

MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS – UTILIZAÇÃO DO SISTEMA HDM-4

PAULO JORGE DA SILVA COSTA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor Jaime Queirós Ribeiro

JANEIRO DE 2014

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho revelou-se um exercício de dedicação e persistência, apenas possível pelo contributo daqueles a quem deixo aqui o meu reconhecimento e agradecimentos.

Ao Professor Doutor Jaime Queirós Ribeiro, meu orientador, pelo acompanhamento, interesse e disponibilidade demonstrados, bem como pela oportunidade para a realização deste trabalho.

À Professora Doutora Sara Pinho Ferreira, da FEUP, pela disponibilidade e apoio na obtenção de dados estatísticos de sinistralidade.

Ao Eng.º Paulo Fonseca do grupo Elevo, pela importante ajuda na escolha do tema, pelo interesse e disponibilidade para colaborar neste trabalho.

À Eng.ª Margarida Brás do grupo Elevo, pela preciosa colaboração no acesso à ferramenta informática do HDM-4 e bibliografia que me disponibilizou, pela colaboração disponibilidade e interesse demonstrados.

Ao Eng.º Bento Ferreira da Brisa, pela amizade com que me recebeu e informações prestadas.

Aos meus amigos Óscar e Elisabete pelo estímulo intelectual, sensatez, apoio e incentivo constantes, em mais uma etapa.

À minha família, pais e irmãos, tias e avó, pelo carinho, referências de valores, de dedicação e perseverança.

Aos meus sogros, pela disponibilidade e apoio contantes, sempre presentes nos desafios decisivos.

Às minhas filhas, Matilde, Margarida e Marta, pela paciência e compreensão para a menor disponibilidade do pai durante este período. Pelo carinho, sorrisos e alegria contagiante sempre presentes, todos os dias.

Finalmente, à minha mulher, Sandra, pela cumplicidade no caminho escolhido, pelo inestimável apoio, paciência e incentivo, para tornar tudo possível.

Para:
Maria, Camila e Natividade

“Um grama de prevenção vale um quilograma de cura”
Benjamin Franklin

RESUMO

As infraestruturas rodoviárias são, ao mesmo tempo, causa e consequência do desenvolvimento socioeconómico. São vitais para o funcionamento da economia por estabelecerem as acessibilidades necessárias nas deslocações de pessoas e mercadorias. Ao mesmo tempo, como consequência da crescente procura por mobilidade, são o destino de uma parte importante dos impostos em investimentos na gestão da rede, novas construções e manutenção.

As estradas, e em particular os pavimentos rodoviários, são meios físicos em contacto com agentes climatéricos e sujeitos às solicitações do tráfego, que com o decorrer do tempo se vão deteriorando, tornando-se progressivamente menos eficientes. Esta redução de eficiência tem reflexos diretos na circulação dos veículos, pela diminuição da qualidade do serviço e com o aumento de custos para os utilizadores. É inevitável ao fim de um determinado período de tempo proceder a trabalhos de manutenção para repor as características que permitam a melhor satisfação dos utilizadores.

A gestão rodoviária é fundamental para a promoção da eficiência na gestão dos recursos disponíveis, identificando a melhor estratégia de ação, através da análise de alternativas e implementação de soluções que minimizem os custos globais, para o estado e utilizadores, durante um determinado período de tempo de avaliação, na procura da melhor relação custo/benefício.

Este trabalho aborda os princípios gerais dos sistemas de gestão rodoviária, realçando as etapas e processos envolvidos na definição dos dados que alimentam o sistema de gestão

Na vertente mais específica da gestão da manutenção de pavimentos rodoviários, tema da dissertação, identificam-se os parâmetros dos pavimentos cuja evolução tem mais impacto nos índices de qualidade.

Através da descrição de um dos sistemas de gestão mais estudados, referência no mundo, o sistema HDM-4, e pela apresentação de um pequeno exemplo prático da aplicação da sua metodologia, com recurso ao programa informático, pretende-se dar a conhecer o importante contributo no apoio à tomada de decisões e adoção de estratégias para a gestão de pavimentos que poderão ser disponibilizados por esta ferramenta.

PALAVRAS-CHAVE

GESTÃO DE PAVIMENTOS

MANUTENÇÃO

PARÂMETROS DE QUALIDADE

RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO

SISTEMA HDM-4

ABSTRACT

Road infrastructure is at the same time, cause and effect of socio-economic development. They are vital to the economy by establishing the necessary accessibility in the mobility of persons and goods. At the same time, as a result of growing demand for mobility, are the destiny of important part of the taxes, on investments in network management, new construction and maintenance.

Roads, and pavements in particular, are physical means in contact with weather agents and subject to the traffic effects, which will suffer deterioration over time, becoming progressively less efficient. This reduction in efficiency has direct impacts on the movement of vehicles by reducing the quality of service and increasing user costs.

The road management is key to promoting the efficient management of available resources, identifying the best strategy to address these issues through the analysis of alternatives and implementing solutions that minimize overall costs (for the state and for users) for a certain period of time proposed, by fulfilling the best cost / benefit ratio.

This paper describes the general principles behind the road management, highlighting the various stages and processes involved in collecting data to feed the whole system.

In the particular dimension of road pavements management, according to dissertation topic, are described the parameters , which evolution has more impact on quality level.

Through the description of one of management systems most used internationally, the HDM-4 system, and the presented by a small practical application exemple of this methodology, using the HDM-4 tool, is intended to raise awareness to the important contribution in supporting decision, and adoption of strategies for managing pavements, that may be provided by this tool.

KEY-WORDS

ROAD PAVEMENT MANAGEMENT

MAINTENANCE

QUALITY PARAMETERS

COST-BENEFIT

HDM-4 SYSTEM

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
DEDICATÓRIA.....	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE GERAL.....	ix
ÍNDICE DE QUADROS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS.....	xix

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. TEMA DA DISSERTAÇÃO	2
1.3. JUSTIFICAÇÃO E OBJETIVOS	2
1.4. METODOLOGIA E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	2
2. SECTOR RODOVIÁRIO	5
2.1. CONTEXTO ATUAL.....	5
2.1.1. A ESTRADA TIPO	5
2.1.2. INVESTIMENTOS EM ESTRADAS	6
2.1.3. SINISTRALIDADE.....	6
2.2. TENDÊNCIA GLOBAL	6
2.3. CASO PORTUGUÊS	7
2.3.1. PLANO RODOVIÁRIO NACIONAL.....	7
2.3.2. CONCESSÕES.....	7
2.3.3. INVESTIMENTO NO SECTOR RODOVIÁRIO NACIONAL	10
3. GESTÃO DE ESTRADAS E O SISTEMA HDM-4.....	11
3.1. INTRODUÇÃO	11
3.1.1. ENQUADRAMENTO	11
3.1.2. PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS.....	11

3.2. A GESTÃO DE ESTRADAS.....	13
3.2.1. PRINCÍPIOS GERAIS DOS SISTEMAS DE GESTÃO.....	13
3.2.1.1. Objetivos dos Sistemas de Gestão Rodoviária.....	14
3.2.1.2. Funções	14
3.2.1.3. Benefícios da Gestão Rodoviária nos Transportes	14
3.2.1.4. Modelos de Previsão.....	14
3.2.2. A GESTÃO DE PAVIMENTOS.....	15
3.2.3. A GESTÃO DE ESTRADAS EM PORTUGAL.....	18
3.3. O SISTEMA HDM-4.....	20
3.3.1. A HISTÓRIA	20
3.3.2. O CONCEITO	22
3.3.2.1. Objetivos do HDM-4.....	23
3.3.2.2. Modelos de Previsão	27
3.4. FERRAMENTA INFORMÁTICA.....	28
3.4.1. VERSÃO DE DEMONSTRAÇÃO	28
3.4.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	29
3.4.2.1. Definição de dados base e configurações	31
4. CASO DE ESTUDO DO HDM-4.....	51
4.1. PREPARAÇÃO DO PROJETO.....	51
4.2. CORRER O PROGRAMA	57
4.3. ANÁLISE DE RESULTADOS	59
4.3.1. COMPARAÇÃO DE ALTERNATIVAS	63
4.4. CONCLUSÃO.....	64
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
5.1. TRABALHO REALIZADO	67
5.2. CONSIDERAÇÕES.....	67
Anexos.....	69
ALGUNS RELATÓRIOS PRODUZIDOS PELO HDM-4 PARA O CASO DE ESTUDO	
I. <i>ECONOMIC ANALYSIS SUMMARY</i> - Resumo da Análise Económica (2 págs.)	

- II. *BENEFIT COST RATIOS* - Rácios Custo-Benefício (1 pág.)
- III. *COMPARISON OF COST STREAMS* - Comparação de Fluxos de Custo (3 págs.)
- IV. *ANNUAL DISCOUNTED NET BENEFIT STREAMS* - Fluxos Anual de Benefícios Líquidos (5 págs.)
- V. *ANNUAL AGENCY AND USER COST STREAMS (UNDISCOUNTED)* - Fluxos Anual de Custos de Agência e dos Utilizadores (Ilíquido) (6 págs.)
- VI. *ANNUAL ROAD CONDITION (BITUMINOUS PAVEMENTS)* – Estado da Estrada Anual (Pavimentos betuminosos) (10 págs.)

BIBLIOGRAFIA.....	125
--------------------------	------------

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Estrada tipo	5
Quadro 2.2 - Plano Rodoviário Nacional 2000, PRN 2000 (EP, 2005)	7
Quadro 2.3 - Investimento na Infraestrutura Rodoviária em Portugal	10
Quadro 3.1 - Modelos Determinísticos.....	15
Quadro 3.2 - Níveis mínimos de Qualidade	16
Quadro 3.3 - Estrutura de custos para a sociedade	24
Quadro 3.4 - Aplicações no âmbito da gestão do HDM-4	24
Quadro 3.5 - Configurações para parâmetros dos agregados	35
Quadro 3.6 - Dados dos veículos.....	38
Quadro 4.1 - Alternativas de Intervenção e correspondentes Padrões de Trabalho.....	57
Quadro 4.2 - Evolução do IRI para as seis alternativas de intervenção	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Rede de Concessões em Portugal Continental, 2013	9
Fig. 2.2 – Evolução do investimento Rodoviário em Portugal, em Milhões de Euros	10
Fig. 3.1 – Esquema da estrutura de um pavimento rodoviário	12
Fig. 3.2 – Fendilhamento.....	17
Fig. 3.3 – Fendilhamento tipo "pele de crocodilo"	17
Fig. 3.4 – Cova / buraco	17
Fig. 3.5 – Rodeiras. Medição da profundidade com régua	18
Fig. 3.6 – Viatura com Perfilómetro Laser.....	19
Fig. 3.7 – Sistema Viziroad	19
Fig. 3.8 – Objetivo do HDM-4.....	23
Fig. 3.9 – Custos totais do sector rodoviário	23
Fig. 3.10 – Análise comparativa de alternativas de intervenção.....	25
Fig. 3.11 – Diagrama da análise Ciclo de Vida	26
Fig. 3.12 – Influência da condição do pavimento nos custos de transporte	27
Fig. 3.13 – Progressão do fendilhamento segundo idade do pavimento.....	28
Fig. 3.14 – Janela de arranque do programa HDM-4	28
Fig. 3.15 – Janela de Acolhimento do HDM-4	30
Fig. 3.16 – Área de trabalho do HDM-4	30
Fig. 3.17 – Parâmetros a definir no campo “Configuração”	31
Fig. 3.18 – Padrões de tráfego para viagens habituais	32
Fig. 3.19 – Padrão de fluxo de velocidade	33
Fig. 3.20 – Parâmetros da Zona Climática “Região Norte”	34
Fig. 3.21 – Campo para definição de moedas	34
Fig. 3.22 – Descritores do parâmetro dos agregados.....	35
Fig. 3.23 – Valores de regularidade para parâmetro “qualidade de percurso”	36
Fig. 3.24 – Secção tabelas de agregados”	36
Fig. 3.25 – Veículos considerados	37
Fig. 3.26 – Características base do veículo selecionado.....	37
Fig. 3.27 – Outras características definidas para o veículo selecionado.....	37
Fig. 3.28 – Secções da rede de “Estradas Nacionais da Região Leste”	40
Fig. 3.29 – Definições da secção	41

Fig. 3.30 – Características geométricas.....	41
Fig. 3.31 – Características do pavimento.....	42
Fig. 3.32 – Condição – danos existentes na secção.....	40
Fig. 3.33 – Condicionantes geométricas de velocidade	43
Fig. 3.34 – Condições das bermas.....	43
Fig. 3.35 – Indicadores da qualidade construção	43
Fig. 3.36 – Fatores para danos superficiais	43
Fig. 3.37 – Fatores para textura superficial.....	44
Fig. 3.38 – Fatores para danos estruturais	44
Fig. 3.39 – Lista de intervenções de manutenção tipo	44
Fig. 3.40 – Lista de intervenções de beneficiação tipo	45
Fig. 3.41 – Informação geral da intervenção tipo PHT2.....	45
Fig. 3.42 – Identificação da tarefa.....	46
Fig. 3.43 – Considerações de projeto da tarefa	46
Fig. 3.44 – Condição para início da tarefa	46
Fig. 3.45 – Custos unitários.....	46
Fig. 3.46 – Condição após os trabalhos.....	47
Fig. 3.47 – Fatores de calibração para o modelo de iniciação de fendilhamento estrutural	47
Fig. 3.48 – Edição de um padrão de beneficiação - Geral.....	48
Fig. 3.49 – Edição de um padrão de beneficiação - Custos	48
Fig. 3.50 – Edição de um padrão de beneficiação - Geometria	49
Fig. 3.51 – Lista de trabalhos e consumo energético	49
Fig. 4.1 – Descrição do projeto 2a	51
Fig. 4.2 – Seleção da secção em análise	52
Fig. 4.3 – Escolha da frota de veículos	53
Fig. 4.4 – Características do tráfego	53
Fig. 4.5 – Definição da taxa de crescimento anual do tráfego	54
Fig. 4.6 – Alternativas de intervenção para a secção escolhida.....	54
Fig. 4.7 – Lista de padrões de intervenção disponíveis.....	55
Fig. 4.8 – Edição de um padrão de beneficiação.....	55
Fig. 4.9 – Edição de um Item de trabalho	56
Fig. 4.10 – Configurações para análise	58
Fig. 4.11 – Edição de um padrão de beneficiação.....	58

Fig. 4.12 – Grupos de relatórios emitidos	59
Fig. 4.13 – Evolução do IRI para as seis alternativas de Intervenção	61
Fig. 4.14 – Relatório - Resumo da Análise Económica - pag.1.2	61
Fig. 4.15 – Relatório - Resumo da Análise Económica - pag.2.2	62
Fig. 4.16 – Resumo da Análise Custo-Benefício	62
Fig. 4.17 – Resumo da Análise Custo-Benefício	64
Fig. 4.18 – Indicadores NPV, IRR e Índice NPV/RAC	64

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

HDM (Highway Development and Management) – Sistema para a gestão e desenvolvimento de Autoestradas

EP – Estradas de Portugal, S.A.

InIR – Instituto de infraestruturas rodoviárias

PIB - Produto Interno Bruto

PIARC - Associação Mundial das Estrada

AASTO (American Association of State Highway and Transport Officials) - Associação Americana dos Responsáveis pelos Departamentos de Transportes dos vários Estados

OCDE – Organização para a cooperação e desenvolvimento económico

SCUT – Estrada sem custos para os utilizadores

SGP – Sistema de gestão de pavimentos

SGPav – Sistema de gestão de pavimentos

BDR – Base de dados rodoviária

SAQ - Sistema de avaliação da qualidade

SARE - Sistema de avaliação das estratégias de aplicação dos recursos financeiros

IRI – Índice de regularidade internacional

P (Patching) – Remendos

C (cracking) – Fendilhamento

medSV (slope variance) – média da variação de inclinação longitudinal de uma estrada

medRD (ruth depth) – profundidade das rodeiras média

PSI (Present Serviceability Index) – Índice global de qualidade de uma estrada

VOC (Vehicle Operating Costs) – Custos de operação dos veículos

RAC (Road agency costs) – Custos para as entidades gestoras das estradas

RUC (Road user costs) – Custos para os utilizadores (condutores) das estradas

XNMT (Road side and NMT effects) – Efeito das bermas e tráfego de veículos não motorizados na redução de velocidade;

ESAL (Equivalent Axel Load) – Número equivalente de eixos padrão

ESALF (Equivalent Axel Load Factor) – Fator de equivalência de eixos de carga

PCSE (Passenger Car Space Equivalents) – Equivalente de passageiro

AADT (Average Annual Daily Traffic) – Tráfego médio diário anual (TmDA)

TmDA - Tráfego médio diário anual

MT (Motorized) – Veículos com motor

NMT (Non-motorized) – Veículos em motor

CDS (Surface distress condition) – Parâmetro da condição de degradação superficial do pavimento

CDB (Base distress condition) – Parâmetro da condição de degradação das bases do pavimento

SN_t – Número estrutural do pavimento

SN_{Pd} - Coeficiente estrutural do pavimento em época seca

NPV (Net present value) – Valor presente líquido

IRR (intern return rate) - Taxa interna de retorno

EIRR (Economic intern return rate) - Taxa interna de retorno económica

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Durante o século XX, assistiu-se a uma das maiores transformações da humanidade, provocada por um crescimento exponencial da população mundial, ao mesmo tempo causa e consequência de avanços técnicos e científicos, da globalização da economia, dos conflitos mundiais, das mudanças de mentalidades e valores tradicionais. A população mundial aumentou de 1.600 milhões para 6.000 milhões, no final do século XX, tendo mesmo duplicado o total de habitantes do planeta nos 40 anos entre a 1960 e o ano 2000.

O sector dos transportes, indissociável desta transformação, com todas as implicações económicas e sociais, numa relação de causa-efeito, foi obrigado a adaptar-se e evoluir por forma a resolver o enorme aumento da procura, resultante da massificação das deslocações de passageiros e mercadorias, assumindo-se ao mesmo tempo como motor dessa mudança.

Nos países industrializados, com maiores taxas de crescimento económico, este período ficou marcado pelo enorme investimento realizado na ampliação e melhoria das infraestruturas de transporte, em especial nas redes rodoviárias - a componente dos transportes mais importante, pela intervenção na generalidade dos sectores de atividade.

A procura por vias de comunicação em quantidade e qualidade por forma a assegurar acessibilidades suficientes e para responder ao aumento de tráfego de passageiros e mercadorias, obrigou à pesquisa de soluções tecnológicas que permitiram criar alternativas estruturais mais indicadas para os pavimentos, para responder à crescente agressividade do tráfego.

Com o crescimento da rede rodoviária surgiram igualmente questões ligadas à manutenção das estradas em serviço. Os elevados volumes de tráfego e em especial de veículos de mercadorias, levou em muitos casos ao acelerar do desgaste e deterioração das estradas, em especial dos pavimentos.

Dada a importância crescente desta questão, e necessidades de autonomia fora da esfera política, foram criadas entidades, nuns casos agências nacionais, noutros, entidades semiprivadas ou consórcios sem fins lucrativos, com responsabilidades pela gestão do sector rodoviário, cumprindo códigos e diretivas previamente acordados pelos ministérios tutelares. Contudo, a ação destas entidades responsáveis pelas atividades rodoviárias e sistemas de gestão, está dependente das políticas definidas para o sector e orçamentos disponibilizados.

Estas atividades, englobando uma vastidão de problemas a tratar, como a previsão da evolução da deterioração e antecipação das necessidade de fundos a aplicar na manutenção, tem como principal

função distribuir os recursos financeiros, em geral limitados, por forma a garantir índices de qualidade para os utilizadores.

1.2. TEMA DA DISSERTAÇÃO

As estradas são um bem de elevadíssimo valor patrimonial, tanto pelos recursos materiais aí depositados, como pelo serviço que disponibilizam à sociedade, assegurando acessibilidades e permitindo deslocações das populações e mercadorias.

A construção das redes de estradas previstas nos planos rodoviários dos países ditos mais desenvolvidos está, na sua maioria, bastante desenvolvida. No entanto, as despesas com o sector dos transportes continua a pesar bastante nos orçamentos estatais, que importa gerir e controlar. A importância da gestão de estradas onde se destaca a gestão de pavimentos, surge assim como tema incontornável da atividade rodoviária.

Para demonstrar e fundamentar a importância do tema, de entre diversos sistemas de gestão conhecidos e em utilização em diversos países, foi escolhido o sistema HDM-4, um dos mais difundidos. Desenvolvido pela PIARC (Associação Mundial das Estradas) e Banco Mundial, é um sistema versátil e com grande aplicabilidade em diversas atividades ligadas à gestão rodoviária.

Neste trabalho, serão abordados os princípios subjacentes à gestão de estradas, no ramo da gestão de pavimentos, e pela sua maior utilização em Portugal, aplicada a **pavimentos betuminosos**.

1.3. JUSTIFICAÇÃO E OBJETIVOS

Num período em que a generalidade dos países desenvolvidos enfrenta dificuldades económicas e subsistem incertezas quanto à evolução futura, a escassez financeira aconselha os decisores, a maior rigor e especiais cuidados na atribuição e gestão de orçamentos, racionando os recursos disponíveis segundo critérios bem fundamentados.

Este trabalho pretende realçar a importância da Gestão da Infraestrutura Rodoviária, como forma de preservar o valor das estradas, como ativos económicos muito importantes, mantendo a melhor relação entre investimento e benefício, respeitando orçamentos atribuídos e mantendo os níveis de qualidade e as melhores condições de utilização para os utentes.

Igualmente pretende dar um contributo para o conhecimento de um dos Sistemas de Gestão de Estradas, mais utilizados no mundo inteiro, pelas entidades com responsabilidades no sector rodoviário, como é o caso do Banco Mundial, que promove e apoia o seu desenvolvimento, e o aplica nos seus estudos e avaliação de projetos de investimento rodoviário, tanto de novas estradas como projetos de reabilitação e manutenção, em apoio à escolha dos projetos elegíveis para financiamento.

