é função da pressão dos pneus. O afundamento nas trilhas de roda também pode contribuir para este fenômeno, que ocorre em pavimentos com baixa declividade transversal e nos quais as flechas nas trilhas de roda atingem cerca de 13 mm.

#### **6.4. BANCO DE DADOS DO SISTEMA**

Os dados coletados, de conformidade com o exposto, devem ser armazenados e disponibilizados em um banco de dados a ser implementado e centralizado, junto à equipe técnica responsável pelo desenvolvimento do Sistema de Gerência de Pavimentos - SGP.

Este banco de dados deve ser inteiramente informatizado, utilizando Softwares de edição de texto, de planilhas eletrônicas e de representações gráficas usualmente empregadas no DNIT.

O banco de dados deve contemplar a classificação e organização das informações nos seguintes módulos:

- Dados históricos;
- Dados físicos;
- Dados de tráfego e de acidentes;
- Dados relativos ao desempenho funcional;
- Dados relativos ao desempenho estrutural;
- Dados relativos ao desempenho quanto à segurança;
- Dados ambientais;
- Dados de custos de serviços.

Para a implementam do banco de dados de um Sistema de Gerência de Pavimentos, os seguintes fatores deverão ser observados:

- Usuários do banco de dados;
- Função do banco de dados;
- Etapas básicas do seu desenvolvimento e implantação;
- Arquivo e entrada de dados;
- Necessidade de processamento dos dados;
- Recuperação e uso dos dados.

O banco de dados deve ser centralizado e estar disponível para consulta a todos os usuários diretamente ligados à Gerência de Pavimentos.

Um dos mais importantes pontos a considerar no desenvolvimento do banco de dados da Gerência é a identificação espacial e temporal dos dados. A identificação espacial requer que os dados sejam relacionados a um trecho específico da rede pavimentada. A referência espacial é definida quando da delimitação dos segmentos para Gerência de Pavimentos.

A padronização do banco de dados deve ser reforçada, em termos de formatação, biblioteca de dados e documentação.

Na organização do banco de dados do Sistema de Gerência de Pavimentos devem ser observados os procedimentos indicados no documento intitulado “SGP 19 – Sistema de Gerência de Pavimentos – IPR, 1996, em seu Módulo 19-3: A Organização de um Banco de Dados”.



## **7. ANÁLISE ECONÔMICA DA REDE DE RODOVIAS FEDERAIS PAVIMENTADAS**



## 7. ANÁLISE ECONÔMICA DA REDE DE RODOVIAS FEDERAIS PAVIMENTADAS

### 7.1. INTRODUÇÃO

O Sistema de Gerência de Pavimentos – SGP deve utilizar, para elaboração da análise econômica de uma rodovia, ou de uma rede de rodovias, o Sistema HDM-4 *Highway Development and Management*, que é um sistema de uso frequente pelo DNIT e demais órgãos rodoviários do País, e que é aceito por entidades internacionais como o BIRD (Banco Mundial) e o BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento).

Para tanto, deve-se prioritariamente estabelecer a metodologia a ser empregada.

O Sistema HDM-4 permite a análise econômica de uma rodovia, ou da rede de rodovias, sob a jurisdição do DNIT, pela aplicação de 03 (três) métodos de avaliação, quais sejam:

- Análise por projeto;
- Análise por programa;
- Análise por estratégia.

Quando se deseja analisar a viabilidade da implantação de uma rodovia ou execução de melhorias em rodovia existente, adota-se o método de análise por projeto. A análise consiste normalmente em comparar os custos totais de transporte resultantes de uma ou mais alternativas de projeto possíveis com os custos de transporte sem a execução das obras.

Para questões envolvendo diversos trechos rodoviários, a alocação ideal de recursos pode ser obtida pelos métodos de análise por programa e por estratégia.

A análise por programa permite gerar programas de serviços de manutenção e melhorias para um conjunto de seções que maximizem o retorno econômico, com base nas restrições orçamentárias. A análise por ciclo de vida (*Life Cycle Analysis*) permite definir diversas alternativas de investimentos. A análise para um período de anos a atender (*Multi-year Forward Programming*) permite entrar com um único conjunto de padrões de investimento e comparar os benefícios resultantes da execução dos serviços, quando requeridos, ou realizá-los no fim do período de análise.

A análise por estratégia permite gerar programas de serviços de manutenção e melhorias para um conjunto de seções que maximizem o retorno econômico (maximize NPV), maximizem a melhoria da irregularidade (maximize IRI) ou minimizem os custos para atingir uma irregularidade pré-fixada (*minimize cost for target IRI*), com base nas restrições orçamentárias. As alternativas consideradas são conjuntos de serviços de manutenção e melhorias a serem aplicadas a cada seção.

Escolhido o método a adotar, procede-se à inclusão dos dados necessários. Uma vez processados os dados fornecidos, são gerados relatórios contendo informações relativas a tráfego, degradação da rodovia, efeitos de interesse do usuário, efeitos no meio ambiente, custos, análises de programas e estratégias, outras informações e dados de entrada.

## **7.2. DEFINIÇÕES INICIAIS**

Inicialmente, devem ser definidos: a rede de rodovias a ser estudada (*Road Network*), a frota de veículos que utilizam a rede de rodovias (*Vehicle Fleets*) e os padrões de manutenção (*Maintenance Standards*) e de melhorias (*Improvement Standards*) a serem adotados nas análises a serem feitas.

### **7.2.1. A rede de rodovias a ser estudada (*Road Network*)**

Em princípio, considera-se ideal que toda a rede objeto do SGP seja considerada nas análises destinadas à otimização dos recursos disponíveis. Contudo, em algumas situações, pode ser conveniente reduzir a extensão em análise, ou mesmo priorizar a análise de uma sub-rede por algum motivo não estritamente ligado aos conceitos da gerência de pavimentos.

A malha rodoviária federal brasileira é segmentada de tal forma que permite sua análise no âmbito do SGP segundo a consideração das mais diversas sub-redes, que podem ser destacadas da totalidade da malha, conforme eventuais necessidades específicas do DNIT.

A necessidade de particularizar uma determinada sub-rede pode ter como origem os mais diversos motivos. A título de exemplo, são listadas a seguir algumas hipóteses quanto à necessidade de análise de uma determinada sub-rede:

- Ocorrência de catástrofes naturais em uma região específica, dotada de uma sub-rede de rodovias federais, que exijam intervenções emergenciais;
- Necessidade imediata de melhorias em um determinado corredor de transportes, composto de diversas rodovias federais, cujo fato gerador é externo ao SGP;
- Restrições orçamentárias que obriguem à priorização de investimentos apenas em rodovias cujo VMD se situe acima de certo patamar, ou que constituam ligações estratégicas de determinadas regiões do País;
- Exclusão de rodovias recém-construídas, tendo em vista que estas devem supostamente ainda possuir vida útil tal que dispensem quaisquer investimentos imediatos, não havendo, portanto, necessidade de sua inclusão na análise da rede.

Desta forma, o SGP deve ser desenvolvido de forma que, havendo necessidade, possa ser efetuada análise de sub-redes de interesse do DNIT.

Geralmente, pode haver necessidade de proceder a simplificações na obtenção de uma rede de rodovias, já que o detalhamento de todas as rodovias que se necessita estudar pode ser inviável, em termos de prazo e custos. Algumas simplificações podem ser feitas, que permitam obter resultados confiáveis, como é a seguir apresentado. A orientação para o detalhamento dos trabalhos da rede de rodovias é fornecida no Capítulo 4 do Guia do Usuário (*Software User Guide*), do HDM-4.

A experiência permite identificar que as variáveis mais importantes de uma rodovia são o tipo de revestimento, a sua irregularidade, o volume médio diário de tráfego e a deflexão da Viga Benkelman. Na publicação “O Sistema Gerencial de Pavimentos do DNIT”, de Tobias S. Visconte, de Dezembro de 2000, é incluída uma Matriz de Células, sugerindo limites para distinguir essas variáveis, de forma a reduzir o número de trechos a considerar, de um conjunto de trechos com informações disponíveis.

É apresentada a seguir a Tabela 13, a título de exemplo, uma Matriz de Células, sugerindo limites para distinguir essas variáveis, de forma a reduzir o número de trechos a considerar, de um conjunto de trechos com informações disponíveis.

Tabela 13 – Matriz de células

TIPO DE REVESTIMENTO		IRREGULARIDADE (IRI) & DEFLEXÃO (D) TMD	IRI < 2,5		2,5 < IRI < 4		4 < IRI < 5,5		IRI . 5,5	
			D < 0,4 A	D > 0,4 B	D < 0,4 C	D > 0,4 D	D < 0,4 E	D > 0,4 F	D < 0,4 G	D > 0,4 H
CONCRETO ASFÁLTICO C	1	< 1.000	1							
	2	1.000 – 2.000								
	3	2.000 – 3.000				C3D				
	4	3.000 – 4.000								
	5	4.000 – 5.000								
	6	> 5.000								
TRATAMENTO SUPERFICIAL T	1	< 1.000								
	2	1.000 – 2.000								
	3	> 2.000								72

Nessa matriz, são apresentados os limites a serem adotados para as variáveis selecionadas para determinar os intervalos da divisão em trechos de uma rede de rodovias, para fins de avaliação dos pavimentos.

No Sistema HDM-4, para Rodovias Tronco, são apresentados os seguintes limites para classificação, em termos de qualidade de IRI:

- Boa (*Good*)                       $IRI \leq 2$
- Adequada (*Fair*)                 $2 < IRI \leq 4$
- Aceitável (*Poor*)                 $4 \leq IRI \leq 6$
- Má (*Bad*)                          $6 \leq IRI$

Os limites de IRI constantes da Matriz de Células são 2,5, 4 e 5,5, muito próximos desses valores.

Sugere-se adotar a classificação das Condições de Trafegabilidade, em função do IRI, conforme Tabela 14 a seguir:

**Tabela 14 – IRI x Condições de trafegabilidade**

<b>IRI x Condições de Trafegabilidade</b>		<b>Observações</b>
Boa ( <i>Good</i> )	$2,7 \geq IRI$	Ótima $IRI \leq 2,0$ Bom $2,0 < IRI \leq 2,7$
Regular ( <i>Fair</i> )	$2,7 < IRI \leq 3,5$	—
Ruim ( <i>Poor</i> )	$3,5 < IRI \leq 5,5$	—
Péssimo ( <i>Bad</i> )	$IRI > 5,5$	—

O Sistema HDM-4 apresenta para a Resistência do Pavimento (*Structural Adequacy*) valores do SNP, para rodovias com revestimentos betuminosos, de três tipos: Boa, Razoável e Tolerável. Para cada um desses tipos são dados valores correspondentes às condições: Baixa (*Low*), Média (*Medium*) e Alta (*High*). Para a condição Alta, são dados os valores:

- Tolerável (*Poor*)  $3,5 > SNP \geq 2,50$
- Razoável (*Fair*)  $5,0 > SNP \geq 3,5$
- Boa (*Good*)                       $SNP \geq 5,0$

Na Matriz de Células, é apresentado apenas o valor da Deflexão da Viga Benkelman  $D = 0,4$ , que corresponde a  $SNP = 5,7$ . São definidos apenas dois intervalos, correspondentes a:

- $D < 0,4$  ou  $SNP > 5,7$
- $D > 0,4$  ou  $SNP < 5,7$

Sugerem-se os Padrões de Manutenção para a Matriz de Células constante da Tabela 15 a seguir:

**Tabela 15 – Padrões de manutenção para matriz de células**

<b>Padrões de Manutenção X IRI X TMD</b>								
IRI TMD	IRI $\leq 2,7$		2,7 < IRI $\leq 3,5$		3,5 < IRI $\leq 5,5$		IRI > 5,5	
	$D_c \leq 40$	$D_c > 40$	$D_c \leq 40$	$D_c > 40$	$D_c \leq 40$	$D_c > 40$	$D_c \leq 40$	$D_c > 40$
< 1000	CS <sub>1</sub>	CS <sub>1</sub>	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>
1000 - 2000	CS <sub>1</sub>	CS <sub>1</sub>	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>3</sub>	CS <sub>3</sub>	CS <sub>3</sub>
2000 - 3000	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>3</sub>	CS <sub>3</sub>	R
3000 - 4000	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>3</sub>	CS <sub>3</sub>	R
4000 - 5000	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>3</sub>	CS <sub>3</sub>	R
> 5000	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>3</sub>	CS <sub>3</sub>	R

- CS<sub>1</sub> - Conservação de rotina (lama asfáltica ou pintura de rejuvenescimento com pedrisco): em 10% da área.
- CS<sub>2</sub> - Conservação de rotina + tapa buraco:  $6,0 \text{ m}^3/\text{ano} < Vm^3/\text{ano} < 4,0 \text{ m}^3/\text{ano}$  + lama asfáltica ou microrrevestimento em 30% da área.
- CS<sub>3</sub> - Conservação de rotina + tapa buraco:  $Vm^3/\text{ano} > 6,0 \text{ m}^3$  + reperfilagem com massa fina em 30% da área + revestimento TSD ou revestimento CBUQ.
- R - Reconstrução: reciclagem da base + reforço + revestimento.

No exemplo que se segue, foi feito o levantamento das informações exigidas para aplicação do HDM-4 de uma rodovia revestida com Concreto Asfáltico, com a extensão de 500 km, obtendo-se os resultados indicados na Tabela 16: Variáveis Seleccionadas para Agregação em Trechos (TMD, IRI e D), a seguir:

**Tabela 16 – Variáveis selecionadas para agregação em trechos (VMD, IRI e D)**

Trecho Original	Valores Médios das Variáveis Principais			Trecho Agregado
	VMD	IRI	D	
km 0 – km 45	2350	2,2	0,3	km 0 – km 45
km 45 – km 70	2460	3,5	0,2	km 45 – km 115
km 70 – km 95	2900	4,0	0,4	
km 95 – km 115	2300	4,0	0,3	
km 115 – km 135	3450	4,0	0,3	km 115 – km 160
km 135 – km 160	3670	3,2	0,4	
km 160 – km 195	3800	5,6	0,2	km 160 – km 195
km 195 – km 220	1200	4,4	0,2	km 195 – km 220
km 220 – km 235	1700	2,1	0,2	km 220 – km 290
km 235 – km 290	1890	2,2	0,3	
km 290 – km 330	4500	5,6	0,5	km 290 – km 450
km 330 – km 380	4600	5,7	0,5	
km 380 – km 425	4800	5,5	0,5	
km 425 – km 450	5000	5,5	0,5	
km 450 – km 480	5200	5,7	0,5	km 450 – km 500
km 480 – km 500	5600	6,0	0,5	

Os valores das variáveis correspondentes a cada um dos trechos agregados são as médias ponderadas dos valores obtidos nos levantamentos, tomando-se para pesos as extensões de cada trecho original. Isto se aplica também para as demais variáveis levantadas para atender às exigências do HDM-4 e que não foram incluídas no quadro, já que não participam do processo de definição da agregação, que é feita com base apenas nas variáveis principais escolhidas.

No presente exemplo, os 16 trechos originais de uma rodovia foram reduzidos a 8 (oito) trechos, apresentados na Tabela 17: Valores Médios dos Trechos Agregados, a seguir. Para aplicação do HDM-4, tem-se que, inicialmente, determinar os valores médios ponderados de cada uma das informações previstas no sistema, para cada uma das rodovias consideradas. Com esses valores, cria-se então a Rede de Rodovias (*Road Network*) básica para os estudos.



**Tabela 17 – Valores médios dos trechos agregados**

Trechos Agregados	Valores médios dos trechos agregados														
	Extensão (km)	Tráfego médio diário	Irregularidade	Deflexão	Subidas e decidas m/km	Curvatura horizontal médis deg/km	Velocidade limite	Altitude	Trincas %	Desgaste %	Número de buracos	Quebra de bordo m2/km2	Trilha de roda mm	Textura mm	Resistência à derrapagem SCRIM
		TMD	IRI	DEF	R+F	AHC	SL	Alt	Crack%	RA	NP	EB	MRD	TD	SR
km 0 a km 45	45	2350	2,2	0,3	2,0	26	100	0	25	0	8	0,0	6,0	0,5	0,4
km 45 a km 115	70	2571	3,8	0,3	12,7	131	82	71	29	4	11	0,4	5,3	0,5	0,5
km 115 a km 160	45	3572	3,6	0,4	13,1	178	78	111	35	10	15	1,0	4,0	0,6	0,6
km 160 a km 195	35	3800	5,6	0,2	12,0	45	90	0	25	0	8	0,0	6,0	0,5	0,4
km 195 a km 220	25	1200	4,4	0,2	12,0	45	90	0	40	15	5	2,0	5,0	0,7	0,5
km 220 a km 290	70	1849	2,2	0,3	4,1	30	98	0	35	10	15	1,0	4,0	0,6	0,6
km 290 a km 450	160	4694	5,6	0,5	23,4	307	64	219	31	8	8	1,2	4,6	0,6	0,5
km 450 a km 500	50	5360	5,8	0,5	32,8	420	54	320	30	11	4	2,0	4,2	0,6	0,5

Na Subseção 7.4, Dados de Entrada no HDM-4, é apresentado um exemplo de obtenção de dados para atender a uma rodovia sobre a qual se conhecem apenas informações de ordem geral. Nesse exemplo, são apresentados os cuidados a tomar com informações que não resultam de médias de valores das diversas vias consideradas.

Cria-se, também, a Frota de Veículos (*Vehicle Fleet*), incluindo todos os veículos que aparecem em algum dos trechos da Rede considerada.

Definem-se todas as políticas de Manutenção (*Maintenance*) e Melhorias (*Improvements*) que serão consideradas.

Completadas essas tarefas, procede-se à seleção dos Projetos (*Projects*), Programas (*Programmes*) e Estratégias (*Strategies*) a serem considerados, para atender às necessidades da Gerência de Pavimentos.

### **7.2.2. A frota de veículos que utilizam a rede de rodovias (*Vehicle Fleet*)**

Devem ser definidas as características dos veículos, motorizados ou não, que utilizam rodovias do sistema em estudo, de acordo com as recomendações do Capítulo 5 do Guia do Usuário do Sistema (*Software User Guide*) do HDM-4.

Para fins de projeto, os veículos motorizados são relacionados na Tabela 18: Frota de Veículos, em que são incluídas suas dimensões principais.

**Tabela 18 – Frota de veículos**

<b>Sigla</b>	<b>Tipos de Veículo</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Largura (m)</b>
VP	Veículo Leve	5,8	2,1
CO	Caminhão e Ônibus Convencional	9,1	2,6
O	Ônibus Urbano Longo	12,2	2,6
OR	Ônibus Rodoviário	14,0	2,6
CA	Carreta	18,6	2,6
BT7	Bitrem de 7 eixos	19,8	2,6
CG	Cegonheiro	22,4	2,6
BT9	Bitrem de 9 eixos	25,0	2,6
BTL	Bitrem Longo, Rodotrem	30,0	2,6

Os veículos que utilizam alguma rodovia do sistema em estudo e não se enquadram nessas categorias devem ser incluídos na frota com designações próprias.

### **7.2.3. Os padrões de manutenção e melhorias (*Maintenance e improvement Standards*)**

Devem ser especificados os padrões de manutenção que devem ser adotados para as rodovias do sistema, de acordo com as recomendações do Capítulo 6 do Guia do Usuário do Sistema HDM-4.

Alguns exemplos são apresentados a seguir:

#### **a) Exemplo 1**

- Executar manutenção de rotina, incluindo limpeza e conservação dos acostamentos e sinalização todo ano, a um determinado custo por km;
- Tapar 80% dos buracos, toda vez que atingir a quantidade de cinco buracos por km, a um determinado custo por m<sup>2</sup>;
- Efetuar recapeamento com 60 mm de CBUQ, quando a área trincada atingir 35% da área pavimentada e/ou a irregularidade atingir o valor de IRI=3,5. Fornecer os custos unitários do m<sup>2</sup> de tapa-buraco e do m<sup>2</sup> de reparos nas bordas.

#### **b) Exemplo 2**

- Executar manutenção de rotina, incluindo limpeza e conservação dos acostamentos e sinalização todo ano, a um determinado custo por km;
- Tapar 100% dos buracos, toda vez que atingir a quantidade de 10 buracos por km, a um determinado custo por m<sup>2</sup>;

- Efetuar a resselagem do pavimento com 15 mm de camada asfáltica toda vez que a soma das áreas danificadas por trincas, desgaste e buracos atingir 20% da rodovia, fornecendo os custos unitários básicos desses serviços;
- Efetuar recapeamento com 50 mm de CBUQ, quando a irregularidade atingir o valor de IRI=5 e a área trincada atingir 5%. Fornecer os custos unitários dos serviços a executar;
- Efetuar a reconstrução do pavimento com uma espessura de 50 mm e Número Estrutural Mínimo de 2,9, quando a irregularidade atingir o valor de IRI = 8, fornecendo os custos unitários dos serviços.

### 7.3. PROCESSAMENTO DOS DADOS POR MÉTODOS DE ANÁLISE

São apresentados a seguir os diversos passos correspondentes ao processamento dos dados por projeto, por programa e por estratégia. Como normalmente se utiliza a versão do sistema em inglês, são apresentados nesse idioma os principais passos necessários para sua utilização. O Volume 3 da documentação do HDM-4 “*Software User Guide*” apresenta em detalhes os serviços que devem ser executados, que são apresentados aqui apenas em sua forma geral.

Inicialmente devem ser definidos: a rede de rodovias a ser estudada (*Road Network*), a frota de veículos que utilizam a rede de rodovias (*Vehicle Fleets*) e os padrões de manutenção (*Maintenance Standards*) e de melhorias (*Improvement Standards*), a serem adotados nas análises a serem feitas.

#### 7.3.1. Análise por projeto

- a) Para iniciar um projeto, aciona-se *Define Project Details* (Defina os detalhes do projeto), que permite que sejam definidos os seguintes detalhes:
- Na folha *General* (Geral) são colocadas as informações de ordem geral:
    - Nome do estudo;
    - Especificação de um dos dois tipos de análise:
      - Análise por seção da rodovia;
      - Análise por projeto;
    - Ano de início do período de análise;
    - Período de análise, em anos;
    - Rede viária a ser analisada;
    - Frota de veículos que utilizam a rede;

- Moeda utilizada.
  - Na Folha *Select Sections* (Selecione as seções) são indicados os trechos do projeto:
    - Trechos da rede viária selecionados para estudo.
  - Na folha *Select Vehicles* (Selecione os Veículos) são indicados os veículos que constituem a frota de veículos:
    - Veículos da frota selecionada.
  - Na folha *Define Normal Traffic* (Defina o tráfego normal) é feita a definição do tráfego de cada trecho selecionado:
    - Composição, em termos percentuais, dos veículos de cada trecho e suas taxas de crescimento, dentro do período de estudo.
- b) Aciona-se *Specify Alternatives* (Especifique as alternativas), para especificar as alternativas de manutenção e melhorias:
- São definidas as alternativas previstas para manutenção e melhorias dos diversos trechos selecionados.

A partir dos elementos apresentados, o sistema executa as fases seguintes:

- a) Aciona-se *Analyse Projects* (Analise os Projetos), para proceder à análise do projeto:
- Na folha *Run Setup*, escolhe-se um diretório para trabalho e são selecionadas algumas opções para inclusão no modelo, tais como: faça a análise econômica, valor da taxa de desconto, inclusão de custos de acidentes e outras.
  - Na folha *Run Analysis*, aciona-se *Start* e o sistema procede à execução da análise desejada.
- b) Aciona-se *Generate Reports*, para surgir a relação de diretórios com os Relatórios desejados.
- Geram-se os relatórios desejados, que incluem informações relativas a tráfego, deterioração, efeitos de interesse do usuário, efeitos no meio ambiente, custos, análises de programas e estratégias, outras informações e dados de entrada.

### 7.3.2. Análise por programa

- a) Para iniciar um programa, aciona-se *Define Programme Details* (Defina os detalhes do programa), que permite que sejam definidos os seguintes detalhes:

- *General*: (informações de ordem geral):
  - Nome do estudo;
  - Especificação de um dos dois tipos de análise:
    - Ciclo de vida, em que se comparam duas ou mais alternativas, compreendendo diferentes serviços nas seções selecionadas;
    - Programa Plurianual de Execução de Serviços, que compara os benefícios obtidos com a execução dos serviços previstos, conforme programação feita, com os resultantes da transferência das melhorias programadas para o ano seguinte ao período de análise;
  - Rede viária a ser analisada;
  - Frota de veículos que utilizam a rede;
  - Ano de início do período de análise;
  - Período de análise, em anos;
  - Moeda utilizada;
  - Taxa de juros para desconto.
- *Select Sections* (Selecione as seções):
  - Trechos da rede viária selecionados para estudo.
- *Select Vehicles* (Selecione os veículos):
  - Veículos da frota selecionada.
- *Define Normal Traffic* (Definição do tráfego de cada trecho selecionado):
  - Composição, em termos percentuais, dos veículos de cada trecho e suas taxas de crescimento, dentro do período de estudo.

b) *Aciona-se Specify Standards Assignments* (Manutenção e melhorias de cada trecho):

- Alternativas previstas para manutenção e melhorias dos diversos trechos selecionados.

A partir dos elementos apresentados, o sistema executa as fases seguintes.

c) *Aciona-se Generate Programme* (Gere o programa):

- Acionando *Run Setup*, escolhe-se um diretório para trabalho e são selecionadas algumas opções para inclusão no modelo.

- Acionando *Start* na página *Run Analysis*, o sistema procede à execução da análise desejada.

d) *Aciona-se Perform Budget Optimisation* (Execute a otimização do orçamento):

- Se desejar, utilize as opções oferecidas para inserir e acrescentar períodos. Inclua os anos de Início e Fim e o Capital previsto.
- *Aciona-se Optimisation Setup e Perform Budget Optimisation*, nessa ordem.
- *Acione View* para ver os resultados obtidos.

e) *Generate Reports* (Gere os Relatórios desejados):

- Geram-se os Relatórios desejados, que incluem informações relativas a tráfego, deterioração, efeitos de interesse do usuário, efeitos no meio ambiente, custos, análises de programas e estratégias, outras informações e dados de entrada.

### 7.3.3. Análise por estratégia

a) *Aciona-se Define Strategy Details* (Defina os detalhes da estratégia) – para cada estratégia, devem ser definidos os seguintes detalhes:

- Informações de ordem geral
  - Nome do estudo;
  - Especificação de um dos três métodos disponíveis de otimização dos recursos alocados: maximização do valor presente, maximização da redução de irregularidade, minimização do custo para atingir uma irregularidade programada;
  - Ano de início do período de análise;
  - Período de análise, em anos;
  - Rede viária a ser analisada;
  - Frota de veículos que utilizam a rede;
  - Moeda utilizada;
  - Taxa de juros para desconto.
- Seções
  - Trechos da Rede Viária selecionados para estudo.