1.4. METODOLOGIA E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Para o efeito dos objetivos descritos, o presente trabalho foi estruturado em cinco capítulos, sendo esta introdução o primeiro.

No segundo capítulo pretende-se evidenciar as diferenças de tratamento dado aos sectores rodoviário no caso dos países industrializados e dos países em desenvolvimento, realçando a importância atribuída num e noutro caso. Igualmente, é abordado o estado do sector e evolução em Portugal, com referência de alguns dados estatísticos sobre a rede rodoviária nacional.

É ainda feito um comentário à tendência global e perspectivas de evolução do setor.

O terceiro capítulo, descreve os princípios subjacentes à gestão rodoviária, em particular, dos sistemas mais vocacionados para a conservação das estradas e de gestão de pavimentos. Após a descrição das características gerais do Sistema HDM-4, incluindo uma referência aos modelos de previsão do comportamento dos pavimentos, são evidenciadas as diferentes possibilidades na sua utilização.

O quarto capítulo é dedicado à explicação de uma caso de estudo utilizado para demonstrar o funcionamento, características e aplicações da ferramenta informática criada com o Sistema HDM-4.

No quinto capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho realizado.

Há ainda em Anexo, um conjunto de relatórios resultantes do estudo do caso prático apresentado, extraídos do programa HDM-4.

2

O SECTOR RODOVIÁRIO

2.1. CONTEXTO ATUAL

2.1.1. A ESTRADA TIPO

Em face de realidades muito diferentes, de geografia, clima, de densidade populacional, económicas, culturais e de índices de desenvolvimento, é difícil encontrar parâmetros que permitam caracterizar o sector rodoviário mundial, com bases comuns.

Estas diferenças são acentuadas pelos índices de desenvolvimento, e são patentes na importância atribuída ao sector rodoviário pelos governos dos diversos países.

Por um lado o sector, nos países industrializados, caracteriza-se por:

- Rede rodoviária extensa e com qualidade de serviço;
- Elevados volumes de tráfego;
- Índices de sinistralidade mais baixos;
- As poupanças nos tempos de viagem são muito valorizadas;
- Acesso relativamente fácil a recursos financeiros.

Nos países em vias de desenvolvimento:

- Rede rodoviária geralmente insuficiente e de fraca qualidade;
- Níveis de tráfego inferiores;
- Elevados índices de sinistralidade;
- Poupanças nos tempos de viagem bastante menos valorizadas;
- Grave escassez de recursos financeiros;

O banco mundial utiliza alguns dados nos seus relatórios:

Quadro 2.1 – Estrada tipo

Indicador	Un	Mínimo	Máximo	Média mundial
Densidade Km de estrada por km ² de território	km/km ²	0.01	4.90	0.20
Estradas pavimentadas Porcentagem da rede de estradas principais	%	2.5	100	45.5
Veículos com 4 ou mais rodas Por mil habitantes	‰	0.20	933.1	45.8
Dos quais são automóveis ligeiros	%	50%	90%	-

Globalmente, o número de veículos motorizados tem crescido a um ritmo de 3% ao ano, sendo que o crescimento da extensão em km percorridos pelos veículos, tende a ser superior.

2.1.2. INVESTIMENTOS EM ESTRADAS

Estima-se que nos últimos 20 anos foram investidos em média mais de 300.000 milhões de Euros anualmente, na construção de novas estradas em todo o mundo, e mais de 80.000 milhões em manutenção.

Os países industrializados despendem mais de 1% do seu PIB no sector das estradas. Destes, nos que utilizam fundos rodoviários, o valor é superior a 1,5% do PIB. As maiores e mais industrializadas economias mundiais, gastam em média 0,4% do seu PIB na manutenção rodoviária e mais de 1,5% na construção de novas estradas.

Países em desenvolvimento gastam em média 0,75% do seu PIB na manutenção de estradas, variando entre 0,78% em África, 0,49% na América Latina, 0,67% na Ásia, e 0,84% na Europa de Leste.

2.1.3. SINISTRALIDADE

No mundo, entre 750.000 e 880.000 pessoas são mortas, e entre 23 a 34 milhões ficam feridas, anualmente em acidentes de viação. Para além do sofrimento causado, representam um encargo de cerca de 500 mil milhões de dólares anuais para a economia mundial.

Nos países em vias de desenvolvimento e de transição, a taxa de acidentes por 10.000 veículos tende a ser 10 a 20 vezes superior à dos países industrializados, representando um custo para as economias de 1 a 1,5% do PIB desses países, representando de 85% da sinistralidade rodoviária mundial, sendo que quase a totalidade das mortes ocorre na região Ásia-pacífico.

Nos países industrializados, 15 a 20% dos acidentes mortais envolvem peões, veículos sem motor e motociclos. Nos países em vias de desenvolvimento e de transição, este valor sobe para 50%, atingindo mesmo os 70% na região Asiática.

2.2. TENDÊNCIA GLOBAL

O sector dos transportes é responsável pela utilização de fatias importantes dos orçamentos públicos, através dos investimentos na modernização e manutenção. As redes rodoviárias competem, juntamente com os restantes sistemas de transporte, ferroviário, aéreo e fluvial ou marítimo, pelos recursos financeiros disponíveis, estando fortemente dependentes de opções e preferências, da política dos governos.

Das funções a desempenhar pelos responsáveis pelo sector rodoviário, uma das mais importantes é a quantificação dos orçamentos provisionais necessários e definição da origem das verbas, quais a serem suportadas pelo erário público e quais a transferir para os utilizadores.

Muitos países ainda gerem este sector através de agências ou departamentos governamentais.

Com a tendência de redução da interferência e peso dos estados na economia, alguns países têm vindo a adotar princípios de separação de poderes, distinguindo o trabalho técnico das decisões políticas, defendendo uma maior transparência e regulação na gestão dos dinheiros públicos. Para o efeito tem

sido criadas entidades, como empresas semipúblicas, ou consórcios e agrupamentos de empresas privadas, obedecendo a códigos de atuação e diretivas previamente acordadas com os ministérios com a tutela do sector, a quem é entregue a gestão de estradas, ficando uma entidade estatal responsável pela ligação e coordenação dos diferentes intervenientes.

A tendência atual é a de concessionar a gestão das vias com maior tráfego, como autoestradas, transferindo parte, ou a totalidade dos custos com a construção e manutenção dessas estradas, para os utilizadores, através do pagamento de portagens.

2.3. CASO PORTUGUÊS

2.3.1. PLANO RODOVIÁRIO NACIONAL

Até aos nossos dias, as estradas nacionais e os princípios subjacentes à sua implantação, tiveram várias etapas, desde a publicação do Plano Rodoviário, em 1945, e posteriores revisões, em 1985 e 2000, sendo esta última, o documento que serve de orientação às estradas que se encontram em construção atualmente.

O Plano Rodoviário de 2000 classifica as vias segundo a sua importância, em Rede Fundamental, constituída pelos IP's (Itinerários Principais), em Rede Complementar, constituída pelos IC's (Itinerários Complementares) e Estradas Nacionais e Regionais.

Quadro 2.2^[1] – Plano Rodoviário Nacional 2000, PRN 2000 (EP, 2005)

Designação		Em serviço		A construir		Total	
		Valor	%	Valor	%	Valor	%
IP	EP	569	29	289	48	858	5
	Concessionada	1377	71	310	52	1687	10
	Sub-total	1946		599		2545	15
IC	EP	811	63	1576	75	2387	15
	Concessionada	483	37	519	25	1002	6
	Sub-total	1294		2095		3389	21
IP + IC	EP	1380	43	1865	69	3245	20
	Concessionada	1860	57	829	31	2689	16
	Sub-total	3240		2694		5934	36
Estradas Nacionais						5472	33
Total da Rede Nacional						11406	69
Estradas Regionais						5029	33
Total da Rede Classificada						16435	100

Neste quadro falta referir cerca de 3500 km de outras Estradas Nacionais e Municipais em serviço. Os IP e IC indicados sob a responsabilidade da EP estão atualmente maioritariamente subconcessionados.

2.3.2. CONCESSÕES

Face ao investimento ainda a realizar para completar o Plano Rodoviário, e carência de recursos financeiros adequados, o Estado tem vindo a estabelecer com empresas privadas, contratos de concessão

[1] Branco et al, 2011

que englobam todas as etapas da construção e exploração das novas estradas, neste particular, de Autoestradas.

A escassez de recursos públicos e os elevados níveis de qualidade pretendidos, levaram à adoção de modalidades de contratação pública de Parceria Público-Privada, as chamadas PPP's. Estas regem todas as etapas até à concretização do investimento final com a colocação em serviço, incluindo o projeto, financiamento, construção e posterior exploração.

Atualmente a recolha automática das taxas de portagem, para além dos sistemas próprios das concessionárias das autoestradas, está concessionada a empresas como a Via Verde – empresa responsável pela criação do sistema, pioneiro no mundo – e por outras empresas, como a Portvias ou a Siev.

Estas empresas procedem à recolha das taxas de portagem pelo recurso a sistemas eletrónicos de cobrança de veículos, e cujos montantes reverterão para o Estado por entrega à empresa Estradas de Portugal, S.A., responsável pela Rede Rodoviária Nacional.

A receita da concessionária é obtida pelas rendas a que o Estado fica sujeito, durante o período da concessão acordado. Por envolverem relações comerciais, com a partilha de riscos, benefícios e responsabilidades, nem sempre têm atingido os objetivos traçados inicialmente.

A história das concessões rodoviárias em Portugal teve início em 1972, com a constituição da BRISA. Em 1974 a empresa foi nacionalizada, tendo sido reprivatizada entre 1997 e 1999. Em 1985 ganhou a concessão das Autoestradas do Norte, com a construção da Autoestrada A1 que liga Lisboa ao Porto.

Posteriormente, com a publicação dos Decreto-lei nº 9/97 para regulação das concessões com portagem e do Decreto-lei nº 267/97 relativo às autoestradas sem custos para o utilizador (SCUT), surgiram outros grupos de empresas candidatas às concessões lançadas a concurso, numa época de grande crescimento da construção rodoviária em Portugal, como se pode verificar no quadro 2.3.

Atualmente existem catorze operações concessionadas em Portugal continental, estando outras em construção incluindo algumas já contratadas mas com os trabalhos parados.

Portugal é hoje um dos países europeus que mais investiram na rede de autoestradas e com maior extensão de autoestrada por habitante e por superfície do território.

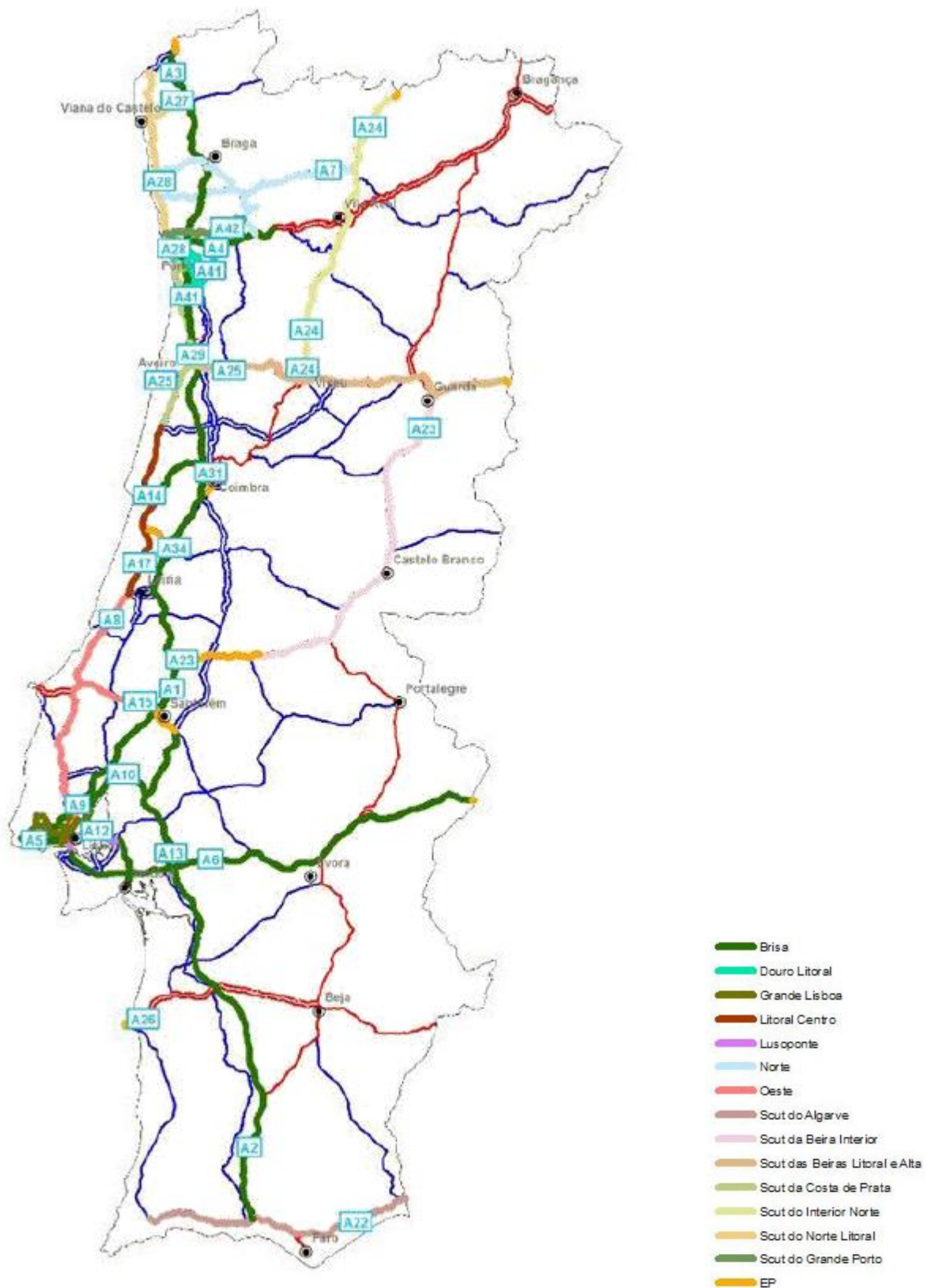


Figura 2.1 – Rede de Concessões em Portugal Continental, 2013 ^[2]

[2] INIR 2012.

2.3.3. Investimento no Sector Rodoviário Nacional

O quadro 2.3, adaptado de uma publicação do Fórum Rodoviário Internacional, organismo da OCDE, mostra o enorme investimento realizado nos últimos anos, essencialmente na construção de novos projetos, enquanto o valor despendido em manutenção teve pouca variação. O investimento médio cresceu mais de 300% neste período.

Quadro 2.3 – Investimento na Infraestrutura Rodoviária em Portugal

Anos	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Global	398	405	649	737	748	970	905	552	961	1685	1620	1537	1933	2112	1940	1453	1366	951	1511
Manutenção	70	108	119	125	152	126	197	210	128	229	181	221	233	177	203	192	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. – sem dados para estes anos

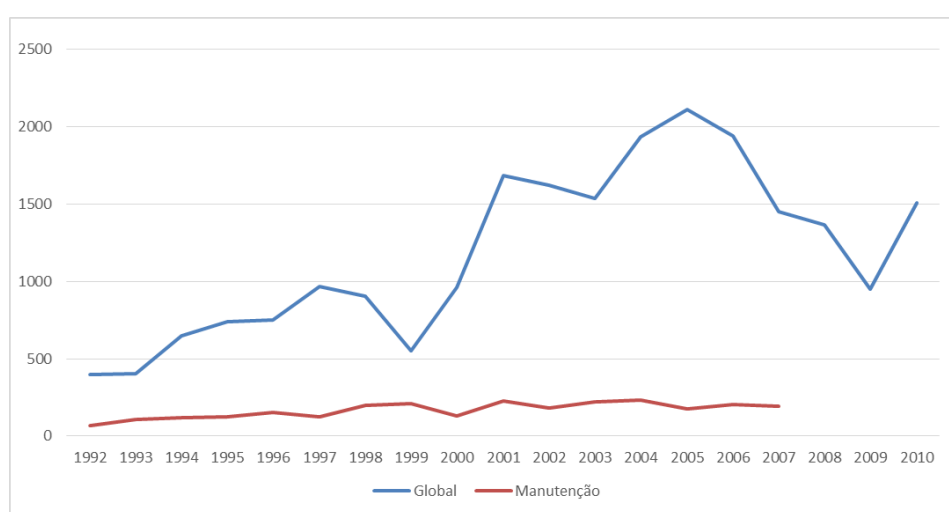


Figura 2.2 – Evolução do investimento Rodoviário em Portugal, em Milhões de Euros

Anualmente são necessários cerca de 300 milhões de Euros^[3] apenas para a conservação da rede rodoviária. Estes valores são os estimados necessários para a manutenção, no entanto, dada a escassez de recursos dos últimos anos, especialmente desde a intervenção externa, com a paragem abrupta nas atividades de construção, os valores aplicados na reabilitação são bastante inferiores.

Em virtude das restrições orçamentais, estão a ser adiadas algumas intervenções, que poderão representar um problema sério no futuro, levando ao agravamento dos custos, se na altura em que forem disponibilizadas as verbas necessárias à intervenção, o estado de degradação das vias tenha atingido um nível excessivo, não solucionável apenas com os normais trabalhos de conservação.

Uma outra análise dos dados do quadro 2.3 e figura 2.2, permite concluir que os fundos necessários para manutenção irão sofrer um forte crescimento nos próximos anos, quando o ciclo de vida dos projetos concluídos e que entraram em serviço nos últimos anos, se aproximar do fim.

Em 2005, as previsões apontava para a duplicação destas verbas nos 10 a 15 anos seguintes.

[3] Branco et al, 2011

3

GESTÃO DE ESTRADAS E O SISTEMA HDM-4

3.1. INTRODUÇÃO

3.1.1. ENQUADRAMENTO

A evolução do sector rodoviário nas últimas décadas, com o crescimento do tráfego e redes de estradas, teve como consequência um aumento da complexidade e nível de exigência das questões ligadas à construção e exploração das vias, obrigando a maior rigor nas respostas a dar pelas entidades responsáveis pelo sector, a todas as solicitações.

As restrições orçamentais, prazos rigorosos e a exigência de se minimizarem impactos para os condutores e ambiente, pela realização de intervenções de manutenção ou beneficiação, obrigam ao desenvolvimento de estudos aprofundados, analisando e comparando soluções, tendo em conta cenários prováveis, na procura da melhor relação custo-benefício.

Para responder a estas questões têm sido desenvolvidos sistemas de gestão rodoviária abrangentes, com ferramentas de apoio à decisão, específicas para o sector rodoviário, capazes de combinar a avaliação técnica e económica das soluções.

A tomada de consciência para a importância destas questões, levou à constituição de projetos de investigação, através da disponibilização de meios técnicos e financeiros importantes, culminando no desenvolvimento de sistemas e ferramentas de gestão para o sector.

Exemplo de referência destes projetos é o sistema HDM-4.

3.1.2. PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

A estrada é uma estrutura que se pretende adequada à circulação de veículos, em condições de segurança, conforto e economia. O cumprimento destas condições exige que o pavimento rodoviário esteja em bom estado, isto é, que esteja desempenado, que ofereça a correta aderência aos veículos e que seja estável perante as solicitações de tráfego e mudanças de clima.

Um pavimento rodoviário é uma estrutura composta por várias camadas, apoiadas num terreno natural convenientemente nivelado e regularizado.

Estes podem dividir-se em pavimentos rígidos, semirrígidos e flexíveis, conforme os materiais utilizados nas camadas superiores e deformabilidade resultante do conjunto.

Nesta dissertação, as referências aos pavimentos são enquadradas no âmbito dos sistemas de gestão de pavimentos. Neste pressuposto, pela sua maior utilização em Portugal, serão abordados apenas os pavimentos flexíveis.

Nos pavimentos flexíveis, as camadas superiores são na grande maioria dos casos, constituídas por misturas betuminosas (ou de ligantes hidráulicos, nos restantes, com menor expressão), figura 3.1.

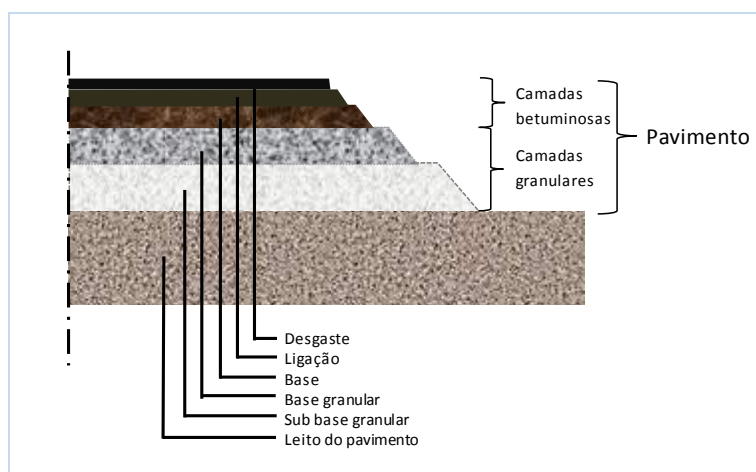


Figura 3.1: Esquema da estrutura de um pavimento rodoviário

Os pavimentos, sendo meios físicos em contacto com o ambiente e sujeitos às ações do tráfego, experimentam transformações ao longo do tempo, iniciando-se no momento da sua construção, antes mesmo da entrada em serviço.

Estas transformações, obedecendo a mecanismos próprios (que podem ser traduzidos em modelos de comportamento), conduzem invariavelmente a degradações, com perda das características funcionais e estruturais do pavimento, com conseqüente redução da qualidade dos pavimentos.

As degradações são influenciadas pelos materiais utilizados, qualidade de construção e geometria da estrada

O aparecimento de uma primeira degradação conduz, normalmente, a uma cadeia de acontecimentos, que influencia e dá origem ao aparecimento de outras degradações, numa relação de interdependência.