- Frota de veículos
  - Veículos da frota selecionada;
  - Definição do tráfego de cada trecho selecionado;
  - Composição, em termos percentuais, dos veículos de cada trecho e suas taxas de crescimento dentro do período de estudo.

b) Aciona-se *Specify Standard Assignments* (Especificações das Alternativas de Manutenção e Melhorias de cada Trecho):

- Defina as alternativas previstas para manutenção e melhorias dos diversos trechos selecionados;

A partir dos elementos apresentados, o sistema executa as fases seguintes.

c) Geração da estratégia

- Acionando *Run Setup*, escolhe-se um diretório para trabalho;
- Acionando *Start*, o sistema procede à geração da estratégia:
  - Se foi escolhida a opção *Minimize cost for target IRI*, está completo o processamento e passa-se para o item 5;
  - Se foi escolhida uma das opções *Maximize NPV* ou *Minimize IRI*, proceda à Otimização: passa-se para o item 4.

d) Executa-se a otimização do orçamento.

e) Inclui-se os anos de início e fim e o capital previsto.

f) Aciona-se *Optimization Setup* e *Perform Budget Optimization*, nessa ordem, se foi escolhida uma das opções *Maximize NPV* ou *Minimize IRI*.

g) Aciona-se *Optimization Setup*. Está então completo o processamento e passe para:

h) Geram-se os relatórios desejados

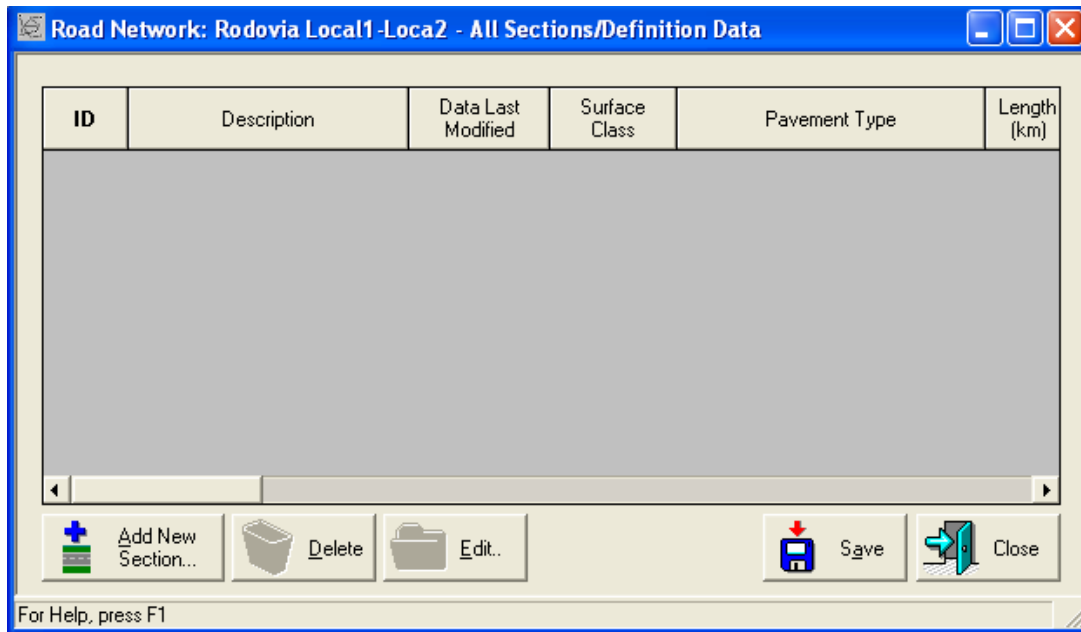
- Os Relatórios incluem informações relativas a tráfego, deterioração, efeitos de interesse do usuário, efeitos no meio ambiente, custos, análises de programas e estratégias, outras informações e dados de entrada.

## 7.4. DADOS DE ENTRADA NO HDM-4

### 7.4.1. Procedimentos preliminares

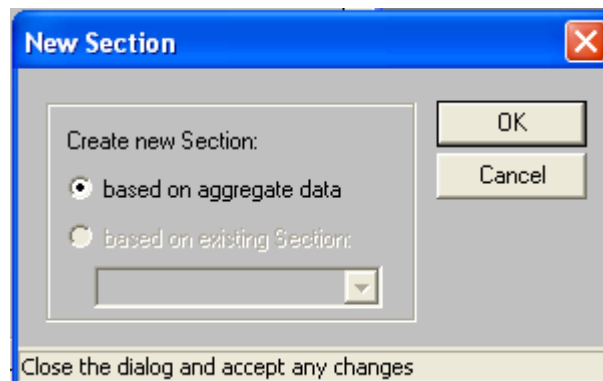
- a) Quando se deseja inserir os dados de entrada de um trecho de uma rodovia no HDM-4, é apresentado pelo Sistema a tela constante da figura 7: *Road Network: Nome da Rodovia – All Sections/Definition Data*

**Figura 7 – Road network – All section/Definition Data**



- b) Para introduzir os dados de um trecho da rodovia, aciona-se o botão *Add New Section*, surge a tela constante da Figura 8 - *New Section*.

**Figura 8 – New section**



- c) Marca-se o círculo “*based on aggregate data*”
- d) Surge a tela constante da Figura 9: “*New Section from Aggregate Data*”



Figura 9 – New section from aggregate data (1)

**New Section from Aggregate Data**

Section Name:

Section ID:

Link Name:

Link ID:

Speed flow type:

Traf flow pattern:

Climate zone:

Road Class:

Traffic:

Geometry:

Length:  km

Carriageway width:  m

Shoulder width:  m

Traffic flow direction:

Number of Lanes:

Last surfacing:  year

Surface class:

Pavement type:

Ride quality:

Structural adequacy:

Construction quality:

Surface condition:

Surface texture:

OK Cancel

Name of section

e) Inicialmente, são introduzidas no quadro as informações:

- Nome da seção (*Section Name*);
- Número de identificação da seção (*Section ID*);
- Nome da ligação (*Link Name*): Nome que designa o link que contém a seção;
- Número de identificação da ligação (*Link ID*);
- Extensão (*Length*): comprimento da seção em km;
- Largura da pista (*Carriageway width*): largura em m;
- Largura do acostamento (*Shoulder width*): largura em m;
- Sentido do tráfego (*Traffic flow direction*): sentido único de descida, sentido único de subida, dois sentidos (*One-way downhill, one-way uphill, two-way*);
- Número de faixas (*Number of Lanes*);
- Ano da última selagem, recapeamento, ou restauração (*Last surfacing*);
- Tipo de fluxo: (*Speed flow type*): Rodovia de Quatro Faixas (*Four Lane Road*), Rodovia Intermediária (*Intermediate Road*), Faixa Única Estreita (*Single Lane Narrow*), Rodovia de

Faixa Única (*Single Lane Road*), Rodovia de Duas Faixas (*Two Lane Road*), Rodovia Padrão de Duas Faixas (*Two Lane Standard*), Rodovia de Duas Faixas (*Two Lane Wide*), Rodovia de Duas Faixas (*Wide Two Lane Road*);

- Tipo de fluxo de tráfego (*Traf Flow Pattern*): Usuário Diário (*Commuter*), Fluxo Livre (*Free Flow*), Fluxo Interurbano (*Inter-urban*), Fluxo Sazonal (*Sazonal*);
- Tipo de clima (*Climate zone*): Árido/Tropical (*Arid/Tropical*), Úmido/Tropical (*Humid/Tropical*), Região Norte (*North Region*), Semiárido/Tropical (*Semi-arid/Tropical*), Subúmido/Tropical (*Sub-Humid/Tropical*), Subtropical - Quente/Semiárido (*Sub-tropical-Hot/Semi-arid*), Tropical Árido (*Tropical Arid*), Tropical Úmido (*Tropical Humid*), Tropical Semiárido (*Tropical Semi Arid*), Tropical Subúmido (*Tropical Sub-Humid*);
- Classe da rodovia (*Road Class*): Primária ou Tronco (*Primary or Trunk*), Secundária ou Distribuidora (*Secondary or Main*), Terciária ou Local (*Tertiary or Local*);
- Tráfego (*Traffic*): Baixo (*Low*), Médio (*Médium*), Alto (*High*);
- Geometria (*Geometry*): Reto e plano, (*Straight and level*), Geralmente reto e levemente ondulado (*Mostly straight and gently undulating*), Sinuoso e quase plano (*Bendy and generally level*), Sinuoso e levemente ondulado (*Bendy and gently undulating*), Sinuoso e fortemente ondulado (*Bendy and severely undulating*), Com muitas curvas e levemente ondulado (*Winding and gently undulating*), Com muitas curvas e fortemente ondulado (*Winding and severely undulating*);
- Tipo de superfície (*Surface class*): Pavimento betuminoso, Pavimento de concreto, Não pavimentada (*Bituminous, Concrete, Unsealed*);
- Tipo de pavimento (*pavement type*): Concreto asfáltico sobre base betuminosa, Concreto asfáltico sobre pavimento betuminoso, Concreto asfáltico sobre base granular, Concreto asfáltico sobre base estabilizada, Tratamento superficial sobre base betuminosa, Tratamento superficial sobre pavimento betuminoso, Tratamento superficial sobre base granular, Tratamento superficial sobre base estabilizada (*Asphalt mix on granular base, Asphalt mix on asphalt pavement, Asphalt mix on granular base, Asphalt mix on stabilised base, Surface treatment on asphalt base, Surface treatment on asphalt pavement, Surface treatment on granular base, Surface treatment on stabilised base*);
- Condição estrutural (*Structural adequacy*): Má, Satisfatória, Boa (*Poor, Fair, Good*);

- Qualidade da construção (*Construction quality*): Boa, Satisfatória-rígido, Satisfatória-flexível, Má-rígido, Má-flexível;
- Qualidade da viagem (*Ride quality*): Boa, Satisfatória, Insatisfatória, Má (*Good, Fair, Poor, Bad*);
- Condição da superfície (*Surface condition*): Nova, Boa, Satisfatória, Insatisfatória, Má (*New, Good, Fair, Poor, Bad*);
- Textura da superfície (*Surface texture*): Boa, Satisfatória, Escorregadia (*Good, Fair, Slippery*). Uma vez incluídos esses dados preliminares, como no exemplo da figura 10 (*New Section from Aggregate Data*) que se segue, aciona-se OK.

Figura 10 – New section from aggregate data (2)

**New Section from Aggregate Data**

Section Name:  Length:  km

Section ID:  Carriageway width:  m

Link Name:  Shoulder width:  m

Link ID:  Traffic flow direction:

Speed flow type:  Number of Lanes:

Traf flow pattern:  Last surfacing:  year

Climate zone:

Road Class:

Traffic:

Geometry:

Surface class:

Pavement type:  Ride quality:

Structural adequacy:  Surface condition:

Construction quality:  Surface texture:

#### 7.4.2. Procedimentos definitivos

##### a) Janela definição (*Definition*)

Surge a tela que se segue, de título *Section: Seção km1 a km 9,5*, que é composto de várias folhas criadas pelo Sistema, que serão examinadas uma a uma. No exemplo da Figura 11, o tráfego médio é estimado em 3.000 veículos/h.

**Figura 11 – Section : Seção km 1 a km 9,5 – Janela Definição**

**Section: Seção km1 a km 9,5**

Definition | Geometry | Pavement | Condition

Section Name: Seção km1 a km 9,5

Section ID: S1

Link Name: Link km1 a km 36

Link ID: L1

Speed flow type: Two Lane Standard

Traffic flow pattern: Free-Flow

Climate zone: Tropical Sub-Humid

Road class: Secondary or Main

Surface class: Bituminous

Pavement Type: Asphalt Mix on Granular Base

Length: 8,5 km

Carriageway width: 7 m

Shoulder width: 2 m

Number of Lanes: 2

Traffic

Motorised: 3000 AADT

NMT: 0 AADT

Year: 2009

Flow direction: Two-way

Details... OK Cancelar

Name of section

b) Janela geometria (*Geometry*)

Com os valores correspondentes a “Sinuoso e fortemente ondulado (*Bendy and severely undulating*)”  
*Rise+Fall, Avg horiz curvature, Speed limit, Altitude.*

**Figura 12 – Section : Seção km 1 a km 9,5 – Janela Geometria**

**Section: Seção km1 a km 9,5**

Definition | Geometry | Pavement | Condition

Rise + Fall: 25 m/km

Avg horiz curvature: 150 deg/km

Speed limit: 70 km/h

Altitude: 0 m

Drain type: No change in drainage effects

Details... OK Cancelar

Average road rise plus fall (in m/km)

c) Janela pavimento (*Pavement*)

Com os valores gerados pelo Sistema. Valem  $SNP=3,50$ ,  $DEF=0,88$

**Figura 13 – Section : Seção km 1 a km 9,5 – Janela Pavimento**

**Section: Seção km1 a km 9,5**

Definition | Geometry | **Pavement** | Condition

**Surfacing**

Material type: **Asphaltic Concrete**

Most recent surfacing thickness: **25** mm

Previous/old surfacing thickness: **25** mm

**Previous works (HDM-4 Work Types)**

Last reconstruction or new construction:	<b>2004</b>	year
Last rehabilitation (overlay):	<b>2009</b>	year
Last resurfacing (resealing):	<b>2009</b>	year
Last preventative treatment:	<b>2009</b>	year

**Strength**

Calculated Dry season model parameters

SNP: **3.50** DEF: **0.88** mm

[1] ☒ Structural Number: **2.45339**

Subgrade CBR: **8** %

☒ Dry Season ☐ Wet Season

[2] ☐ Calculated SNP: **Calculate SNP...**

**Road base (for stabilised base only)**

Base thickness:  mm

Resilient modulus:  GPa

Details... OK Cancelar

Surface material

d) Janela condição (*Condition*)

Com as condições em 2009 criadas pelo Sistema.

**Figura 14 – Section : Seção km 1 a km 9,5 – Janela Condição**

**Section: Seção km1 a km 9,5**

Definition | Geometry | Pavement | **Condition**

Condition at end of year	<b>2009</b>
Roughness (IRI - m/km)	<b>3.00</b>
Total area of cracking (%)	<b>0.00</b>
Ravelled area (%)	<b>1.00</b>
Number of Potholes (No./km)	<b>0.00</b>
Edge break area (m²/km)	<b>0.00</b>
Mean rut depth (mm)	<b>2.00</b>
Texture depth (mm)	<b>0.70</b>
Skid resistance (SCRIM 50km/h)	<b>0.50</b>
Drainage	<b>Excellent</b>

Add New Year  
Delete Year  
Sort Years

Details... OK Cancelar

Yearly condition data

Se forem disponíveis valores reais, esses valores criados pelo sistema podem ser substituídos. Eles constituem uma estimativa do Sistema para casos em que só se tem informações de ordem geral da rodovia.

Quando se desejar obter resultados preliminares, agregando vários trechos contíguos, há necessidade de tomar os seguintes cuidados:

a) Janela definição (*Definition*)

As características gerais devem ser as mesmas: Tipo de fluxo (*Speed flow type*), Sentido do tráfego (*Traffic flow direction*), Tipo de Fluxo de Tráfego (*Traf Flow Pattern*): Tipo de Clima (*Climate zone*), Primária ou Tronco (*Road class*), Tipo de Superfície (*Surface class*), Tipo de Pavimento (*Pavement type*).

b) Janela geometria (*Geometry*)

Devem ser copiadas as cinco informações.

c) Janela pavimento (*Pavement*)

Devem ser escolhidas espessuras razoáveis para as espessuras atual e anterior. Devem ser escolhidas as datas mais representativas do trecho. Deve ser adotado o valor de DEF da parte superior. Devem ser ignorados os valores de SNP e os que constem em (1) e (2), da Figura 13.

d) Janela condição (*Condition*)

Na linha Condição no fim do ano (*Condition at end of year*), escolha o ano a considerar. Copie as demais informações.

Quando se pretende estimar as informações básicas de um trecho para aplicar o HDM-4, deve-se inicialmente reunir todas as informações de que se dispõe sobre o mesmo e compará-las com as que o sistema precisa, para verificar quais podem ser aproveitadas e quais estão faltando. A partir daí, podem-se fazer pesquisas complementares para cobrir as lacunas ou mesmo atribuir valores médios com base em trechos semelhantes.

## **7.5. DADOS DE CUSTOS NECESSÁRIOS PARA USO DO HDM-4**

São a seguir relacionados alguns dos dados de custos unitários necessários para aplicação do HDM-4. Caso sejam previstos outros tipos de serviços de manutenção além dos indicados, seus valores unitários devem ser acrescentados. Todos os preços e custos devem se referir a uma mesma data.

### **7.5.1. Custos dos serviços de manutenção**

Os Custos da Manutenção devem envolver os seguintes serviços:

- Conservação de rotina;
- Tapa-buraco;
- Selagem de trincas;
- Reparo das bordas;
- Drenagem;
- Recapeamento, e outros.

### **7.5.2. Custos de aquisição de veículos novos**

A Frota de Veículos que utilizam a Rede de Rodovias pode ser constituída pelos seguintes tipos de veículos (Ver Subseção 7.2.2), além de outros tipos que sejam significativos para a análise:

- Veículo leve – VP;
- Caminhão e ônibus convencional – CO;
- Ônibus urbano longo – O;
- Ônibus rodoviário – OR;
- Carreta – CA;
- Bitrem de 7 eixos – BT7;
- Cegonheiro – CG;
- Bitrem de 9 eixos – BT9;
- Bitrem longo, rodotrem – BTL e outros;
- Outros tipos que utilizam a rede.

Para cada um dos tipos de veículo, devem ser levantados os custos médios de aquisição de pneus, os custos horários de mão-de-obra de manutenção, salários dos motoristas e do tempo de viagem.

Devem ser levantados os custos dos combustíveis e lubrificantes: gasolina, diesel e óleos lubrificantes.

### **7.5.3. Custos de reconstrução de rodovias existentes**

Devem ser estimados os custos médios de reconstrução para 1 km de rodovia em região plana, ondulada e montanhosa.

Deve ser descrito o tipo de reconstrução previsto, por exemplo: a rodovia reconstruída terá revestimento de 125 mm de CBUQ, base, sub-base de 230 mm e fornecido o seu custo por km.

### **7.5.4. Custos de rodovias novas**

Para um trecho novo de rodovia, devem ser fornecidos os dados necessários para os trechos existentes e mais o custo total e período de implantação da rodovia.

- Seção transversal adotada em cada trecho;
- Projeto em planta e perfil. Pode ser uma redução, que tenha as rampas e extensões correspondentes, raios de curvatura horizontais, curvas de transição, ângulos de deflexão horizontais;
- Projeto de pavimentação:
  - Revestimento: Número de camadas, natureza, espessuras;
  - Base: tipo, CBR, espessura;
  - Sub-base: tipo, CBR, espessura;
  - Reforço: tipo, CBR, espessura;
  - CBR do subleito;
  - Fatores de Veículos adotados;
- Custo global da obra. Data de referência;
- Precipitação mensal de chuvas;
- Altitude média;
- Dados históricos da rodovia, se existentes, que permitam identificar datas de construção, restaurações, melhoramentos, elementos dos projetos correspondentes, dados de trincas anteriormente levantados etc.

### **7.5.5. Custos unitários**

São relacionados a seguir os Custos Unitários de Serviços que podem ser necessários para o emprego do Sistema HDM-4:



- Selagem de trincas (*Crack Sealing*) – m<sup>2</sup>
- Tapa buraco (*Patching*) – m<sup>2</sup>
- Reparo de borda (*Edge Repair*) – m<sup>2</sup>
- Pintura de asfalto (*Fog Seal*) – m<sup>2</sup>
- Drenagem (*Drainage*) – km
- Lama asfáltica “*Slurry Seal*” – m<sup>2</sup>
- Rejuvenescimento (*Rejuvenation*) – m<sup>2</sup>
- Recapeamento fino (*Thin Overlay*) – m<sup>2</sup>
- Escarificação e reposição (*Mil and Replace*) – m<sup>2</sup>
- Tratamento superficial simples (*Surface dressing single*) – m<sup>2</sup>
- Tratamento superficial simples com correção da superfície (*Surface dressing single with shape correction*) – m<sup>2</sup>
- Tratamento superficial duplo (*Surface dressing doublé*) – m<sup>2</sup>
- Tratamento superficial duplo com correção da superfície (*Surface dressing double with shape correction*) – m<sup>2</sup>
- Capa selante (*Cape seal*) – m<sup>2</sup>
- Capa selante com correção da superfície (*Cape seal with shape correction*) – m<sup>2</sup>
- Camada de asfalto com granulometria aberta (*Overlay open-graded asphalt*) – m<sup>2</sup>
- Camada de asfalto com granulometria densa (*Overlay dense-graded asphalt*) – m<sup>2</sup>
- Camada asfalto borracha (*Overlay rubberised asphalt*) – m<sup>2</sup>
- Recuperar (*Inlay*) – m<sup>2</sup>
- Reconstrução do pavimento (*Pavement reconstruction*) – m<sup>2</sup> ou km
- Reposição de agregado em buracos (*Spot regravelling*) – m<sup>2</sup>
- Patrolagem (*Grading*) – km
- Reposição de material granular (*Regravelling/Resurfacing*) – m<sup>3</sup>
- Reparo profundo (*Full depth repair*) – m<sup>2</sup>

- Reposição de placa (*Slab replacement*) – m<sup>2</sup>
- Remendo raso (*Partial depth repair*) – m<sup>2</sup>
- Refazer drenos de borda (*Retrofit edge drains*) – km
- Selagem de junta (*Joint sealing*) – m
- Capa sobre uma superfície imprimada (*Bonded overlay*) – m<sup>2</sup>
- Miscelânea (*Miscellaneous*) – km/ano
- Reparo de acostamento (*Shoulder repair*) – km/ano
- Reparo na pista (*NMT lane repair*) – km/ano
- Emergência (*Emergency*) – km/ano
- Inverno (*Winter*) – km/ano
- Reconstrução de pavimento (*Pavement reconstruction*) – km/ano ou m<sup>2</sup>
- Alargamento parcial (*Partial widening*) – km/ano ou m<sup>2</sup>
- Adição de faixa (*Lane addition*) – km/ano ou m<sup>2</sup>
- Realinhamento (*Realignment*) – km
- Melhoria (*Upgrading*) – km
- Melhoramento das juntas (*Junction improvement*) – km
- Pista adicional (*NMT Lane addition*) – km/faixa
- 3º faixa (*NMT lane upgrading*) – km/faixa

Cumpra observar que, no caso de Recapeamento e Reconstrução e Melhorias, pode-se necessitar de custos unitários para várias espessuras do pavimento.

## **7.6. INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA HDM-4**

O HDM-4 usa o conceito de Subtrecho Homogêneo para definir uma seção de uma rodovia que apresenta características uniformes de resistência, geometria, tráfego e outras, válidas em toda a sua extensão.

### **7.6.1. Informações a respeito dos pavimentos asfálticos**

Para definição de trechos com pavimento asfáltico, é utilizado o Quadro 1, com as informações necessárias. Algumas das informações podem ser dispensadas ou substituídas, em alguns casos.

O Quadro 1 é utilizado para relacionar os valores das características e permitir então a criação dos *Networks* (Redes de vias) em que se pretende aplicar o sistema HDM-4.

Para cálculo do Número Estrutural SNP são necessárias as espessuras das camadas do pavimento e seus coeficientes estruturais ou a Deflexão da Viga Benkelman ou a “*Falling Weight Deflectometer*” – FWD.

É apresentado a seguir o Quadro 1, com as informações cabíveis a respeito das características dos pavimentos asfálticos.

São apresentadas na subseção 7.6.1.1 as instruções para o preenchimento do Quadro 1 e na subseção 7.6.1.2 as observações quanto à obtenção das supracitadas informações.

**Quadro 1 – Características dos trechos com pavimento asfáltico**

1) SIGLA : \_\_\_\_\_ TRECHO : \_\_\_\_\_

EXTENSÃO TOTAL : \_\_\_\_\_ km

2) SUBTRECHOS HOMOGÊNEOS - LOCALIZAÇÃO (Compatibilizar com divisão do SAR se houver)

Nº 1 do km \_\_\_\_\_ ao km \_\_\_\_\_

Nº 2 do km \_\_\_\_\_ ao km \_\_\_\_\_

Nº 3 do km \_\_\_\_\_ ao km \_\_\_\_\_

Nº 4 do km \_\_\_\_\_ ao km \_\_\_\_\_

Nº 5 do km \_\_\_\_\_ ao km \_\_\_\_\_

Nº 6 do km \_\_\_\_\_ ao km \_\_\_\_\_

Se passar de 6 subtrechos utilizar mais folhas

		SUBTRECHOS HOMOGÊNEOS (SEÇÕES DO HDM-4)					
		Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6
<b>GERAIS</b>							
3	TIPO DE PAVIMENTO	Betuminoso					
4	EXTENSÃO DO SUBTRECHO (km)	2,15					
5	LARGURA DA PISTA (m)	7,20					
6	LARGURA DO ACOSTAMENTO (m)	2,50					
7	NÚMERO DE FAIXAS	2					
<b>TRAFEGO E GEOMETRIA</b>							
8	VEÍCULOS MOTORIZADOS	3.167					
9	VEÍCULOS NÃO MOTORIZADOS	425					
10	ANO	2001					
11	SENTIDO DO FLUXO	SUD					
12	SUBIDAS E DESCIDAS (m/km)	22,4					
13	GRAU DE CURVATURA (grau/km)	13,9					
14	VELOCIDADE LIMITE	80					
<b>REVESTIMENTO</b>							
15	TIPO DO REVESTIMENTO MAIS RECENTE	CA					
16	TIPO DO REVESTIMENTO ANTERIOR	PMF					
17	ESPESSURA DO MAIS RECENTE	45					
18	ESPESSURA DOS ANTERIORES	90					
<b>HISTÓRIA</b>							
19	DATA DA ÚLTIMA CONSTRUÇÃO/RECONST.	1990					
20	DATA DA ÚLTIMA REABILITAÇÃO	1995					
21	DATA DA ÚLTIMA RESSELAGEM	1997					
22	DATA DO ÚLTIMO TRATAMENTO PREVENT.	1997					
<b>PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA</b>							
23	ESTAÇÃO SECA/CHUVOSA	SÊCA					
24	NÚMERO ESTRUTURAL FORNECIDO	2,45					
25	DEFLEXÃO DA VIGA BENKELMAN (mm) OU FWD	0,70					
<b>CAMADAS E COEFICIENTES ESTRUTURAIS</b>							
26	REVESTIMENTO	25					
27	COEFICIENTE	0,35					
28	BASE	200					
29	COEFICIENTE	0,15					
30	SUB-BASE	150					
31	COEFICIENTE	0,15					
32	CBR DO SUBLEITO (%)	8					
<b>CASO DE BASE ESTABILIZADA</b>							
33	ESPESSURA DA BASE (mm)						
34	MÓDULO DE RESILIÊNCIA Gpa						
<b>CONDIÇÕES NO FINAL DO ANO</b>		2000					
35	IRREGULARIDADE (IRI - m/km)	5,0					
36	ÁREA DE TRINCAMENTO (%)	2,2					
37	ÁREA DE DESGASTE (%)	3,1					
38	NÚMERO DE BURACOS (Nº/km)	14					
39	ÁREA DE BORDO QUEBRADA (m²/km)	10					
40	TRILHA DE RODA MÉDIA (mm)	3,3					
41	PROFUNDIDADE DA TEXTURA (mm)	0,7					
42	RESISTÊNCIA A DERRAPAGEM (SCRIM 50 km/h)	0,145					
43	DRENAGEM	BOA					

### 7.6.1.1. Instruções para preenchimento do Quadro 1

1. Sigla da rodovia e trecho relativo ao projeto.

2. Subtrechos homogêneos

Cada trecho deve ser dividido em subtrechos homogêneos escolhidos visualmente pelo Engenheiro, não havendo necessidade de equipamento especializado. Cada subtrecho é considerado homogêneo, quando tem as mesmas características gerais, com referência a tráfego e geometria, revestimento (IRI trincamento), história, parâmetros de resistência, condições no final do ano, conforme o Quadro 1.

Seguem as informações de cada subtrecho homogêneo:

#### Gerais

3. Tipo de pavimento: enquadrar em um dos tipos e escrever a sigla

- Concreto asfáltico ou mistura asfáltica sobre base asfáltica - CABA
- Concreto asfáltico ou mistura asfáltica sobre revestimento asfáltico - CAPA
- Concreto asfáltico ou mistura asfáltica sobre base granular - CABG
- Concreto asfáltico ou mistura asfáltica sobre base estabilizada - CABE
- Tratamento superficial sobre base asfáltica - TSBA
- Tratamento superficial sobre revestimento asfáltico - TSPA
- Tratamento superficial sobre base granular - TSBG
- Tratamento superficial sobre base estabilizada - TSBE

4. Extensão do subtrecho: comprimento do subtrecho, em km.

5. Largura da pista: largura da pista de rolamento, em m.

6. Largura do acostamento: largura média dos acostamentos, em m.

7. Número de faixas: número de faixas de tráfego da pista.

#### Tráfego e Geometria

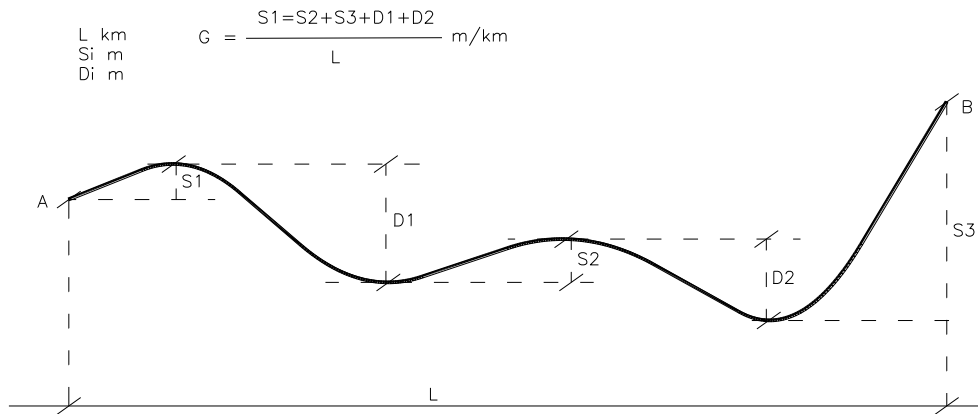
8. Veículos motorizados: VMDAm (tráfego médio diário anual de veículos motorizados).