As degradações ou anomalias, podem dividir-se em quatro famílias ^[4]:

- Fendilhamento
 - Fendas de fadiga (fig. 3.2);
 - Fendas longitudinais;
 - Fendas transversais;
 - Fendas parabólicas;
 - Fendas de malha fina ou larga - pele de crocodilo (fig. 3.3).
- Deformações
 - Abatimento longitudinal (berma ou eixo);
 - Abatimento transversal;
 - Deformações localizadas;

[4] Pereira e Miranda, 2000

- Ondulação ou irregularidade longitudinal;
- Rodeiras ou irregularidade transversal (fig. 3.5).
- Desagregação da camada de desgaste
 - Desagregação superficial;
 - Cabeça de gato;
 - Peladas;
 - Ninhos – covas (fig. 3.4).
- Movimento de materiais
 - Exsudação;
 - Subida de finos.

Tipicamente, o fendilhamento é a primeira anomalia a manifestar-se. A existência de fendilhamento é preponderante no aparecimento das restantes anomalias.

A avaliação da qualidade de um pavimento é realizada através da análise dos parâmetros de estado, podendo avaliar a condição funcional ou estrutural, ou ambas. O método de avaliação mais utilizado é o método da avaliação global, que utiliza um índice global para classificar qualitativamente o pavimento.

Este índice resulta da atribuição de pesos aos vários parâmetros de estado.

O índice PSI (*Present Serviceability Index*), desenvolvido pela AASHTO (*American Association of State Highway and Transport Officials*), Associação americana dos responsáveis pelos departamentos de transportes dos vários estados, é dos mais utilizados.

Para pavimentos flexíveis é calculado pela seguinte fórmula:

$$PSI = 5,03 - 1,91 \log (1 + \text{medSV}) - 1,38 \text{ medRD}^2 - 0,01 (C + P)^{(1/2)}$$

Onde:

medSV – média da variância das inclinações do perfil longitudinal (polegadas quadradas). Hoje em dia este parâmetro tem sido substituído pelo IRI – índice de regularidade internacional.

medRD – Profundidade média das rodeiras (polegadas).

P – Buracos, em m²/1000 m²

C – Superfície fendilhada ou desagregada em m²/1000 m²

3.2. A GESTÃO DE ESTRADAS

3.2.1. PRINCÍPIOS GERAIS DOS SISTEMAS DE GESTÃO

Um sistema de Gestão é acima de tudo, um meio para fundamentar e apoiar a tomada de decisões [5].

A gestão rodoviária engloba várias componentes, com o objetivo de assegurar a tomada de decisões segundo critérios técnicos e económicos racionais, com efeitos na otimização da performance global da rede, ao longo do tempo, garantindo o cumprimento das diretivas traçadas e dentro das restrições orçamentais.

[5] Branco et al, 2011

Para as atingir, pressupõe-se a adoção de um código de normas e políticas, com objetivos racionais e realistas, equilibrados bem como orçamentos adequados e disponíveis.

Para o funcionamento do sistema, é imprescindível adotar procedimentos e ferramentas de gestão eficientes.

A formulação dos princípios subjacentes a um sistema de gestão compreende várias etapas:

1. Definição de objetivos e prazos para os atingir;
2. Execução de Planos, programas e orçamentos;
3. A escolha de indicadores que permitam efetuar a avaliação do desempenho do sistema, medindo desvios e permitindo a adoção de medidas de correção.

3.2.1.1. Objetivos dos Sistemas de Gestão Rodoviária:

- Minimizar custos de transporte, quer para as entidades responsáveis – dinheiro de impostos – quer para os utilizadores – custos de operação dos veículos;
- Preservar o valor dos ativos;
- Disponibilizar e manter acessibilidades para os utilizadores;
- Disponibilizar transportes seguros e amigos do ambiente.

3.2.1.2. Funções

As funções dos sistemas de gestão no sector rodoviário podem dividir-se em quatro áreas:

- Planeamento – estabelecimento de orientações, políticas e objetivos; estimativas orçamentais a prazo;
- Programação – criação de programas de trabalho para o período pretendido;
- Preparação – definição de procedimentos de execução e detalhe dos projetos.
- Operação - implementação dos trabalhos no terreno.

3.2.1.3. Benefícios da Gestão Rodoviária nos Transportes:

- Redução dos custos com operação de veículos;
- Poupanças de tempo de viagem e cargas;
- Redução da sinistralidade;
- Estímulo do desenvolvimento regional;
- Aumento do conforto e conveniência;

3.2.1.4. Modelos de Previsão

Um dos maiores desafios da gestão rodoviária é conseguir prever a evolução da rede, antecipando os acontecimentos, com um determinado grau de certeza.

O conhecimento antecipado destes acontecimentos permite por um lado, atuar preventivamente, e por outro, preparar planos de resposta mais eficientes, com menores impactos nos utilizadores, e sobretudo, poupando recursos.

De outra forma, atuando apenas quando as situações ocorrem, e em casos de emergência, o risco de serem cometidos erros de avaliação, precipitando soluções menos adequadas, conduzem inevitavelmente ao desperdício de recursos financeiros e de tempo, com maiores impactos para os utilizadores.

Os modelos de previsão podem ser determinísticos ou probabilísticos.

a) **Modelos probabilísticos:**

- Preveem que há a probabilidade de um acontecimento, normalmente baseados na cadeia de Markov (a condição passada não interessa para o conhecimento da condição futura, a partir do momento em que se conhece a condição presente).
- São bons para se obter uma ideia das necessidades de investimentos da rede em geral.
- Não podem ser utilizados para o planeamento de uma estrada em particular.
- São utilizados na análise redes, mas não conseguem detalhar um programa de trabalho para uma secção.

b) **Modelos determinísticos:**

- Todos os acontecimentos são consequência inevitável de acontecimentos passados. Princípio causa-efeito.
- Preveem que há uma série de consequências de um acontecimento. São utilizados para análise de redes ou de projetos. Fornecem programas detalhados para uma determinada secção.
- São modelos empíricos – Baseiam-se em análise estatística das tendências locais observadas.
- Seguem leis físicas – Utilizam teorias fundamentais do comportamento dos pavimentos
- Seguem uma abordagem que correlaciona os factos passados e leis físicas do comportamento estrutural do pavimento.

Quadro 3.1 – Tipos de Modelo Determinístico

Tipo	Função	Característica	Aplicação no HDM-4
Absoluto	Prevê a condição no futuro, função de parâmetros conhecidos	Utilização limitada; Problemas de calibração	Estudo de estradas com pavimento rígido
Incremental	Prevê as alterações à condição a partir da condição presente	Pode considerar qualquer ponto de partida; Mais flexível	Estudo de estradas com pavimentos Betuminosos

3.2.2. A GESTÃO DE PAVIMENTOS

Os responsáveis pelo sector rodoviário lidam com uma diversidade de questões de diferente âmbito, como sejam a planificação da aplicação da rede, a gestão de estruturas existentes, a gestão de pavimentos ou a gestão da conservação. Cada uma destas vertentes subscreve os objetivos comuns da gestão rodoviária, mas têm também, logicamente, objetivos específicos.

Existem ferramentas específicas para estas componentes da gestão: Gestão de Pavimentos, Gestão da Conservação, Gestão de Estruturas e a vertente ligada ao Planeamento da Rede.

É no domínio da gestão de pavimentos que foram desenvolvidos nos últimos anos, os sistemas mais complexos e completos (Branco, 2011).

Os sistemas de gestão de pavimentos (SGP) utilizam as seguintes componentes:

1. Base de dados rodoviária;
2. Sistema de avaliação da qualidade dos pavimentos;
3. Modelos de previsão do comportamento dos pavimentos
4. Componente de custos
5. Sistema de programação das atividades de conservação.

Um SGP utiliza a informação da base de dados, e aplicando modelos de previsão do comportamento dos pavimentos, identifica uma estimativa da evolução da condição do pavimento. Esta previsão serve para definir programas de conservação e planear as intervenções.

As bases de dados, a par dos parâmetros físicos dos pavimentos, contém outras informações e dados para alimentar os modelos de previsão. Estes, trabalham com as características geométricas da estrada, níveis e tipos de tráfego, características da rede, características dos veículos e dados ambientais.

Através da aplicação dos modelos de previsão do comportamento dos pavimentos, obtém-se uma perspetiva da evolução destes parâmetros físicos, antecipando a ocorrência de incumprimento de um valor limite de qualidade.

Quadro 3.2 – Níveis mínimos de Qualidade

Parâmetro	Valor
Fendilhamento	Área afetada = 20%
Covas e peladas	Área afetada = 20%
Rodeiras	Profundidade média das rodeiras = 20 mm
Irregularidade Longitudinal	IRI = 5,5 m/km
Índice Global de Qualidade	PSI = 1,5

A base de dados é alimentada pelas campanhas de observação e monitorização periódica. Estas campanhas incluem a observação visual e ensaios.

Entre os parâmetros observados, cuja evolução é controlada e monitorizada, e que servem para aferir a qualidade do pavimento:

- Fendilhamento,
- Fendilhamento tipo pele de Crocodilo,
- Covas e peladas,
- Rodeiras,
- Regularidade longitudinal
- Regularidade transversal,
- Aderência



Figura 3.2: Fendilhamento



Figura 3.3: Fendilhamento tipo "pele de crocodilo"



Figura 3.4: Cova / buraco



Figura 3.5: Rodeiras. Medição da profundidade com régua.

Os parâmetros são classificados segundo o nível de gravidade, existindo valores mínimos regulamentares a cumprir (exemplo quadro 3.2).

Estes dados servem, numa primeira fase, para determinar o índice de qualidade do pavimento.

O SGP, aplicando o sistema de custos, calcula uma estimativa de várias intervenções possíveis, recorrendo mais uma vez à base de dados para obter preços unitários ou custos típico do valor dos trabalhos (rácios).

Em função destas previsões e das alternativas de intervenção são avaliados programas.

Após a decisão, são elaborados os planos das intervenções.

3.2.3. A GESTÃO DE ESTRADAS EM PORTUGAL

Em Portugal tem sido realizados grandes investimentos no sector rodoviário, sendo que uma parte significativa desses investimentos (o investimento inicial) têm sido disponibilizados por consórcios de empresas privadas, no modelo de contrato de parceria público-privada.

Estas empresas são responsáveis pela exploração da sua rede concessionada, o que pressupõe, à partida, a implementação de um sistema de gestão rodoviária.

A responsabilidade pelas restantes estradas da rede rodoviária nacional, é dividida pela empresa Estradas de Portugal, S.A. e pelos municípios.

A EP - Estradas de Portugal, S.A. é uma sociedade anónima de capitais inteiramente públicos, detida na sua totalidade pelo estado Português. Desde 2007 a forma de ação da EP, S.A. é semelhante a uma concessão, sendo responsável pela gestão das estradas sob a sua alçada (cerca de 13 000 km), em moldes empresariais.

É também às Estradas de Portugal que compete a coordenação do planeamento estratégico e gestão das concessões rodoviárias, servindo de ligação entre as concessionárias e o estado Português.

A publicação do Decreto – Lei nº110/2009, estabeleceu a obrigatoriedade por parte das concessionárias de entregar à entidade responsável pela Gestão das estradas, na altura o InIR, planos de Controlo de Qualidade e Manuais de Operação e Manutenção. Estes documentos são os manuais de procedimentos e princípios de ação que orientam as decisões das tomadas no âmbito da gestão das redes de estradas.

As concessionárias estão obrigadas contratualmente a efetuar, periodicamente, campanhas de monitorização das estradas bem como inspeções aos pavimentos, para demonstração do cumprimento dos Planos e Qualidade e manuais de Operação.

Em 2003, foi constituído um grupo de trabalho, envolvendo elementos da EP e de três universidades portuguesas – Universidade de Coimbra, Universidade do Minho e Instituto Superior Técnico – para desenvolver um novo sistema de gestão de pavimentos (SGPav).

Este sistema assenta em três componentes: Base de dados (BDR), Sistema de Avaliação da Qualidade (SAQ) e Sistema de Avaliação das Estratégias de Aplicação dos Recursos Financeiros (SARE), sendo que o desenvolvimento de cada uma destas componentes ficou a cargo de cada Universidade parceira no estudo.

Foram adquiridos novos equipamentos para levantamento cadastral da situação das estradas do país, como o perfilómetro laser e Sistema Viziroad.



Figura 3.6 – Viatura com Perfilómetro Laser [6]



Figura 3.7 – Sistema Viziroad [6]

O Perfilómetro Laser, instalado numa viatura, figura 3.6, com os seus 14 sensores da barra horizontal junto ao para-choques frontal do veículo permitem obter uma imagem do perfil transversal da via.

É indicado para medir a profundidade das rodeiras, a macro textura superficial, os parâmetros geométricos e a regularidade longitudinal, para cálculo do IRI.

O sistema informático Viziroad, figura 3.7, montado num veículo e com a ajuda de um GPS, permite o registo dos parâmetros do pavimento através do registo e visualização de imagens.

Os levantamentos do estado das vias, anomalias/deteriorações, decorreu entre 2007 e 2011.

Os resultados serviram para classificar a rede em termos de Índice de Qualidade, função da condição e parâmetros físicos do pavimento, e a partir daí, identificar as estradas e estabelecer uma lista de prioridades de intervenção.

Tanto quanto foi possível apurar, o sistema desenvolvido não permite efetuar análise comparativa para diferentes cenários de intervenção.

[6] Horta et al, 2013

3.3. O SISTEMA HDM-4

3.3.1 A HISTÓRIA [7]

Em 1969 foram criadas as bases para o Sistema HDM-III, com a participação do Instituto Tecnológico do Massachusetts (MIT), do laboratório de Pesquisa em Transportes e Estradas (TRRL) com sede no Reino Unido, do Laboratório Central de Pontes e Calçadas (LCPC) Francês e do Banco Mundial. Entre 1969 e 1971 decorreu a fase 1, com a criação da estrutura conceptual e desenvolvimento do primeiro protótipo.

Seguiram-se dos estudos, no Quênia, de 1971 a 1975, para determinação dos custos de operação de veículos (VOC) e o estudo da deterioração de estradas.

Entre 1975 e 1983, foram realizados estudos semelhantes em países em vias de desenvolvimento, como as Caraíbas entre 1977 e 1982, a Índia entre 1977 e 1983 e o Brasil, de 1975 a 1982, com a colaboração de parceiros locais. Em 1981 foi constituído o HDM-II.

Seguiu-se a fase final de modelação, entre 1981 e 1987, tendo sido publicada a documentação de pesquisa do HDM-III em 1987. Em 1989 surgiu o Software do HDM-III.

Um enorme volume de dados foi recolhido nestes estudos, tendo sido utilizados posteriormente nas pesquisas seguintes. Foi então criado o projeto internacional de investigação para produzir ferramentas modernas para a gestão e desenvolvimento de autoestradas.

Foram utilizados fundos provenientes da Administração de Desenvolvimento Ultramarino (ODA) do Reino Unido, do Banco de Desenvolvimento Asiático (ADB), da Administração Sueca de Estradas Nacionais (SNRA) e do Banco Mundial. Este estudo, com verbas de 2,75 milhões de dólares, teve por base o Modelo de Normas para Projeto e Manutenção de Autoestradas, HDM-III, alargando o seu âmbito e atualizando relações técnicas.

O modelo HDM-III, desenvolvido por intermédio do Banco Mundial, foi utilizado ao longo de duas décadas para combinar a avaliação técnica e económica dos projetos e normas e estratégia para investimento em estradas.

O HDM-III teve aplicação essencialmente nos países em vias de desenvolvimento, contudo, nos anos seguintes muitos países industrializados começaram a adotar a abordagem económica e princípios incorporados no modelo.

Em 1993 foi estabelecido um estudo internacional de ferramentas de gestão e desenvolvimento de autoestradas, HDM, com o objetivo de produzir ferramentas aperfeiçoadas para o desenvolvimento de estratégias para o sector rodoviário.

Estas ferramentas foram usadas para a monitorização e gestão dos sistemas rodoviários, planeamento e orçamentação. Em apoio a sistemas de gestão de estradas já existentes, e como análise alternativa independente, para auxiliar a gestão institucional de sistemas rodoviários em qualquer parte do mundo.

O estudo internacional foi dividido e realizado em quatro locais:

- Na Universidade de Birmingham no Reino Unido com financiamento da Administração de Desenvolvimento Ultramarino do Reino Unido (ODA), sendo responsável pela lógica e desenvolvimento do programa informático;

[7] Adaptado de HDM-4, versão 1.0

- Na Suécia, a pesquisa é dirigida pela Administração Sueca de Estradas Nacionais (SNRA) com recurso a técnicos especialistas do Instituto de Pesquisa em Estradas e Tráfego (VTI) e outros peritos suecos;
- Na Malásia, no Instituto de Pesquisa de Estradas do Ministério das Obras Públicas (IKRAM), financiado pelo Banco de Desenvolvimento Asiático (ADB), e dirigido por ND Lea International do Canadá, em parceria com investigadores do IKRAM e outros peritos internacionais
- No Banco Mundial, com uma equipa de consultores, na introdução de dados.

Para além das componentes do estudo referidas, um número de outras organizações deu importantes contributos:

- (i) A Administração Finlandesa de Estradas Nacionais (FinnRA), disponibilizou dados para a equipa de estudo e desenvolvimento do sistema, sediada na Universidade de Birmingham.
- (ii) A Administração Federal de Autoestradas (FHWA) forneceu o código fonte e documentação para o Sistema de Requisitos Económicos para Autoestradas (HERS), já concluído e utilizado no planeamento de despesas em autoestradas, de médio e longo prazo, nos Estados Unidos.
- (iii) A Federação Interamericana de Fabricantes de cimento (FICEM) financiou um centro de estudos sediado no Chile, com as funções de concentrar-se na relação dos efeitos de manutenção e desenvolvimento das deteriorações de pavimentos rígidos.

O estudo é supervisionado por um Comitê de Promotores em representação do grupo de proprietários do projeto. O Banco Mundial preside ao Comitê de Direção Internacional, do qual fazem parte especialistas em engenharia rodoviária, economia de transportes e áreas relacionadas, disponibilizando orientação global, revisão técnica e feedback para os promotores.

A parte administrativa do Projeto foi sediada na Universidade Birmingham, para coordenação das atividades dos centros de investigação. Em complemento ao coordenador geral do projeto, o secretariado também é composto por um gestor de qualidade e um administrador de projeto.

Foram promovidos diversos *workshops* durante fases de desenvolvimento do projeto, onde os participantes foram convidados a rever o trabalho realizado e propor orientações sobre o desenvolvimento das ferramentas HDM. Foi realizado um encontro no início do estudo em 1993 na Universidade de Birmingham para definição do âmbito do projeto. Desde então foram realizados outros encontros com o propósito de partilhar experiências e promover a discussão crítica sobre os desenvolvimentos obtidos.

As ferramentas HDM resultaram das relações obtidas pelo estudo aprofundado dos resultados obtidos em pesquisas internacionais. Vários estudos e projetos conduzidos por todo o mundo, evidenciaram áreas de aperfeiçoamento e sugeriram novas ligações.

Estes aperfeiçoamentos incluem:

- (i) A capacidade para modelar os efeitos do fluxo de velocidade do tráfego;
- (ii) Novas relações para as componentes dos custos de operação dos veículos (VOC);
- (iii) Novos modelos de previsão de efeitos ambientais (emissões de veículos e poluição sonora);

- (iv) Novas relações para previsão das taxas de sinistralidades;
- (v) Performance do pavimento numa gama alargada de ambientes, particularmente para efeitos e congelamento-descongelamento e efeitos e drenagem;
- (vi) Novas relações para a deterioração e manutenção de pavimentos flexíveis ou rígidos;
- (vii) Relações para estimar atrasos nos tempos de viagem provocados por trabalhos nas estradas.

Um das preocupações com a criação do HDM mais recente, foi incorporação de um interface de utilizador melhorado para atender a todos os níveis de especialização dos utilizadores. Para o desenvolvimento do programa foram adotados os seguintes objetivos:

- (i) A capacidade para modelar os efeitos do fluxo de velocidade do tráfego;
- (ii) Um sistema operativo fácil de utilizar em ambiente Microsoft Windows;
- (iii) Uma estrutura modular integrada permitindo aos utilizadores a modificação ou substituição de módulos individuais;
- (iv) Um interface para a troca de dados com outros sistemas de gestão rodoviária

O âmbito das ferramentas HDM mais recentes foi consideravelmente alargado permitindo incorporar a análise de projeto, programação e orçamentação de projetos rodoviários, análise estratégica de normas e políticas rodoviárias, e aplicações na investigação do sector das estradas.

A análise de projeto poderá ser usada para avaliar a fiabilidade física, económica e funcional de alternativas de projeto específicas, por comparação com uma solução base sem as alternativas de projeto.

A programação e aplicação de orçamentação será utilizada para a preparação de programas de manutenção e reabilitação bem como de programas de ampliação.

A aplicação de análise estratégica será utilizada para desenvolver políticas e normas para as redes de estradas, e para previsões a longo prazo das necessidades orçamentais e desempenho da rede.

3.3.2. O CONCEITO [8]

O conceito subjacente à utilização do sistema de gestão HDM-4 assenta em duas linhas de ação.

I. A previsão do comportamento futuro e evolução da rede de estradas, em função de parâmetros:

- Volume e tráfego de veículos pesados;
- Tipos de pavimento e capacidade estrutural;
- Formas e padrões de manutenção;
- Envolvente climática e ambiental.

II. Quantificação dos benefícios para os utilizadores das estradas em função de:

- Poupança em custos na operação dos veículos (VOC)
- Redução dos tempos de viagem
- Redução da ocorrência de acidentes

[8] Adaptado de *HDM-4 Introduction*

O HDM-4 relaciona questões de âmbito técnico com questões financeiras:

- Investimento em estradas / manutenção do sector rodoviário
- Custos de transporte / regulamentação.

A ferramenta utiliza a correlação física e económica, resultante da investigação aprofundada no campo das deteriorações de estradas, das consequências das atividades de manutenção, custos para os utilizadores e de operação dos veículos.