9. Veículos não motorizados: VMDAnm (tráfego médio diário anual de veículos não Motorizados).

10. Ano – Ano a que se referem os volumes de tráfego VMDAm e VMDAnm.

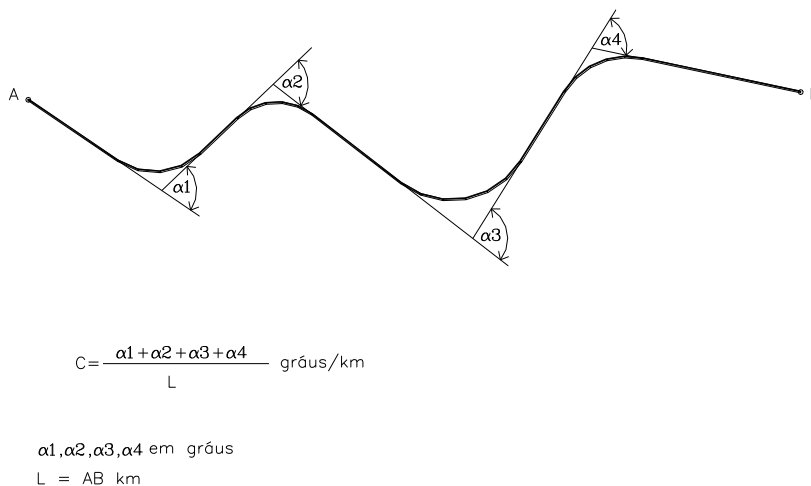
11. Sentido de fluxo: sentido único descendo SUD, sentido único subindo SUS, ou dois sentidos DSS.
12. Subidas e descidas: É a soma dos valores absolutos das diferenças de cotas no início e fim de cada subida ou descida, dividida pelo comprimento do subtrecho em estudo, em m/km. Veja a indicação que se segue.

**Figura 15 – Rampas e contra-rampas**



13. Grau de curvatura horizontal: É a soma dos valores absolutos em grau e fração ( $0^\circ,0$ ) das deflexões sucessivas das Tangentes do alinhamento horizontal, dividida pelo comprimento do subtrecho em quilômetros, conforme indicação abaixo:

**Figura 16 – Grau de curvatura horizontal**



14. Velocidade limite: Velocidade máxima permitida pela sinalização no subtrecho.

### Revestimento

15. Tipo do revestimento mais recente:

**16.** Tipo do revestimento anterior: Indicar o(s) tipo(s) existente(s), ou seja, a natureza de cada camada do revestimento: tratamento superficial (simples – TSS, duplo - TSD, triplo - TST), concreto betuminoso, PMF etc.

**17.** Espessura do mais recente: espessura em mm.

**18.** Espessura dos anteriores: espessura em mm.

#### História

**19.** Data da última construção/reconstrução: data da última construção ou reconstrução.

**20.** Data da última reabilitação: data da última reabilitação ou recapeamento. Se não existir, ou se mais antiga que a do item 19, adotar a de 19.

**21.** Data da última resselagem: data do último tratamento superficial ou colocação de lama asfáltica. Se não existir, ou se mais antiga que a do item 20, adotar a de 20.

**22.** Data do último tratamento preventivo: data do último tratamento preventivo. Se não existir, ou se mais antiga que a do item 21, adotar a de 21.

#### Parâmetros de Resistência

**23.** Estação seca/chuvosa: Indicar se se tratam de medidas feitas na época das chuvas ou na estação seca.

**24.** Número estrutural fornecido: no caso de ter calculado separadamente o número estrutural, fornecer esse valor.

**25.** Deflexão da viga Benkelman ou FWD: fornecer o valor em mm da deflexão.

#### Camadas e coeficientes estruturais

**26.** Revestimento: espessura em mm.

**27.** Coeficiente estrutural do revestimento.

**28.** Base: Para base granular, fornecer as espessuras em mm e os coeficientes estruturais de cada camada.

**29.** Coeficiente estrutural da base.

**30.** Sub-base: espessura em mm.

**31.** Coeficiente estrutural da sub-base.

**32.** CBR do subleito: Fornecer o CBR do subleito em %.

Caso de Base Estabilizada. Condições no Final do Ano

33. Espessura da base: Espessura da base em mm.
34. Módulo de resiliência em GPa (Giga Pascal).
35. Irregularidade: valor de IRI – em m/km.
36. Área de trincamento: Área trincada em % sobre o total da área do pavimento.
37. Área de desgaste: Área desgastada em % sobre o total da área do pavimento.
38. Número de buracos: Número de buracos por quilômetro, nº/km.
39. Área de borda quebrada: Área de borda quebrada, em m<sup>2</sup>/km.
40. Trilha de roda média: Valor em mm.
41. Profundidade da textura: valor em mm, ensaio de mancha de areia (macrotextura).
42. Resistência a derrapagem: Valor em SCRIM 50 km/h, equipamentos SCRIM e MUMETER.
43. Drenagem: Qualidade da drenagem: Ótima, Boa, Regular, Má, Péssima.

Além das informações do Quadro 1, é necessário que se tenham, para o tráfego de cada seção, os percentuais correspondentes a cada tipo de veículo, motorizado ou não.

Para os projetos contratados com consultoras, deve-se sempre pedir a preparação dos dados em quadros e tabelas, para maior facilidade de aplicação e evitar esquecimentos de dados essenciais.

Para o caso de projetos existentes, deve-se inicialmente pesquisar os seguintes elementos:

- a) Seção transversal adotada em cada trecho;
- b) Projeto em planta e perfil. Pode ser uma redução, que tenha as rampas e extensões correspondentes, raios de curvatura horizontais, curvas de transição, ângulos de deflexão horizontais;
- c) Projeto de pavimentação:
  - Revestimento: Número de camadas, natureza, espessuras;
  - Base: tipo, CBR, espessura;
  - Sub-base: tipo, CBR, espessura;
  - Reforço: tipo, CBR, espessura;
  - CBR do subleito;



- Fatores de veículos adotados.

d) Custo global da obra. Data de referência;

e) Precipitação mensal de chuvas;

f) Altitude média;

g) Dados históricos da rodovia existente, que permitam identificar datas de construção, restaurações, melhoramentos, elementos dos projetos correspondentes, dados de trincas anteriormente levantados etc.

#### **7.6.1.2. Observações quanto à obtenção das informações necessárias para o preenchimento do Quadro 1**

1. Sigla da rodovia e trecho relativo ao projeto:

- Constam do plano nacional de viação (PNV).

2. Subtrechos homogêneos

##### Gerais

3. Tipo de pavimento:

- As informações quanto à configuração estrutural de cada segmento podem ser obtidas em projetos existentes. Contudo, deve-se considerar que o DNIT não tem um cadastro completo. É de toda conveniência que seja feito um cadastro específico de cada segmento para utilização do HDM-4. Apesar de seu custo elevado, é uma atividade que pode ser feita apenas uma vez, o que deve permitir alimentar um banco de dados, que pode ser atualizado à medida que forem sendo executadas restaurações e novas construções.

4. Extensão dos subtrechos:

- Devem ser obtidas do PNV.

5. Largura da pista:

- Deve ser obtida do levantamento visual contínuo LVC.

6. Largura do acostamento:

- Deve ser obtida do levantamento visual contínuo LVC.

7. Número de faixas:

- Deve ser obtido do levantamento visual contínuo LVC.

Tráfego e Geometria

**8. Veículos motorizados:**

- Parcialmente deve ser obtido no Plano Nacional de Contagens de Tráfego - PNCT. Deve ser necessário, entretanto, um levantamento específico, devido às lacunas e descontinuidades dos dados disponíveis.

**9. Veículos não motorizados:**

- Realizar um levantamento específico.

**10. Ano – Ano a que se referem os volumes de tráfego.**

- Utilizar informações do PNCT, complementadas por levantamento específico.

**11. Sentido de fluxo:**

- Deve ser obtido do levantamento visual contínuo.

**12. Subidas e descidas:**

- Depende de projetos existentes e de sua complementação por levantamento por GPS, que é mais confiável.

**13. Grau de curvatura horizontal:**

- Depende de projetos existentes e de sua complementação por levantamento por GPS, que é mais confiável.

**14. Velocidade limite:**

- Depende da execução de um cadastro específico.

Revestimento

**15. Tipo do revestimento mais recente:**

- Deve ser obtida do LVC.

**16. Tipo de revestimento anterior:**

- Deve ser realizado um cadastro específico, já que não consta dos levantamentos habituais.

**17. Espessura do mais recente, espessura em mm.**

- Deve ser feito cadastro específico.

**18. Espessura dos anteriores:**

- Deve ser feito cadastro específico.

História

**19. Data da última construção/reconstrução:**

- Pode ser obtida por ocasião do LVC.

**20. Data da última reabilitação:**

- Depende também do LVC.

**21. Data da última resselagem:**

- Depende também do LVC.

**22. Data do último tratamento preventivo:**

- Depende do LVC.

Parâmetros de Resistência

**23. Estação seca / chuvosa:**

- Depende de levantamento deflectométrico específico.

**24. Número estrutural fornecido:**

- As informações quanto à configuração estrutural de cada segmento podem ser obtidas em projetos existentes. Como os dados disponíveis são incompletos, deve-se fazer um cadastro específico para utilização do HDM-4. Apesar de seu custo, é uma atividade que, uma vez feita, deve alimentar um Banco de Dados, que vai ser permanentemente atualizado à medida que forem sendo executadas restaurações e novas obras.

**25. Deflexão da Viga Benkelman - FWD:**

- Deve ser feito levantamento específico.

Camadas e coeficientes estruturais

**26. Revestimento: espessura em mm.**

**27. Coeficiente estrutural do revestimento**

- Mesma observação de 24.

**28. Base.**

**29.** Coeficiente estrutural da base.

**30.** Sub-base.

**31.** Coeficiente estrutural da sub-base.

**32.** CBR do subleito.

*Caso de Base Estabilizada*

**33.** Espessura da base:

- Cabe esclarecer que, para 26 e 33, valem as mesmas observações de 24.

**34.** Módulo de resiliência em GPa (Giga Pascal):

- Esse dado é praticamente impossível de obter e depende de estimativas. O uso da Viga Benkelman é mais seguro e atende à mesma finalidade.

*Depende de levantamento específico*

**35.** Irregularidade:

- Depende de levantamento específico.

**36.** Área de trincamento:

- Pode ser obtido no levantamento visual contínuo LVC.

**37.** Área de desgaste:

- Incluir no LVC.

**38.** Número de buracos:

- Incluir no LVC.

**39.** Área de borda quebrada:

- Depende de levantamento específico.

**40.** Trilha de roda média:

- O LVC não dá o valor, mas apenas a frequência dos defeitos.
- Deve ser feito levantamento específico.

**41.** Profundidade da textura:

- Depende de levantamento específico.

**42. Resistência à derrapagem:**

- Depende levantamento específico.

**43. Drenagem:**

- Depende de levantamento específico.

O grande número de levantamentos necessários para aplicação do sistema HDM-4 não invalida o método. Por apresentar resultados mais racionais e confiáveis, vem sendo empregado, de forma crescente, pelos órgãos rodoviários. Todos os outros métodos dependem também de grande número de dados, sem os quais perdem sua credibilidade. O fato é que, sem dados básicos confiáveis, que cubram todas as circunstâncias que envolvem um projeto, não se podem obter resultados confiáveis.

**7.6.2. Informação a respeito das características dos revestimentos primários**

Eventualmente, se necessário, devem ser levantadas informações a respeito de trechos não pavimentados.

É apresentado inserido a seguir o Quadro 2, contendo as informações cabíveis a respeito das características dos Revestimentos Primários (Não Pavimentadas).

**Quadro 2 – Características dos trechos com revestimento primário**

1) SIGLA \_\_\_\_\_ TRECHO \_\_\_\_\_

EXTENSÃO TOTAL \_\_\_\_\_ km

2) SUBTRECHOS HOMOGÊNEOS - LOCALIZAÇÃO (Compatibilizar com divisão do SAR, se houver)

Nº1 do km \_\_\_\_\_ ao km \_\_\_\_\_

Nº2 do km \_\_\_\_\_ ao km \_\_\_\_\_

Nº3 do km \_\_\_\_\_ ao km \_\_\_\_\_

Nº4 do km \_\_\_\_\_ ao km \_\_\_\_\_

Nº5 do km \_\_\_\_\_ ao km \_\_\_\_\_

Nº6 do km \_\_\_\_\_ ao km \_\_\_\_\_

Se passar de 6 subtrechos utilizar mais folhas

		SUBTRECHOS HOMOGÊNEOS (SEÇÕES DO HDM 4)					
		Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6
<b>GERAIS</b>							
3	TIPO DE SUPERFÍCIE						
4	EXTENSÃO DO SUBTRECHO (km)						
5	LARGURA DA PISTA (m)						
6	LARGURA DO ACOSTAMENTO (m)						
7	NÚMERO DE FAIXAS						
<b>TRÁFEGO E GEOMETRIA</b>							
8	VEÍCULOS MOTORIZADOS						
9	VEÍCULOS NÃO MOTORIZADOS						
10	ANO						
11	SENTIDO DO FLUXO						
12	SUBIDAS E DESCIDAS (m/km)						
13	GRAU DE CURVATURA (grau/km)						
14	VELOCIDADE LIMITE						
<b>LEITO</b>							
15	MATERIAL DA SUPERFÍCIE						
16	MATERIAL DO SUBLEITO						
17	MÉTODO DE COMPACTAÇÃO						
<b>HISTÓRIA</b>							
18	DATA DA ÚLTIMA CORREÇÃO DO REVEST.						
<b>CONDIÇÕES NO FINAL DO ANO</b>							
19	ESPESURA DO REVESTIMENTO						
20	IRREGULARIDADE (IRI - m/km)						

HDM4Q3U.WK4

## 7.7. SOLUÇÕES RESULTANTES DA ANÁLISE ECONÔMICA

Da análise econômica, realizada conforme exposto nesta seção 7, podem ser extraídas as seguintes possíveis soluções:

### 7.7.1. Análise por programa

- a) O Programa Análise do Ciclo de Vida, “Life cycle analysis” permite determinar, para cada trecho de um conjunto de um sistema de rodovias, durante um determinado período, a melhor alternativa de manutenção a ser adotada para cada trecho, para o caso de um orçamento sem ou com restrição, como mostram os relatórios constantes dos Quadros A.1 - *Optimum Section Alternatives (Constrained Budget) – Life Cycle Analysis* e A.2 - *Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget) – Life Cycle Analysis* apresentados no Anexo A: Exemplos de análise econômica utilizando o Modelo HDM-4, deste Manual.

No exemplo, são consideradas apenas duas alternativas para manutenção: Tapa-Buraco/Selagem de Trincas e Resselagem/Recapeamento e Reconstrução, mas pode ser adotado um maior número de alternativas.

- b) O Programa Multianual para um determinado período, “Multi-year forward programme analysis” permite determinar, para cada trecho de um conjunto de rodovias, se o programa de manutenção escolhido deve ser executado de acordo com a programação feita ou deve ser deixado para o fim do período de análise. O exemplo constante do Anexo A deste Manual apresenta os relatórios constantes dos Quadros A. 3 - *Optimum Section Alternatives (Constrained Budget) – Forward Programme* e A.4 - *Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget) – Forward Programme*, que indicam, para cada trecho, a solução a ser adotada. (Seguir o programa (*Work Programming*) ou atrasar os trabalhos de investimento (*Delay Capital Works*)).

### 7.7.2. Análise por estratégia

- a) A estratégia Maximização do NPV (Valor Presente Descontado): “Long term budget forecasts and performance trends”, em que se deseja a maximização do NPV durante um período de 20 anos e para um orçamento de US\$ 800.000.000,00, permite determinar, para cada seção, o tipo de manutenção a ser adotado. No exemplo constante do Anexo A deste Manual, os relatórios constantes dos Quadros A.5 - *Optimum Section Alternatives (Constrained Budget) Long term budget forecasts and performance trends* e A.6 - *Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget)- Long term budget forecasts and performance trends* indicam, para cada trecho, a alternativa de manutenção a ser adotada.

- b) A estratégia Otimização do custo mínimo para atingir o IRI desejado: “*Maximize cost for target IRI, long term target conditions budget requirement*”, em que se deseja a minimização do custo para conseguir o IRI desejado para cada seção, no período de análise de 20 anos, mostra como se podem determinar as alternativas de manutenção a serem adotadas para cada seção e os custos correspondentes. No exemplo constante do Anexo A deste Manual, os relatórios constantes dos Quadros A.7 - *Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget) - Long term target condition budget requirement*, A.8 - *Work Programme Unconstrained by Section - Long term target condition budget requirement* e A.9 - *Work Programme Unconstrained by Section - Long term target condition budget requirement* indicam, para as diversas seções as alternativas de manutenção a serem adotadas, os serviços a serem executados e anos de execução e a relação de serviços a serem realizados ao longo do período de análise.
- c) A estratégia Máxima Melhoria do dIRI nas seções selecionada “*Long term maximize dIRI budget requirement*”, que permite a máxima melhoria de dIRI nas diversas seções, em um período de análise de 20 anos, para um orçamento de US\$800.000.000,00. No exemplo constante do Anexo A deste Manual, os relatórios constantes dos Quadros A.10 - *Roughness: Average for road network by link id (graph) - Long term target condition budget requirement*, A.11 - *Roughness: Average for road network by pavement surface (graph) - Long term target condition budget requirement* e A.12 - *Roughness: Average for road network by road class (graph) - Long term target condition budget requirement*, apresentam a variação anual da irregularidade ano a ano, durante o período de análise, por link, por tipo de pavimento e por categoria de rodovia.





## **8. DETERMINAÇÃO DAS PRIORIDADES**



## **8. DETERMINAÇÃO DAS PRIORIDADES**

A determinação das prioridades de intervenção é, em última análise, o objetivo fundamental do desenvolvimento e implementação do Sistema de Gerência de Pavimentos. Por meio dela, busca-se atingir a otimização da aplicação dos recursos disponíveis.

As demandas cada vez maiores, determinam maior atenção dos gestores dos órgãos aos projetos de rodovias mais econômicos e programas de manutenção mais adequados. Os administradores precisam ter respostas para perguntas, como:

- Como decidir as prioridades?
- Que recursos devem estar disponíveis para a manutenção da malha viária?
- Quais os benefícios gerados para a sociedade por um valor aplicado em manutenção, se comparado a este mesmo valor aplicado em novas rodovias ou em melhoramentos ou em novo investimento em outro setor da economia?
- Seria mais econômica a construção de um pavimento mais resistente, para diminuir os custos futuros de manutenção?
- Seria melhor adotar uma estratégia de construção por etapas, economizando na construção inicial, investindo um pouco mais em manutenção, para injetar novos recursos mais tarde em melhoramentos?

Estes questionamentos e outros de mesmo cunho são passíveis de resposta, mediante a utilização de um eficiente Sistema de Gerência de Pavimentos. Com base nas informações oriundas deste sistema, é possível estabelecer os critérios para a escolha das estratégias de intervenção e elaborar a lista de prioridades.

Os países em desenvolvimento aplicavam, na década de 1990, anualmente, mais de 10 bilhões de dólares no setor rodoviário, enquanto que o custo que onerava os usuários, devido à operação dos veículos, era de 8 a 10 vezes maior. Nos países desenvolvidos, onde os recursos disponíveis são bastante superiores, há uma busca intensa da economia de altos valores ligados ao tempo de viagem dos motoristas, devido ao grande volume de tráfego nas rodovias

A determinação das prioridades de investimento é feita de forma sequencial e interativa. A análise em nível de rede permite a escolha das alternativas das estratégias de M&R. Em seguida, é efetuada uma análise em nível de projeto, para as definições das atividades de manutenção ou, se for o caso, de dimensionamento de reforços ou de reconstrução. A partir destas definições, são efetuadas as análises econômicas e estabelecidas as prioridades.

A análise econômica permite que sejam avaliadas as alternativas de M&R e se constitui numa ferramenta de tomada de decisão, em função de critérios pré-estabelecidos. Além das condicionantes técnicas, devem ser levados em consideração nesta análise os fatores políticos, econômicos e sociais. A função social de uma rodovia não pode ser desprezada, quando se efetua a análise da relação benefício/custo.

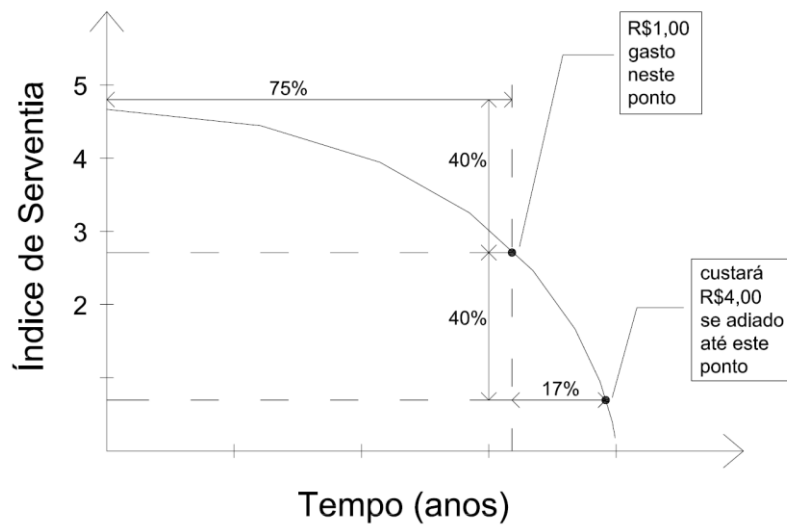
As análises das prioridades se fazem necessárias para que sejam otimizadas as aplicações dos recursos. A finalidade é maximizar os benefícios ou minimizar os custos sob restrições orçamentárias.

Os órgãos rodoviários, de maneira geral, não detêm autonomia para definir a aplicação dos recursos financeiros para conservação e manutenção da sua malha rodoviária. Esta decisão geralmente é tomada por gestores da área financeira, sem maiores conhecimentos técnicos. Portanto, se faz necessária a existência de uma ferramenta com embasamento técnico confiável que expresse o estado atual e futuro da malha, caso não sejam aplicados os recursos no momento adequado. A manutenção tardia desse patrimônio pode gerar envelhecimento precoce dos pavimentos, atingindo seu esgotamento num processo de deterioração irreversível. É nesse momento que a sociedade, através de seus usuários insatisfeitos, reclama por medidas urgentes para solucionar problemas, que poderiam ser evitados com políticas de manutenção adequadas.

A não aplicação de recursos na época devida para a execução dos serviços de manutenção e restauração em diversas rodovias localizadas em países desenvolvidos, segundo levantamentos efetuados pelo Banco Mundial, acarretou grandes prejuízos. A postergação na execução destes serviços ocasionou um substancial acréscimo nos custos inicialmente previstos, o que poderia ter sido evitado mediante intervenções tempestivas. Os custos para estes serviços passaram de 12 bilhões de dólares para 90 bilhões de dólares, à época.

A Figura 17 – Índice de Serventia x Vida Útil do Pavimento, a seguir, exemplifica a inter-relação entre o Índice de Serventia, a vida útil de um determinado pavimento e o efeito causado pela postergação na aplicação das atividades de manutenção requeridas. Verifica-se que o Índice de Serventia teve uma queda de 40%, após o pavimento consumir 75% de sua vida útil. Nos 17% seguintes de vida útil, o Índice de Serventia caiu mais 40%, evidenciando a importância da intervenção de manutenção. Como se pode notar na Figura 17, ao se deixar de aplicar R\$ 1,00 na época certa, com Índice de Serventia de aproximadamente 2,5, este valor passa de R\$ 1,00 para R\$ 4,00, se aplicado após grande perda de serventia (Índice de Serventia menor do que 1), implicando em um aumento de 300% no custo das atividades de manutenção, devido à postergação.

Figura 17 – Índice de serventia x Vida útil do pavimento



A postergação das atividades de manutenção gera efeitos negativos em cadeia no planejamento, em termos de gerência de uma rede viária. No exemplo anterior, a análise se deteve a um trecho. Na realidade, o planejamento deve abranger o estudo de toda a rede, que apresenta segmentos com diferentes níveis de serventia.

Diversos critérios para estabelecimento das necessidades e das prioridades de restauração já foram utilizados pelo DNIT. Resumidamente, em ordem crescente de complexidade, esses critérios podem ser relacionados como segue:

- a) Critérios subjetivos, baseados em escolha subjetiva, simples e rápida, porém sujeita a inconsistências e quase sempre tendenciosa;
- b) Critérios baseados em indicadores físicos, também de aplicação simples; utiliza parâmetros como a serventia, a deflexão ou a degradação do pavimento (p. ex. área trincada);
- c) Critérios baseados em indicadores físicos, ponderados pelo volume de tráfego, relativamente simples, mais proximamente da solução ótima;
- d) Critérios baseados em modelos de análise de investimentos, de aplicação mais complexa e permite a determinação da solução ótima, sob o ponto de vista econômico, para cada trecho rodoviário;
- e) Critérios baseados em modelos de análise de investimentos, associados a modelos de restrição orçamentária, complementam o anterior, adequando a programação ótima aos recursos disponíveis.

O Sistema de Gerência de Pavimentos do DNIT já se utilizou dos métodos descritos nas alíneas “c”, “d” e “e”. Em 1985, após a realização dos primeiros levantamentos de campo em toda a rede federal pavimentada, foram estabelecidas as prioridades de investimentos em manutenção, utilizando-se o Índice de Suficiência, critério baseado em indicadores físicos, ponderados pelo volume de tráfego (alínea “c”). Nas definições de prioridades realizadas em 1986, 1987 e 1989, foi utilizado o modelo HDM-III, obtendo-se a solução ótima para cada trecho, sem qualquer preocupação quanto à disponibilidade de recursos (alínea “d”).

Nas avaliações de 1994 e 1996, foi utilizado o modelo EBM, em conjunto com o HDM-III, para definir prioridades de investimentos, considerando-se um orçamento limitado (alínea “e”).

A partir de 2000, vem sendo desenvolvido o Modelo HDM-4, que amplia a abrangência do HDM como instrumento de planejamento.

O Sistema de Gerência de Pavimentos do DNIT trabalha no sentido de implementar o Sistema HDM-4, para se proceder às análises econômicas das redes de rodovias pavimentadas, conforme exposto na Seção 7 deste Manual. Neste sentido, publicou a Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR o trabalho do Engº Olímpio Luiz Pacheco de Moraes, da COPLAN/DNIT, intitulado “Avaliações Econômicas, Programação e Planejamento de Investimentos em Rodovias por meio do Sistema HDM-4 – Manual do Aluno”.

No Anexo B deste Manual, é apresentado um exemplo de Roteiro para Determinação de Prioridades de Intervenções.

## **9. ELABORAÇÃO DO PROGRAMA PLURIANUAL DE INVESTIMENTOS**





## **9. ELABORAÇÃO DO PROGRAMA PLURIANUAL DE INVESTIMENTOS**

O Programa Plurianual de Investimentos deve ter como principal subsídio o resultado da avaliação econômica empreendida e constitui o produto final mais importante de um Sistema Gerencial de Pavimentos.

Como a tarefa de elaboração de Programas Plurianuais de Investimentos exige informações provenientes dos diversos escalões e setores técnicos do órgão rodoviário, torna-se fundamental a conscientização da administração superior do órgão das vantagens daí advindas.

Alguns princípios básicos devem ser seguidos para a elaboração de um programa de investimentos de médio prazo nas áreas de restauração e de manutenção. São eles:

- a) A programação de estudos, projetos e obras deve ser integrada, de forma a não haver descontinuidade no processo decisório de execução das etapas de uma obra. Assim, elaborar projetos de engenharia sem que haja capacidade financeira definida para proceder à execução da obra é prática inadequada, levando ao acúmulo de projetos que, principalmente no caso do programa de restauração, estarão rapidamente obsoletos;
- b) A programação de investimentos para um determinado período deve ser desenvolvida, considerando-se dois grupos de projetos: os obrigatórios e os recomendados.

Como projetos de inclusão obrigatória na programação, devem ser relacionados:

- Os projetos em andamento, cujas metas físicas e/ou financeiras não são exequíveis até o início de vigência da programação;
- Os projetos já sob compromisso de execução, por força de contratos ou convênios assinados;
- Os projetos a respeito dos quais já haja decisão política para inclusão na programação, tomada por autoridade competente.

Já os projetos recomendados são aqueles selecionados pelo Sistema de Gerência de Pavimentos – SGP ou indicados por técnicos que atuam em escala regional, e devem ser incluídos em cada exercício do período da programação, em função da disponibilidade de recursos, descontados os valores necessários para a execução dos projetos obrigatórios.

- c) A elaboração do programa plurianual de investimentos para projetos e obras de manutenção rodoviária deve ser atribuída à mesma unidade do Órgão, que tem a responsabilidade pelo Sistema de Gerência de Pavimentos, isto é, a unidade de planejamento.

- d)** A participação das Unidades Regionais é fundamental, tanto no desenvolvimento do Sistema de Gerência de Pavimentos, quanto na elaboração do programa plurianual de investimentos.
- e)** A elaboração do programa plurianual de investimentos exige que esteja disponível um eficiente sistema de informações, principalmente para os projetos obrigatórios.
- f)** O Programa Plurianual de Investimentos deve ser objeto de permanente controle, avaliação e atualização, de forma a serem incorporadas ao programa as correções decorrentes das imperfeições do próprio processo de planejamento e das divergências entre a evolução prevista e a evolução real de projetos e obra.

A título de ilustração, são apresentados a seguir os Relatórios do Plano Plurianual 2008 – 2011, na Área do Ministério dos Transportes (MT), relativo ao Programa 1462 – Vetor Logístico Sul.

### Quadro 3 - Plano Plurianual 2008 – 2011 - Ministério dos Transportes (MT) - Programa 1462 Vetor Logístico Sul

Plano Plurianual 2008 - 2011  
Ações do Programa de Aceleração do Crescimento - presentes no PPA 2008

Valores em R\$ 1,00

Programa 1462 Vetor Logístico Sul

Órgão Responsável 39000 Ministério dos Transportes (MT)

#### AÇÕES DA ESFERA FISCAL

#### Projeto

Ação	Produto (unidade de medida)	Órgão Executor	Regionalização		Financeiro/Físico			
					2008	2009	2010	2011
3E56 Adequação de Acesso Rodoviário no Porto de Itajaí - na BR-101 - no Estado de Santa Catarina	Trecho adequado (km)	MT	Sul	R\$	10.600.000	5.000.000	8.500.000	-
				Meta	2	5	1	-
3766 Adequação de Trecho Rodoviário - Divisa SC/RS - Osório/RS - na BR-101 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho adequado (km)	MT	Sul	R\$	193.000.000	282.080.000	170.000.000	-
				Meta	13	28	43	-
123U Adequação de Trecho Rodoviário - Entroncamento BR-116 (p/Guaíba) - Entroncamento BR-471(Pântano Grande) na BR-290 no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho adequado (km)	MT	Sul	R\$	-	10.000.000	76.500.000	277.500.000
				Meta	-	2	19	57
10KV Adequação de Trecho Rodoviário - Estância Velha - Dois Irmãos - na BR-116 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho adequado (km)	MT	Sul	R\$	600.000	-	17.000.000	-
				Meta	5	4	6	-
7530 Adequação de Trecho Rodoviário - Navegantes - Rio do Sul - na BR-470 - no Estado de Santa Catarina	Trecho adequado (km)	MT	Sul	R\$	-	1.000.000	1.700.000	-
				Meta	13	3	1	-
1208 Adequação de Trecho Rodoviário - Palhoça - Divisa SC/RS - na BR-101 - no Estado de Santa Catarina	Trecho adequado (km)	MT	Sul	R\$	505.266.400	67.195.295	127.500.000	-
				Meta	199	57	46	-
7L04 Adequação de Trecho Rodoviário - Porto Alegre - Pelotas - na BR-116 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho adequado (km)	MT	Sul	R\$	-	14.500.000	127.500.000	60.000.000
				Meta	-	3	29	60
1214 Adequação de Trecho Rodoviário - Rio Grande - Pelotas - na BR-392 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho adequado (km)	MT	Sul	R\$	93.000.000	2.000.000	17.000.000	-
				Meta	35	20	5	-
10JQ Adequação de Trecho Rodoviário - São Francisco do Sul - Jaraguá do Sul - na BR-280 - no Estado de Santa Catarina	Trecho adequado (km)	MT	Sul	R\$	-	-	1.700.000	-
				Meta	31	8	1	-

Vetor Logístico Sul

Programa 1462 Vetor Logístico Sul				Órgão Responsável 39000 Ministério dos Transportes (MT)					
Projeto									
Ação		Produto (unidade de medida)	Órgão Executor	Regionalização	Financeiro/Físico				
					2008	2009	2010	2011	
10M9	Adequação de Trecho Rodoviário - Tabai - Estrela - na BR-386 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho adequado (km)	MT	Sul	R\$	600.000	1.000.000	17.000.000	-
					Meta	11	4	10	-
111F	Ampliação de Molhes do Canal de Acesso ao Porto de Rio Grande (RS)	Obra executada (% de execução física)	SEP	Sul	R\$	325.700.000	23.400.000	10.000.000	-
					Meta	30	4	2	-
7L25	Ampliação do Cais Público do Porto Novo do Porto de Rio Grande (RS)	Projeto executado (% de execução física)	SEP	Sul	R\$	-	10.000.000	14.000.000	15.000.000
					Meta	-	25	17	25
1K24	Construção de Contorno Ferroviário - no Município de Joinville - no Estado de Santa Catarina	Contorno construído (km)	MT	Sul	R\$	31.206.121	3.000.000	14.390.034	-
					Meta	9	3	2	-
1276	Construção de Contorno Ferroviário - no Município de São Francisco do Sul - no Estado de Santa Catarina	Contorno construído (km)	MT	Sul	R\$	6.568.152	2.000.000	18.859.223	-
					Meta	1	1	3	-
7M66	Construção de Trecho Rodoviário - Bom Jesus - Divisa RS/SC - na BR-285 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho pavimentado (km)	MT	Sul	R\$	41.188.333	32.000.000	8.500.000	-
					Meta	34	13	5	-
10L7	Construção de Trecho Rodoviário - Porto Alegre - Esteio - Sapucaia - na BR-448 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho pavimentado (km)	MT	Sul	R\$	600.000	103.000.000	191.250.000	3.500.000
					Meta	4	6	6	-
12BU	Construção de Trecho Rodoviário - Santa Maria - Rosário do Sul - na BR-158 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho pavimentado (km)	MT	Sul	R\$	9.300.000	-	1.700.000	-
					Meta	6	2	2	-
7192	Construção de Trecho Rodoviário - São José Cerrito - Campos Novos - na BR-282 - no Estado de Santa Catarina	Trecho pavimentado (km)	MT	Sul	R\$	40.800.000	355.070	1.700.000	-
					Meta	34	1	1	-

Vetor Logístico Sul

Programa 1462 Vetor Logístico Sul					Órgão Responsável 39000 Ministério dos Transportes (MT)				
Atividade									
Ação		Produto (unidade de medida)	Órgão Executor	Regionalização	Financeiro/Físico				
						2008	2009	2010	2011
208G	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-287 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	15.400.800	42.841.000	17.850.000	11.040.000
					Meta	82	179	304	82
208N	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-290 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	19.688.100	44.229.000	17.850.000	14.113.333
					Meta	105	240	391	105
208L	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-293 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	11.772.700	26.092.080	21.250.000	11.593.333
					Meta	86	222	249	86
208E	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-377 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	3.850.200	4.956.760	1.275.000	2.760.000
					Meta	20	97	51	20
20A3	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-386 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	9.523.200	30.796.680	19.550.000	6.826.667
					Meta	51	87	114	51
203F	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-392 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	16.609.800	29.150.400	13.600.000	11.906.667
					Meta	89	80	347	89
20A4	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-453 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	890.718	834.200	85.000	312.600
					Meta	52	43	54	52
208C	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-468 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	5.459.100	16.502.600	7.650.000	3.913.333
					Meta	29	115	140	29
203U	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-470 - no Estado de Santa Catarina	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	18.678.600	12.069.505	11.050.000	8.013.333
					Meta	60	321	319	60
20BZ	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-470 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	50.000	90.000	136.000	50.000
					Meta	39	31	79	39
20A5	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-471 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	22.565.800	2.658.520	850.000	4.706.667
					Meta	35	223	237	35
Vetor Logístico Sul									

Programa 1462 Vetor Logístico Sul

Órgão Responsável 39000 Ministério dos Transportes (MT)

## Atividade

Ação	Produto (unidade de medida)	Órgão Executor	Regionalização		Financeiro/Físico			
					2008	2009	2010	2011
20A2 Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-101 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	5.899.400	2.418.520	5.100.000	1.720.000
				Meta	12	182	318	12
208A Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-116 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	15.929.000	10.732.800	8.500.000	3.533.333
				Meta	26	71	97	26
209Y Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-153 - no Estado de Santa Catarina	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	5.668.484	13.106.130	12.750.000	718.800
				Meta	120	120	120	120
200N Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-153 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	15.949.500	46.831.280	17.850.000	11.433.333
				Meta	85	283	430	85
209Z Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-158 - no Estado de Santa Catarina	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	4.513.700	2.318.624	1.700.000	726.667
				Meta	5	52	53	5
202B Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-158 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	24.341.500	59.226.112	34.000.000	21.033.333
				Meta	157	446	577	157
203S Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-163 - no Estado de Santa Catarina	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	10.287.300	2.831.103	12.750.000	3.073.333
				Meta	23	62	62	23
20CP Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-163 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	-	1.000.000	510.000	1.000.000
				Meta	-	27	27	27
20A0 Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-280 - no Estado de Santa Catarina	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	28.146.860	9.603.636	11.050.000	6.060.000
				Meta	45	220	224	45
203T Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-282 - no Estado de Santa Catarina	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	35.177.300	27.244.650	22.950.000	18.406.667
				Meta	138	636	667	138
208I Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-285 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	21.315.600	65.131.520	29.750.000	15.280.000
				Meta	114	373	475	114

Vetor Logístico Sul

Programa 1462 Vetor Logístico Sul

Órgão Responsável 39000 Ministério dos Transportes (MT)

**Projeto**

Ação	Produto (unidade de medida)	Órgão Executor	Regionalização		Financeiro/Físico			
					2008	2009	2010	2011
10L4	Construção de Trecho Rodoviário - São Miguel do Oeste - Fronteira Brasil/Argentina (Ponte s/ Rio Peperiguaçu) - na BR-282 - no Estado de Santa Catarina	MT	Sul	R\$	44.721.750	7.000.000	1.700.000	-
				Meta	7	7	1	-
122M	Dragagem e Adequação da Navegabilidade no Porto de Itajaí (SC)	SEP	Sul	R\$	-	12.078.530	36.667.664	-
				Meta	-	1.586	1.800	-
122B	Dragagem e Adequação da Navegabilidade no Porto de Rio Grande (RS)	SEP	Sul	R\$	-	79.000.000	114.667.837	-
				Meta	-	7.900	11.500	-
122F	Dragagem e Adequação da Navegabilidade no Porto de São Francisco do Sul (SC)	SEP	Sul	R\$	-	16.000.000	46.025.260	-
				Meta	-	597	1.700	-
1K53	Obras Complementares no Trecho Rodoviário - Entroncamento RS-326 (P/Ivoti) - Ponte Rio Guaíba - na BR-116 - no Estado do Rio Grande do Sul	MT	Sul	R\$	28.407.000	57.200.000	34.000.000	-
				Meta	31	16	9	-
128N	Recuperação dos Molhes do Canal de Acesso ao Porto de Rio Grande (RS) (**)	SEP	Sul	R\$	-	60.000.000	-	-
				Meta	-	100	-	-
116G	Reforço do Berço 101-A no Porto de São Francisco do Sul - SC	SEP	Sul	R\$	18.000.000	1.300.000	-	-
				Meta	-	7	-	-

**Atividade**

Ação	Produto (unidade de medida)	Órgão Executor	Regionalização		Financeiro/Físico			
					2008	2009	2010	2011
203Q	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-101 - no Estado de Santa Catarina	MT	Sul	R\$	6.833.000	5.096.000	2.550.000	12.066.667
				Meta	90	247	254	90

\*\* Ação criada apenas na LOA e seus créditos

Vetor Logístico Sul

Plano Plurianual 2008 - 2011  
Ações do Programa de Aceleração do Crescimento - presentes no PPA 2008

Valores em R\$ 1,00

Programa 1462 Vetor Logístico Sul					Órgão Responsável 39000 Ministério dos Transportes (MT)				
Atividade									
Ação		Produto (unidade de medida)	Órgão Executor	Regionalização	Financeiro/Físico				
					2008	2009	2010	2011	
208K	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-472 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	17.214.300	39.971.528	21.250.000	12.340.000
					Meta	92	256	312	92
20A6	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-473 - no Estado do Rio Grande do Sul	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	2.213.600	674.200	85.000	1.013.333
					Meta	7	6	6	7
20C0	Manutenção de Trechos Rodoviários - na BR-475 - no Estado de Santa Catarina	Trecho mantido (km)	MT	Sul	R\$	50.000	100.000	51.000	50.000
					Meta	9	9	9	9

Vetor Logístico Sul



## **ANEXOS**



**ANEXO A – EXEMPLOS DE ANÁLISE ECONÔMICA  
UTILIZANDO O SISTEMA HDM-4**



## **ANEXO A**

### **EXEMPLOS DE ANÁLISE ECONÔMICA UTILIZANDO O SISTEMA HDM-4**

No Sistema HDM-4, para estudo de redes de rodovias, os tipos de análise a adotar são divididos em dois grupos: por Programa e por Estratégia, conforme apresentado a seguir:

#### **a) Análises por Programa**

São apresentados dois tipos:

Programa P1 – Análise por Ciclo de Vida

Programa P2 – Análise Multianual

#### **b) Análise por Estratégia**

São apresentados três tipos:

Estratégia E1 – Maximização do NPV (Valor presente descontado)

Estratégia E2 – Otimização do custo mínimo para atingir o IRI desejado.

Estratégia E3 – Máxima melhoria de DIRI em seções selecionadas.

O Sistema HDM-4 inclui exemplo de aplicação destes programas e estratégias.

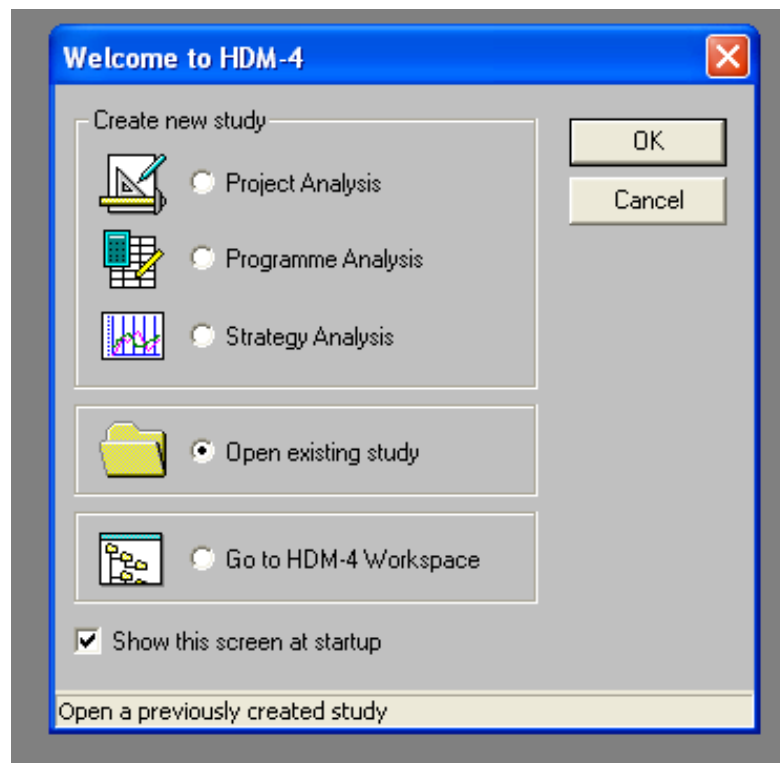
Os exemplos apresentados a seguir incluem trechos de rodovias pavimentadas e também, eventualmente, com revestimento primário. A Gerência de Pavimentos trata apenas de redes de trechos pavimentados, de modo que devem-se considerar, nesses exemplos, apenas as seções pavimentadas. A exclusão dos trechos não pavimentados e o reprocessamento devem gerar relatórios semelhantes, contendo apenas as seções de interesse.

A decisão de não excluir dos exemplos os trechos de revestimento primário deve permitir que a Gerência tenha uma indicação da possibilidade de analisar, caso seja de interesse, o efeito no sistema pavimentado de eventuais trechos sem pavimentação.

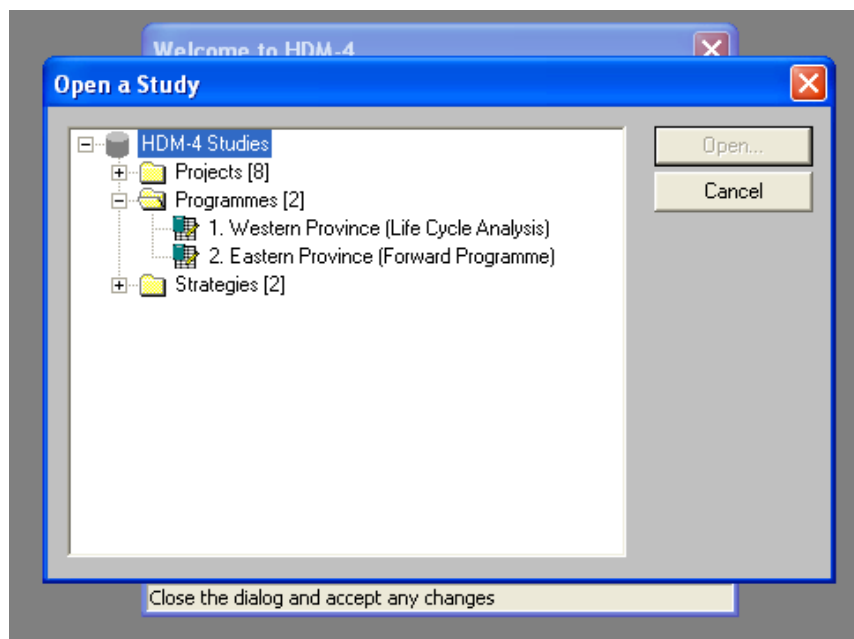
A seguir são apresentadas as operações realizadas com o Sistema HDM-4 até chegar à geração dos Relatórios, para o caso do Programa P1- Análise por Programa – Ciclo de vida.

Para os demais casos, Programa P2 e Estratégias E1, E2 e E3, deve-se proceder de forma semelhante.

**Figura A.1 - Welcome to HDM-4**



**Figura A.2 - Programas**



**Figura A.3 – P1 - Ciclo de Vida**

**HDM-4 - 1. Western Province (Life Cycle Analysis)**

Workspace View Report/Chart Window Help

**Programme: 1. Western Province (Life Cycle Analysis)**

General Select Sections Select Vehicles Define Normal Traffic

Study Description: Western Province Trunk Roads-Life cycle analysis

Type of analysis: ☒ Life-cycle ☐ Multi-Year Forward Programme

Start year: 2000 Analysis period: 15 years

Road Network: Western Province Trunk Roads

Vehicle Fleet: National Vehicle Characteristics

Currencies

Fleet: US Dollar × 1 = output currency

Works: US Dollar × 1 = output currency

Output: US Dollar Discount rate: 8

Save Close

Description of the Programme Analysis

**Figura A.4 - Select Sections**

**HDM-4 - 1. Western Province (Life Cycle Analysis)**

Workspace View Report/Chart Window Help

**Programme: 1. Western Province (Life Cycle Analysis)**

General Select Sections Select Vehicles Define Normal Traffic

Study Description: Western Province Trunk Roads-Life cycle analysis

Type of analysis: ☒ Life-cycle ☐ Multi-Year Forward Programme

Start year: 2000 Analysis period: 15 years

Road Network: Western Province Trunk Roads

Vehicle Fleet: National Vehicle Characteristics

Currencies

Fleet: US Dollar × 1 = output currency

Works: US Dollar × 1 = output currency

Output: US Dollar Discount rate: 8

Save Close

Description of the Programme Analysis

Figura A.5 - Select Vehicles

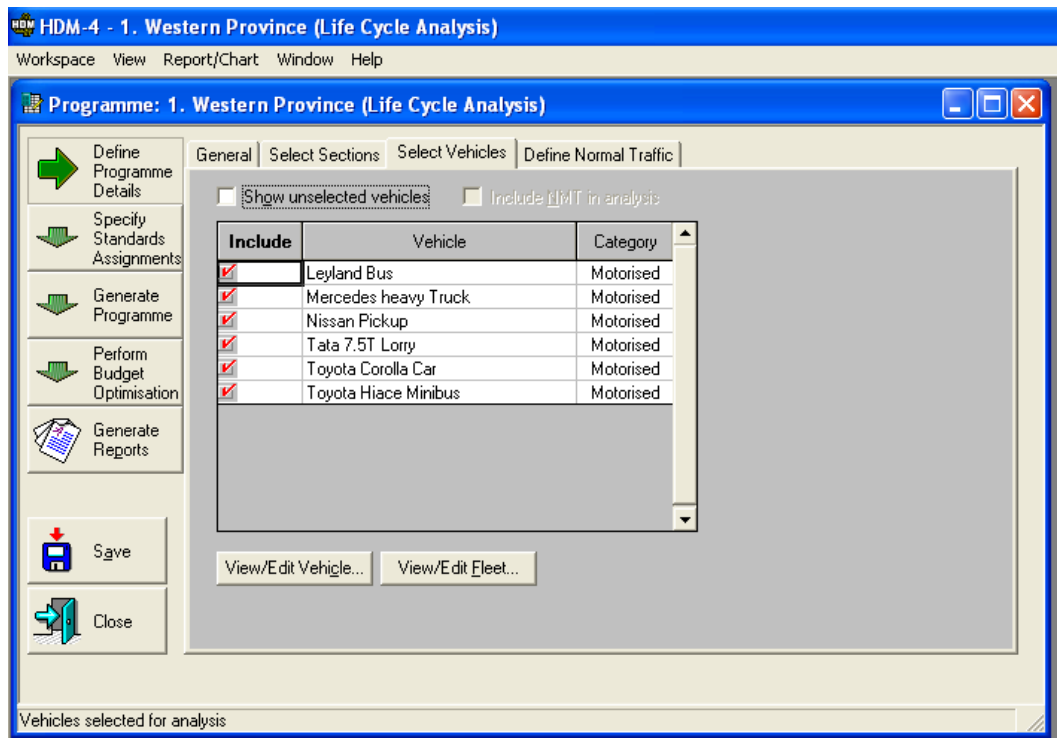
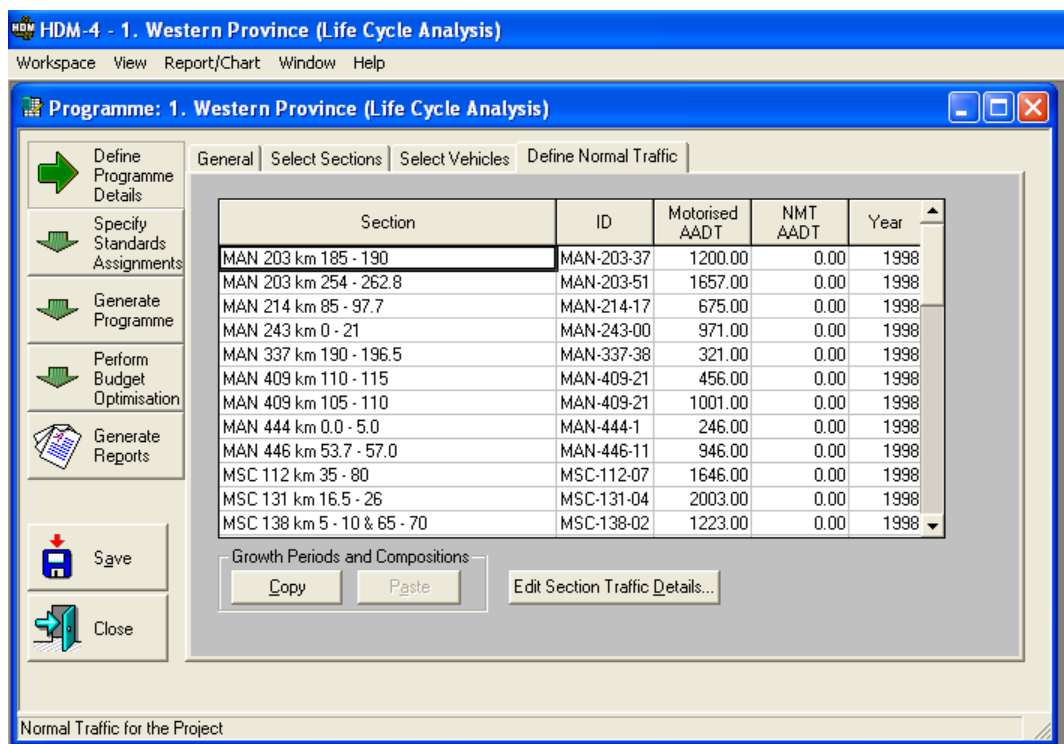
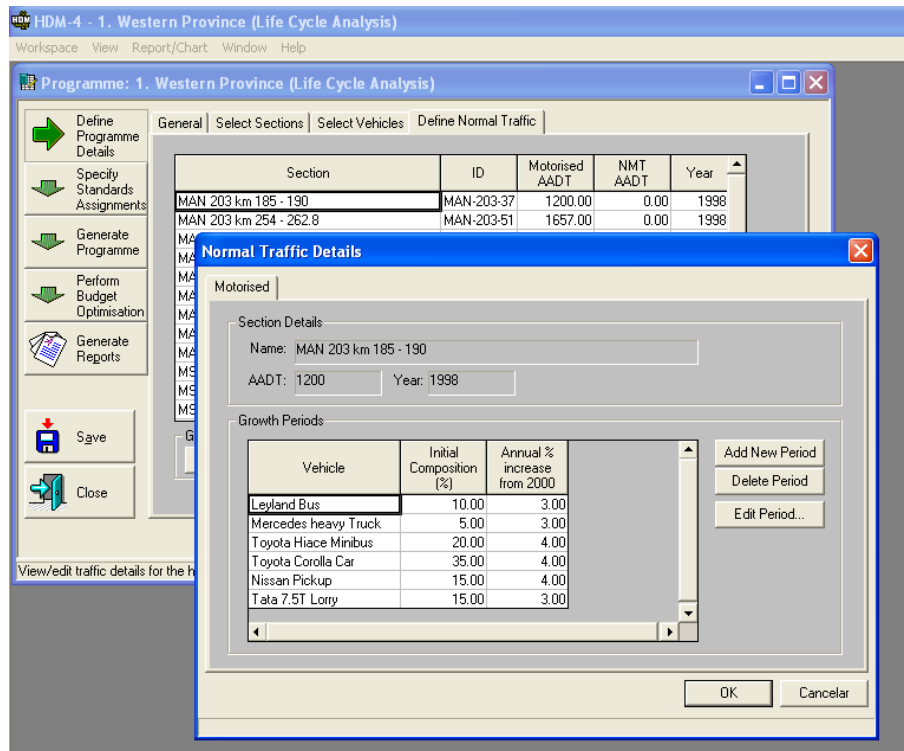