3.3.2.1. Objetivos do HDM-4

Minimização dos custos para as agências, governamentais ou privadas, com responsabilidade na gestão do sector rodoviário, e para os utilizadores

- Veículos de transporte não motorizados
- Congestionamento de trânsito, emissões, tempos de viagem
- Custos de transporte
- Sinistralidade Rodoviária

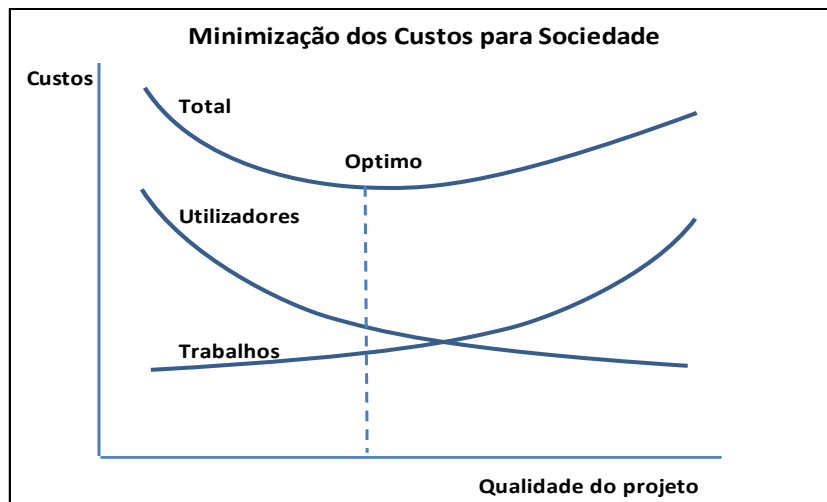


Figura 3.8 – Objetivo do HDM-4 ^[9]



Figura 3.9 – Custos totais do sector rodoviário ^[9]

[9] Adaptações de *HDM-4 Introduction*

Quadro 3.3 – Estrutura de custos para a sociedade

Custos dos utilizadores	Construção	Operação	Manutenção	Externos
Combustível	Pavimento	Gestão	Rotina	Acidentes
Lubrificantes	Estruturas	Gestão de tráfego	Pavimento	Poluição
Pneus	Mobiliário	Segurança	Estruturas	Produção
Manutenção	Formação			
Desvalorização	Solo			
Tempo				
Acidentes				

Bases económicas alternativas na escolha de opções de investimento:

- Padrões em estradas
- Padrões em pavimentos
- Alinhamentos

Estudos no âmbito das políticas para o sector das estradas:

- Planeamento estratégico do desenvolvimento, melhoria e manutenção da rede de estradas
- Determinação (cálculo) das necessidades de financiamento
- Preparação de Programas de trabalhos (planos de ação)
- Avaliação económica de projetos de estradas individualmente
- Investigação:
 - Custos das estradas
 - Regulamentos e normas para veículos
 - Diretivas para projeto de pavimentos

Quadro 3.4 – Aplicações no âmbito da gestão do HDM-4 ^[10]

Âmbito da Gestão	Aplicação
Planeamento	Análise Estratégica
Programação	Análise de Programa
Preparação	Análise de Projeto

No gráfico da figura 3.10, é apresentado um esquema da análise comparativa entre duas opções de intervenção numa estrada/rede de estradas.

Numa alternativa não se intervém, e os custos acabam por evoluir mais rapidamente ao longo do tempo (a vermelho).

Na outra opção, é realizada uma intervenção inicial, cujo custo é contabilizado nesse momento, mas que, possibilita um menor crescimento dos custos para os utilizadores à medida que o tempo do projeto vai. No final do projeto – período de análise – a diferença nos acumulados dos custos, representa o benefício líquido da intervenção, NPV.

[10] Adaptação de *HDM-4 Introduction*

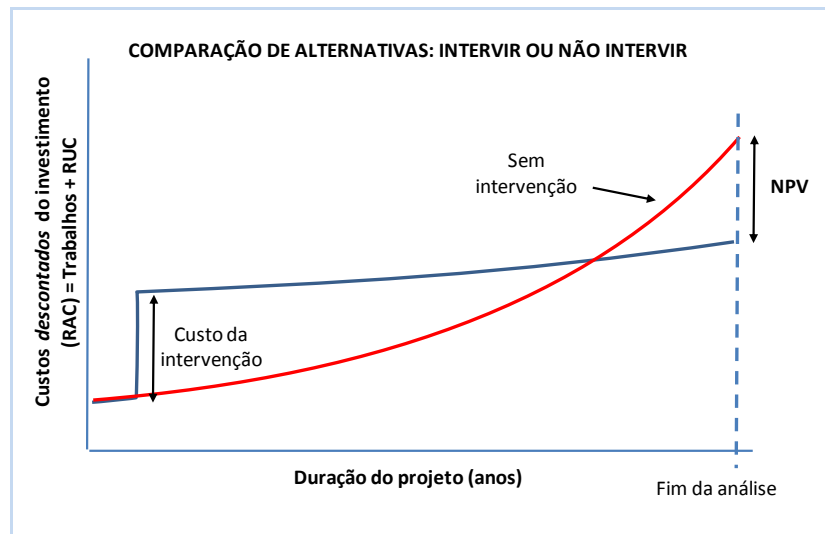


Figura 3.10 – Análise comparativa de alternativas de intervenção ^[11]

Na figura 3.11 é apresentado o fluxograma, representativo do conceito subjacente à análise do ciclo de vida utilizado pelo HDM-4.

As relações dos custos, relativos à gestão e operação por parte das entidades responsáveis, e dos utilizadores, são transferidos para o Valor Presente Líquido (NPV), ao longo do tempo.

Para a determinação dos custos, começa-se pela previsão das quantidades e de recursos a consumir, aplicando depois os valores unitários. Os benefícios económicos resultam da comparação dos custos totais de várias alternativas de manutenção e de construção, com uma solução – alternativa base – que normalmente representa o mínimo a executar.

[11] Adaptação de *HDM-4 Introduction*

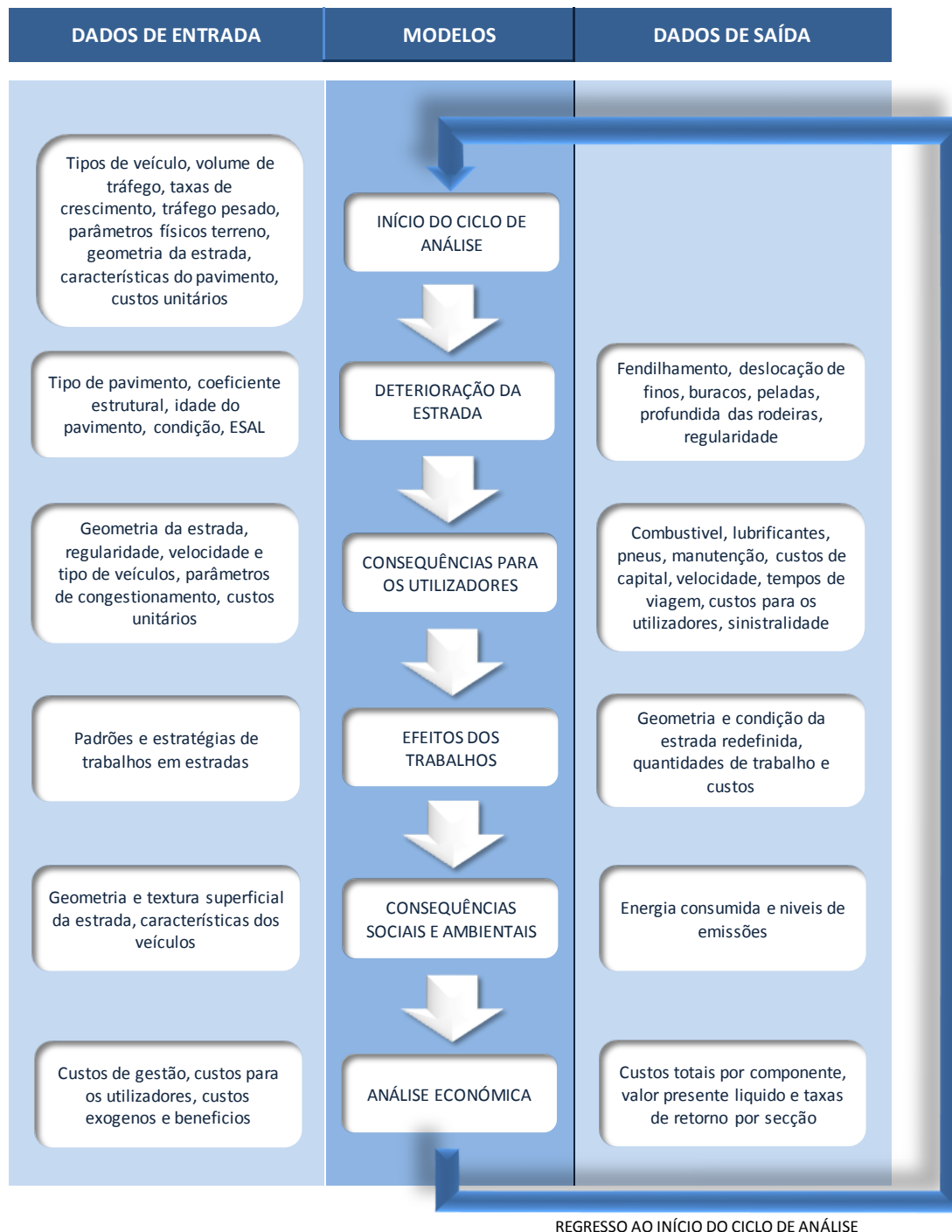


Figura 3.11 – Análise de Ciclo de Vida ^[12]

[12] Adaptado de HDM-4 Applications Guide 2006

3.3.2.2. Modelos de Previsão

Os modelos de previsão do comportamento dos pavimentos presentes no sistema HDM-4, são os mais utilizados por consultores, agências internacionais e entidades governamentais nos seus estudos de avaliação económica de investimentos em infraestruturas rodoviárias ^[13]

O objetivo fundamental destes modelos é prever a condição futura e efeitos das intervenções de manutenção. O interesse e utilidade de se conseguir prever quando determinado parâmetro deixará de cumprir os requisitos, justifica a adoção de modelos de previsão da evolução e comportamento dos pavimentos. A aplicação destes modelos permitirá antecipar essa ocorrência, com a enorme vantagem de possibilitar a preparação de intervenções preventivas ou corretivas, atempadamente, com menores custos e impactos, do que os que ocorreriam caso se esperasse pela inspeção seguinte, onde seriam reveladas as anomalias.

O aparecimento das anomalias e evolução da deterioração, nas estradas, depende de diversos fatores:

- Projeto;
- Materiais utilizados;
- Qualidade de construção;
- Tráfego;
- Geometria da estrada;
- Idade do pavimento;
- Ambiente;
- Padrões / políticas de manutenção

O HDM-4 associa o estado do pavimento, e principalmente o parâmetro de regularidade, aos custos de operação de veículos (VOC) - figura 3.12

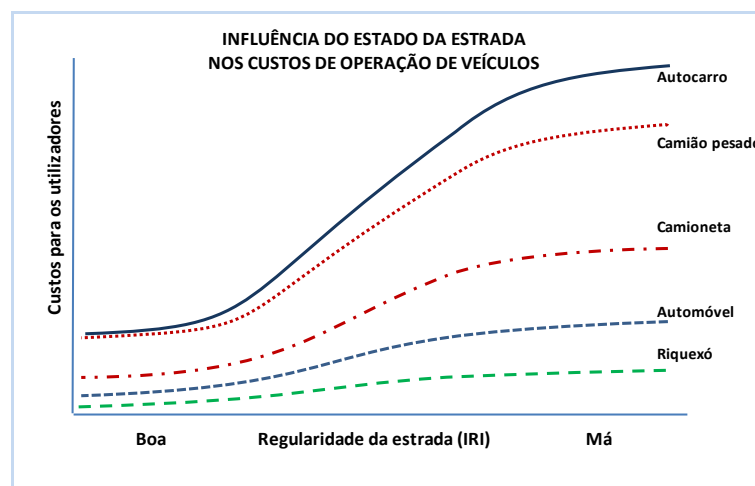


Figura 3.12 – Influência da condição do pavimento nos custos de transporte ^[14]

O HDM-4 utiliza modelos determinísticos de previsão da evolução dos seguintes parâmetros dos pavimentos:

- Fendilhamento – estrutural, térmico, reflexivo (outras causas);
- Rodeiras – densidade inicial, deformação estrutural, deformação plástica, água superficial;

[13] Ferreira et al, 2013

[14] Adaptação de HDM-4 Introduction

- Movimento de partículas de agregados;
- Abertura de covas;
- Diminuição da regularidade – função da idade, coeficiente estrutural, tráfego pesado, buracos, fendas, movimento de partículas, rodeiras e ambiente;
- Fraturamentos das bermas;
- Textura superficial;
- Coeficiente de atrito.

A descrição e explicação dos modelos de previsão utilizados ultrapassa os objetivos desta dissertação.

O HDM-4 distingue a iniciação e a progressão da fendilhação, adotando os modelos de iniciação e de progressão da fendilhação que seguem o padrão de evolução do gráfico da figura 3.13.

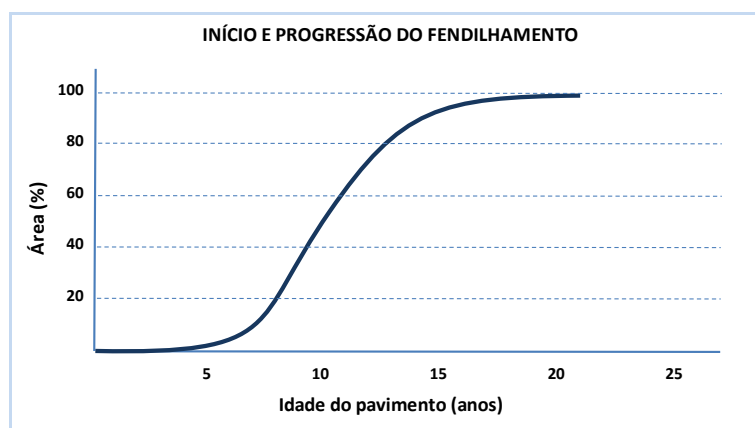


Figura 3.13 – Progressão do fendilhamento segundo idade do pavimento ^[15]

3.4. FERRAMENTA INFORMÁTICA HDM-4

3.4.1. VERSÃO DE DEMONSTRAÇÃO

Para os fins e objetivos propostos alcançar com a realização deste trabalho, foi possível utilizar o programa HDM-4, versão 1.0 de demonstração, criada em 2000, a que se referem todas as descrições e exemplos, bem como imagens das janelas apresentadas pelo programa.

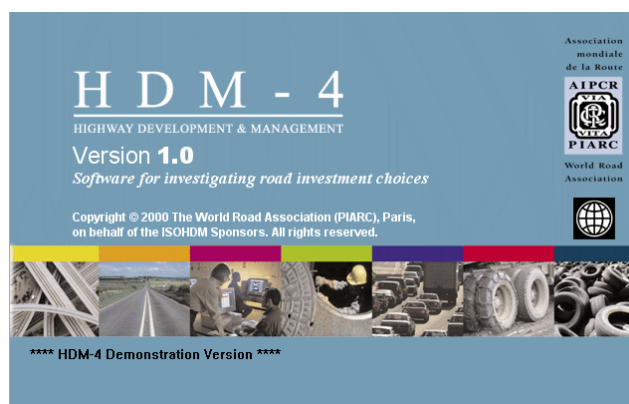


Figura 3.14 – Janela de arranque do programa HDM-4

[15] Adaptação de HDM-4 Deterioration of bituminous roads

As atualizações posteriores até à mais recente versão 2.04, lançada em 2007, são na maior parte relativas à resolução de erros (*bugs*) detetados nas versões anteriores. No fundamental, as funcionalidades e aplicações do programa foram mantidas inalteradas face à versão aqui utilizada.

Contudo, fica uma referência para as novas funcionalidades da versão 2.04:

- Análise sensível;
- Cálculo do valor patrimonial;
- Armazenamento dos resultados dos diferentes cenários de orçamento;
- Reorganização de alguns dados de entrada;
- Exportação e importação de dados para bases *Access da Microsoft*.

3.4.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

O programa HDM-4 permite três formas de utilização:

1. Criar uma nova área de trabalho (*workspace*) de raiz, introduzindo todos os dados e configurações necessárias;
2. Utilizar uma área de trabalho previamente criada por outro utilizador, modificando-a e adaptando-a se necessário, com os dados base do novo estudo;
3. Utilizar os exemplos (*case studies*) desenvolvidos pela HDMGlobal, adaptando-os igualmente com os dados base para o novo estudo.

Na primeira opção, é necessário começar por definir a configuração, características e constituição da frota de veículos, definição da rede de estradas e padrões de intervenção, só depois definir o estudo, podendo este ser um projeto, um programa ou estratégia.

Escolhendo a segunda opção, modificar uma área de trabalho criada por outro utilizador, existem duas alternativas:

- (a) Modificar a configuração, características e constituição da frota de veículos, definição da rede de estradas e padrões de intervenção e depois rever o estudo associado a essa área de trabalho;
- (b) ou, ir diretamente para o estudo (projeto, programa ou estratégia) e a partir daí, aceder aos dados base que utiliza – veículos, rede de estradas, padrões de intervenção – e modificá-los.

Optando pela terceira via, o processo é semelhante ao da segunda opção.

Neste trabalho serão descritos os processos correspondentes à terceira opção, aproveitando os casos de estudo desenvolvidos pela HDMGlobal.

Após esta explicação será mais fácil perceber a complexidade e extensão que envolve criar uma área de trabalho de raiz, caso se escolhesse a primeira opção.

A descrição dos casos de estudo, servirá para dar uma imagem das características e diferentes aplicações do Sistema HDM-4, exemplificando uma gama de problemas a resolver no âmbito da gestão de estradas.

Após a instalação e quando se corre o programa, surge uma janela, figura 3.15., onde é pedido ao utilizador que escolha uma das três opções de utilização.

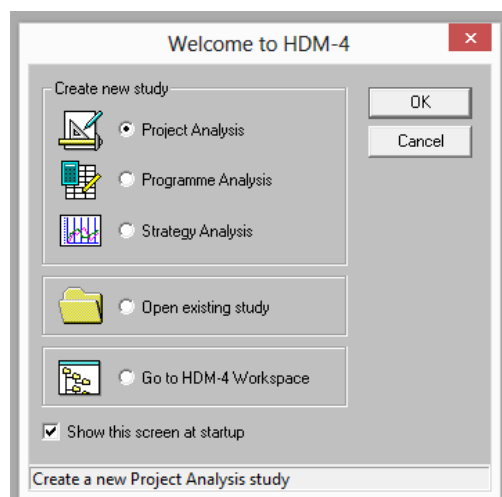


Figura 3.15 – Janela de Acolhimento do HDM-4

Escolhendo a terceira opção, somos direcionados para a área de trabalho do HDM-4, figura 3.16, onde estão agrupados os exemplos práticos desenvolvidos pela HDMGlobal.

A primeira linha mostra a localização no disco rígido, da pasta que inclui estes ficheiros.

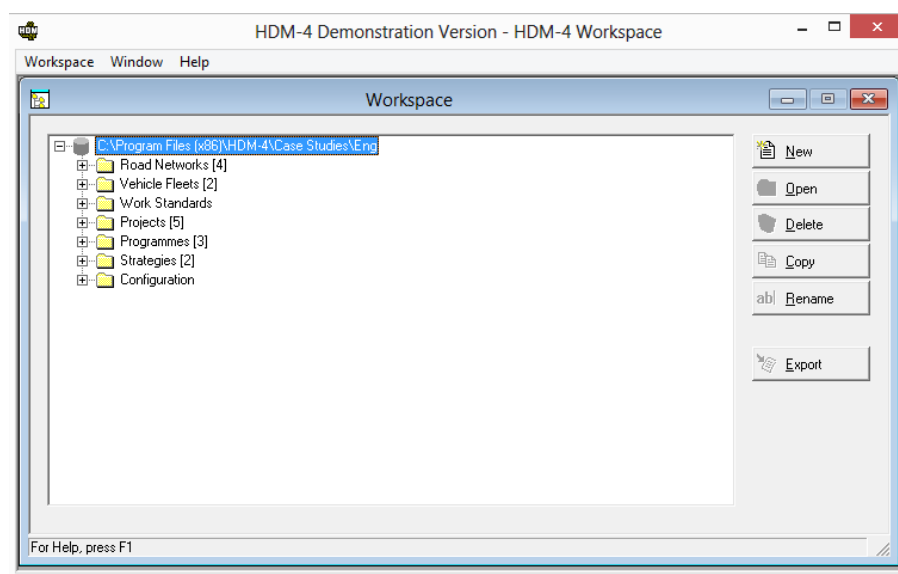


Figura 3.16 – Área de trabalho do HDM-4

A área de trabalho tem quatro campos para introdução/alteração de dados de entrada:

- i) *Configuration* (configuração) – onde se adapta a área de trabalho às condições do local de implantação do projeto em estudo;
- ii) *Vehicle Fleets* (veículos) – onde se definem as características dos veículos que irão circular na estrada;
- iii) *Road Networks* (redes de estradas) – onde se definem as características das estradas;
- iv) *Work Standards* (Intervenções tipo) – definição das características dos diferentes tipos de intervenção padrão.

Em qualquer dos casos, optando por criar uma nova área de trabalho ou alterando uma área de trabalho existente, é necessário introduzir os novos dados nesta sequência. Após conclusão da definição dos dados de entrada, há três possibilidades para prosseguir o estudo:

- i) *Projects* (projetos)
- ii) *Programmes* (programas)
- iii) *Strategies* (estratégias)

Qualquer destas opções utiliza os dados das configurações iniciais introduzidas anteriormente.

Os números entre parêntesis que aparecem nos campos dos projetos, programas e estratégias, figura 3.16, referem-se ao número de exemplos - casos de estudo, incluídos nesta versão do programa.

3.4.2.1 Definição dos dados base e configurações

A seguir serão descritas diversas configurações e formas de introduzir dados de base, necessárias para criar o contexto do estudo a desenvolver.

No campo de entrada de dados “Configuração”, deverão ser definidos vários parâmetros de acordo com as especificidades para o país do estudo. De entre os dados a introduzir constam as características do tráfego, padrões de velocidade dos veículos, dados da zona climática e a moeda a utilizar nos cálculos financeiros. Igualmente, deverão ser definidos os dados dos agregados, na secção própria.

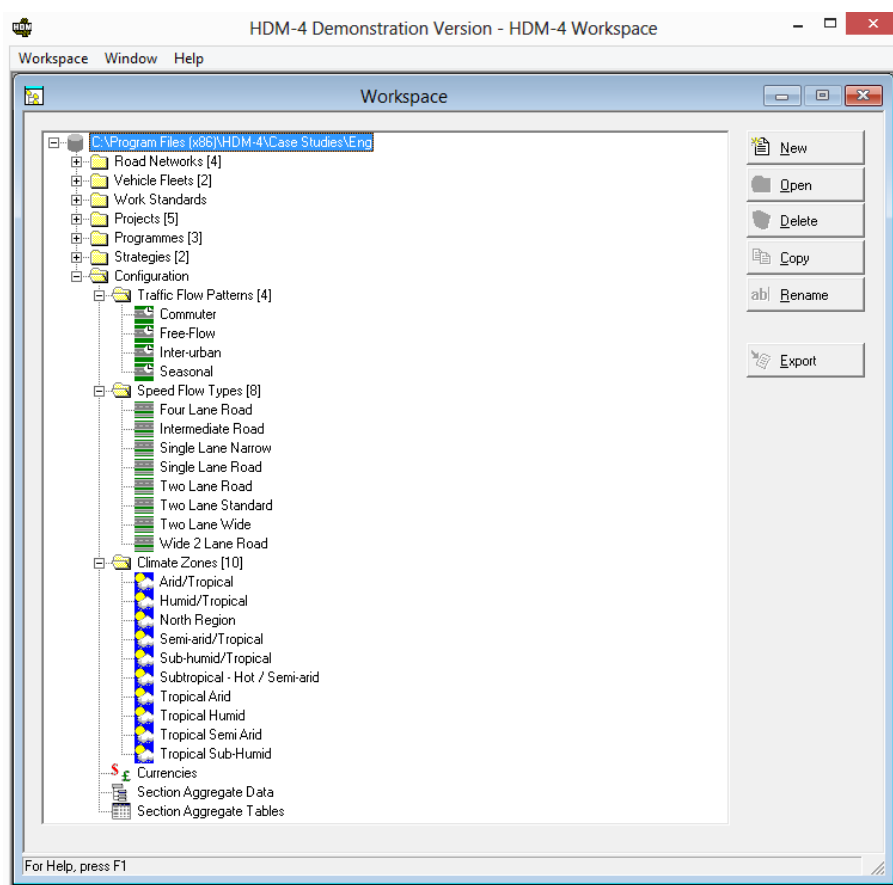


Figura 3.17 – Parâmetros a definir no campo “Configuração”

As opções de edição são as seguintes:

Padrões de fluxo de tráfego

É possível criar padrões novos e apagar ou alterar padrões previamente definidos.

Nos exemplos disponibilizados pelo HDM-4, foram definidos valores por defeito para os padrões de fluxo de tráfego de viagens habituais (*commuter*), fluxo livre (*free-flow*), fluxo interurbano (*inter-urban*) e fluxo sazonal (*Seasonal*).

Caso se pretenda alterar um padrão de tráfego previamente gravado, seleciona-se o nome correspondente e clica-se em “abrir”. Quando se edita um destes padrões de fluxo de tráfego, por exemplo o padrão de viagens habituais (*commuter*), aparece a seguinte janela:

Traffic Flow Pattern: Commuter

Definition
Name: Commuter
Road use: Commuter

Flow distribution data
Select method: ☐ HV ☒ PCNADT

Period	Description	Hrs per year (HRYRp)	Hourly Volume (HVp)	% of AADT (PCNADTp)
1	P	87.60	0.130	3.05
2	P	350.40	0.120	11.33
3	P	613.20	0.100	16.55
4	P	2978.40	0.070	56.26
5	P	4730.40	0.010	12.81

8760.00 100.00

NB. HRYRp must equal 8760, and PCNADTp must equal 100

The name of this Traffic Flow Pattern

Figura 3.18 – Padrões de tráfego para viagens habituais

Escolhido o padrão de fluxo de tráfego de acordo com o estudo a desenvolver, é necessário obter os valores correspondentes do tráfego acumulado divididos em períodos horários, para substituição dos valores definidos por defeito no exemplo do HDM-4.

Os valores por defeito são obtidos escolhendo um uso para a estrada, no campo “Road use”. Os valores obtidos podem ser alterados editando os números no quadro da figura 3.18.

Os padrões de fluxo de tráfego diferem na distribuição horária do tráfego ao longo do dia.

As estradas com fluxo de tráfego de viagens habituais, têm uma concentração de tráfego em determinadas horas do dia. As estradas interurbanas têm distribuição mais uniforme do fluxo de tráfego anual ao longo dos dias e também ao longo das horas do dia. As estradas com fluxo de tráfego livre, tem distribuição uniforme ao longo das horas. As estradas com fluxo de tráfego sazonal, tem a distribuição mais desequilibrada, com elevada concentração de tráfego em determinados dias do ano.

Padrões de fluxo de velocidade

À semelhança dos padrões de fluxo de tráfego, aqui pode criar-se padrões novos e apagar ou alterar padrões previamente definidos.

Os padrões de fluxo de velocidade são definidos em função da geometria da estrada, conforme o tipo e número de vias. Para os casos de estudo do HDM-4, foram definidos padrões de fluxo de velocidade para estradas com uma única via simples, estradas com uma única via estreita, estradas com duas vias, com duas vias padrão, com duas vias largas, com quatro vias, e estradas intermédias.

Escolhido o padrão de fluxo de velocidade, os valores por defeito podem ser alterados de acordo com o estudo a desenvolver. Estes são obtidos escolhendo um uso para a estrada, no campo “Road type”, podendo ser alterados.

O aspeto da janela de edição de um dos parâmetros de fluxo de velocidade, por exemplo para uma estrada com quatro vias é o seguinte:

Figura 3.19 – Padrão de fluxo de velocidade

Nos padrões de fluxo de velocidade, é possível introduzir dados relativos à sinistralidade.

Os casos de estudo do HDM-4 não tem valores da sinistralidade pré-definidos, no entanto caso se pretenda incluir o impacto da sinistralidade no estudo a desenvolver, podem ser introduzidos os dados de sinistralidade de duas formas, ou decompondo o número de acidentes por três tipos de danos provocados, apenas materiais, ferimentos ou morte, ou em alternativa pelo total do número de acidentes.

Zona Climática

Nesta versão do programa estão incluídas zonas climáticas tipo, apenas a título exemplo, com variantes das regiões norte, regiões do sul e regiões dos trópicos. Estas deverão ser adaptadas às condições específicas do país, ou região, de acordo com o estudo a desenvolver.

Para o exemplo da zona climática “região norte”, os valores definidos consideram que está inserida num ambiente sub-úmido e tropical-quente, quanto à humidade e temperatura respetivamente.

Para alterar estes parâmetros podem modificar-se os valores nos campos próprios, conforme janela seguinte.

Climate Zone: North Region

Climate

Name: North Region

Moisture Classification: Sub-humid

Moisture Index: 0

Duration of dry season: 0.5 (as a fraction of a year)

Mean monthly precipitation: 100 mm

Temperature Classification: Subtropical - hot

Mean temperature: 22 °C

Temp Range: 50 °C

Days T > 32 °C: 60 days

Freeze Index: 0 C-days

Percentage Of Time Driven

on snow covered roads: 0 0 ≤ PCTDS ≤ 100

on water covered roads: 10 0 ≤ PCTDW ≤ 100

OK

Cancel

Defaults...

The name of this Climate Zone

Figura 3.20 – Parâmetros da Zona Climática “Região Norte”

Moeda

Neste campo podem ser definidos os dados relativos à moeda, nome, símbolo e posição quando apresentado um número sob a forma de moeda. Noutra etapa, quando for definido o tipo de estudo, projeto, programa ou estratégia, serão definidos os fatores de conversão, onde se incluem as taxas de câmbio. Podem ser definidos os dados para várias moedas.

Currencies

Description	Symbol	Symbol Position
US Dollar	US\$	\$1,1
Pound Sterling	£	£1,1
Franc	FF	1,1 F
Euro	€	1,1 €

Add...

Delete...

OK

Cancel

Definition of currencies units

Figura 3.21 – Campo para definição de moedas

Secção de dados de agregados e de tabelas de agregados

O HDM-4 tem preenchidos, por defeito, valores para os parâmetros dos agregados.

Estes parâmetros estão descritos em função de diversos fatores: geométricos, de tráfego, de qualidade de construção e condições superficiais, entre outros, conforme quadro 3.5. Em “Edit related tables” podem ser visualizadas e editadas as tabelas com os parâmetros de agregados correspondentes.

Nesta secção o utilizador poderá introduzir algumas melhorias importantes, por exemplo, aumentando as opções relativas às condições de tráfego. Com efeito, apenas estão definidas três categorias de volume

de tráfego, baixo, médio e alto, quando na realidade e em rigor, pode considerar-se uma escala com mais categorias, intermédias e extremas.

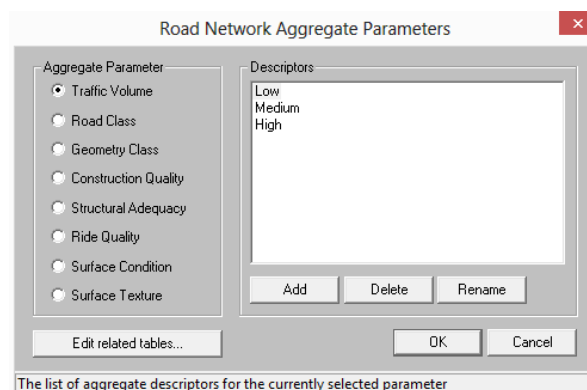


Figura 3.22 – Descritores do parâmetro dos agregados

Os vários parâmetros de agregados e correspondentes descritores, estão listados no quadro seguinte:

Quadro 3.5 – Configurações para parâmetros dos agregados

Parâmetro dos Agregados	Descritores
Volume de tráfego	Baixo Médio Elevado
Classe da estrada	Principal ou nacional Terciária ou local Secundária ou Regional
Classe geométrica da estrada	Recta e nivelada Quase toda em recta e levemente ondulada Com curvas e quase toda nivelada Com curvas e levemente ondulada Com curvas e severamente ondulada Cheia de curvas e levemente ondulada Cheia de curvas e severamente ondulada
Qualidade de construção	Boa Aceitável-frágil Aceitável-macia Pobre-frágil Pobre-macia
Competencia estrutural	Pobre Média Boa
Qualidade do percurso	Boa Aceitável Pobre Má
Condição superficial	Nova Boa Aceitável Pobre Má
Textura superficial	Boa Aceitável Escorregadia

Alguns destes parâmetros deverão ser alterados e adaptados para melhor correspondência com as condições dos locais de implantação da estrada/redes de estradas, objeto do estudo a desenvolver, por se tratar de parâmetros específicos dos países onde foram desenvolvidos os casos de estudo. Como exemplo, a “classe da estrada”, cujos valores definidos por defeito para a regularidade, relacionados com a qualidade do percurso, estão aqui descritos para condições típicas de estradas em países desenvolvidos.

Caso o estudo a desenvolver se refira a uma estrada situada num país onde a qualidade dos materiais não seja garantida, este e os restantes parâmetros dos agregados deverão ser alterados em conformidade.

Road Network Aggregate Parameter Tables

Roughness

Ride Quality in IRI in m/km

Road class	Bituminous				Unsealed
	Good	Fair	Poor	Bad	Good
Primary or Trunk	2.00	4.00	6.00	8.00	
Secondary or Main	3.00	5.00	7.00	9.00	
Tertiary or Local	4.00	6.00	8.00	10.00	

OK Cancelar Aplicar

The aggregate definition of roughness

Figura 3.23 – Valores de regularidade para parâmetro “qualidade de percurso”

A informação contida em “section aggregate tables” onde são apresentados quadros com os valores dos parâmetros de agregados é a mesma desta secção, mas com uma disposição diferente.

Road Network Aggregate Parameter Tables

Pavement Strength AADT Bituminous Layers Geometry Surface Distresses Construction Quality Surface Texture Roughness

Traffic Band	Surface Class AADT		
	Bituminous	Unsealed	Concrete
Low	750	75	3000
Medium	3000	175	7500
High	7500	800	15000

OK Cancelar Aplicar

The aggregate definition of AADT

Figura 3.24 – Secção tabelas de agregados”

Características dos Veículos

Os veículos em circulação variam consideravelmente consoante a localização geográfica do projeto. Sendo esta uma questão fundamental a considerar nos estudos, O HDM-4 permite a definição de frotas

de veículos, acrescentando novos modelos ou adaptando os existentes, editando os valores pré-definidos para os casos de estudo.

Na figura 3.25 é apresentada a lista de veículos considerada na frota “veículos nacionais” definida para os exemplos práticos.

Name	Class	Data Last Modified	Base Type	Category
Leyland Bus	Buses	18/06/1999	Bus Heavy	Motorised
Mercedes heavy Truck	Trucks	18/06/1999	Truck Heavy	Motorised
Nissan Pickup	Utilities	18/06/1999	Goods Vehicle Light	Motorised
Tata 7.5T Lorry	Trucks	18/06/1999	Truck Medium	Motorised
Toyota Corolla Car	Passenger Cars	18/06/1999	Car Medium	Motorised
Toyota Hiace Minibus	Buses	18/06/1999	Mini-bus	Motorised

Figura 3.25 – Veículos considerados

Na figura 3.26 e figura 3.27 apresentam-se as características para um dos veículos da frota, camião pesado Mercedes. No caso de se introduzir um veículo novo será necessário introduzir esta informação.

Figura 3.26 – Características base do veículo selecionado

Figura 3.27 – Outras características definidas para o veículo selecionado

Quadro 3.6 – Dados dos veículos

Características dos Veículos		
Definição	Nome	
	Tipo	
	Classe	
	Categoria	
	Descrição	
Características Básicas	Físicas	PCSE
		Num. rodas
		Num. eixos
	Pneus	Tipo
		Num. Reutilizações
		Custo recauchutagem (%)
	Utilização	Km percorridos
		Horas e trabalho
		Vida Útil
		Passageiros
		Utilização privada
Custos económicos unitários	Carga	Viagens em trabalho (%)
		ESALF
		Peso operacional
	Recursos veículo	Veículo novo
		Substituição de pneus
		Combustível
		Lubrificantes
		Hora manutenção
		Condutor/operador
		Sobrecusto anual
	Valor hora	Taxa juro
		Passageiro em trabalho
		Passeiro não em trabalho
Custos económicos financeiros	Recursos veículo	Carga
		Veículo novo
		Substituição de pneus
		Combustível
		Lubrificantes
		Hora manutenção
		Condutor/operador
		Sobrecusto anual
		Taxa juro

Para simplificar a visualização das diversas características e informações presentes nas inúmeras janelas de configuração de características dos veículos, apresenta-se no quadro 3.6 um resumo dos dados que é possível definir:

A introdução dos valores dos custos económicos unitários permitirá calcular os custos da estrada a suportar diretamente pelos utilizadores, traduzidos em custos de operação dos veículos e de tempos de viagem, para cada tipo de veículo.

Estes custos são específicos de cada país, variando consideravelmente com o contexto local. Os valores apresentados nos casos de estudo do HDM-4, são indicativos para países desenvolvidos. Todos estes valores estão referidos na moeda definida previamente.

Redes de estradas

Após a definição das características dos veículos, a etapa seguinte passa pela definição de uma ou várias redes de estradas.

Para os casos de estudo incluídos no programa, foram definidas quatro redes de estradas: Estradas Nacionais da Região Leste, Matriz da Rede Rodoviária Nacional, Secções de Estradas de Projeto para a Região Norte e Estradas Nacionais da Região Oeste.

Para cada estrada/secção da rede, estão incluídas, conforme figura 3.28, os seguintes dados:

- ID (iniciais do nome da secção);
- Nome da secção;
- Data da última modificação;
- Tipo de revestimento superficial; Extensão da secção;
- Tipo de pavimento;
- Largura da faixa de rodagem;
- Sentidos do tráfego;
- Número de vias;
- Largura da berma;
- Tipo de fluxo de velocidade;
- Padrão de velocidade;
- Zona climática;
- Classe da estrada (importância);
- MT AADT (Média anual de tráfego diário, de veículos motorizados);
- NMT AADT (Média anual de tráfego diário, de veículos sem motor).

Na figura 3.28 estão identificadas as estradas e secções de estrada, incluídas na rede de estradas de i), “Eastern Province Trunk Roads” (Estradas Nacionais da Região Leste).

ID	Description	Data Last Modified	Surface Class	Pavement Type	Length (km)	Carriageway Width (m)	Traffic Flow	Lanes	Shoulder Width (m)	Speed Flow Type	Traffic Flow Pattern	Climate Zone	Road Class	MT AADT	NMT AADT	AADT Year
A1-001	Gaborone-Pilane	07/12/1999	Bituminous	Asphalt Mix on Granular Base	30.0	6.70	Two-way	2.00	1	Two Lane W	Free-Flow	Tropical Arid	Primary or Tr	1402.00	0.00	1998
A1-002	Pilane-Rasesa	07/12/1999	Bituminous	Asphalt Mix on Granular Base	7.0	6.70	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Arid	Secondary o	425.00	0.00	1998
A1-003	Rasesa-Monametsana	07/12/1999	Bituminous	Asphalt Mix on Granular Base	15.0	6.70	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Arid	Secondary o	231.00	0.00	1998
A1-004	Monametsana-Mahalapye	07/12/1999	Bituminous	Surface Treatment on Granular B	142.0	6.70	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Arid	Secondary o	397.00	0.00	1997
A1-005	Mahalapye-Palapye	07/12/1999	Bituminous	Surface Treatment on Stabilised f	80.0	6.70	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Arid	Primary or Tr	682.00	0.00	1998
A1-006	Palapye-Serule	07/12/1999	Bituminous	Surface Treatment on Stabilised f	70.0	6.70	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Arid	Primary or Tr	891.00	0.00	1998
A1-007	Serule-Francis Town	07/12/1999	Bituminous	Asphalt Mix on Granular Base	98.0	6.70	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Arid	Primary or Tr	1035.00	0.00	1998
A1-040	Francis Town - Selebi Phikwe	07/12/1999	Bituminous	Asphalt Mix on Granular Base	85.0	6.70	Two-way	2.00	1	Two Lane W	Free-Flow	Tropical Arid	Primary or Tr	1134.00	0.00	1998
A24-01	Gaborone-Tlokweneng	07/12/1999	Bituminous	Surface Treatment on Granular B	10.0	6.70	Two-way	2.00	2	Two Lane W	Free-Flow	Tropical Arid	Primary or Tr	2391.00	0.00	1998
A25-01	Gaborone-Lobatse Section 1	07/12/1999	Bituminous	Surface Treatment on Granular B	60.0	6.70	Two-way	2.00	2	Two Lane W	Free-Flow	Tropical Arid	Primary or Tr	1678.00	0.00	1998
A25-02	Gaborone-Lobatse Section 2	07/12/1999	Bituminous	Asphalt Mix on Granular Base	34.0	6.70	Two-way	2.00	1	Two Lane W	Free-Flow	Tropical Arid	Primary or Tr	1234.00	0.00	1998
A26-01	Lobatse-Jwaneng Section 1	07/12/1999	Bituminous	Asphalt Mix on Granular Base	120.0	7.20	Two-way	2.00	2	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Arid	Primary or Tr	751.00	0.00	1998
A27-01	Jwaneng-Sekoma Section 1	07/12/1999	Bituminous	Surface Treatment on Granular B	80.0	6.70	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Arid	Secondary o	562.00	0.00	1998
A2702	Morwamosu-Kang	07/12/1999	Bituminous	Surface Treatment on Granular B	53.0	6.00	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Arid	Secondary o	274.00	0.00	1998
A27-02	Jwaneng-Sekoma Section 2	07/12/1999	Bituminous	Surface Treatment on Granular B	100.0	6.00	Two-way	2.00	1	Single Lane I	Free-Flow	Tropical Arid	Secondary o	189.00	0.00	1998
A28-01	Sekoma-Morwamosu	07/12/1999	Bituminous	Surface Treatment on Granular B	79.0	6.00	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Arid	Secondary o	290.00	0.00	1998
A28-02	Kang-Takashwane	07/12/1999	Bituminous	Asphalt Mix on Granular Base	83.4	6.00	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Hun	Secondary o	321.00	0.00	1998
A28-03	Takaswane-Ghanzi	07/12/1999	Bituminous	Asphalt Mix on Granular Base	92.0	6.00	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Hun	Secondary o	221.00	0.00	1998
A3-001	Sebina - Moseitse	07/12/1999	Bituminous	Asphalt Mix on Granular Base	79.0	6.70	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Hun	Secondary o	187.00	0.00	1998
A3-002	Moseitse-Nata	07/12/1999	Bituminous	Asphalt Mix on Granular Base	68.0	6.70	Two-way	2.00	1	Two Lane St	Free-Flow	Tropical Hun	Secondary o	164.00	0.00	1998
GR	Gravel Road	07/12/1999	Unsealed	Gravel	10.0	6.00	Two-way	2.00	1	Single Lane I	Free-Flow	Tropical Hun	Tertiary or Lc	106.00	0.00	1998

Figura 3.28 – Secções da rede de “Estradas Nacionais da Região Leste”

A definição destas secções tem subjacente a consideração de troços homogéneos em termos de características, salvaguardando a manutenção das condições de tráfego ao longo de toda a extensão da secção.

Para a definição de outros dados e características, de uma qualquer secção de estrada considerada, selecciona-se o botão de edição, abrindo uma janela com quatro separadores - Definição, Geometria, Pavimento e Condição.

As quatro figuras seguintes são imagens destes separadores.