Figura A.6 - Define Normal Traffic

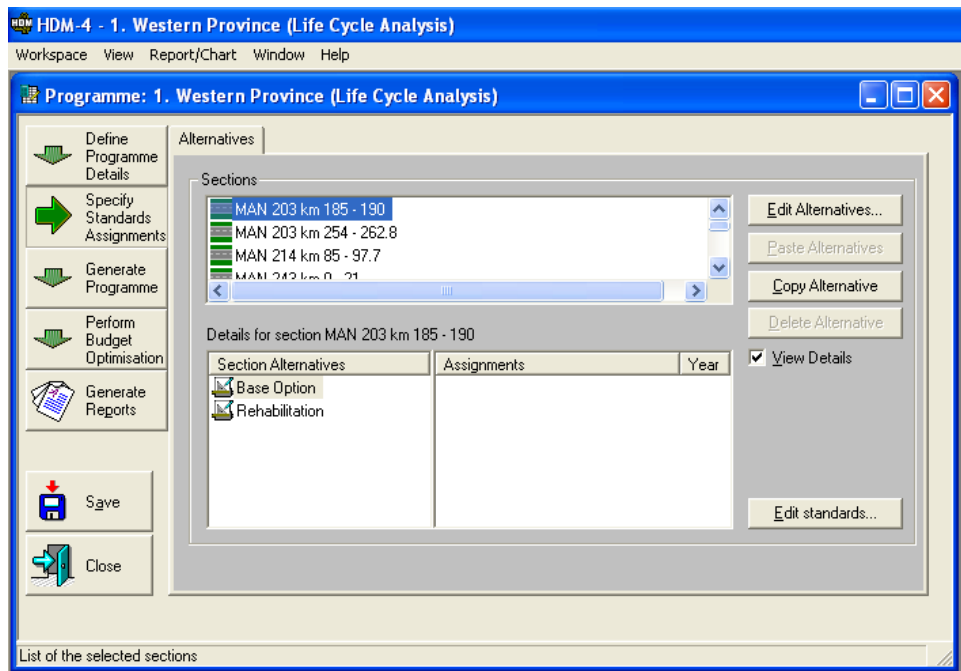




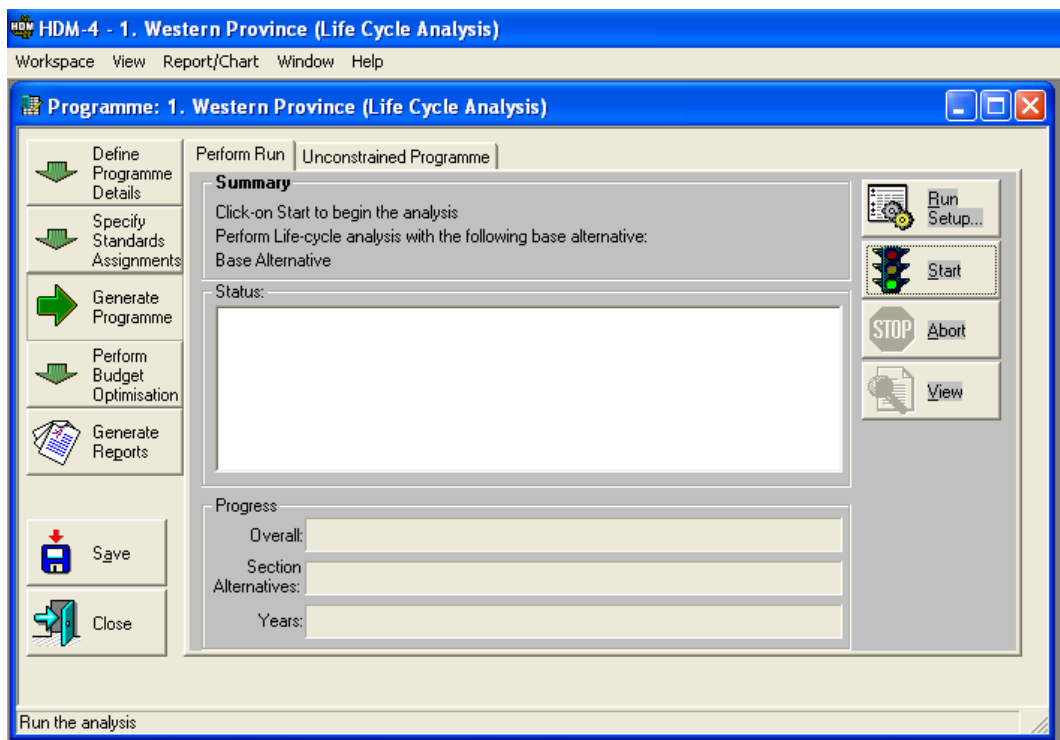
**Figura A.7 - Normal Traffic Details**



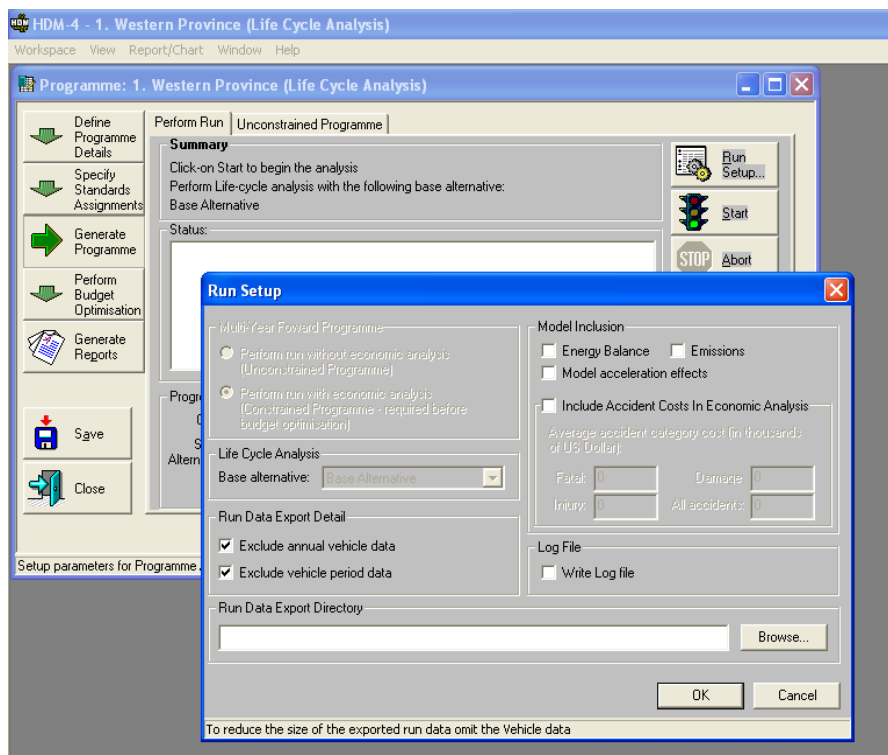
**Figura A.8 - Specify Standards Assignments**



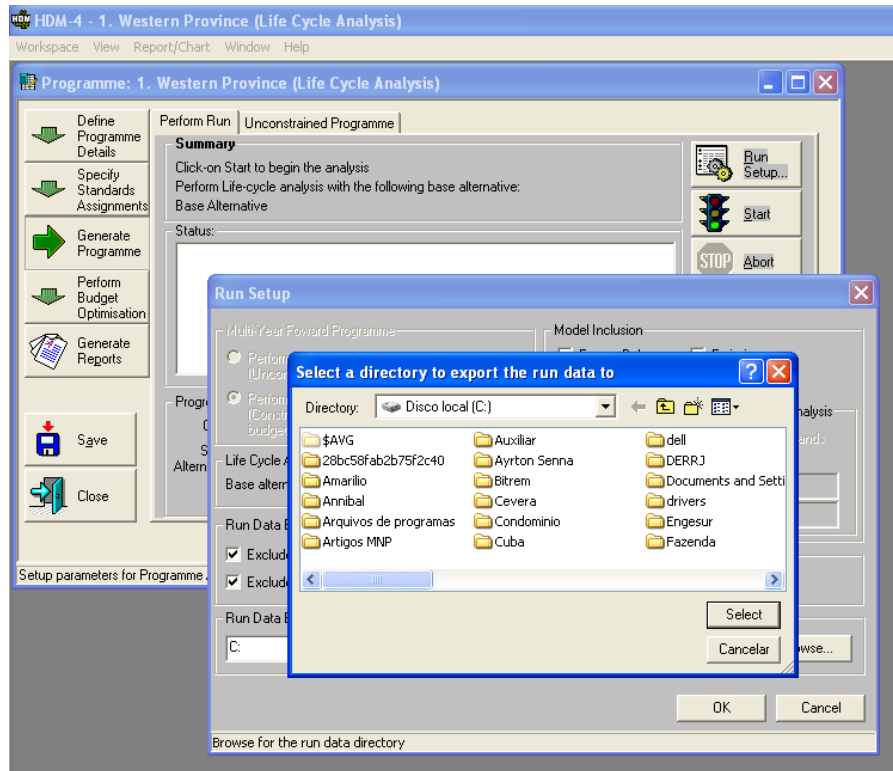
**Figura A.9 - Generate Programme**



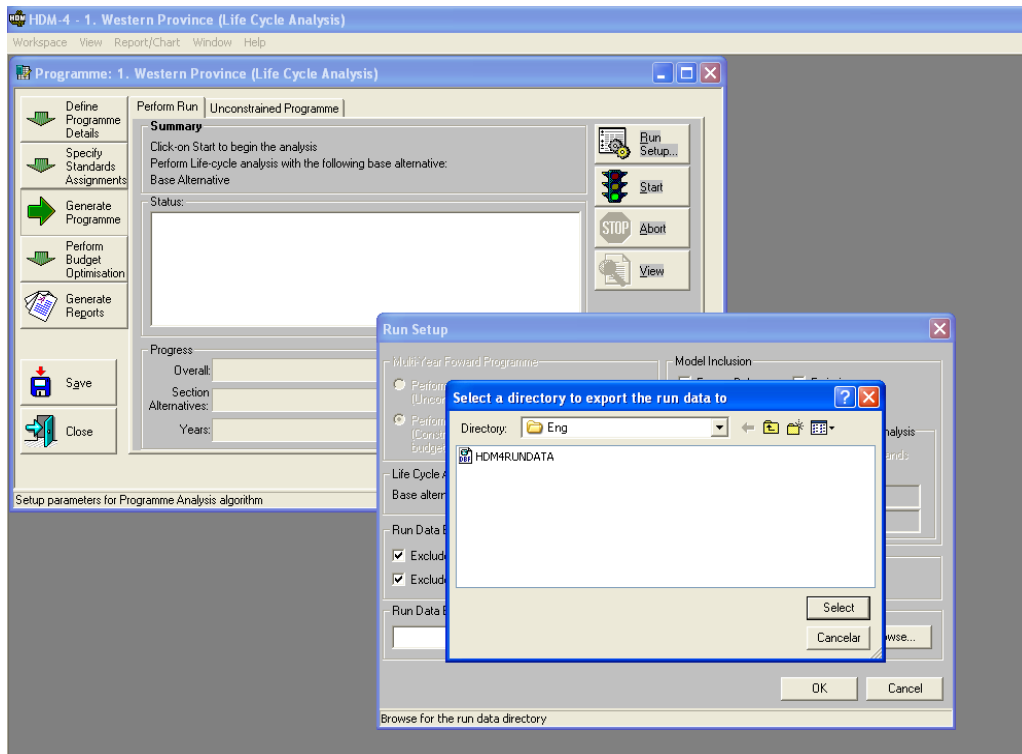
**Figura A.10 - Browse**



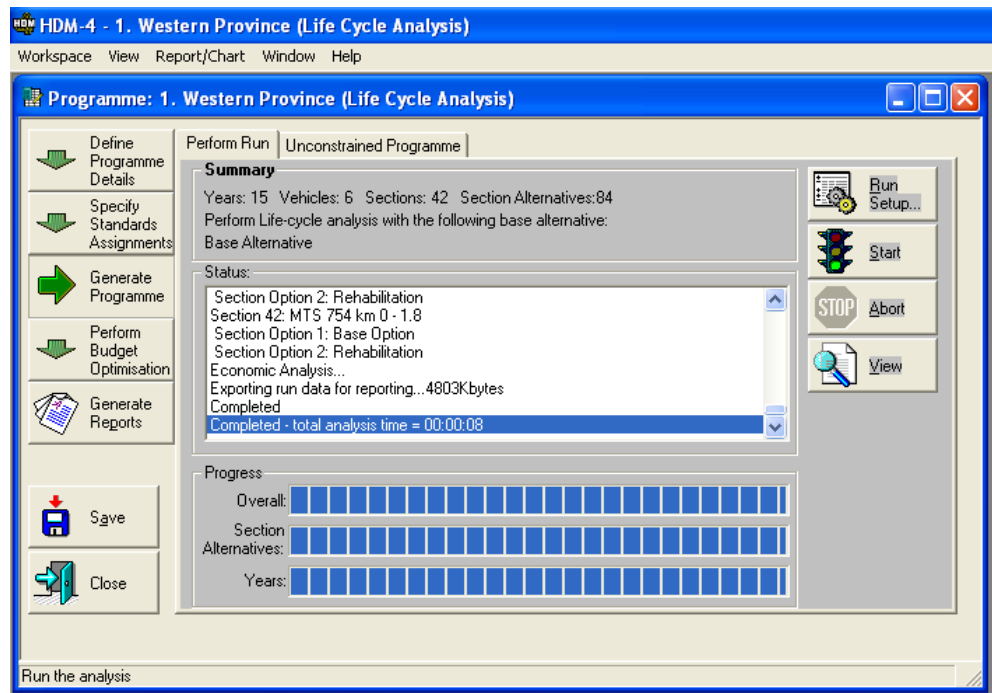
**Figura A.11 - Select directory**



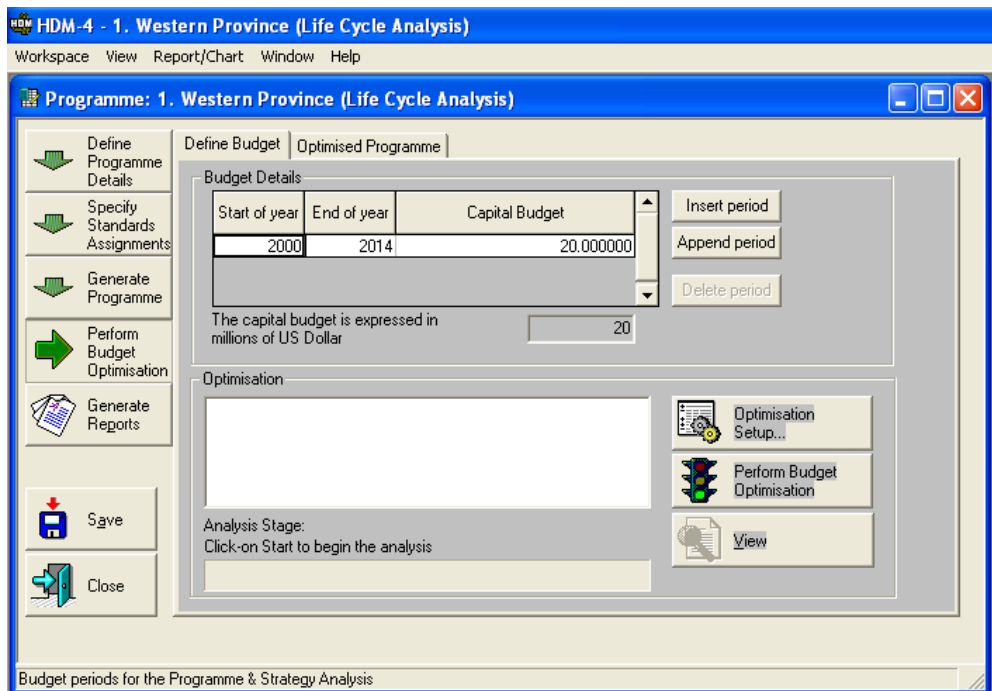
**Figura A.12 - Select Directory to Export Data**



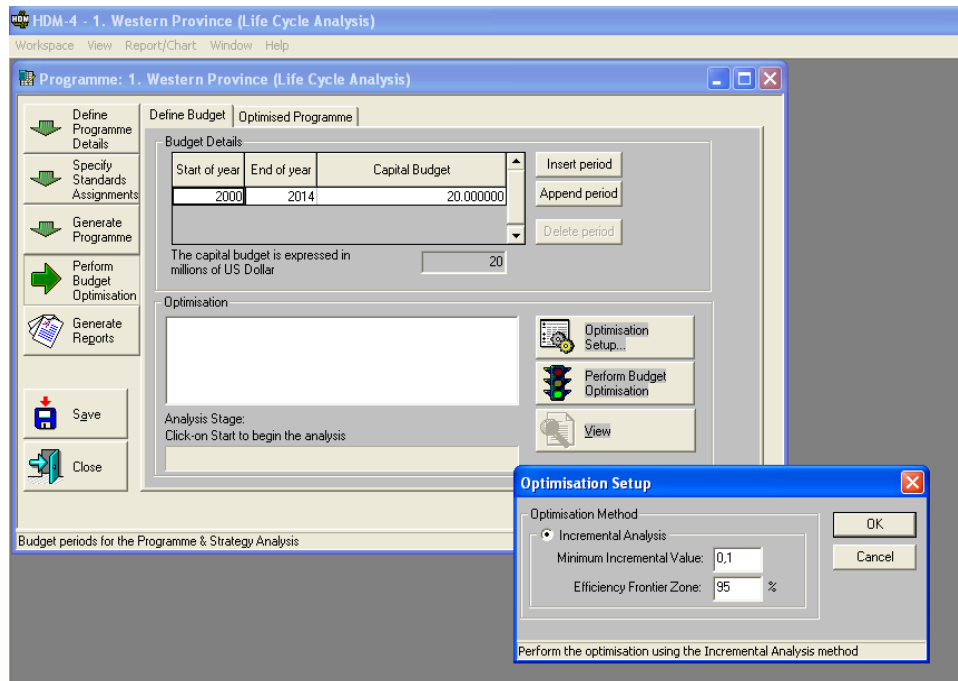
**Figura A.13 - Acionado Start**



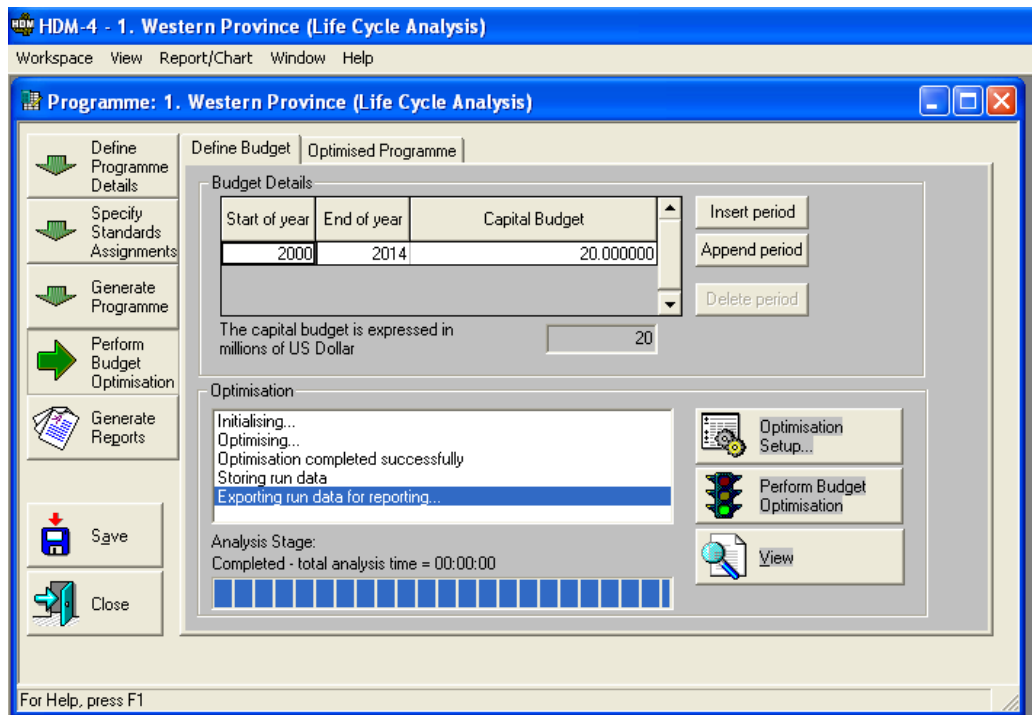
**Figura A.14 - Define Budget**



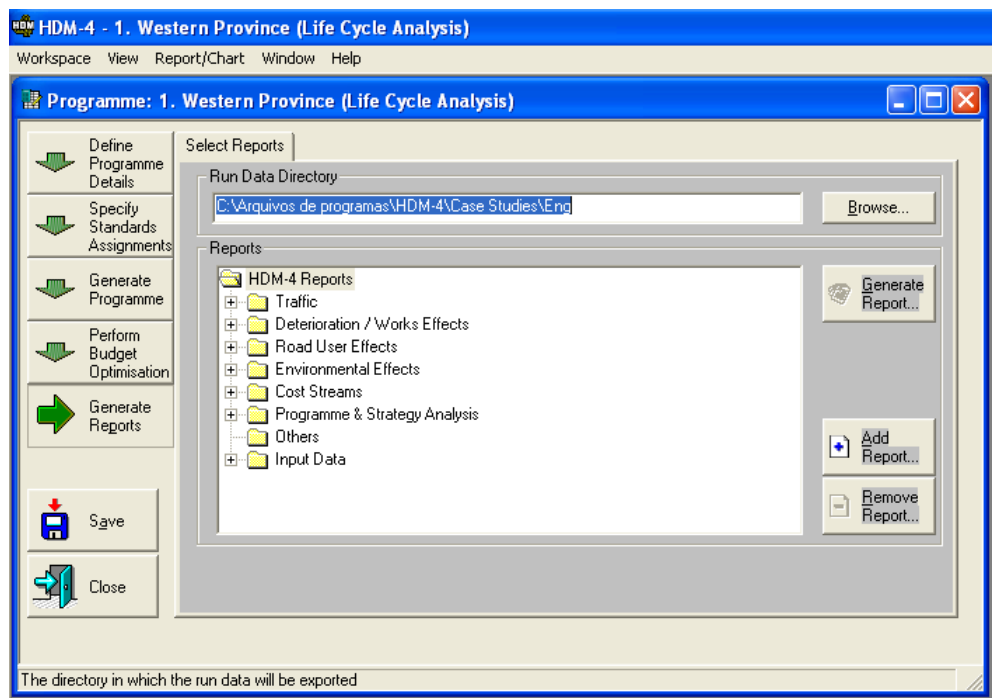
**Figura A.15 - Optimization Setup**



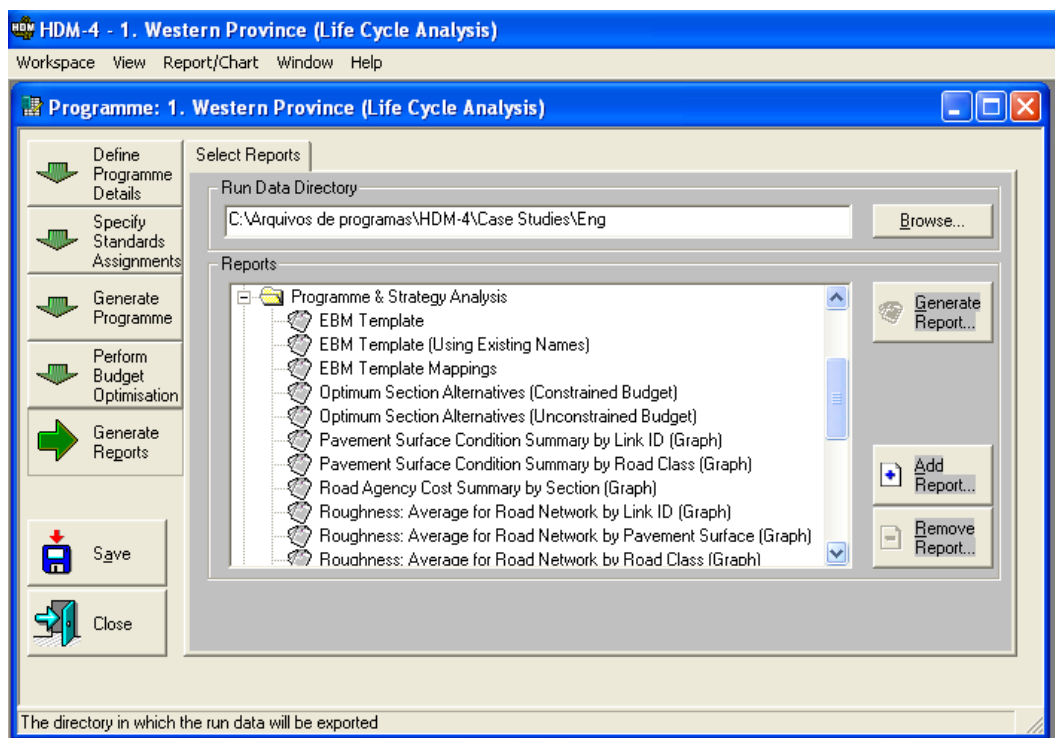
**Figura A.16 - Perform Budget Optimization**



**Figura A.17 - Generate Reports**



**Figura A.18 - Pro.& Strat. Reports**



Os Relatórios 4 e 5 da Figura A.18, acima, foram escolhidos: *Optimum Section Alternatives (Constrained Budget)* e *Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget)*.

## EXEMPLO 1 – ANÁLISE POR PROGRAMA

P1 – Tipo de análise: Ciclo de vida (*Life cycle analysis*): *Western Province*

Período de análise: 15 anos

- Foram incluídas 42 seções, sete tipos de veículos motorizados, percentagens correspondentes a cada tipo de veículo e taxas de crescimento de cada tipo a partir do ano 2000, início do período, válidas para todo o período.

Foram consideradas duas alternativas:

- Alternativa 1 – Manutenção: PROG1: Tapa buraco e Selagem de trincas
- Alternativa 2 – Manutenção: PROG1: P&CS, Resselagem, Recapeamento e Reconstrução.

Foi admitido o Orçamento de US\$20.000.000

Foram elaborados para cada seção, entre outros, os seguintes relatórios:

- Alternativas Ótimas por Seção (Com Limitação Orçamentária) - Nome do Estudo 1 - *Western Province (Análise por Ciclo de Vida)* – “*Optimum Section Alternatives (Constrained Budget) Study Name 1. Western Province (Life Cycle Analysis)*”;
- Alternativas Ótimas por Seção (Sem Limitação Orçamentária) - Nome do Estudo 1 - *Western Province (Análise por Ciclo de Vida)* – “*Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget). Study Name 1. Western Province (Life Cycle Analysis)*”.

Esses relatórios permitem identificar, para cada seção, a melhor alternativa a ser adotada.

**Quadro A.1 – Alternativas ótimas por seção (com limitação orçamentária)**  
**Análise por Ciclo de Vida**

**H D M - 4**  
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

**Optimum Section Alternatives (Constrained Budget)**

Study Name: **1. Western Province (Life Cycle Analysis)**

Run Date: **23-05-2010**

All costs are expressed in the following currency: US Dollar (millions).