Estas apresentam os campos a preencher quando se pretende acrescentar uma nova estrada, e as configurações assumidas para o exemplo da estrada Gabarone-Pilane, secção A1 001 da rede Estradas Nacionais da Região Leste.

Section: Gaborone-Pilane

Definition | Geometry | Pavement | Condition

Section Name: Gaborone-Pilane

Section ID: A1-001

Link Name:

Link ID:

Speed flow type: Two Lane Wide

Traffic flow pattern: Free-Flow

Climate zone: Tropical Arid

Road class: Primary or Trunk

Surface class: Bituminous

Pavement Type: Asphalt Mix on Granular Base

Length: 30 km

Carriageway width: 6,7 m

Shoulder width: 1 m

Number of Lanes: 2

Traffic

Motorised: 1402 AADT

NMT: 0 AADT

Year: 1998

Flow direction: Two-way

Details... OK Cancelar

Name of section

Figura 3.29 – Definições da secção

Na figura 3.29 é apresentada a mesma informação do quadro da figura 3.28, mas apenas para esta secção.

A figura 3.30 contém características geométricas, a inclinação longitudinal e o raio de curvatura horizontal médio, o limite de velocidade e tipo de drenagem superficial.

Section: Gaborone-Pilane

Definition | Geometry | Pavement | Condition

Rise + Fall: 20 m/km

Avg horiz curvature: 300 deg/km

Speed limit: 120 km/h

Altitude: 1 m

Drain type: V-shaped - soft

Details... OK Cancelar

Average road Rise plus Fall

Figura 3.30 – Características geométricas

A figura 3.31 refere-se a especificações do pavimento, características da camada superficial, resistência, e indicação dos anos quando foi realizada a ultima intervenção.

Section: Gaborone-Pilane

Definition | Geometry | Pavement | Condition

Surfacing

Material type: **Asphaltic Concrete**

Most recent surfacing thickness: 20 mm

Previous/old surfacing thickness: 15 mm

Previous works (HDM-4 Work Types)

Last reconstruction or new construction: 1992 year

Last rehabilitation (overlay): 1992 year

Last resurfacing (resealing): 1997 year

Last preventative treatment: 1997 year

Strength

Calculated Wet season model parameters

SNP: 4.02 DEF: 0.70 mm

[1] ☒ Structural Number: 2.5

Subgrade CBR: 15 %

☐ 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

Figura 3.31 – Características do pavimento

O separador Condição, apresentado na figura 3.32, contém campos para definição dos parâmetros do pavimento e degradações existentes no final do ano da última intervenção.

São definidos o índice de regularidade internacional, IRI, a superfície fendilhada, a regularidade superficial, a quantidade de buracos, área de bermas partidas, a regularidade transversal, a profundidade da textura, o coeficiente de atrito e o estado da drenagem.

Section: Gaborone-Pilane

Definition | Geometry | Pavement | Condition

Condition at end of year	1997
Roughness (IRI - m/km)	4.67
Total area of cracking (%)	5.00
Ravelled area (%)	10.00
Number of Potholes (No./km)	2.00
Edge break area (m²/km)	10.00
Mean rut depth (mm)	5.00
Texture depth (mm)	0.70
Skid resistance (SCRIM 50km/h)	0.40
Drainage	Excellent

Add New Year

Delete Year

Sort Years

Details... OK Cancelar

Edit details for the section

Figura 3.32 – Condição – danos existentes na secção

Definidos estes parâmetros é necessário introduzir configurações específicas a utilizar pelos modelos de comportamento adotados pelo programa.

Selecionando o botão “detalhes”, abre-se uma janela contendo seis separadores – relativos à velocidade; drenagem, bermas e vias para veículos sem motor; história; danos superficiais; textura superficial e defeitos estruturais.

Na figura 3.33 são apresentados parâmetros geométricos condicionantes da velocidade de circulação, como inclinação longitudinal e sobrelevações.

São ainda definidos os fatores de redução da velocidade de circulação relativos a condições das bermas e trânsito de veículos não motorizados. O HDM-4 calcula o correspondente fator de redução de velocidade.

A figura 3.34 mostra os campos a preencher para definição das condições laterais da estrada, número de bermas e correspondentes fatores de drenagem.

Section Calibration: Gaborone-Pilane

Surface Distress | Surface Texture | Structural Defects
Speed Related | Drainage, Shoulders, and NMT Lanes | History

Alignment:

No. of rises + falls: 1 no./km
Superelevation: 5 %
adral: 0.1 m/s²

Speed Reduction Factors

XNMT: 1 0.6 <= XNMT <= 1
Road side friction: 1 0.6 <= XFRI <= 1
XMT: 1 0.4 <= XMT <= 1
Speed limit enforcement: 0.83

OK Cancel

Average number of Rises and Falls per km

Figura 3.33 – Condicionantes geométricas de velocidade

Section Calibration: Gaborone-Pilane

Surface Distress | Surface Texture | Structural Defects
Speed Related | Drainage, Shoulders, and NMT Lanes | History

Shoulders

Number of: 2
Edge step: 25 mm

Drainage

Drain life calibration factor: 1
Drainage factor: 1

☐ Separate NMT lanes

Number of lanes: 0
Pavement surface type: Bituminous

OK Cancel

Number of shoulders

Figura 3.34 – Condições das bermas

No separador “historia”, figura 3.35, são definidos indicadores da qualidade de construção - CDS (condição da superfície betuminosa) e CDB (condição das bases) - e condições anteriores, para a classificação da camada de desgaste.

O separador da figura 3.36, “danos superficiais” define as configurações para o modelo de iniciação da abertura de fendas utilizado pelo HDM-4.

Section Calibration: Gaborone-Pilane

Surface Distress | Surface Texture | Structural Defects
Speed Related | Drainage, Shoulders, and NMT Lanes | History

Construction quality defect indicators

Bituminous surfacing: 0.75 0.5 <= CDS <= 1.5
Road Base: 0.8 0 <= CDB <= 1.5

Compaction

Relative compaction: 97 %

Previous surface condition

Area of all structural cracking: 0 %
Area of wide cracking: 0 %
Transverse thermal cracks: 0 no./km

OK Cancel

Construction defect rating for bituminous surfacing

Figura 3.35– Indicadores da qualidade construção

Section Calibration: Gaborone-Pilane

Speed Related | Drainage, Shoulders, and NMT Lanes | History
Surface Distress | Surface Texture | Structural Defects

Calibration factors

	Initiation	Progression
All structural cracking:	1	1
Wide structural cracking:	1	1
Transverse thermal cracking:	1	1
Ravelling:	1	1
Pothole:	1	1
Edge break:	1	1

Patching

Time lapse to patching: < two weeks

Distribution of cracking

All structural cracking: 100 %
Transverse thermal cracking: 0 %
Total: 100 %
Wide structural cracking as a percentage of All structural cracking: 0 %

Surface Distress Retardation

Cracking retardation time: 0 years
Ravelling retardation factor: 1

OK Cancel

Calibration factor for the structural cracking initiation model

Figura 3.36 – Fatores para danos superficiais

Na figura 3.37 são definidos os fatores relativos à textura superficial, a utilizar no modelo de rugosidade.

Na figura 3.38, separador “danos estruturais”, são definidos os fatores a considerar no modelo de propagação de rodadeiras.

Figura 3.37 – Fatores para textura superficial

Figura 3.38 – Fatores para danos estruturais

Intervenções tipo

A etapa seguinte para configuração de dados antes da análise propriamente dita, é a definição dos tipos de intervenção e padrões de trabalho.

Aqui serão introduzidos os dados para caracterização das intervenções tipo de manutenção, melhorias e construções novas.

Para os casos de estudo, foram definidos vinte e oito tipos de intervenção de manutenção e onze tipos de intervenção para melhorias, apresentados a seguir, nas figuras 3.39 e 3.40.

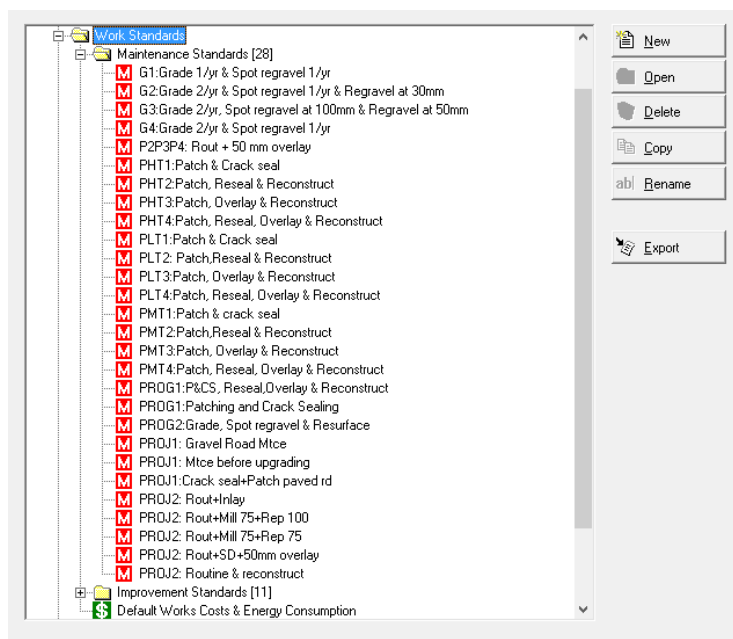


Figura 3.39 – Lista de intervenções de manutenção tipo

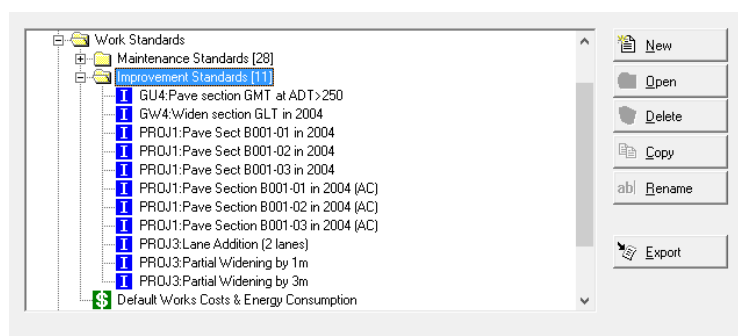


Figura 3.40 – Lista de intervenções de beneficiação tipo

Esta diversidade de padrões de intervenção pretende representar diferentes possibilidades de usos e políticas seguidas por entidades com responsabilidades na gestão rodoviária, no que se refere às formas e frequência das intervenções.

Intervenções de manutenção

Selecionando e abrindo uma destas intervenções tipo, por exemplo “PHT2:Patch, Reseal & Reconstruct” (remendar, selar e reconstruir), surge uma janela com a discriminação das tarefas envolvidas nesta intervenção. Esta em particular, é constituída por três tarefas distintas.

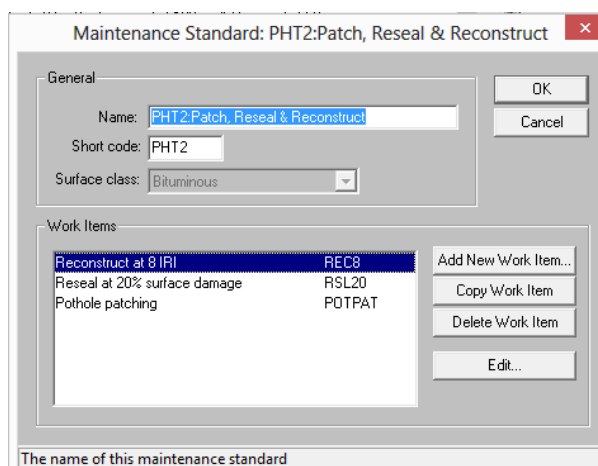


Figura 3.41 – Informação geral da intervenção tipo PHT2

Editando qualquer das tarefas, surge uma janela com cinco separadores: Geral, Projeto, Intervenção, Custo e Efeito, apresentados nas figuras 3.42, 3.43, 3.44, 3.45 e 3.46 seguintes. Para a edição de cada uma das tarefas surge um idêntico grupo de separadores.

O separador “Geral”, figura 3.42, identifica a tarefa, define uma abreviatura para o nome e o tipo de intervenção, se planeada ou de resposta.

No separador “Design” estão definidos alguns detalhes relativos ao projeto: Tipo de pavimento, material do pavimento, espessura da camada, o número estrutural do pavimento SNP_d , a compactação relativa

média do pavimento, e indicadores de qualidade de construção da camada betuminosa e da base do pavimento.

Maintenance Works Item: Reconstruct at 8 IRI

General | Design | Intervention | Costs | Effects

Name: Reconstruct at 8 IRI
 Short code: REC8
 Surface: Bituminous
 Feature type: Carriageway
 Operation: Pavement reconstruction
 Intervention type: ☐ Scheduled ☒ Responsive

OK Cancel Aplicar

The name of this works item

Figura 3.42 – Identificação da tarefa

Maintenance Works Item: Reconstruct at 8 IRI

General | Design | Intervention | Costs | Effects

Pavement type: Asphalt Mix on Granular Base
 Surface material: Asphaltic Concrete
 Dry season Structural Number: 2.9
 Surface thickness: 50 mm
 Relative compaction: 97 %
 Road base (for stabilised base only)
 Base thickness: 0 mm Resilient modulus: 15 GPa
 Construction Defect Indicators
 Bituminous surfacing: 1 0.5 <= CDS <= 1.5
 Base: 0 0 <= CDB <= 1.5

OK Cancel Aplicar

Pavement type

Figura 3.43 – Considerações de projeto da tarefa

No separador “Intervenção”, figura 3.44, é definido o critério de resposta, que desencadeia a necessidade de intervenção. Neste exemplo a necessidade de intervir está definida para quando o valor do índice IRI atingir 8. Esta intervenção está ativa para tráfego médio diário anual inferior a 100.000 veículos e até ao limite temporal do ano 2099. Existe a possibilidade de se alterar o critério de resposta, clicando no botão “edit”.

No separador “Custo”, figura 3.45, são definidos os custos económicos e financeiros, unitários.

Maintenance Works Item: Reconstruct at 8 IRI

General | Design | Intervention | Costs | Effects

Responsive Criteria
 Roughness >= 8 IRI Add New Criterion...
 Delete Edit...

Limits
 Last year: 2099 year
 Max roughness: 12.5 IRI (m/km)
 Max quantity: 5000 m²/km/year
 Interval: 1 year(s)
 AADT: 0 100000

OK Cancel Aplicar

Add an intervention criterion to this improvement standard

Figura 3.44 – Condição para início da tarefa

Maintenance Works Item: Reconstruct at 8 IRI

General | Design | Intervention | Costs | Effects

Economic Financial
 Unit cost: 28 33.6 per m²
 Unit Costs Of Preparatory Works
 Spot Recraveling: 0 0 per m²
 Patching: 0 0 per m²
 Edgerepair: 0 0 per m²
 Crack sealing: 0 0 per m²
 Drainage
 Drainage maintenance cost factor: 1 0 < DMCF <= 1

OK Cancel Aplicar

Economic unit cost of works

Figura 3.45 – Custos unitários

No separador “Effects”, figura 3.46, são definidas as condições após a execução dos trabalhos, neste caso os impactos positivos nos parâmetros do pavimento, consequência dos trabalhos.

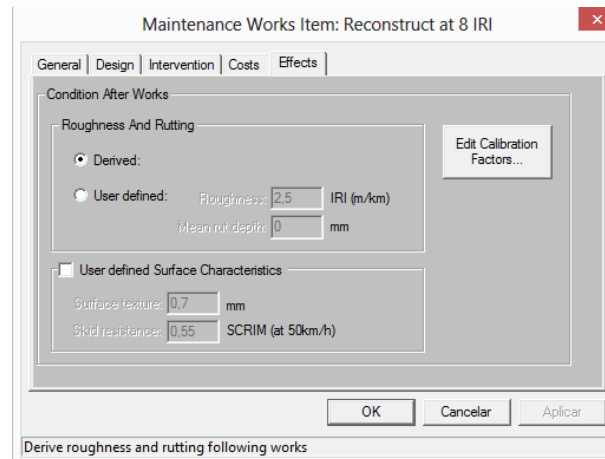


Figura 3.46 – Condição após os trabalhos

Os fatores de calibração usados no modelo de iniciação da abertura de fendas estruturais, que determina as consequências desta intervenção, podem ser editados, abrindo a janela da figura 3.47, onde há quatro separadores para definição desses fatores: “danos superficiais”, “textura superficial”, “danos estruturais” e “drenagem”.

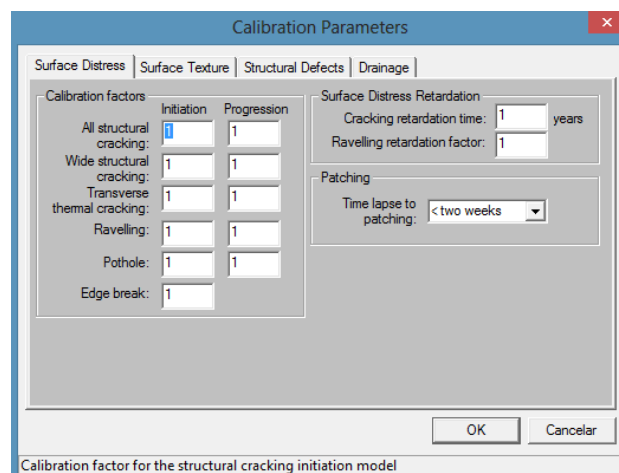


Figura 3.47 – Fatores de calibração para o modelo de iniciação de fendilhamento estrutural

Padrões de beneficiação

Os padrões de beneficiação, são definidos para utilizar em estudos que envolvam a reconstrução de pavimentos, melhoramentos, alargamentos parciais, adição de novas vias em estradas existentes e realinhamentos.

Selecionando uma destas intervenções tipo, por exemplo “PROJ1: Pave SectB001-01 in 2004”, surge uma janela com sete separadores: Geral, Projeto; Intervenção; Custo; Pavimento; Geometria e Efeitos, figura 3.48.

Os parâmetros a editar ao longo destes separadores são semelhantes aos dos padrões de manutenção, sendo que aqui a informação solicitada depende fundamentalmente da classificação do tipo de beneficiação, escolhida no separador “Geral”, figura 3.48.

Improvement Standard: PROJ1:Pave Sect B001-01 in 2004

General | Design | Intervention | Costs | Pavement | Geometry | Effects

Name: PROJ1:Pave Sect B001-01 in 2004

Short code: Pave01

Feature type: Carriageway

Existing Surface class: Unsealed

Improvement type: Upgrading

Duration: 2 years

Intervention type: ☒ Scheduled ☐ Responsive

OK Cancelar

The name of this improvement standard

Figura 3.48 – Edição de um padrão de beneficiação - Geral

O separador “Geral” define o nome e tipo de intervenção, o tipo de superfície existente e a duração dos trabalhos.

O separador “Projeto” define os novos atributo de projeto da estrada.

O separador ”Intervenção” define o período durante o qual serão executados os trabalhos.

No separador “custo” são definidos os custos unitários de construção e o valor residual.

O separador “Pavimento” define as novas características do pavimento após a intervenção.

O separador “Geometria” define as novas características geométricas da estrada.

No separador “Efeitos” são definidas as condições finais após a intervenção.

Improvement Standard: PROJ1:Pave Sect B001-01 in 2004

General | Design | Intervention | Costs | Pavement | Geometry | Effects

Economic Financial

Unit cost: 255000 300000 per km

Annual cost stream: 1 2 3 4 5

50 50 33 0 0 %

Salvage value: 0 %

Unit Costs Of Preparatory Work:

	Economic	Financial	
Resurfacing of existing carriageway	0	0	per m ²
Patching	0	0	per m ²
Edge repair	0	0	per m ²
Crack sealing	0	0	per m ²

OK Cancelar

The economic unit cost of the improvement standard

Figura 3.49 – Edição de um padrão de beneficiação - Custos

Improvement Standard: PROJ1:Pave Sect B001-01 in 2004

General | Design | Intervention | Costs | Pavement | Geometry | Effects

Geometry Class: Select a geometry class to obtain default geometry values

Details:

Rise + fall: 10 m/km

No. of rises + falls: 1 no./km

Avg horiz curvature: 50 deg/km

Superelevation: 3 %

adral: 0,1 m/s²

Speed limit: 120 km/h

Speed limit enforcement: 1,1

Speed Reduction Factors:

XNMT: 1 0.6 <= XNMT <= 1

XMT: 1 0.4 <= XMT <= 1

Road side friction: 1 0.6 <= XFRI <= 1

OK Cancel

Average road Rise plus Fall

Figura 3.50 – Edição de um padrão de beneficiação -Geometria

À semelhança do que sucede com os fatores de calibração detalhada para os padrões de manutenção, também aqui podem ser definidos os fatores usados no modelo de iniciação da abertura de fendas estruturais.

Moeda predefinida para os trabalhos, custos e consumo energético

Neste campo é definida a moeda utilizada nos cálculos dos custos unitários das intervenções de manutenção e de trabalhos de beneficiação.

São introduzidos custos económicos ou financeiros unitários (valores de mercado), por tipo de trabalho.

É definida a rubrica orçamental para cada trabalho periódico, ou trabalhos não programados urgentes, e o consumo energético para cada trabalho.

Default Works Costs & Energy Consumption

Operation	Economic Unit Cost	Financial Unit Cost	Units	Budget Heading
Crack Sealing	0.00	0.00	per m ²	Recurrent
Patching	0.00	0.00	per m ²	Recurrent
Edge Repair	0.00	0.00	per m ²	Recurrent
Fog Seal	0.00	0.00	per m ²	Recurrent
Drainage	0.00	0.00	per km	Recurrent
Slurry Seal	0.00	0.00	per m ²	Capital
Rejuvenation	0.00	0.00	per m ²	Recurrent
Thin Overlay	0.00	0.00	per m ²	Capital

Currency: US Dollar

OK Cancel Energy >>

Figura 3.51 – Lista de trabalhos e consumo energético

Como foi referido antes, a forma mais simples de utilizar o programa, evitando as inúmeras configurações e dados iniciais a introduzir quando se pretende criar um novo espaço de trabalho, é optar pela utilização de um caso prático, ou estudo existente, como estudo de partida.