Section	Road Class	Length (km)	Initial AADT	Surface Class	Alternative Desc.	Average Roughness IRI	Discounted Agency Financial Capital Costs	Discounted Agency Financial Recurrent Costs	Net Present Value
MAN 203 km 185 - 190	Primary or Trunk	5,00	2151	Bituminous	Base Option	5,0	0,00	0,00	0,00
MAN 203 km 254 - 262.8	Primary or Trunk	9,00	2863	Bituminous	Rehabilitation	3,2	1,13	0,04	1,67
MAN 214 km 85 - 97.7	Primary or Trunk	8,00	1209	Bituminous	Base Option	5,9	0,00	0,00	0,00
MAN 243 km 0 - 21	Primary or Trunk	21,00	1677	Bituminous	Rehabilitation	3,1	2,65	0,09	1,21
MAN 337 km 190 - 196.5	Primary or Trunk	7,00	575	Bituminous	Base Option	4,9	0,00	0,00	0,00
MAN 409 km 105 - 110	Primary or Trunk	5,00	1729	Bituminous	Rehabilitation	3,1	0,63	0,02	0,29
MAN 409 km 110 - 115	Primary or Trunk	5,00	817	Bituminous	Base Option	6,0	0,00	0,00	0,00
MAN 444 km 0.0 - 5.0	Primary or Trunk	5,00	440	Bituminous	Base Option	4,9	0,00	0,00	0,00
MAN 446 km 53.7 - 57.0	Primary or Trunk	3,00	1695	Bituminous	Base Option	6,0	0,00	0,00	0,00
MSC 112 km 35 - 80	Primary or Trunk	21,00	2950	Bituminous	Rehabilitation	3,3	2,65	0,16	4,04
MSC 131 km 16.5 - 26	Primary or Trunk	10,00	3590	Bituminous	Base Option	6,1	0,00	0,01	0,00
MSC 138 km 5 - 10 & 65 - 70	Primary or Trunk	10,00	2113	Bituminous	Rehabilitation	2,9	1,26	0,05	0,61
MSC 141 km 28 - 49.5	Primary or Trunk	22,00	3336	Bituminous	Rehabilitation	2,9	2,77	0,10	3,76
MSC 142 km 12.5 - 20	Primary or Trunk	8,00	1624	Bituminous	Base Option	4,7	0,00	0,00	0,00
MSC 155 km 50 - 55	Primary or Trunk	5,00	2156	Bituminous	Base Option	5,8	0,00	0,00	0,00
MSE 203 km 80 - 90	Primary or Trunk	10,00	1914	Bituminous	Rehabilitation	3,2	1,26	0,05	0,82
MSE 230 km 52.8 - 54.9	Primary or Trunk	2,00	880	Bituminous	Base Option	7,9	0,00	0,00	0,00
MSE 334 km 3.8 - 20	Primary or Trunk	9,00	1550	Bituminous	Rehabilitation	2,8	1,13	0,04	0,04
MSE 932 km 38.2 - 52.2	Primary or Trunk	16,00	1344	Bituminous	Rehabilitation	3,2	2,02	0,07	0,57
MSV 449 km 35 - 59.6	Primary or Trunk	15,00	1157	Bituminous	Base Option	4,8	0,00	0,00	0,00
MSV 457 km 20 - 28.9	Primary or Trunk	9,00	657	Bituminous	Base Option	6,2	0,00	0,00	0,00



**H D M - 4 Optimum Section Alternatives (Constrained Budget)**

MSV 537 km 43 - 45	Primary or Trunk	2,00	1554	Bituminous	Base Option	6.2	0,00	0,00	0,00
MSV 538 km 4.8 - 6.5	Primary or Trunk	2,00	657	Bituminous	Base Option	4.6	0,00	0,00	0,00
MSW 131 km 10 - 16.5	Primary or Trunk	7,00	738	Bituminous	Base Option	7.3	0,00	0,00	0,00
MSW 150 km 0.0 - 16.5	Primary or Trunk	17,00	1276	Bituminous	Base Option	5.9	0,00	0,00	0,00
MSW 183 km 10 - 13	Primary or Trunk	3,00	657	Bituminous	Base Option	6.7	0,00	0,00	0,00
MSW 901 km 180 - 330	Primary or Trunk	60,00	2690	Bituminous	Base Option	5.5	0,00	0,02	0,00
MSW 901 km 275 - 280	Primary or Trunk	5,00	837	Bituminous	Base Option	8.1	0,00	0,00	0,00
MSW 905 km 15.6 - 170	Primary or Trunk	42,00	1236	Bituminous	Base Option	5.6	0,00	0,01	0,00
MSW 935 km 1.1 - 30	Primary or Trunk	14,00	881	Bituminous	Base Option	5.3	0,00	0,00	0,00
MSW 938 km 3.2 - 10	Primary or Trunk	7,00	1455	Bituminous	Base Option	5.9	0,00	0,00	0,00
MSW 953 km 0 - 14.5	Primary or Trunk	15,00	519	Bituminous	Base Option	4.5	0,00	0,00	0,00
MSW 956 km 10 - 75	Primary or Trunk	30,00	2762	Bituminous	Base Option	5.7	0,00	0,01	0,00
MSW 959 km 0.1 - 5, 10 - 15.4	Primary or Trunk	10,00	2033	Bituminous	Rehabilitation	3.2	1,26	0,05	1,09
MTN 606 km 10.6 - 15	Primary or Trunk	4,00	611	Bituminous	Base Option	4.3	0,00	0,00	0,00
MTN 748 km 30 - 60	Primary or Trunk	30,00	1016	Bituminous	Base Option	4.6	0,00	0,00	0,00
MTN 805 km 145 - 152.6	Primary or Trunk	8,00	1455	Bituminous	Rehabilitation	3.2	1,01	0,03	0,36
MTN 830 km 8.6 - 20	Primary or Trunk	11,00	1172	Bituminous	Base Option	7.4	0,00	0,00	0,00
MTN 831 km 0 - 3.7	Primary or Trunk	4,00	354	Bituminous	Base Option	6.9	0,00	0,00	0,00
MTN 836 km 0 - 13	Primary or Trunk	13,00	1489	Bituminous	Rehabilitation	3.3	1,64	0,06	0,82
MTS 549 km 0 - 1.0	Primary or Trunk	1,00	4203	Bituminous	Rehabilitation	3.3	0,14	0,01	0,32
MTS 754 km 0 - 1.8	Primary or Trunk	2,00	1726	Bituminous	Rehabilitation	3.5	0,25	0,01	0,21
<b>All Sections</b>		<b>492,00</b>				<b>4,79</b>	<b>19,80</b>	<b>0,86</b>	<b>15,817</b>

## Quadro A.2 - Alternativas Ótimas por Seção (sem limitação orçamentária) - Análise por Ciclo de Vida

# H D M - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget)

Study Name: 1. Western Province (Life Cycle Analysis)

Run Date: 23-05-2010

All costs are expressed in the following currency: US Dollar (millions).

Section	Road Class	Length (km)	Initial AADT	Surface Class	Alternative Desc.	Average Roughness IRI	Discounted Agency Financial Capital Costs	Discounted Agency Financial Recurrent Costs	Net Present Value
MAN 203 km 185 - 190	Primary or Trunk	5,00	2151	Bituminous	Base Option	4,0	0,00	0,00	0,00
MAN 203 km 254 - 262.8	Primary or Trunk	9,00	2863	Bituminous	Rehabilitation	3,0	1,13	0,04	1,67
MAN 214 km 85 - 97.7	Primary or Trunk	8,00	1209	Bituminous	Base Option	5,0	0,00	0,00	0,00
MAN 243 km 0 - 21	Primary or Trunk	21,00	1677	Bituminous	Rehabilitation	3,0	2,65	0,09	1,21
MAN 337 km 190 - 196.5	Primary or Trunk	7,00	575	Bituminous	Base Option	4,0	0,00	0,00	0,00
MAN 409 km 105 - 110	Primary or Trunk	5,00	1729	Bituminous	Rehabilitation	3,0	0,63	0,02	0,29
MAN 409 km 110 - 115	Primary or Trunk	5,00	817	Bituminous	Base Option	6,0	0,00	0,00	0,00
MAN 444 km 0.0 - 5.0	Primary or Trunk	5,00	440	Bituminous	Base Option	4,0	0,00	0,00	0,00
MAN 446 km 53.7 - 57.0	Primary or Trunk	3,00	1634	Bituminous	Rehabilitation	2,0	0,38	0,01	0,03
MSC 112 km 35 - 80	Primary or Trunk	21,00	2950	Bituminous	Rehabilitation	3,0	2,65	0,16	4,04
MSC 131 km 16.5 - 26	Primary or Trunk	10,00	3336	Bituminous	Rehabilitation	4,0	0,92	0,07	0,14
MSC 138 km 5 - 10 & 65 - 70	Primary or Trunk	10,00	2113	Bituminous	Rehabilitation	2,0	1,26	0,05	0,61
MSC 141 km 28 - 49.5	Primary or Trunk	22,00	3336	Bituminous	Rehabilitation	2,0	2,77	0,10	3,76
MSC 142 km 12.5 - 20	Primary or Trunk	8,00	1624	Bituminous	Base Option	4,0	0,00	0,00	0,00
MSC 155 km 50 - 55	Primary or Trunk	5,00	2156	Bituminous	Base Option	5,0	0,00	0,00	0,00
MSE 203 km 80 - 90	Primary or Trunk	10,00	1914	Bituminous	Rehabilitation	3,0	1,26	0,05	0,82
MSE 230 km 52.8 - 54.9	Primary or Trunk	2,00	880	Bituminous	Base Option	7,0	0,00	0,00	0,00
MSE 334 km 3.8 - 20	Primary or Trunk	9,00	1550	Bituminous	Rehabilitation	2,0	1,13	0,04	0,04
MSE 932 km 38.2 - 52.2	Primary or Trunk	16,00	1344	Bituminous	Rehabilitation	3,0	2,02	0,07	0,57
MSV 449 km 35 - 59.6	Primary or Trunk	15,00	1157	Bituminous	Base Option	4,0	0,00	0,00	0,00
MSV 457 km 20 - 28.9	Primary or Trunk	9,00	657	Bituminous	Base Option	6,0	0,00	0,00	0,00
MSV 537 km 43 - 45	Primary or Trunk	2,00	1554	Bituminous	Rehabilitation	2,0	0,25	0,02	0,02
MSV 538 km 4.8 - 6.5	Primary or Trunk	2,00	657	Bituminous	Base Option	4,0	0,00	0,00	0,00
MSW 131 km 10 - 16.5	Primary or Trunk	7,00	738	Bituminous	Base Option	7,0	0,00	0,00	0,00

HDM-4 Version 1,00

Page 1 of 2

**HDM - 4 Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget)**

MSW 150 km 0.0 - 16.5	Primary or Trunk	17,00	1276	Bituminous	Base Option	5.0	0,00	0,00	0,00
MSW 183 km 10 - 13	Primary or Trunk	3,00	657	Bituminous	Base Option	6.0	0,00	0,00	0,00
MSW 901 km 180 - 330	Primary or Trunk	60,00	2690	Bituminous	Base Option	5.0	0,00	0,02	0,00
MSW 901 km 275 - 280	Primary or Trunk	5,00	837	Bituminous	Base Option	8.0	0,00	0,00	0,00
MSW 905 km 15.6 - 170	Primary or Trunk	42,00	1236	Bituminous	Base Option	5.0	0,00	0,01	0,00
MSW 935 km 1.1 - 30	Primary or Trunk	14,00	881	Bituminous	Base Option	5.0	0,00	0,00	0,00
MSW 938 km 3.2 - 10	Primary or Trunk	7,00	1455	Bituminous	Base Option	5.0	0,00	0,00	0,00
MSW 953 km 0 - 14.5	Primary or Trunk	15,00	519	Bituminous	Base Option	4.0	0,00	0,00	0,00
MSW 956 km 10 - 75	Primary or Trunk	30,00	2762	Bituminous	Base Option	5.0	0,00	0,01	0,00
MSW 959 km 0.1 - 5, 10 - 15.4	Primary or Trunk	10,00	2033	Bituminous	Rehabilitation	3.0	1,26	0,05	1,09
MTN 606 km 10.6 - 15	Primary or Trunk	4,00	611	Bituminous	Base Option	4.0	0,00	0,00	0,00
MTN 748 km 30 - 60	Primary or Trunk	30,00	1016	Bituminous	Base Option	4.0	0,00	0,00	0,00
MTN 805 km 145 - 152.6	Primary or Trunk	8,00	1455	Bituminous	Rehabilitation	3.0	1,01	0,03	0,36
MTN 830 km 8.6 - 20	Primary or Trunk	11,00	1172	Bituminous	Rehabilitation	3.0	1,39	0,05	0,20
MTN 831 km 0 - 3.7	Primary or Trunk	4,00	354	Bituminous	Base Option	6.0	0,00	0,00	0,00
MTN 836 km 0 - 13	Primary or Trunk	13,00	1489	Bituminous	Rehabilitation	3.0	1,64	0,06	0,82
MTS 549 km 0 - 1.0	Primary or Trunk	1,00	4203	Bituminous	Rehabilitation	3.0	0,14	0,01	0,32
MTS 754 km 0 - 1.8	Primary or Trunk	2,00	1726	Bituminous	Rehabilitation	3.0	0,25	0,01	0,21
<b>All Sections</b>		475,00				4,08	22,73	1,00	16,211

## EXEMPLO 2 – ANÁLISE POR PROGRAMA

P2 – Tipo de análise: Programa Multianual (Multi-year forward programme analysis): Província do Leste.

Período de análise: 3 anos a partir de 2000

- Foram incluídas 21 seções, 5 tipos de veículos motorizados, percentagens correspondentes a cada tipo de veículo e taxas de crescimento de cada tipo, a partir do ano 2000, início do período, validas para todo o período.
- Foram definidas as características de cada seção e o tipo de manutenção a ser adotada durante todo o período. Para as rodovias pavimentadas foi adotada a manutenção PROG1 e, para a seção com revestimento primário a manutenção PROG2.

Foi admitido o orçamento de US\$90.000.000

Foram elaborados para cada seção, entre outros, os seguintes relatórios, que são a seguir apresentados:

- Alternativas Ótimas por Seção (Com Limitação Orçamentária) - Nome do Estudo 2- *Eastern Province “(Programa de Análise Multianual) “Optimum Section Alternatives (Constrained Budget) Study Name Study Name 2.Eastern Province (Forward Programme).*
- Alternativas Ótimas por Seção (Sem Limitação Orçamentária) - Nome do Estudo 2 - *Eastern Province “(Programa de Análise Multianual) “Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget) Study Name 2.Eastern Province (Forward Programme)”.*

Esses relatórios permitem identificar, para cada seção, a melhor alternativa a ser adotada, comparando os benefícios resultantes da execução dos serviços, quando requeridos, ou no fim do período de análise.

### Manutenções adotadas

	Ano
PROG1: Tapa-Buraco, Selagem de Trincas	2000
Tapa-Buraco, quando N° Buracos $\geq 10$ / km	
Selagem de trincas, quando Trincas $\geq 10$ %	

	Ano
PROG2: Repos.Revest., Patrolagem, Repos. Agreg.	2000
Reposição do revestimento, quando revestimento $\leq 50$ mm	
Patrolagem, quando irregularidade $\geq 9,5$ IRI	
Reposição do agregado, quando revestimento $\leq 100$ mm	
	Ano
PROG1: P&CS. Resselagem, Recapeamento & Reconstrução	2000
Selagem de trincas, quando Trincas $\geq 10\%$	
Tapa-Buraco, quando área danificada $\geq 5\%$	
Resselagem, quando área danificada $\geq 25\%$	
Recapeamento, quando Irregularidade $\geq 5$ IRI e Trincas $\geq 5\%$	
Reconstrução, quando Irregularidade $\geq 9,5$ IRI	

## Quadro A.3 - Alternativas Ótimas por Seção (com limitação orçamentária) – Análise por Programa Multianual

# H D M - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Optimum Section Alternatives (Constrained Budget)

Study Name: 2. Eastern Province (Forward Programme)

Run Date: 23-05-2010

All costs are expressed in the following currency: US Dollar (millions).

Section	Road Class	Length (km)	Initial AADT	Surface Class	Alternative Desc.	Average Roughness IRI	Discounted Agency Financial Capital Costs	Discounted Agency Financial Recurrent Costs	Net Present Value
Francis Town - Selebi Phikwe	Primary or Trunk	30.000,00	1226	Bituminous	Work Programming	3,0	3,42	0,00	3,70
Gaborone-Lobatse Section 1	Primary or Trunk	30.000,00	1814	Bituminous	Work Programming	3,0	2,41	0,00	3,06
Gaborone-Lobatse Section 2	Primary or Trunk	30.000,00	1334	Bituminous	Work Programming	3,0	1,37	0,00	3,41
Gaborone-Pilane	Primary or Trunk	30.000,00	1516	Bituminous	Work Programming	3,0	1,21	0,00	3,91
Gaborone-Tlokweng	Primary or Trunk	30.000,00	2586	Bituminous	Work Programming	2,0	1,21	0,00	1,65
Gravel Road	Tertiary or Local	30.000,00	114	Unsealed	Work Programming	8,0	0,29	0,01	0,00
Jwaneng-Sekoma Section 1	Secondary or Main	30.000,00	607	Bituminous	Work Programming	2,0	9,65	0,00	2,89
Jwaneng-Sekoma Section 2	Secondary or Main	30.000,00	212	Bituminous	Delay Works	4,0	9,07	3,70	0,00
Lobatse-Jwaneng Section 1	Primary or Trunk	30.000,00	812	Bituminous	Work Programming	2,0	15,55	0,00	5,07
Mahalapye-Palapye	Primary or Trunk	30.000,00	737	Bituminous	Work Programming	2,0	9,65	0,00	5,16
Monametsana-Mahalapye	Secondary or Main	30.000,00	446	Bituminous	Work Programming	2,0	17,13	0,00	4,33
Morwamosu-Kang	Secondary or Main	30.000,00	296	Bituminous	Delay Works	3,0	1,60	0,53	0,00
Mosetse-Nata	Secondary or Main	30.000,00	177	Bituminous	Work Programming	3,0	2,73	0,00	2,63
Palapye-Serule	Primary or Trunk	30.000,00	963	Bituminous	Work Programming	2,0	8,44	0,00	5,55
Pilane-Rasesa	Secondary or Main	30.000,00	459	Bituminous	Work Programming	3,0	0,28	0,00	0,75
Rasesa-Monametsana	Secondary or Main	30.000,00	249	Bituminous	Delay Works	3,0	0,51	0,13	0,00
Sebina - Mosetse	Secondary or Main	30.000,00	202	Bituminous	Work Programming	2,0	3,18	0,00	3,84
Sekoma-Morwamosu	Secondary or Main	30.000,00	313	Bituminous	Work Programming	2,0	8,53	0,00	1,33
Serule-Francis Town	Primary or Trunk	30.000,00	1119	Bituminous	Work Programming	3,0	3,94	0,00	9,65
Takaswane-Ghanzi	Secondary or Main	30.000,00	239	Bituminous	Work Programming	3,0	0,00	0,00	0,00
<b>All Sections</b>		<b>6.200.000,00</b>				<b>2,63</b>	<b>100,16</b>	<b>4,37</b>	<b>56,930</b>

### Quadro A.4 - Alternativas Ótimas por Seção (sem limitação orçamentária) – Análise por Programa Multianual

## H D M - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget)

Study Name: 2. Eastern Province (Forward Programme)

Run Date: 23-05-2010

All costs are expressed in the following currency: US Dollar (millions).

Section	Road Class	Length (km)	Initial AADT	Surface Class	Alternative Desc.	Average Roughness IRI	Discounted Agency Financial Capital Costs	Discounted Agency Financial Recurrent Costs	Net Present Value
Francis Town - Selebi Phikwe	Primary or Trunk	30.000,00	1226	Bituminous	Work Programming	3,0	3,42	0,00	3,70
Gaborone-Lobatse Section 1	Primary or Trunk	30.000,00	1814	Bituminous	Work Programming	3,0	2,41	0,00	3,06
Gaborone-Lobatse Section 2	Primary or Trunk	30.000,00	1334	Bituminous	Work Programming	3,0	1,37	0,00	3,41
Gaborone-Pilane	Primary or Trunk	30.000,00	1516	Bituminous	Work Programming	3,0	1,21	0,00	3,91
Gaborone-Tlokweng	Primary or Trunk	30.000,00	2586	Bituminous	Work Programming	2,0	1,21	0,00	1,65
Gravel Road	Tertiary or Local	30.000,00	114	Unsealed	Work Programming	8,0	0,29	0,01	0,00
Jwaneng-Sekoma Section 1	Secondary or Main	30.000,00	607	Bituminous	Work Programming	2,0	9,65	0,00	2,89
Jwaneng-Sekoma Section 2	Secondary or Main	30.000,00	204	Bituminous	Work Programming	2,0	10,80	0,00	2,57
Lobatse-Jwaneng Section 1	Primary or Trunk	30.000,00	812	Bituminous	Work Programming	2,0	15,55	0,00	5,07
Mahalapy-Palapye	Primary or Trunk	30.000,00	737	Bituminous	Work Programming	2,0	9,65	0,00	5,16
Monametsana-Mahalapye	Secondary or Main	30.000,00	446	Bituminous	Work Programming	2,0	17,13	0,00	4,33
Monwamosu-Kang	Secondary or Main	30.000,00	296	Bituminous	Delay Works	3,0	1,60	0,53	0,00
Mosetse-Nata	Secondary or Main	30.000,00	177	Bituminous	Work Programming	3,0	2,73	0,00	2,63
Palapye-Serule	Primary or Trunk	30.000,00	963	Bituminous	Work Programming	2,0	8,44	0,00	5,55
Pilane-Rasesa	Secondary or Main	30.000,00	459	Bituminous	Work Programming	3,0	0,28	0,00	0,75
Rasesa-Monametsana	Secondary or Main	30.000,00	249	Bituminous	Delay Works	3,0	0,51	0,13	0,00
Sebina - Mosetse	Secondary or Main	30.000,00	202	Bituminous	Work Programming	2,0	3,18	0,00	3,84
Sekoma-Monwamosu	Secondary or Main	30.000,00	313	Bituminous	Work Programming	2,0	8,53	0,00	1,33
Serule-Francis Town	Primary or Trunk	30.000,00	1119	Bituminous	Work Programming	3,0	3,94	0,00	9,65
Takaswane-Ghanzi	Secondary or Main	30.000,00	239	Bituminous	Work Programming	3,0	0,00	0,00	0,00
<b>All Sections</b>		<b>6.200.000,00</b>				<b>2,61</b>	<b>101,89</b>	<b>0,67</b>	<b>59.502</b>

### EXEMPLO 3 – ANÁLISE POR ESTRATÉGIA

E1 – Estratégia Tipo 1 Tipo de análise: Maximização do NPV (Valor presente descontado) (*Strategy Case Study 1: Long term budget forecasts and performance trends*)

Período de análise: 20 anos

Foram incluídas 11 seções, sendo 9 pavimentadas e 2 de revestimento primário e 6 tipos de veículos motorizados, percentagens correspondentes a cada tipo de veículo e taxas de crescimento de cada tipo, a partir do ano 2000, início do período, válidas para todo o período.

Foram consideradas quatro alternativas:

- Alternativa 1 (Base) – Manutenção Básica
- Alternativa 2 – Manutenção Mínima
- Alternativa 3 – Manutenção Desejada
- Alternativa 4 – Manutenção Ideal

#### Manutenções adotadas

Alternativa 1 – (Base): Manutenção Básica

- Rodovia Pavimentada com Tráfego Elevado: M PHT1: Tapa-Buraco e Selagem de Trincas
- Rodovia Pavimentada com Tráfego Médio: M PMT1: Tapa-Buraco e Selagem de Trincas
- Rodovia Pavimentada com Tráfego Baixo: M PLT1: Tapa-Buraco e Selagem de Trincas
- Rodovia com Revestimento Primário com Tráfego Médio: M G1: Patrolagem 1/ano & e Reposição do agregado 1/ano
- Rodovia com Revestimento Primário com Tráfego Baixo: M G1: Patrolagem 1/ano & e Reposição do agregado 1/ano

Alternativa 2 - Manutenção Mínima

- Rodovia Pavimentada com Tráfego Elevado: M PHT2: Tapa-Buraco, Resselagem & Reconstrução
- Rodovia Pavimentada com Tráfego Médio: M PMT2: Tapa-Buraco, Resselagem & Reconstrução
- Rodovia Pavimentada com Tráfego Baixo: M PLT2: Tapa-Buraco, Resselagem & Reconstrução



- Rodovia com Revestimento Primário: M G2: Patrolagem 2/ano & e Reposição do agregado 1/ano & Reposição do Revestimento, quando revestimento  $\leq 30$  mm.

#### Alternativa 3 - Manutenção Desejável

- Rodovia Pavimentada com Tráfego Elevado:
  - M PHT3: Tapa-Buraco, Recapeamento & Reconstrução em 2000
  - I PROJ3: Alargamento Parcial de 3m em 2007
  - M PHT4: Tapa-Buraco, Resselagem, Recapeamento & Reconstrução em 2009
- Rodovia Pavimentada com Tráfego Médio
  - M PMT3: Tapa-Buraco, Recapeamento & Reconstrução em 2000
- Rodovia Pavimentada com Tráfego Baixo
  - M PLT3: Tapa-Buraco, Recapeamento & Reconstrução em 2000
- Rodovia com Revestimento Primário com Tráfego médio:
  - M P2RA50: Patrolagem 2/ano, Revest.50, Repos.50 em 2000
  - I /GU4 Pavimentar GMT para VMD>250 em 2005
  - M PLT2: Tapa-Buraco, Resselagem e Reconstrução em 2007
- Rodovia com Revestimento Primário: com Tráfego baixo:
  - M P2RA50: Patrolagem 2/ano, Revest. 50, Repos. 50 em 2000

#### Alternativa 4 - Manutenção Ideal

- Rodovia Pavimentada com Tráfego Elevado:
  - M PHT4: Tapa-Buraco, Recapeamento & Reconstrução em 2000;
  - I PROJ3: Alargamento Parcial de 3m em 2003;
  - M PHT4: Tapa-Buraco, Resselagem, Recapeamento & Reconstrução em 2007.
- Rodovia Pavimentada com Tráfego Médio
  - M PMT4: Tapa-Buraco, Recapeamento & Reconstrução em 2000.
- Rodovia Pavimentada com Tráfego Baixo
  - M PLT4: Tapa-Buraco, Recapeamento & Reconstrução em 2000.

- Rodovia com Revestimento Primário com Tráfego médio:
  - M G4: Patrologem 2/ano & Reposição do Agregado 1/ano em 2000;
  - I /GU4: Pavimentar GMT para VMD>250 em 2003;
  - M PLT3: Tapa-Buraco, Recapeamento e Reconstrução em 2009.
- Rodovia com Revestimento Primário com Tráfego baixo:
  - M G4: Patrologem 2/ano & Repos. Agreg. 1/ano em 2000;
  - I /GW4: Alargar seção GLT em 2003;
  - M P2RA50: Patrologem 2/ano Revest. 50 Repos. Agreg. 50 em 2009.

Foi admitido o Orçamento de US\$800.000.000

O sistema elaborou relatórios relativos a:

- Tráfego;
- Deterioração e outros efeitos;
- Efeitos para os usuários;
- Efeitos no meio ambiente;
- Custos;
- Análises por programa e estratégia;
- Outros;
- Dados de entrada.

Foram elaborados para cada seção, entre outros, os seguintes relatórios:

- Alternativas Ótimas por Seção (Com Limitação Orçamentária) - Nome do Estudo 1 - *Long term budget forecasts and performance trends “Optimum Section Alternatives (Constrained Budget) Study Name 1. Long term budget forecasts and performance trends”*.
- Alternativas Ótimas por Seção (Sem Limitação Orçamentária) - Nome do Estudo 1 - *Long term budget forecasts and performance trends) “Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget).” Study Name 1. Long term budget forecasts and performance trends”*.

Os relatórios, de um modo geral, apresentam inúmeras folhas, correspondentes a cada seção considerada. Dois deles, referentes a análises por estratégia, para as hipóteses de ocorrência ou não de Restrições Orçamentárias, são a seguir reproduzidos. Em cada um deles, para cada seção, são dadas as informações: Classe da rodovia, Comprimento, Tráfego médio diário inicial, Classe da superfície (revestimento primário ou com pavimento betuminoso), Alternativa selecionada, Irregularidade, Custos de capital descontados, Custos recorrentes descontados, Valor presente.

**Quadro A.5 – Alternativas Ótimas por Seção – (com limitação orçamentária)**  
**Análise por estratégia – Estudo 1 - Maximização do NPV**

# H D M - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Optimum Section Alternatives (Constrained Budget)

Study Name: **1. Long term budget forecasts and performance trends**

Run Date: **18-05-2010**

All costs are expressed in the following currency: US Dollar (millions).

Section	Road Class	Length (km)	Initial AADT	Surface Class	Alternative Desc.	Average Roughness IRI	Discounted Agency Financial Capital Costs	Discounted Agency Financial Recurrent Costs	Net Present Value
Gravel Low Traffic	Tertiary or Local	1.760,00	170	Unsealed	4. Level 4: Ideal maintenanc	10,0	40,48	5,37	8,25
Gravel Medium Traffic	Tertiary or Local	1.385,00	398	Unsealed	2. Level 2: Minimum Mainten	12,0	72,97	6,71	42,36
Paved High Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	392,00	10341	Bituminous	3. Level 3: Desired Maintena	3,0	57,60	0,01	404,43
Paved High Traffic Good Condition	Primary or Trunk	234,00	10247	Bituminous	3. Level 3: Desired Maintena	3,0	18,51	0,00	126,51
Paved High Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	437,00	10223	Bituminous	4. Level 4: Ideal maintenanc	3,0	26,41	0,00	1.608,13
Paved Low Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	670,00	1373	Bituminous	3. Level 3: Desired Maintena	4,0	62,05	0,00	240,78
Paved Low Traffic Good Condition	Primary or Trunk	410,00	2181	Bituminous	2. Level 2: Minimum Mainten	4,0	17,58	0,00	107,80
Paved Low Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	720,00	1651	Bituminous	2. Level 2: Minimum Mainten	6,0	37,06	0,00	303,34
Paved Medium Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	483,00	4407	Bituminous	3. Level 3: Desired Maintena	3,0	71,36	0,00	402,24
Paved Medium Traffic Good Condition	Primary or Trunk	306,00	3781	Bituminous	3. Level 3: Desired Maintena	3,0	16,54	0,01	57,54
<b>All Sections</b>		<b>6.797,00</b>				<b>7,12</b>	<b>420,57</b>	<b>12,11</b>	<b>3,301.372</b>

**Quadro A.6 – Alternativas Ótimas por Seção – (sem limitação orçamentária)**  
**Análise por estratégia – Estudo 1 - Maximização do NPV**

# H D M - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget)

Study Name: **1. Long term budget forecasts and performance trends**

Run Date: **18-05-2010**

All costs are expressed in the following currency: US Dollar (millions).

Section	Road Class	Length (km)	Initial AADT	Surface Class	Alternative Desc.	Average Roughness IRI	Discounted Agency Financial Capital Costs	Discounted Agency Financial Recurrent Costs	Net Present Value
Gravel Low Traffic	Tertiary or Local	1.760,00	170	Unsealed	4. Level 4: Ideal maintenance	10,0	40,48	5,37	8,25
Gravel Medium Traffic	Tertiary or Local	1.385,00	398	Unsealed	2. Level 2: Minimum Mainten	12,0	72,97	6,71	42,36
Paved High Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	392,00	10341	Bituminous	3. Level 3: Desired Maintena	3,0	57,60	0,01	404,43
Paved High Traffic Good Condition	Primary or Trunk	234,00	10247	Bituminous	3. Level 3: Desired Maintena	3,0	18,51	0,00	126,51
Paved High Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	437,00	10223	Bituminous	3. Level 3: Desired Maintena	3,0	26,41	0,00	1.608,13
Paved Low Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	670,00	1373	Bituminous	3. Level 3: Desired Maintena	4,0	62,05	0,00	240,78
Paved Low Traffic Good Condition	Primary or Trunk	410,00	2181	Bituminous	2. Level 2: Minimum Mainten	4,0	17,58	0,00	107,80
Paved Low Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	720,00	1914	Bituminous	3. Level 3: Desired Maintena	4,0	110,80	0,00	348,22
Paved Medium Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	483,00	4407	Bituminous	3. Level 3: Desired Maintena	3,0	71,36	0,00	402,24
Paved Medium Traffic Good Condition	Primary or Trunk	306,00	3781	Bituminous	3. Level 3: Desired Maintena	3,0	16,54	0,01	57,54
<b>All Sections</b>		6.797,00				6,91	494,30	12,11	3,346.252

## EXEMPLO 4 – ANÁLISE POR ESTRATÉGIA

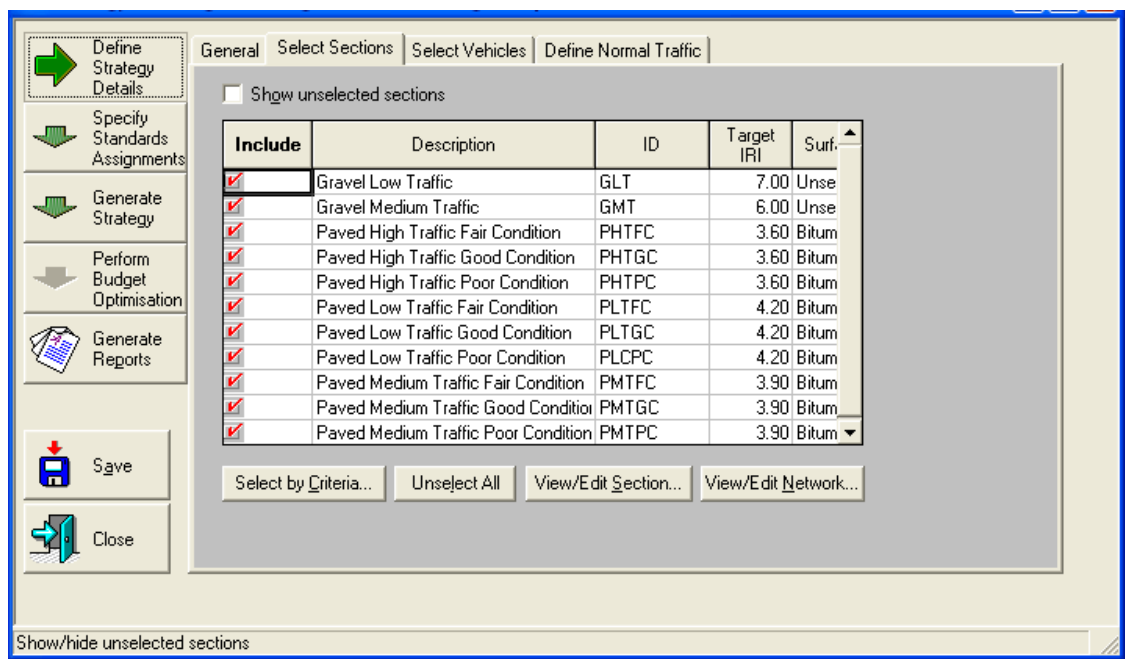
E2 – Tipo de Análise: Otimização do Custo Mínimo para atingir o IRI desejado (*Minimise cost for target IRI*) (*Strategy case Study 2: Long Term Target conditions Budget Requirement*)

Período de análise: 20 anos

Foram incluídas 11 seções, sendo 9 pavimentadas e 2 de revestimento primário, tendo sido fixados os valores de IRI desejados para cada uma (*target IRI*). Foram indicados 6 tipos de veículos motorizados, as percentagens correspondentes a cada tipo de veículo e taxas de crescimento de cada tipo a partir do ano 2000, início do período, válidas para todo o período.

Os valores de IRI desejados foram incluídos na folha *Select sections*, na coluna *Target IRI*, como indicado a seguir:

**Figura A.19 –Tela *Select sections***



Foram consideradas quatro alternativas:

- Alternativa 1 (Base) – Manutenção Básica
- Alternativa 2 – Manutenção Mínima
- Alternativa 3 – Manutenção Desejada
- Alternativa 4 – Manutenção Ideal

Manutenções adotadas

Alternativa 1 – (Base): Manutenção Básica

- Rodovia Pavimentada com Tráfego Elevado: M PHT1: Tapa-Buraco e Selagem de Trincas
- Rodovia Pavimentada com Tráfego Médio: M PMT1: Tapa-Buraco e Selagem de Trincas
- Rodovia Pavimentada com Tráfego Baixo: M PLT1: Tapa-Buraco e Selagem de Trincas
- Rodovia com Revestimento Primário com Tráfego Médio: M G1: Patrolagem 1/ano & e Reposição do agregado 1/ano
- Rodovia com Revestimento Primário com Tráfego Baixo: M G1: Patrolagem 1/ano & e Reposição do agregado 1/ano.

Alternativa 2 - Manutenção Mínima

- Rodovia Pavimentada com Tráfego Elevado:
  - M PHT2: Tapa-Buraco, Resselagem & Reconstrução
- Rodovia Pavimentada com Tráfego Médio:
  - M PMT2: Tapa-Buraco, Resselagem & Reconstrução
- Rodovia Pavimentada com Tráfego Baixo:
  - M PLT2: Tapa-Buraco, Resselagem & Reconstrução
- Rodovia com Revestimento Primário:
  - M G2: Patrolagem 2/ano & e Reposição do agregado 1/ano & Reposição do Revestimento, quando revestimento  $\leq 30$  mm.

Alternativa 3 - Manutenção Média

- Rodovia Pavimentada com Tráfego Alto, Médio ou Baixo, em bom estado
  - M PROG1: P&CS: Resselagem, Recapeamento & Reconstrução em 2000.
- Rodovia com Revestimento Primário
  - M P2RA50: Patrolagem 2/ano, Revest.50,Repos.50 em 2000.

Alternativa 4 – Manutenção Ideal

- Rodovia Pavimentada com Tráfego Baixo em estado razoável ou mau
  - M PROG1: P&CS: Resselagem, Recapeamento & Reconstrução em 2000.

- Rodovia com Revestimento Primário:
  - M G4: Patroagem 2/ano & e Reposição do agregado 1/ano em 2000

Acionando *Generate Strategy*, inicia-se por *Run Setup*, em que são indicadas as opções feitas, inclusive diretório, para que sejam exportadas as informações geradas pelo sistema, como mostrados a seguir.

**Figura A.20 – Tela *Run Setup***

**Run Setup**

Multi-Year Forward Programme

☐ Perform run without economic analysis (Unconstrained Programme)

☒ Perform run with economic analysis (Constrained Programme - required before budget optimisation)

Life Cycle Analysis

Base alternative: Base Alternative

Run Data Export Detail

☒ Exclude annual vehicle data

☒ Exclude vehicle period data

Run Data Export Directory

C:\Diversos Browse...

Model Inclusion

☐ Energy Balance ☐ Emissions

☒ Model acceleration effects

☐ Include Accident Costs In Economic Analysis

Average accident category cost (in thousands of US Dollar):

Fatal: 0 Damage: 0

Injury: 0 All accidents: 0

Log File

☐ Write Log file

OK Cancel

To reduce the size of the exported run data omit the Vehicle data

Ao acionar *Start*, o sistema elaborou relatórios relativos a:

- Tráfego
- Deterioração e outros efeitos
- Efeitos para os usuários
- Efeitos no meio ambiente
- Custos
- Análises por programa e estratégia
- Outros
- Dados de entrada

São elaborados para cada seção, entre outros, os seguintes relatórios:



- Alternativas Ótimas para as Seções (Sem Limitação Orçamentária) - Nome do Estudo 3 - *Long term target condition budget requirement “Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget); Study Name 3. Long term target condition budget requirement”*;
- Programa de Trabalho por Trecho (Sem limitação Orçamentária) - Nome do Estudo 3 - *Long term target condition budget requirement “Work Programme Unconstrained by Section Study; Name 3. Long term target condition budget requirement”*;
- Programa de Trabalho por Ano (Sem Limitação Orçamentária) - Nome do Estudo 3 - *Long term target condition budget requirement. “Work Programme Unconstrained by Year; Study Name 3. Long term target condition budget requirement”*.

**Quadro A.7 - Alternativas Ótimas para as Seções (sem limitação orçamentária)**  
**Análise por estratégia – Otimização do custo mínimo para um IRI desejado**

# H D M - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Optimum Section Alternatives (Unconstrained Budget)

Study Name: 3. Long term target condition budget requirement

Run Date: 01-06-2010

All costs are expressed in the following currency: US Dollar (millions).

Section	Road Class	Length (km)	Initial AADT	Surface Class	Alternative Desc.	Average Roughness IRI	Discounted Agency Financial Capital Costs	Discounted Agency Financial Recurrent Costs	Net Present Value
Gravel Low Traffic	Tertiary or Local	1.760,00	170	Unsealed	3: Medium Maintenance	10,0	65,48	5,37	-8,28
Gravel Medium Traffic	Tertiary or Local	1.385,00	398	Unsealed	3: Medium Maintenance	11,9	70,14	7,06	58,15
Paved High Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	392,00	10971	Bituminous	3: Level 3 Medium Maintenar	4,0	47,59	2,16	382,10
Paved High Traffic Good Condition	Primary or Trunk	234,00	11533	Bituminous	2: Level 2: Minimum Mainten	3,8	16,69	0,00	115,80
Paved High Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	437,00	11851	Bituminous	3: Level 3: Medium Maintena	4,0	84,81	2,40	1.489,52
Paved Low Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	670,00	2077	Bituminous	4: Ideal Maintenance	3,7	77,40	1,86	233,48
Paved Low Traffic Good Condition	Primary or Trunk	410,00	2246	Bituminous	3: Medium Maintenance	3,5	32,35	4,47	102,25
Paved Low Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	720,00	1914	Bituminous	4: Ideal Maintenance	3,9	123,80	7,81	334,10
Paved Medium Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	483,00	4960	Bituminous	3: Level 3: Medium Maintena	4,0	55,80	2,68	372,06
Paved Medium Traffic Good Condition	Primary or Trunk	306,00	4790	Bituminous	2: Level 2: Minimum Mainten	3,7	16,99	0,00	54,04
<b>All Sections</b>		6.797,00				7,04	591,06	33,82	3.133.215

## Quadro A.8 - Programa de Trabalho por Seção (Sem limitação Orçamentária)

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT &amp; MANAGEMENT

## Work Programme Unconstrained by Section

Study Name: 3. Long term target condition budget requirement

Run Date: 01-06-2010

All costs are expressed in: US Dollar (millions)

Section	Road Class	Length (km)	AADT	Surface Class	Year	Work Description	IPV/CAP	Financial Costs	Cumulative Costs
Gravel Low Traffic	Tertiary or Local	1,760.0	91	Unsealed	2003	Regravelling at 50mm	-0.152	42.572	42.572
	Tertiary or Local	1,760.0	115	Unsealed	2009	Regravelling at 50mm	-0.152	37.869	80.440
	Tertiary or Local	1,760.0	146	Unsealed	2015	Regravelling at 50mm	-0.152	40.432	120.873
Gravel Medium Traffic	Tertiary or Local	1,385.0	204	Unsealed	2002	Regravelling at 50mm	0.995	32.778	153.651
	Tertiary or Local	1,385.0	249	Unsealed	2007	Regravelling at 50mm	0.995	32.428	186.079
	Tertiary or Local	1,385.0	303	Unsealed	2012	Regravelling at 50mm	0.995	35.446	221.525
	Tertiary or Local	1,385.0	354	Unsealed	2016	Regravelling at 50mm	0.995	30.965	252.490
Paved High Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	392.0	6256	Bituminous	2000	Resealing S&SD	9.635	16.464	268.954
	Primary or Trunk	392.0	7470	Bituminous	2006	Overlay 50mm	9.635	49.392	318.346
Paved High Traffic Good Condition	Primary or Trunk	234.0	6774	Bituminous	2001	Reseal at 20% surface d	8.670	8.190	326.536
	Primary or Trunk	234.0	8332	Bituminous	2008	Reseal at 20% surface d	8.670	8.190	334.726
	Primary or Trunk	234.0	9949	Bituminous	2014	Reseal at 20% surface d	8.670	8.190	342.916
	Primary or Trunk	234.0	11533	Bituminous	2019	Reseal at 20% surface d	8.670	8.190	351.106
Paved High Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	437.0	6758	Bituminous	2000	Overlay 50mm	21.076	55.062	406.168
	Primary or Trunk	437.0	8561	Bituminous	2008	Overlay 50mm	21.076	55.062	461.230
Paved Low Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	670.0	1220	Bituminous	2000	Resealing S&SD	3.620	28.140	489.370
	Primary or Trunk	670.0	1500	Bituminous	2007	Overlay 50mm	3.620	84.420	573.790
Paved Low Traffic Good Condition	Primary or Trunk	410.0	1575	Bituminous	2002	Resealing S&SD	3.793	17.220	591.010
	Primary or Trunk	410.0	2246	Bituminous	2014	Overlay 50mm	3.793	51.660	642.670
Paved Low Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	720.0	1228	Bituminous	2000	Overlay 50mm	3.238	84.240	726.910
	Primary or Trunk	720.0	1651	Bituminous	2010	Resealing S&SD	3.238	28.080	754.990
	Primary or Trunk	720.0	1914	Bituminous	2015	Overlay 50mm	3.238	84.240	839.230
Paved Medium Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	483.0	2828	Bituminous	2000	Resealing S&SD	8.002	20.286	859.516
	Primary or Trunk	483.0	3478	Bituminous	2007	Overlay 50mm	8.002	60.858	920.374
Paved Medium Traffic Good Condition	Primary or Trunk	306.0	2813	Bituminous	2001	Reseal at 25% surface d	3.975	10.710	931.084
Paved Medium Traffic Good Condition	Primary or Trunk	306.0	3781	Bituminous	2011	Reseal at 25% surface d	3.975	10.710	941.794
	Primary or Trunk	306.0	4790	Bituminous	2019	Reseal at 25% surface d	3.975	10.710	952.504

## Quadro A.9 - Programa de Trabalho por ano (Sem limitação Orçamentária)

H D M - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT &amp; MANAGEMENT

## Work Programme Unconstrained by Year

Study Name: 3. Long term target condition budget requirement

Run Date: 01-06-2010

All costs are expressed in: US Dollar (millions)

Year	Section	Road Class	Length (km)	AADT	Surface Class	Work Description	NPV/CAP	Financial Costs	Cum. Costs
2000	Paved High Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	437.0	6758	Bituminous	Overlay 50mm	21.076	55.062	55.062
	Paved High Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	392.0	6256	Bituminous	Resealing S&SD	9.635	16.464	71.526
	Paved Medium Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	483.0	2828	Bituminous	Resealing S&SD	8.002	20.286	91.812
	Paved Low Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	670.0	1220	Bituminous	Resealing S&SD	3.620	28.140	119.952
	Paved Low Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	720.0	1228	Bituminous	Overlay 50mm	3.238	84.240	204.192
2001	Paved High Traffic Good Condition	Primary or Trunk	234.0	6774	Bituminous	Reseal at 20% surface da	8.670	8.190	212.382
	Paved Medium Traffic Good Condition	Primary or Trunk	306.0	2813	Bituminous	Reseal at 25% surface da	3.975	10.710	223.092
2002	Paved Low Traffic Good Condition	Primary or Trunk	410.0	1575	Bituminous	Resealing S&SD	3.793	17.220	240.312
	Gravel Medium Traffic	Tertiary or Local	1,385.0	204	Unsealed	Regravelling at 50mm	0.995	32.778	273.090
2003	Gravel Low Traffic	Tertiary or Local	1,760.0	91	Unsealed	Regravelling at 50mm	-0.152	42.572	315.662
2006	Paved High Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	392.0	7470	Bituminous	Overlay 50mm	9.635	49.392	365.054
2007	Paved Medium Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	483.0	3478	Bituminous	Overlay 50mm	8.002	60.858	425.912
	Paved Low Traffic Fair Condition	Primary or Trunk	670.0	1500	Bituminous	Overlay 50mm	3.620	84.420	510.332
	Gravel Medium Traffic	Tertiary or Local	1,385.0	249	Unsealed	Regravelling at 50mm	0.995	32.428	542.760
2008	Paved High Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	437.0	8561	Bituminous	Overlay 50mm	21.076	55.062	597.822
	Paved High Traffic Good Condition	Primary or Trunk	234.0	8332	Bituminous	Reseal at 20% surface da	8.670	8.190	606.012
2009	Gravel Low Traffic	Tertiary or Local	1,760.0	115	Unsealed	Regravelling at 50mm	-0.152	37.869	643.880
2010	Paved Low Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	720.0	1651	Bituminous	Resealing S&SD	3.238	28.080	671.960
2011	Paved Medium Traffic Good Condition	Primary or Trunk	306.0	3781	Bituminous	Reseal at 25% surface da	3.975	10.710	682.670
2012	Gravel Medium Traffic	Tertiary or Local	1,385.0	303	Unsealed	Regravelling at 50mm	0.995	35.446	718.117
2014	Paved High Traffic Good Condition	Primary or Trunk	234.0	9949	Bituminous	Reseal at 20% surface da	8.670	8.190	726.307
	Paved Low Traffic Good Condition	Primary or Trunk	410.0	2246	Bituminous	Overlay 50mm	3.793	51.660	777.967
2015	Paved Low Traffic Poor Condition	Primary or Trunk	720.0	1914	Bituminous	Overlay 50mm	3.238	84.240	862.207
	Gravel Low Traffic	Tertiary or Local	1,760.0	146	Unsealed	Regravelling at 50mm	-0.152	40.432	902.639
2016	Gravel Medium Traffic	Tertiary or Local	1,385.0	354	Unsealed	Regravelling at 50mm	0.995	30.965	933.604
2019	Paved High Traffic Good Condition	Primary or Trunk	234.0	11533	Bituminous	Reseal at 20% surface da	8.670	8.190	941.794
	Paved Medium Traffic Good Condition	Primary or Trunk	306.0	4790	Bituminous	Reseal at 25% surface da	3.975	10.710	952.504

## EXEMPLO 5 – ANÁLISE POR ESTRATÉGIA

E3 – Tipo de Análise: Máxima Melhoria do dIRI nas seções selecionadas (*Strategy Case Study 3 Long term Maximise dIRI budget requirement*)

Período de análise de 20 anos, para um orçamento de US\$800.000.000,00

Foram adotadas as mesmas seções e alternativas do exemplo 2, constante do HDM-4.

Foi aplicado o sistema e selecionados os seguintes relatórios gráficos.

- Irregularidade: Média para a Rede selecionada por Trecho (Gráfico); Nome do Estudo: *3.Long term target condition budget requirement “Roughness: Average for Road Network by Link ID (Graph); Study Name: 3.Long term target condition budget requirement”*.
- Irregularidade: Média por Tipo de Pavimentação (Gráfico); Nome do Estudo: *3.Long term target condition budget requirement; “Roughness: Average for Road Network by Pavement Surface (Graph); Study Name: 3.Long term target condition budget requirement”*.
- Irregularidade: Média por Categoria da Rodovia (Gráfico); Nome do Estudo: *3.Long term target condition budget requirement; “Roughness: Average for Road Network by Road Class (Graph); Study Name: 3.Long term target condition budget requirement”*.

**Quadro A.10 - Irregularidade: Média para a Rede selecionada por Trecho (Gráfico)**  
**Análise por estratégia – Máxima melhoria do IRI nas seções selecionadas**

**H D M - 4**

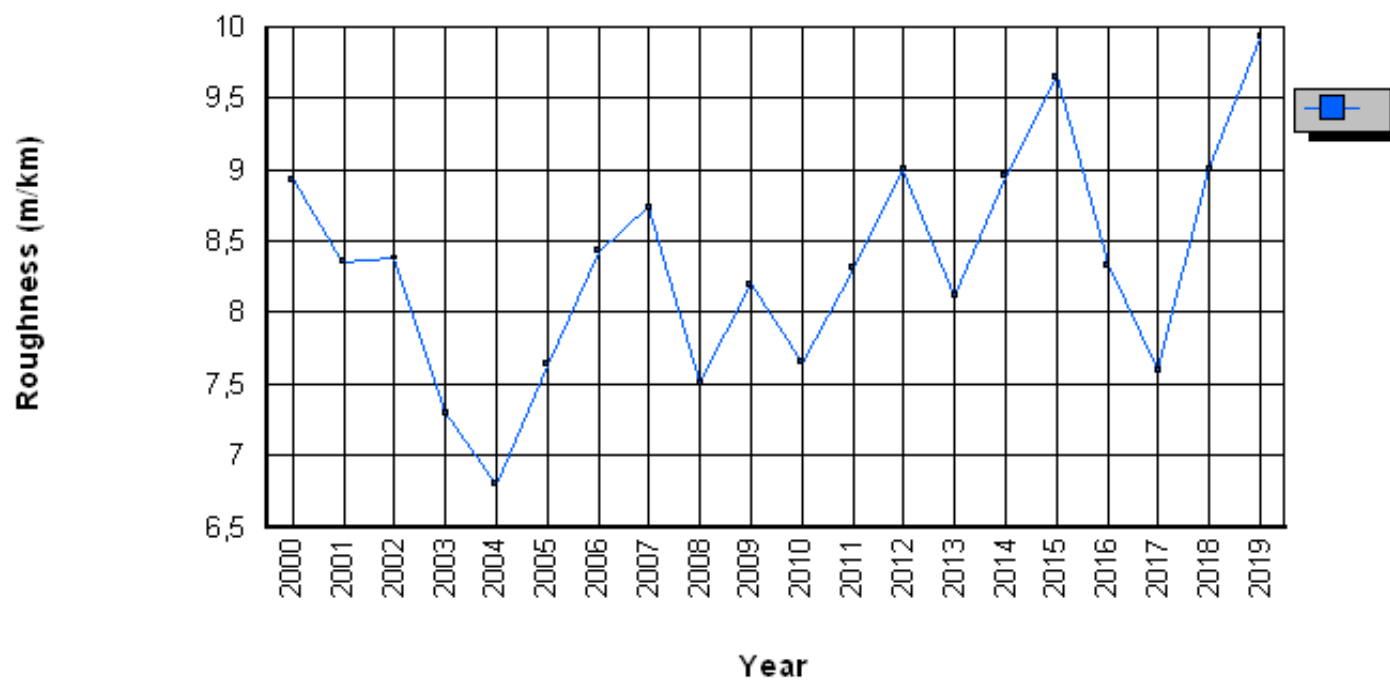
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Roughness: Average for Road Network by Link ID (Graph)

Study Name: 3. Long term target condition budget requirement

Run Date: 21-05-2010

**Annual Average Roughness for Link IDs of the Optimised Work Programme**  
**(weighted by length)**



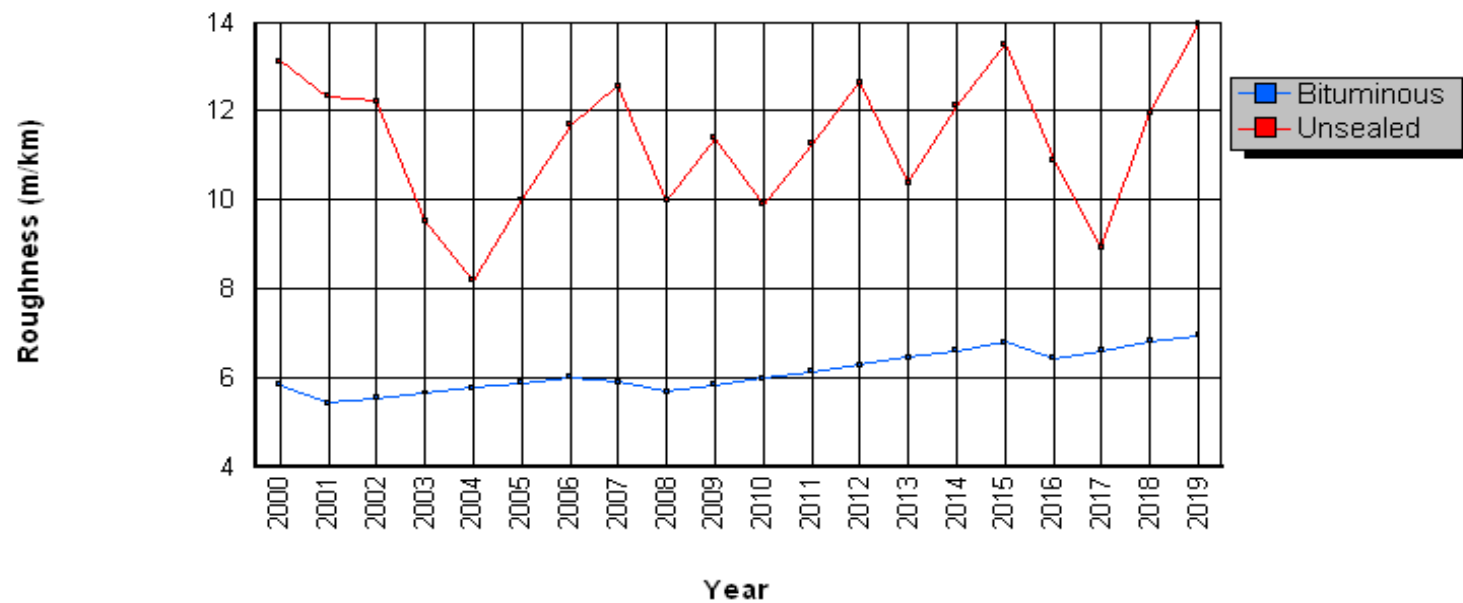
**Quadro A.11 - Irregularidade: Média por Tipo de Pavimentação (Gráfico)**  
**Análise por estratégia - Máxima melhoria do IRI nas seções seleccionadas**

**H D M - 4**  
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

**Roughness: Average for Road Network by Pavement Surface (Graph)**

Study Name: B. Long term target condition budget requirement  
 Run Date: 21-05-2010

**Annual Average Roughness for each Surface Class of the Optimised Work Programme (weighted by length)**



**Quadro A.12 - Irregularidade: Média por Categoria da Rodovia (Gráfico)**  
**Análise por estratégia - Máxima melhoria do IRI nas seções seleccionadas**

**H D M - 4**

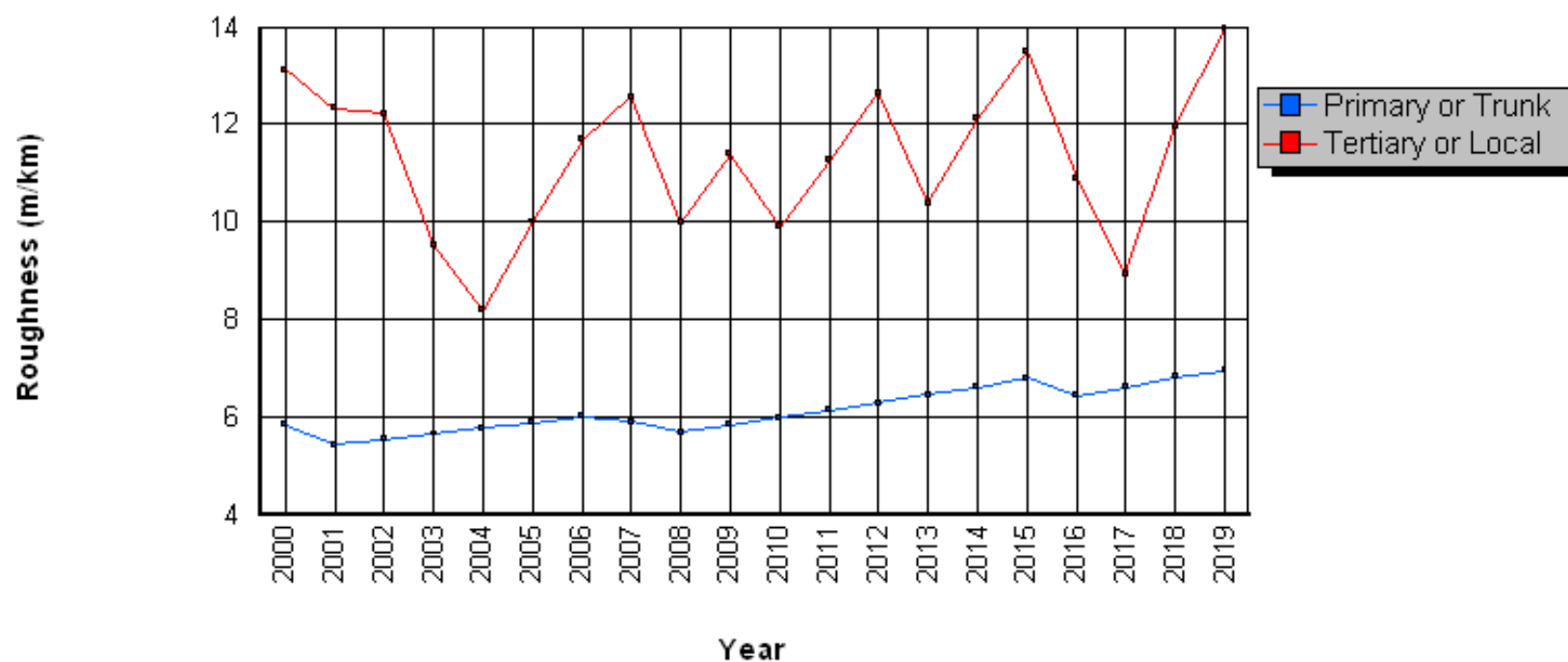
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Roughness: Average for Road Network by Road Class (Graph)

Study Name: 3. Long term target condition budget requirement

Run Date: 21-05-2010

**Annual Average Roughness for Road Classes of the Optimised Work Programme  
 (weighted by length)**





**ANEXO B – EXEMPLOS DE ROTEIRO PARA  
DETERMINAÇÃO DE PRIORIDADES DE INTERVENÇÕES**



## ANEXO B

### EXEMPLOS DE ROTEIRO PARA DETERMINAÇÃO DE PRIORIDADES DE INTERVENÇÕES

A Gerência de Pavimentos deve preparar um Programa Plurianual de Investimentos para um sistema de 16 rodovias:  $P_i$  ( $i = 1, \dots, 16$ ), dispondo de uma verba de  $C$  reais para aplicação em  $N$  anos.