Escolhido um Projeto, Programa ou Estratégia de entre os casos práticos ou estudos existentes, e depois de aberto pelo programa, acede-se aos dados de origem e opções de configuração, realizando as adaptações e modificações necessárias, em conformidade com estudo a desenvolver.

4

CASO DE ESTUDO DO HDM-4

4.1. PREPARAÇÃO DO PROJETO

De entre os casos de estudo, cinco Projetos, dois Programas e duas Estratégias, disponibilizados como exemplo para demonstração das diferentes funcionalidades e capacidades desta aplicação, foi escolhido um dos Projetos para exemplificar o funcionamento da aplicação.

A seguir são descritas e explicadas as várias etapas do estudo.

Pelas suas características, tratando-se de um dos desafios com que os técnicos ligados ao sector se deparam, com alguma frequência, foi escolhido o projeto de “reabilitação de uma estrada pavimentada”.

Project 2a: Rehabilitation for a paved road (by section) – Reabilitação de uma estrada pavimentada. Análise por secção.

Este projeto pretende testar a justificação, numa base económica, para a reabilitação de uma secção de estrada pavimentada.

Selecionando o projeto na lista correspondente e clicando em “abrir”, surge a seguinte janela:

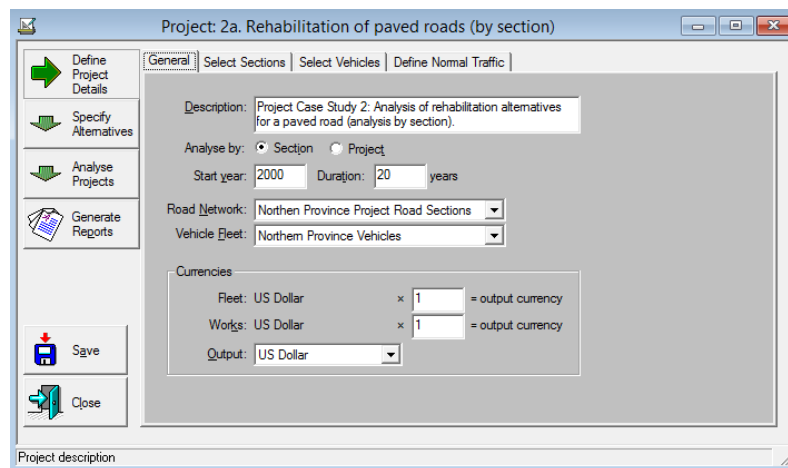


Figura 4.1 – Descrição do projeto 2a.

Para desenvolver este estudo é necessário cumprir as seguintes etapas, às quais corresponde cada botão de seleção da janela, conforme figura 4.1:

1. Definir os detalhes do projeto;
2. Especificar alternativas;
3. Analisar projetos;
4. Produzir relatórios.

O separador correspondente à primeira etapa, “define project details”, serve para introduzir informação relativa à descrição do projeto, como o ano de início e período da análise, identificação da rede estradas onde está inserida a secção, a frota dos veículos a considerar representativa do tráfego que vai utilizar a estrada e moeda a considerar na contabilização de custos.

Outra escolha importante a realizar nesta etapa é relativa ao tipo de análise pretendida. Há duas opções, por secção ou por projeto.

Escolhendo **análise por secção**, o estudo é realizado para cada secção individualmente, independentemente das restantes. Os indicadores económicos serão calculados para as alternativas definidas para cada secção (projeto) e os resultados da análise, específicos para cada secção.

A **análise por projeto** é indicada quando se pretende avaliar várias secções de estrada dependentes entre si. Os resultados são apresentados para o conjunto de secções como um todo. No caso de se avaliar a construção de uma variante a uma estrada existente, essa análise deverá ter em conta o desempenho futuro do conjunto estrada existente e nova estrada variante. Neste caso, por haver uma relação de dependência entre ambas as estradas, a análise deverá ser realizada por projeto.

No exemplo em análise, como mostra a figura 4.1, avaliação é realizada por secção.

O separador seguinte, figura 4.2, serve para indicar a secção/secções de estrada objeto da avaliação. No exemplo apresentado a secção pertence à rede de “Estradas de Projeto para a Região Norte” (Cap.3). Foi seleccionada apenas uma secção para a análise.

O programa permite visualizar e definir outras secções, começando por seleccionar o campo “mostrar secções não escolhidas” e na coluna “incluir” marcar a secção correspondente, caso se pretenda juntar outras secções à análise.

Este separador permite igualmente, ver/editar a secção da rede, ou rede de estradas.

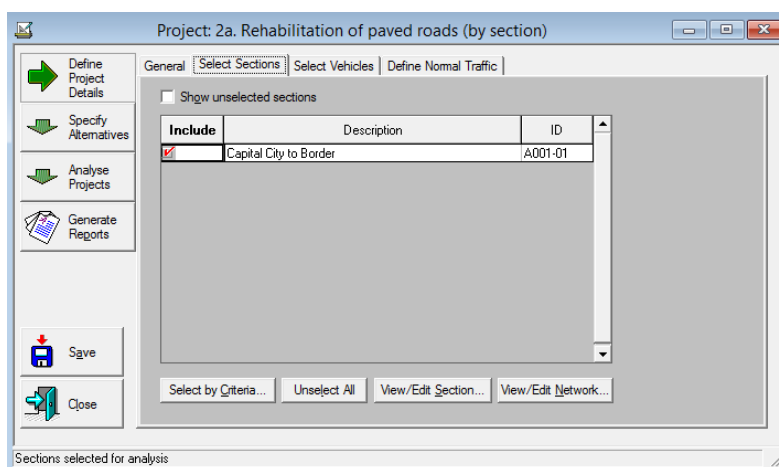


Figura 4.2 – Seleção da secção em análise

No separador “escolher veículos”, figura 4.3, são definidos os veículos dos utilizadores da secção em análise.

O programa permite ainda, considerar os efeitos de veículos não motorizados. Esta opção é importante, pelo impacto que estes veículos tem, normalmente, nos fluxos de velocidade, pela redução forçada da velocidade dos veículos motorizados, nas estradas sem vias específicas para veículos sem motor.

Neste exemplo está selecionada a opção de incluir os veículos não motorizados na análise, figura 4.3.

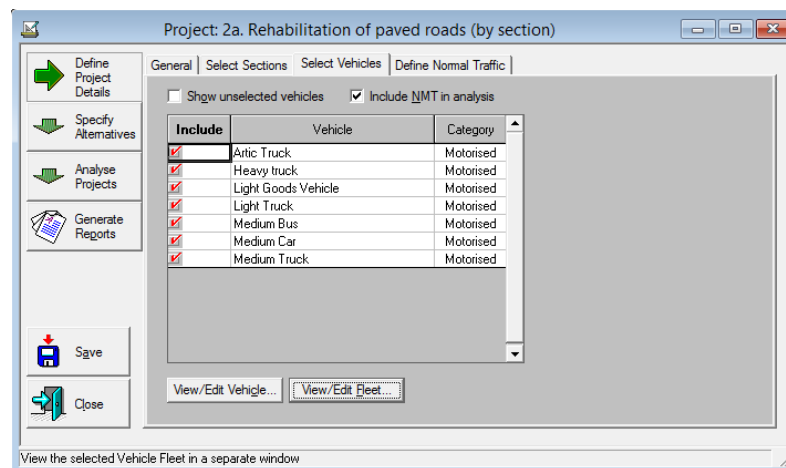


Figura 4.3 – Escolha da frota de veículos

No separador da figura 4.4, é definido o tráfego normal. Foi considerado um tráfego médio diário anual de 8000 veículos, para o ano de 1998.

Aqui pode definir-se a taxa anual de crescimento do tráfego, para cada veículo, conforme figura 4.5. Neste estudo foi considerada uma taxa de crescimento anual de 2 % para a generalidade dos veículos, exceto para os veículos ligeiros de passageiros e ligeiros de mercadorias, com uma taxa de 4%.

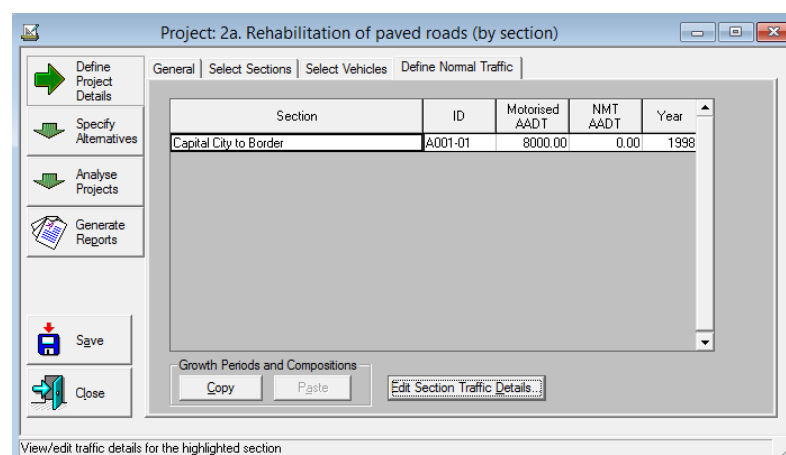


Figura 4.4 – Características do tráfego.

Normal Traffic Details

Motorised

Section Details

Name: Capital City to Border

AADT: 8000 Year: 1998

Growth Periods

Vehicle	Initial Composition (%)	Annual % increase from 2000
Medium Bus	2.50	2.00
Artic Truck	2.50	2.00
Heavy truck	10.00	2.00
Medium Truck	20.00	2.00
Light Truck	15.00	2.00
Light Goods Vehicle	20.00	4.00
Medium Car	30.00	4.00

Buttons: Add New Period, Delete Period, Edit Period..., OK, Cancelar

Figura 4.5 – Definição da taxa de crescimento anual do tráfego

Definidos os detalhes do projeto, a etapa seguinte é “escolher alternativas”.

Neste caso prático são consideradas e comparadas **seis alternativas de intervenção**, todas combinando vários tipos e padrões de trabalho, figura 4.6, podendo estes ser de conservação – identificados pela letra M (maintenance) – ou beneficiação – identificados pela letra I (improvement) – que por sua vez são compostos por tarefas simples.

Alternativa de intervenção:

1. Opção base
2. Rotina + 50 mm de reforço;
3. Rotina + Rev. Superficial + 50 mm de reforço
4. Rotina + 75 mm fresagem + 75 mm de reposição
5. Rotina + 75 mm fresagem + 100 mm de reposição
6. Rotina + Enchimento

Project: 2a. Rehabilitation of paved roads (by section)

Alternatives

Sections

Capital City to Border

Buttons: Edit Alternatives..., Paste Alternatives, Copy Alternative, Delete Alternative, View Details, Edit standards...

Details for section Capital City to Border

Section Alternatives	Assignments	Year
1. Base Option		
2. Routine+50mm overlay		
3. Routine+SDress+50mm o...		
4. Rout+Mill 75+Replace 75		
5. Rout+Mill 75+Rep 100		
6. Rout+Inlay		

Buttons: Save, Close

List of the selected sections

Figura 4.6 – Alternativas de intervenção para a secção escolhida

A cada alternativa corresponde um padrão de intervenção no campo “atribuições”.

Passando ao nível seguinte, editando um destes padrões, surge a lista com os tipos de intervenção existente na base de dados, figura 4.7.

Nesta janela, o menu de opções permite editar, copiar, apagar ou acrescentar tipos de trabalho, de conservação ou beneficiação, e editar as tarefas base predefinidas que compõem esses trabalhos.

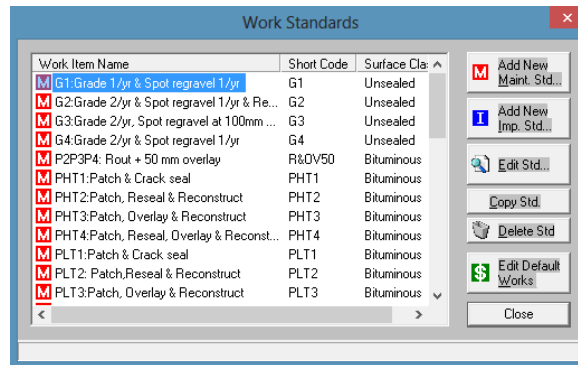


Figura 4.7 – Lista de padrões de intervenção disponíveis

Procurando na lista as alternativas de intervenção do exemplo em análise, e escolhendo editar no botão correspondente, surge a janela com os padrões de trabalho associados, como exemplo da figura 4.8, correspondente à quarta alternativa de intervenção: Rotina + fresagem 75mm + reposição de 75 mm.

Aqui são identificadas as tarefas, ou itens de trabalho, que constituem o padrão de trabalho.

Avançando para outro nível de detalhe, quando um item de trabalho é editado surge uma janela com um conjunto de cinco separadores - figura 4.9.

A informação contida em cada um destes separadores varia com o correspondente item de trabalho.

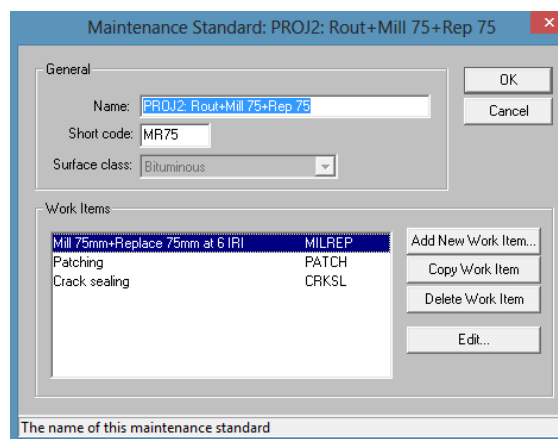


Figura 4.8 – Edição de um padrão de beneficiação

Maintenance Works Item: Mill 75mm+Replace 75mm at 6 IRI

General Design Intervention Costs Effects

Surface material: Asphaltic Concrete

Thickness of new surfacing: 75 mm

Dry season Strength coefficient: 0.4

Depth of milling: 75 mm

Area of carriageway to mill: 50 %

Construction Defect Indicators

Bituminous surfacing: 1 0.5 <= CDS <= 1.5

OK Cancelar Aplicar

Material for the new surface layer

Figura 4.9 – Edição de um Item de trabalho

Para o item “fresagem e reposição de 75 mm” os separadores contêm a seguinte informação:

Geral:

Informação geral: nome, código abreviado; tipo de intervenção programada ou de recurso, tipo de superfície do pavimento, operação e característica tipo;

Projeto:

Para a fresagem de pavimento do exemplo apresentado, é definida a profundidade de fresagem, espessura da camada de reposição e tipo de material, o coeficiente estrutural de época seca - SNP_d - e o indicador da qualidade de construção - CDS - para a superfície betuminosa - figura 4.9;

Intervenção:

Critérios de resposta (definem as condições para início da tarefa) e limites dentro dos quais esta tarefa está ativa. Neste exemplo, são considerados como limites, o ano final, o IRI máximo, a quantidade máxima, o intervalo entre intervenções consecutivas e $TmDA$;

Custos

Apresentados os valores do custo económico e custo financeiro da tarefa;

Efeitos

Condição após a execução dos trabalhos. Podem ser escolhidas duas opções, ou as condições resultam da aplicação dos modelos do HDM-4, e dos correspondentes fatores de calibração, ou então podem ser definidas pelo utilizador.

No quadro 4.1 são apresentados os padrões de intervenção, tarefas associadas e critérios que desencadeiam as respostas, originando as intervenções, para as seis alternativas em análise.

Quadro 4.1 – Alternativas de Intervenção e correspondentes Padrões de Trabalho

Nome da Alternativa	Abrev.	Tipo de Intervenção	Padrões de Intervenção	Critério para início da resposta
Opção Base	R&REC	Manut.	Reconstrução para IRI $\Rightarrow$ 10 e área degradada $\Rightarrow$ 40%	IRI atingir 10 e área degradada total igual ou superior a 40%
			Tapar buracos	Área seriamente danificada igual ou superior a 5%
			Selagem de Fendas	Área de fendas estruturais igual ou superior a 10%
Rotina + 50 mm de reforço	R&OV50	Manut.	Recarga de 50 mm para IRI $\Rightarrow$ 6	Irregularidade igual ou superior a 6
			Recarga de 50 mm para IRI $\Rightarrow$ 6 e área fendilhada $\Rightarrow$ 15%	Irregularidade igual ou superior a 6 e área fendilhada igual ou superior a 15%
			Tapar buracos	Área seriamente danificada igual ou superior a 5%
			Selagem de Fendas	Área de fendas estruturais igual ou superior a 10%
Rotina + Revest.Superf + 50 mm de reforço	RSDOV	Manut.	Recarga de 50 mm para IRI $\Rightarrow$ 6	Irregularidade igual ou superior a 6
			Recarga de 50 mm para IRI $\Rightarrow$ 6 e área fendilhada $\Rightarrow$ 15%	Irregularidade igual ou superior a 6 e área fendilhada igual ou superior a 15%
			Revestimento superficial se coef. atrito menor 0,4 e área total danificada $\Rightarrow$ 15%	Coefficiente de atrito inferior a 0,4 e área total danificada $>$ 15%
			Tapar buracos	Área seriamente danificada igual ou superior a 5%
			Selagem de Fendas	Área de fendas estruturais igual ou superior a 10%
Rotina + 75 mm fresagem + 75 mm de reposição	MR75	Manut.	Frezagem de 75mm e reposição de 75mm para IRI $\Rightarrow$ 6	Irregularidade igual ou superior a 6 e área fendilhada igual ou superior a 20%
			Tapar buracos	Área seriamente danificada igual ou superior a 5%
			Selagem de Fendas	Área de fendas estruturais igual ou superior a 10%
Rotina + 75 mm fresagem + 100 mm de reposição	MR100	Manut.	Frezagem de 75mm e reposição de 100mm para IRI $\Rightarrow$ 6	Irregularidade igual ou superior a 6 e área fendilhada igual ou superior a 20%
			Tapar buracos	Área seriamente danificada igual ou superior a 5%
			Selagem de Fendas	Área de fendas estruturais igual ou superior a 10%
Rotina + Enchimento	Inlay	Manut.	Preenchimento de depressões para profundidade média 20 mm	Profundidade das depressões igual ou superior a 20mm
			Tapar buracos	Área seriamente danificada igual ou superior a 5%
			Selagem de Fendas	Área de fendas estruturais igual ou superior a 10%

4.2. CORRER O PROGRAMA

Prosseguindo o estudo, na etapa seguinte, conforme separador da figura 4.10, são definidas algumas opções de análise do programa:

- Taxa de juro anual;
- Modelos a considerar no cálculo;
- Opções sobre detalhe dos relatórios;
- Definição da pasta destino dos ficheiros de análise.

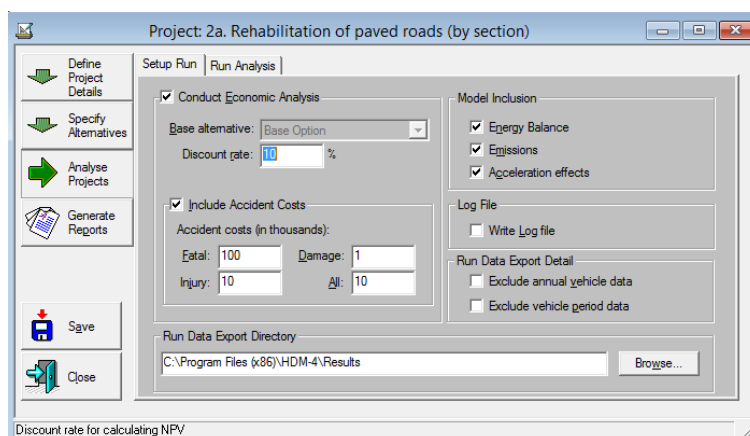


Figura 4.10 – Configurações para análise

Finalmente, pode dar-se início à análise, clicando no botão do “semáforo” verde – figura 4.11.

Após surgir a informação a indicar a conclusão da análise pelo programa, é necessário criar os relatórios com os dados de análise.

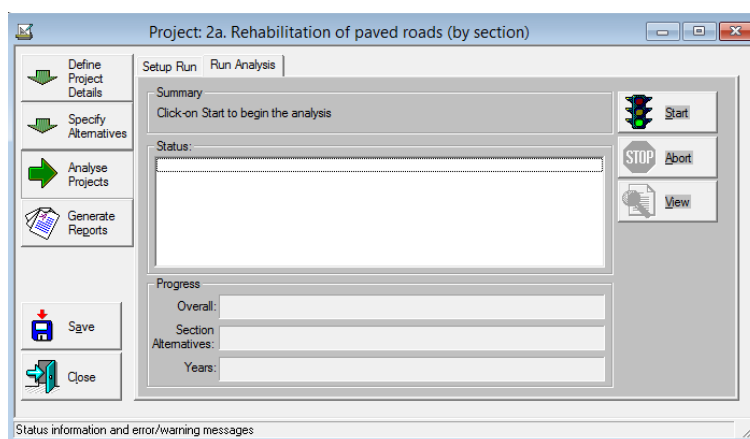


Figura 4.11 – Edição de um padrão de beneficiação

O programa gera uma série de relatórios agrupados por categorias, como mostra a figura 4.12:

- Tráfego,
- Deterioração e Consequências dos Trabalhos,
- Efeitos para os Utilizadores,
- Consequências Ambientais,
- Fluxos de Custo
- Programa & Análise Estratégica.

Em anexo são apresentados seis destes relatórios, produzidos pelo programa para este caso de estudo, contendo informação detalhada para suporte da decisão de escolha da opção de investimento, baseada na análise económica.