A programação de investimentos deve ser desenvolvida, atendendo às seguintes condições preliminares:

- a) As rodovias  $P_1$  e  $P_2$  dispõem de projetos já aprovados e deverão ser implantadas nos dois primeiros anos;
- b) As rodovias  $P_i$  ( $i = 3, 4, 5, \dots, 16$ ) devem ser mantidas com valores de irregularidades da ordem de  $IRI_i$ , durante todo o período do programa.
- c) Manutenção adequada das rodovias pavimentadas do sistema durante todo o período.

Os serviços a serem executados compreendem:

- a) Determinação dos custos de implantação das rodovias  $P_1$  e  $P_2$  nos dois primeiros anos do período de  $N$  anos.
- b) Levantamento das informações necessárias de todas as rodovias do sistema rodoviário em estudo para a análise econômica a ser feita com utilização do sistema HDM-4, como relacionado na Subseção 6.3 e suas subdivisões, deste Manual. No que se refere aos níveis de precisão dessas informações, são sugeridos os seguintes critérios:
  - Para as rodovias em que há decisão de implantação ou restauração em anos predeterminados deve-se adotar o nível de precisão normal exigido para determinação de seus custos e avaliação econômica.
  - Para determinação dos tipos de manutenção e melhorias a adotar, não se exige o mesmo nível de precisão. Para não sobrecarregar os trabalhos de levantamento de dados e de processamento, podem-se adotar as simplificações sugeridas na Subseção 7.2.1, deste Manual, em que uma Matriz de Células apresenta limites para distinguir as variáveis, de forma a reduzir o número de trechos a considerar, a partir de um conjunto de trechos com informações disponíveis. Além disso, diversas das variáveis podem ser determinadas com base nos dados levantados pelo processo descrito na Subseção 7.4, deste Manual, que fornece valores aproximados correspondentes às características gerais das rodovias.

- c) Determinação dos tipos de manutenção a adotar durante o período de análise de N anos, com base na experiência local, nos tipos constantes do programa HDM-4, nos exemplos de análise utilizando o Modelo HDM-4, constantes do Anexo A (Exemplos 1 a 5) e nas recomendações do documento técnico Avaliação Econômica, Programação e Planejamento de Investimentos em Rodovias por meio do Modelo HDM-4, conforme citação nas Referências Bibliográficas deste Manual.

Para dar maior clareza ao que se pode esperar dos tipos de manutenção é aconselhável classificá-los com os títulos que sugiram sua ordem de eficiência, como exemplificado no Exemplo 3 do Anexo A, Estratégia Tipo E1, Tipo de análise: Maximização do NPV, em que são adotadas as seguintes alternativas para os tipos de Manutenção:

- Alternativa 1 (Base) – Manutenção Básica
  - Alternativa 2 – Manutenção Mínima
  - Alternativa 3 – Manutenção Desejável
  - Alternativa 4 – Manutenção Ideal
- d) Determinação, para cada seção das rodovias P3 a P5, dos tipos de manutenção e melhorias a serem adotadas para cada seção, durante o período de análise de N anos, mantendo valores de IRI da ordem dos valores  $IRI_i$  ( $i = 3,4,5$ ). Os serviços deste item serão executados com aplicação para essas rodovias da Estratégia 2 E2, Tipo de Análise: Otimização do Custo Mínimo para atingir o IRI desejado, como apresentado no Exemplo 4 do Anexo A.

São os seguintes os Relatórios apresentados nos exemplos do Anexo A:

- Alternativas Ótimas para as Seções (Sem Limitação Orçamentária);
  - Programa de Trabalho por Trecho (Sem limitação Orçamentária); Nome do Estudo 3. *Long term target condition budget requirement “Work Programme Unconstrained” by Section, Study Name 3. Long term target condition budget requirement*”;
  - Programa de Trabalho por Ano sem Limitação Orçamentária; Nome do Estudo 3. *Long term target condition budget requirement. “Work Programme Unconstrained by Year; Study Name 3. Long term target condition budget requirement”*.
- e) Deve ser analisada a conveniência de optar pelos resultados da aplicação da Estratégia E3, Tipo de Análise: Máxima Melhoria do IRI nas seções selecionadas, como apresentado no Exemplo 5, em que se deseja maximizar a melhoria do IRI nas diversas seções das rodovias P3 a P5.

São os seguintes os Relatórios apresentados no exemplo do Anexo A:

- Irregularidade: Média para a Rede selecionada por Trecho (Gráfico).
- Irregularidade: Média por Tipo de Pavimentação (Gráfico).
- Irregularidade: Média por Categoria da Rodovia (Gráfico).

f) Determinação, para cada seção das rodovias P1, P2 e P6 a P15, dos tipos de manutenção e melhorias a serem adotados para cada seção, durante o período de análise de N anos, com os recursos que sobram da execução dos serviços prioritários de implantação das rodovias P1 e P2, e de manutenção das rodovias P3 a P5. Os serviços deste item serão atendidos pelas etapas:

- Determinação dos recursos disponíveis D, após a dedução do total de recursos C dos custos dos serviços relacionados em:
  - Determinação dos custos de implantação das rodovias P1 e P2 nos dois primeiros anos do período de N anos;
  - Levantamento das informações necessárias de todas as rodovias do sistema rodoviário em estudo, para a análise econômica a ser feita com utilização do sistema HDM-4, como relacionado na Subseção 6.3 e suas subdivisões, deste Manual;
  - Manutenção e melhorias das rodovias P3 a P5, durante o período de análise de N anos, mantendo valores de IRI da ordem dos valores  $IRI_i$  ( $i = 3,4,5$ ).
- Aplicação para as rodovias P1, P2 e P6 a P15 da Estratégia 1 (*Strategy Case Study 1*), (como apresentado no Exemplo 3: Análise por Estratégia E1, Tipo de análise: Maximização do NPV (Valor presente descontado) para o orçamento de D reais. Convém efetuar o processamento também para o caso de não haver restrição orçamentária, para se ter uma idéia do custo da solução ideal.

São os seguintes os Relatórios apresentados nos exemplos do Anexo A:

- Alternativas Ótimas por Seção (Com Limitação Orçamentária);
- Alternativas Ótimas por Seção (Sem Limitação Orçamentária).

g) Para as rodovias P1, P2 e P6 a P15 devem, também, ser aplicados os Programas P1 - Análise do ciclo de vida (*Life cycle analysis*) e Programa Multianual (*Multi – Year Programme Analysis*) para um determinado período, como apresentados nos Exemplos 1 e 2 do Anexo A.

São os seguintes os Relatórios apresentados nos exemplos do Anexo A:

- Programa P1 - Alternativas Ótimas por Seção (Com Limitação Orçamentária) Análise por Ciclo de Vida.
- Programa P1 - Alternativas Ótimas por Seção (Sem Limitação Orçamentária) Análise por Ciclo de Vida.

Os relatórios acima permitem identificar, para cada seção, a melhor alternativa a ser adotada.

- Programa P2 - Alternativas Ótimas por Seção (Com Limitação Orçamentária) Programa de Análise Multianual.
- Programa P2 - Alternativas Ótimas por Seção (Sem Limitação Orçamentária) Programa de Análise Multianual.

Esses Relatórios permitem identificar, para cada seção, a melhor alternativa a ser adotada, comparando os benefícios resultantes da execução dos serviços, quando requeridos, ou no fim do período de análise.

- h)** Com base nos resultados obtidos nas alíneas “a” a “e”, deve ser preparado um Relatório detalhado do programa a ser cumprido durante o período de análise, apresentando as justificativas das soluções adotadas, com base nos diversos relatórios obtidos com a aplicação do sistema HDM-4, inclusive eventuais recomendações de aplicação total ou parcial dos resultados do Programa Multianual, referente à transferência dos investimentos de capital para o primeiro ano posterior ao período de análise, para algumas das rodovias. Cabe observar que o sistema HDM-4 apresenta além dos que foram citados, relatórios informando os custos anuais durante o período de análise de cada tipo de serviço, para cada seção estudada, necessários para a programação plurianual de investimentos, conforme exemplos a seguir apresentados para uma seção, em cada um dos exemplos do Anexo A.

**Exemplo 1: P1 – Programa Ciclo de vida (Life cycle analysis): Western Province**

Período de análise: 15 anos

**Quadro B.1 – Análise por Ciclo de Vida de uma seção de rodovia****H D M - 4**

HIGHWAY DEVELOPMENT &amp; MANAGEMENT

**Cost Streams by Road Section**

Study Name: 1. Western Province (Life Cycle Analysis)

Run Date: 21-09-2010

Currency: US Dollar (millions)

Alternative: Base Option

Section: MSW 901 km 180 - 330

Road Class: Primary or Trunk

Surface Class: Bituminous

Length: 60,00 km

Width: 7,00 m

Year	Road Agency			MT VOC	MT Travel Time	Exo. Costs & Benefits	Total Costs
	Capital	Recurrent	Special				
2000	0.000	0.001	0.000	9.224	0.680	0.000	9.906
2001	0.000	0.000	0.000	9.580	0.704	0.000	10.284
2002	0.000	0.000	0.000	10.003	0.729	0.000	10.732
2003	0.000	0.000	0.000	10.431	0.756	0.000	11.187
2004	0.000	0.000	0.000	10.858	0.783	0.000	11.642
2005	0.000	0.001	0.000	11.290	0.812	0.000	12.102
2006	0.000	0.000	0.000	11.731	0.841	0.000	12.572
2007	0.000	0.000	0.000	12.193	0.872	0.000	13.065
2008	0.000	0.000	0.000	12.674	0.905	0.000	13.579
2009	0.000	0.006	0.000	13.212	0.940	0.000	14.158
2010	0.000	0.007	0.000	13.779	0.979	0.000	14.765
2011	0.000	0.007	0.000	14.378	1.022	0.000	15.407
2012	0.000	0.007	0.000	15.011	1.068	0.000	16.086
2013	0.000	0.007	0.000	15.680	1.119	0.000	16.807
2014	0.000	0.008	0.000	16.390	1.177	0.000	17.574
Total cost for the section:	0.000	0.044	0.000	186.434	13.387	0.000	199.865

**Exemplo 2: P2 - Programa Multianual** (*Multi-year forward programme analysis*): Província do Leste, Período de análise: 3 anos a partir de 2000.

## Quadro B.2 - Programa Plurianual de Investimentos versus Custos dos Usuários

### HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT &amp; MANAGEMENT

### Road Agency and User Cost Streams (Discounted)

Study Name: 2. Eastern Province (Forward Programme)

Run Date: 21-09-2010

Currency: US Dollar (millions)

Discount Rate: 6,00 %

**Section:** Francis Town - Selebi Phikwe  
**Alternative:** Delay Works

SectID: A1-040

Road Class: Primary or Trunk

Length: 85,00 km

Width: 6,70 m

Rise+Fall: 20,00 m/km

Curvature: 300,00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2000	0.000	0.000	0.000	0.000	13.452	0.717	0.000	0.000	14.169	0.000	14.169
2001	0.000	3.870	0.000	3.870	13.243	0.703	0.000	0.000	13.947	0.000	17.817
2002	0.000	0.000	0.000	0.000	13.102	0.691	0.000	0.000	13.792	0.000	13.792
2003	2.391	0.000	0.000	2.391	12.928	0.678	0.000	0.000	13.605	0.000	15.996
<b>Total:</b>	2.391	3.871	0.000	6.261	52.725	2.789	0.000	0.000	55.513	0.000	61.775

All costs are discounted at: 6,00 %



**Exemplo 3: E1 – Estratégia Tipo 1: Maximização do NPV (Valor presente descontado) (Strategy Case Study 1: Long term budget forecasts and performance trends)**, Período de análise: 20 anos.

### Quadro B.3 – Análise por estratégia – Maximização do NPV

## HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

### Cost Streams by Road Section

Study Name: 1. Long term budget forecasts and performance trends  
Run Date: 21-09-2010  
Currency: US Dollar (millions)

Alternative: 2. Level 2: Minimum Maintenance  
Section: Paved Low Traffic Poor Condition Road Class: Primary or Trunk  
Surface Class: Bituminous  
Length: 720,00 km Width: 6,50 m

Year	Road Agency			MT VOC	MT Travel Time	Exo. Costs & Benefits	Total Costs
	Capital	Recurrent	Special				
2000	18.720	0.001	0.000	89.132	2.826	0.000	110.678
2001	0.000	0.000	0.000	94.364	3.096	0.000	97.460
2002	0.000	0.000	0.000	97.844	3.241	0.000	101.085
2003	0.000	0.000	0.000	101.514	3.395	0.000	104.908
2004	0.000	0.000	0.000	105.403	3.561	0.000	108.964
2005	0.000	0.000	0.000	109.582	3.745	0.000	113.327
2006	0.000	0.000	0.000	114.155	3.955	0.000	118.110
2007	18.720	0.001	0.000	119.218	4.203	0.000	142.142
2008	0.000	0.000	0.000	121.951	4.258	0.000	126.209
2009	0.000	0.000	0.000	126.711	4.475	0.000	131.186
2010	0.014	0.000	0.000	131.715	4.704	0.000	136.434
2011	0.000	0.000	0.000	107.728	3.540	0.000	111.268
2012	0.000	0.000	0.000	111.352	3.646	0.000	114.998
2013	0.000	0.000	0.000	115.096	3.756	0.000	118.852
2014	0.000	0.000	0.000	118.998	3.870	0.000	122.868
2015	0.000	0.000	0.000	123.050	3.987	0.000	127.037
2016	0.000	0.000	0.000	127.256	4.108	0.000	131.364
2017	0.000	0.000	0.000	131.622	4.233	0.000	135.855
2018	0.000	0.000	0.000	136.155	4.362	0.000	140.516
2019	0.000	0.000	0.000	140.860	4.495	0.000	145.355
Total cost for the section:	37.454	0.001	0.000	2,323.707	77.455	0.000	2,438.618

**Exemplo 4: E2 – Estratégia Tipo 2: Otimização do Custo Mínimo para atingir o IRI desejado**  
 (Minimize cost for target IRI) (Strategy case Study 2: Long Term Target conditions Budget Requirement), Período de análise: 20 anos.

**Quadro B.4 – Otimização do padrão mínimo de manutenção para atingir o IRI máximo desejado**

# HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Cost Streams by Road Section

Study Name: 2. Long term target condition budget requirement

Run Date: 21-09-2010

Currency: US Dollar (millions)

Alternative: 2. Level 2: Minimum Maintenance

Section: Gravel Medium Traffic

Road Class: Tertiary or Local

Surface Class: Unsealed

Length: 1.385,00 km

Width: 6,00 m

Year	Road Agency			MT VOC	MT Travel Time	Exo. Costs & Benefits	Total Costs
	Capital	Recurrent	Special				
2000	0.000	0.332	0.000	40.150	3.086	0.000	43.568
2001	0.000	0.332	0.000	41.443	3.168	0.000	44.944
2002	0.000	0.332	0.000	43.270	3.317	0.000	46.920
2003	32.541	1.440	0.000	45.265	3.485	0.000	82.732
2004	0.000	0.332	0.000	36.377	2.075	0.000	38.784
2005	0.000	0.332	0.000	41.741	2.789	0.000	44.863
2006	0.000	0.332	0.000	49.006	3.668	0.000	53.006
2007	0.000	0.332	0.000	53.722	4.179	0.000	58.233
2008	0.000	0.332	0.000	56.711	4.456	0.000	61.499
2009	33.283	1.440	0.000	59.402	4.689	0.000	98.814
2010	0.000	0.332	0.000	46.674	2.738	0.000	49.745
2011	0.000	0.332	0.000	55.055	3.849	0.000	59.237
2012	0.000	0.332	0.000	64.851	5.017	0.000	70.200
2013	0.000	0.332	0.000	70.648	5.637	0.000	76.617
2014	30.691	1.440	0.000	74.364	5.978	0.000	112.473
2015	0.000	0.332	0.000	57.628	3.477	0.000	61.437
2016	0.000	0.332	0.000	69.602	5.040	0.000	74.974
2017	0.000	0.332	0.000	81.783	6.481	0.000	88.597
2018	0.000	0.332	0.000	88.542	7.193	0.000	96.067
2019	34.001	1.440	0.000	92.988	7.598	0.000	136.027
Total cost for the section:	130.516	11.080	0.000	1,169.222	87.920	0.000	1,398.739

**Exemplo 5: E3 – Estratégia Tipo 3: Máxima Melhoria do dIRI nas seções selecionadas** (*Strategy Case Study 3 Long term Maximise dIRI budget requirement*)

Período de análise de 20 anos, para um orçamento de US\$800.000.000,00.

**Quadro B.5 – Máxima melhoria do IRI nas seções selecionadas**

# HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Cost Streams by Road Section

Study Name: 3. Long term target condition budget requirement

Run Date: 21-09-2010

Currency: US Dollar (millions)

Alternative: 2. Level 2: Minimum Maintenance

Section: Gravel Medium Traffic

Road Class: Tertiary or Local

Surface Class: Unsealed

Length: 1.385,00 km

Width: 6,00 m

Year	Road Agency			MT VOC	MT Travel Time	Exo. Costs & Benefits	Total Costs
	Capital	Recurrent	Special				
2000	0.000	0.332	0.000	40.150	3.086	0.000	43.568
2001	0.000	0.332	0.000	41.443	3.168	0.000	44.944
2002	0.000	0.332	0.000	43.270	3.317	0.000	46.920
2003	32.541	1.440	0.000	45.265	3.485	0.000	82.732
2004	0.000	0.332	0.000	36.377	2.075	0.000	38.784
2005	0.000	0.332	0.000	41.741	2.789	0.000	44.863
2006	0.000	0.332	0.000	49.006	3.668	0.000	53.006
2007	0.000	0.332	0.000	53.722	4.179	0.000	58.233
2008	0.000	0.332	0.000	56.711	4.456	0.000	61.499
2009	33.283	1.440	0.000	59.402	4.689	0.000	98.814
2010	0.000	0.332	0.000	46.674	2.738	0.000	49.745
2011	0.000	0.332	0.000	55.055	3.849	0.000	59.237
2012	0.000	0.332	0.000	64.851	5.017	0.000	70.200
2013	0.000	0.332	0.000	70.648	5.637	0.000	76.617
2014	30.691	1.440	0.000	74.364	5.978	0.000	112.473
2015	0.000	0.332	0.000	57.628	3.477	0.000	61.437
2016	0.000	0.332	0.000	69.602	5.040	0.000	74.974
2017	0.000	0.332	0.000	81.783	6.481	0.000	88.597
2018	0.000	0.332	0.000	88.542	7.193	0.000	96.067
2019	34.001	1.440	0.000	92.988	7.598	0.000	136.027
Total cost for the section:	130.516	11.080	0.000	1,169.222	87.920	0.000	1,398.739



## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- a) AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. *Guidelines for pavement management systems*. Washington, D.C., 1990.
- b) BENEVIDES, Sérgio Armando de Sá e. *Modelos de desempenho de pavimentos asfálticos para um sistema de gestão de rodovias estaduais do Ceará*. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- c) BERNUCCI, Liedi Legi Mariani et al. *Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros*. Rio de Janeiro: Petrobras; ABEDA, 2007.
- d) BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Apoio Tecnológico. *Sistema gerencial de pavimentos*. Rio de Janeiro, 1996.
- e) HAAS, Ralph C. G.; HUDSON, W. Ronald; ZANIEWSKI, John P. *Modern pavement management*. Malabar, Fl.: Krieger, 1994.
- f) MORAES, Olímpio Luiz Pacheco de. *Avaliação econômica, programação e planejamento de investimentos em rodovias por meio do sistema HDM-4: manual do aluno*. Rio de Janeiro: IPR, 2010.
- g) MOURÃO, Silvio Figueiredo; SILVA, Mirandir Dias da; DANTAS, Haroldo Stewart. *A gerência de pavimentos do DNER: situação atual*. Rio de Janeiro: IPR, 1992.
- h) ROADS AND TRANSPORTATION ASSOCIATION OF CANADA. *Guia de gerência de pavimentos*. Rio de Janeiro: IPR, 1983.
- i) VISCONTI, Tobias Stourdze. *O sistema gerencial de pavimentos do DNER*. Rio de Janeiro: IPR, 2000.
- j) WIGHTMAN, D. C.; STANNARD, E. S.; DAKIN, J. *Software user guide: HDM-4*. Paris: PIARC, 2000. (The highway development and management series, v. 3).





## **ÍNDICE**



## INDICE

Apresentação .....	7
Lista de símbolos e abreviaturas .....	9
Lista de ilustrações – Figuras .....	13
Lista de ilustrações – Tabelas .....	15
Lista de ilustrações – Quadros .....	17
Sumário .....	19
1. Introdução .....	23
2. Histórico da implantação do sistema de gerência de pavimentos no DNER/DNIT .....	27
3. Sistema de gerência de pavimentos – Conceituação .....	33
3.1. Conceitos fundamentais .....	35
3.2. Atividades básicas .....	36
3.2.1. Sistema de referência .....	37
3.2.2. Avaliação dos pavimentos .....	44
3.2.2.1. Generalidades .....	44
3.2.2.2. Histórico de implantação, manutenção e melhoramentos .....	44
3.2.2.3. Condições funcionais .....	45
3.2.2.4. Condições estruturais .....	49
3.2.2.5. Condições operacionais .....	50
3.2.3. Determinação das prioridades e elaboração do programa plurianual de investimentos .....	50
4. Níveis de decisão da gerência de pavimentos .....	51
4.1. Sistema de gerência de pavimentos em nível de rede .....	53
4.2. Sistema de gerência de pavimentos em nível de projeto .....	54
5. Desenvolvimento e implementação do sistema de gerência de pavimentos .....	57
5.1. O papel da gerência de pavimentos .....	59
5.2. Criação de um sistema de gerência de pavimentos .....	59
5.2.1. 1ª Etapa: Decisão inicial .....	60
5.2.2. 2ª Etapa: Organização de uma comissão de implantação do sistema .....	60
5.2.3. 3ª Etapa: Indicação da equipe do sistema .....	60

5.2.4. 4ª Etapa: Seleção ou desenvolvimento do sistema de manutenção dos pavimentos .....	60
5.2.5. 5ª Etapa: Demonstração e funcionamento do sistema .....	61
5.2.6. 6ª Etapa: Implantação do sistema de gerência de pavimentos .....	61
5.2.7. 7ª Etapa: Revisão periódica.....	62
6. Coleta de dados e banco de dados do sistema.....	63
6.1. Aspectos gerais .....	65
6.2. Degradação dos pavimentos.....	65
6.3. Dados necessários .....	66
6.3.1. Dados relativos à caracterização física e histórica.....	66
6.3.2. Dados relativos ao desempenho funcional.....	67
6.3.3. Dados relativos ao desempenho estrutural.....	70
6.3.4. Dados relativos ao desempenho operacional e de segurança.....	71
6.4. Banco de dados do sistema .....	71
7. Análise econômica da rede de rodovias federais pavimentadas .....	73
7.1. Introdução .....	75
7.2. Definições iniciais.....	76
7.2.1. A rede de rodovias a ser estudada ( <i>Road Network</i> ) .....	76
7.2.2. A frota de veículos que utilizam a rede de rodovias ( <i>Vehicle Fleets</i> ).....	81
7.2.3. Os padrões de manutenção e melhorias ( <i>Maintenance e Improvement Standards</i> )	82
7.3. Processamento dos dados por métodos de análise .....	83
7.3.1. Análise por projeto.....	83
7.3.2. Análise por programa.....	84
7.3.3. Análise por estratégia.....	86
7.4. Dados de entrada no HDM-4 .....	88
7.4.1. Procedimentos preliminares.....	88
7.4.2. Procedimentos definitivos.....	91
7.5. Dados de custos necessários para uso do HDM-4 .....	94
7.5.1. Custos dos serviços de manutenção .....	95
7.5.2. Custos de aquisição de veículos novos .....	95
7.5.3. Custos de reconstrução de rodovias existentes .....	96
7.5.4. Custos de rodovias novas.....	96

7.5.5. Custos unitários.....	96
7.6. Informações necessárias para utilização do sistema HDM-4.....	98
7.6.1. Informações a respeito dos pavimentos betuminosos .....	99
7.6.1.1. Instruções para preenchimento do quadro 1 .....	101
7.6.1.2. Observações quanto à obtenção das informações necessárias para o preenchimento do quadro 1 .....	105
7.6.2. Informação a respeito das características dos revestimentos primários.....	109
7.7. Soluções resultantes da análise econômica.....	110
7.7.1. Análise por programa.....	110
7.7.2. Análise por estratégia.....	110
8. Determinação das prioridades.....	113
9. Elaboração do programa plurianual de investimentos .....	119
Anexos .....	129
Anexo A: Exemplos de análise econômica utilizando o sistema HDM-4 .....	131
Anexo B: Exemplos de roteiro para determinação de prioridades de intervenções.....	169
Referências bibliográficas.....	181
Índice .....	185