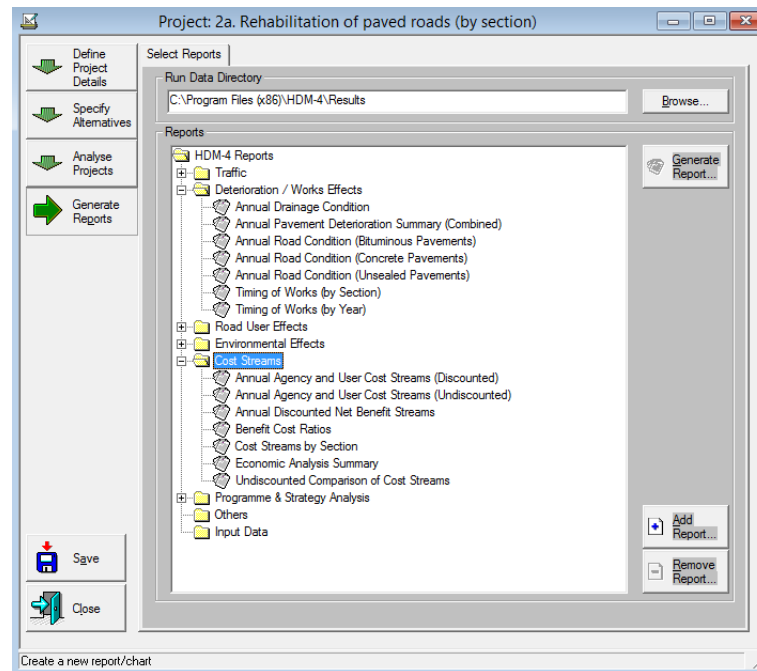


Figura 4.12 – Grupos de relatórios emitidos

4.3. ANÁLISE DE RESULTADOS

Uma forma de analisar os resultados, antes de concentrar atenções nos relatórios da Análise de Custos, é verificar a evolução da regularidade, tratando-se de um parâmetro fundamental na avaliação qualitativa de uma estrada,

O quadro 4.2, foi criado a partir de informação contida no relatório sobre a Condição Anual da Estrada (Pavimentos Betuminosos)

Esta informação serviu de base à criação do gráfico da figura 4.13, onde se pode verificar a evolução do Índice de regularidade internacional, IRI, para cada uma das alternativas de intervenção/investimento.

Da análise o quadro 4.2 e da figura 4.13, podem tirar-se algumas conclusões, para fundamentar a possível decisão de investimento:

- i) A solução base não cumpre os parâmetros mínimos de qualidade até ao ano 12, quando é atingido o critério que desencadeia os trabalhos de reconstrução – IRI superior a 10 e 40% da área deteriorada, ou seja, um pavimento praticamente arruinado.

Esta situação era previsível à partida, face aos valores muito superiores aos limites máximos aceitáveis para a qualidade mínima do pavimento, que foram definidos para desencadear as intervenções.

- ii) A alternativa “manutenção de rotina e enchimentos” é totalmente desajustada.

Pela evolução do IRI, percebe-se que este padrão de intervenção não resolve as deteriorações, continuando estas a progredir indefinidamente durante o período de avaliação.

Era situação era igualmente expectável, tratando-se de uma solução que previa resolver rodeiras no pavimento, apenas acrescentando material, sem proceder à necessária fresagem.

O relatório com o resumo dos Custos e Benefícios (Benefit Cost Ratios), figura 4.16, indica que o valor do RUC (custos para os utilizadores) ao invés de ter diminuído, teve um enorme agravamento. Os custos da entidade gestora tiveram uma pequena diminuição.

- iii) A figura 4.13 revela, também, que no final do período de avaliação a regularidade do pavimento é muito semelhante entre as restantes alternativas equilibradas.

A solução cinco – manutenção de rotina + fresagem de 75 mm e reposição de 100 mm, prevendo a maior subida nos encargos para a entidade gestora, não acompanha na mesma proporção a redução dos custos para os utilizadores.

Quadro 4.2 – Evolução do IRI para as seis alternativas de Intervenção, durante o período de avaliação

Anos	Alternativas					
	1	2	3	4	5	6
	Base	Rotina + Recarga de 50 mm	Rotina + Rev. Sup. + Recarga de 50 mm	Rotina + Fresagem 75mm + Repos 75mm	Rotina + Fresagem 75mm + Repos 100mm	Rotina + Enchimentos
2000	6,16	3,28	3,28	2,00	2,00	6,23
2001	6,39	3,60	3,60	2,28	2,30	6,47
2002	6,68	3,93	3,93	2,57	2,61	6,76
2003	7,03	4,28	4,28	2,87	2,93	7,11
2004	7,40	4,64	4,64	3,18	3,27	7,48
2005	7,66	5,03	5,03	3,52	3,63	7,81
2006	7,92	5,45	5,45	3,88	4,02	8,15
2007	8,19	5,83	5,75	4,27	4,43	8,50
2008	8,47	3,29	5,92	4,64	4,82	8,87
2009	8,76	3,67	3,23	5,07	5,28	9,24
2010	9,06	4,07	3,63	5,48	5,72	9,62
2011	9,37	4,47	4,03	5,90	2,00	10,02
2012	9,69	4,89	4,45	6,39	2,36	10,43
2013	2,00	5,34	4,88	2,00	2,72	10,85
2014	2,48	5,80	5,34	2,35	3,11	11,29
2015	2,81	3,29	5,81	2,69	3,51	11,74
2016	3,15	3,74	3,29	3,06	3,93	12,20
2017	3,52	4,19	3,75	3,45	4,39	12,72
2018	3,90	4,66	4,22	3,87	4,87	13,23
2019	4,32	5,15	4,70	4,32	5,33	13,73



Figura 4.13 – Evolução do IRI para as seis alternativas de Intervenção.

A seguir são apresentados dois dos relatórios produzidos pelo programa, o **Resumo da análise econômica** e **Rácios entre benefícios e custos**, que de uma forma resumida evidenciam qual das soluções contém a expectativa de melhores resultados, entre as seis alternativas de investimento.

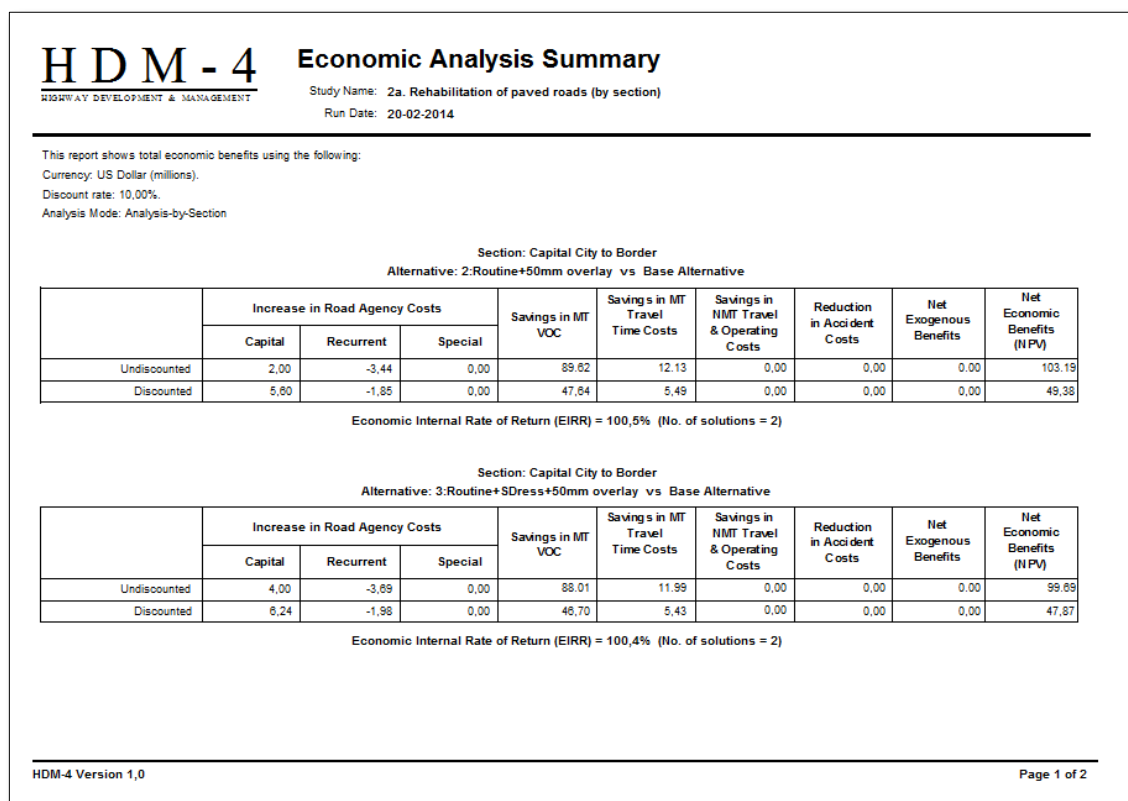


Figura 4.14 – Relatório - Resumo da Análise Econômica - pag.1.2

HDM-4 Economic Analysis Summary									
Section: Capital City to Border									
Alternative: 4.Rout+Mill75+Replace75 vs Base Alternative									
	Increase in Road Agency Costs			Savings in MT VOC	Savings in MT Travel Time Costs	Savings in NMT Travel & Operating Costs	Reduction in Accident Costs	Net Exogenous Benefits	Net Economic Benefits (NPV)
	Capital	Recurrent	Special						
Undiscounted	4,40	-2,87	0,00	115,51	12,56	0,00	0,00	0,00	126,54
Discounted	8,52	-1,85	0,00	59,49	5,72	0,00	0,00	0,00	58,34
Economic Internal Rate of Return (EIRR) = 75,5% (No. of solutions = 1)									
Section: Capital City to Border									
Alternative: 5.Rout+Mill75+Rep100 vs Base Alternative									
	Increase in Road Agency Costs			Savings in MT VOC	Savings in MT Travel Time Costs	Savings in NMT Travel & Operating Costs	Reduction in Accident Costs	Net Exogenous Benefits	Net Economic Benefits (NPV)
	Capital	Recurrent	Special						
Undiscounted	8,00	-2,92	0,00	118,48	13,02	0,00	0,00	0,00	128,42
Discounted	11,57	-1,72	0,00	61,22	5,87	0,00	0,00	0,00	57,24
Economic Internal Rate of Return (EIRR) = 64,5% (No. of solutions = 2)									
Section: Capital City to Border									
Alternative: 6.Rout+Inlay vs Base Alternative									
	Increase in Road Agency Costs			Savings in MT VOC	Savings in MT Travel Time Costs	Savings in NMT Travel & Operating Costs	Reduction in Accident Costs	Net Exogenous Benefits	Net Economic Benefits (NPV)
	Capital	Recurrent	Special						
Undiscounted	-18,00	8,08	0,00	-208,04	-27,32	0,00	0,00	0,00	-227,44
Discounted	-4,83	3,99	0,00	-45,22	-5,94	0,00	0,00	0,00	-50,52
No IRR solutions									
HDM-4 Version 1,0									
Page 2 of 2									

Figura 4.15 – Relatório - Resumo da Análise Económica - pag.2.2

H D M - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Benefit Cost Ratios

Study Name:

Run Date:

Currency:

Discount Rate:

2a. Rehabilitation of paved roads (by section)

20-02-2014

US Dollar (millions)

10,00%.

Section: Capital City to Border

Alternative	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Present Value (NPV = B - C)	NPV/Cost Ratio (NPV/C)	Internal Rate of Return (IRR)
Base Option	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2:Routine+50mm overlay	3.753	53.129	49.376	13.157	100,5 (2)
3:Routine+SDress+50mm overlay	4.263	52.128	47.866	11.229	100,4 (2)
4:Rout+Mill75+Replace75	6.867	65.210	58.343	8.497	75,5 (1)
5:Rout+Mill75+Rep100	9.852	67.090	57.238	5.810	64,5 (2)
6:Rout+Inlay	-0.643	-51.163	-50.520	78.557	No Solution

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Figura 4.16 – Relatório - Resumo da Análise Custo-Benefício

4.3.1 COMPARAÇÃO DE ALTERNATIVAS

A análise económica realizada pelo HDM-4 pressupõe:

- Os custos e benefícios são estimados para o período de avaliação do projeto
- São comparados os custos previsíveis de construção e manutenção com estimativas de benefícios, aos quais é atribuído um valor para cada benefício. Apenas são considerados os benefícios diretos cuja estimativa é, ainda assim menos subjetiva.
- Os benefícios futuros são menos valorizados à medida que o tempo avança.
- Todos os custos e benefícios são contabilizados em valor monetário

No caso de estudo não foram considerados os efeitos na circulação de veículos sem motor, fatores exógenos e impactos da sinistralidade.

Para comparar alternativas de investimento o HDM-4 recorre a dois indicadores económicos:

NPV (Net Present Value) - Valor presente líquido (VPL em português).

IRR - Taxa económica de retorno interno.

O NPV representa a soma dos benefícios líquidos do projeto, devidamente atualizados para o ano pretendido, utilizando a taxa de desconto.

Caso a taxa de desconto seja constante ao longo do tempo a fórmula geral é (1):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Caso a taxa de desconto não seja constante, variando todos os anos, a fórmula é (2):

$$NPV = BN_0 + \frac{BN_1}{(1+r_1)} + \frac{BN_2}{(1+r_1) \cdot (1+r_2)} + \dots + \frac{BN_n}{(1+r_1) \cdot (1+r_2) \cdot \dots \cdot (1+r_n)} \quad (2)$$

Onde BN_j são os benefícios líquidos futuros no ano j , t é o número de anos decorrido, r a taxa de desconto anual, fixa e r_j a taxa de desconto anual para o período j .

Nos gráficos da figura 4.18 são apresentadas as estimativas de custos totais para as entidades gestoras e de redução para os utilizadores, para as cinco alternativas de intervenção comparadas com a solução base.

No gráfico da figura 4.19 são apresentados os indicadores económicos o total dos benefícios líquidos, NTV, e taxa interna de retorno, IRR, para as quatro alternativas de intervenção consideradas viáveis.

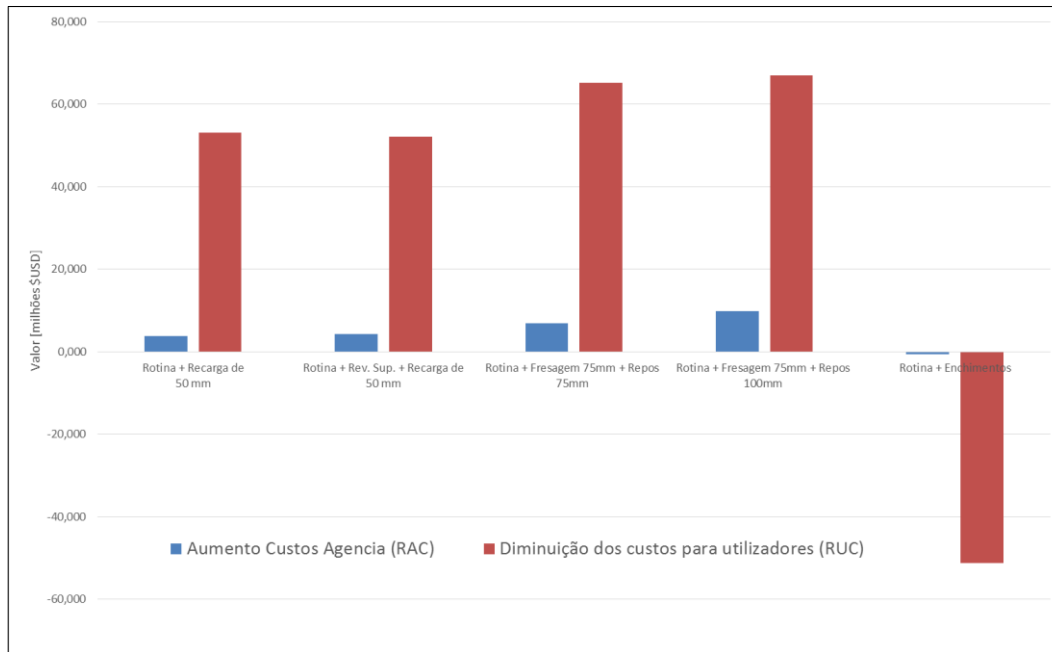


Figura 4.17 – Resumo da Análise Custo-Benefício

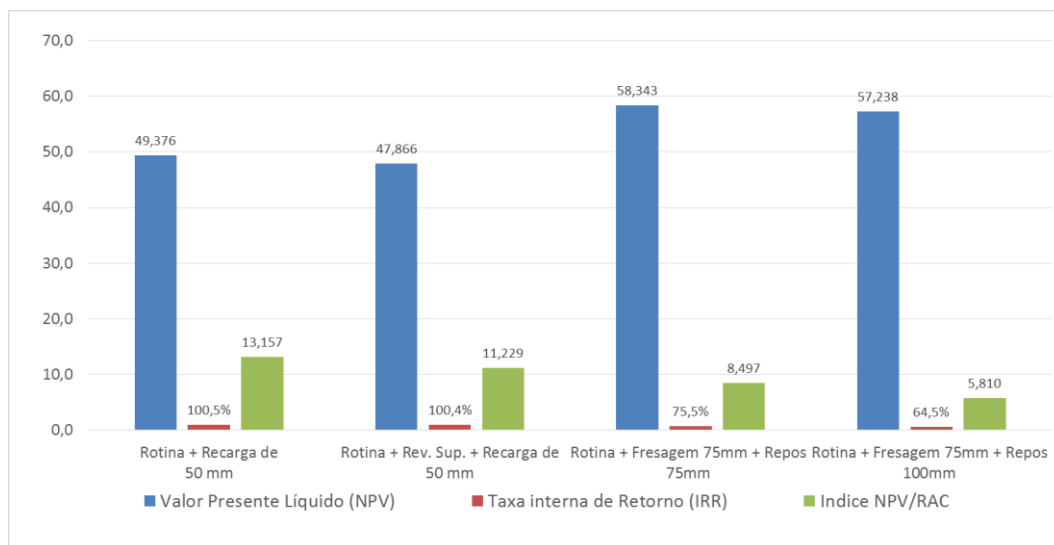


Figura 4.18 – Indicadores NPV, IRR e Índice NPV/RAC

4.4. CONCLUSÃO

No ponto de partida da análise não foi feita referência a uma qualquer restrição orçamental. Sem entrar com este fator, que poderia condicionar a alternativa a escolher por um eventual teto para o investimento, a avaliação é realizada considerando a maior taxa de retorno.

A análise económica do investimento, conclui que das seis alternativas de intervenção iniciais, que estavam em avaliação, estas quatro são justificáveis do ponto de vista económico.

Contudo, a solução mais eficaz do ponto de vista económico, deve ser escolhida considerando os dois indicadores em conjunto.

Caso não houvesse limite para o investimento (situação muito distante da realidade), a melhor opção seria a o que conduzisse à maximização dos benefícios, ou seja, ao maior valor presente líquido.

Na realidade, é necessário contabilizar igualmente a maior taxa de retorno para o investimento.

A solução aconselhada é a que conduz à melhor relação entre menor aumento dos custos de agência (totais de investimento) e maior benefício (redução dos custos para os utentes), isto é, a solução que conduz ao maior valor presente líquido por dólar investido.

A solução que cria as melhores expectativas de investimento é a alternativa com o padrão de manutenção e recarga de 50 mm.

5

CONCLUSÕES

5.1. TRABALHO REALIZADO

Os objetivos definidos inicialmente para a execução deste trabalho, foram alcançados.

Foi dada uma perspetiva de um sistema de gestão rodoviária de referência no mundo, objeto de diversos estudos académicos, na variante de aplicação à gestão de pavimentos, munido de uma ferramenta informática potente e relativamente simples de utilizar.

Para além dos objetivos definidos inicialmente, este trabalho evidencia diferenças importantes na forma como tem sido encarado o investimento em estradas em Portugal, comparativamente com outros países mais desenvolvidos.

Os contactos com diversas entidades com responsabilidades no setor rodoviário e a pesquisa desenvolvida ao longo desta dissertação, permitem concluir que a utilização de sistemas de gestão de pavimentos nas estradas nacionais é claramente insuficiente, não havendo informação da aplicação em estradas municipais, apesar dos frequentes, e inevitáveis, investimentos em ampliações e conservação da rede.

Este trabalho demonstra a pertinência da questão à volta da gestão das estradas, e em particular da gestão dos pavimentos rodoviários, em face dos ativos que representam, pela facilidade com que rapidamente podem perder valor, quando não são alvo de atenção e cuidados de conservação.

5.2. CONSIDERAÇÕES

Nos países mais desenvolvidos é unanimemente entendida a importância estratégica deste sector para a economia e desenvolvimento social.

Como referido no capítulo 3, na gestão das estradas em Portugal ainda não são utilizados sistemas com ferramentas que permitam a análise de estratégias e alternativas de investimento integradas. Contudo, está em curso o desenvolvimento de uma base de dados rodoviária com recurso a sistemas automáticos de recolha de informação, com vista à criação de um cadastro nacional pela empresa Estradas de Portugal. Esta base de dados poderá suportar a implementação de um sistema de gestão rodoviária à escala nacional.

O desenvolvimento deste sistema trará importantes benefícios, na medida dos investimentos já realizados em novas estradas, nos últimos anos, cuja evolução é fundamental acompanhar, e se possível antever.

A adoção de um sistema semelhante ao HDM-4 em Portugal seria uma mais-valia considerável.

A prazo, seriam gerados impactos muito positivos, com efeito na qualidade percebida pelos condutores, mas sobretudo, por uma melhor gestão dos escassos recursos disponíveis, mais racional, estabelecendo as prioridades de intervenção num âmbito territorial mais alargado, dando peso aos critérios e recomendações técnicas nas decisões políticas, com maior transparência.

ANEXO

- I. *ECONOMIC ANALYSIS SUMMARY* - Resumo da Análise Económica (2 págs.)
- II. *BENEFIT COST RATIOS* - Rácios Custo-Benefício (1 pág.)
- III. *COMPARISON OF COST STREAMS* - Comparação de Fluxos de Custo (3 págs.)
- IV. *ANNUAL DISCOUNTED NET BENEFIT STREAMS* - Fluxos Anual de Benefícios Líquidos (5 págs.)
- V. *ANNUAL AGENCY AND USER COST STREAMS (UNDISCOUNTED)* - Fluxos Anual de Custos de Agência e dos Utilizadores (Ilíquido) (6 págs.)
- VI. *ANNUAL ROAD CONDITION (BITUMINOUS PAVEMENTS)* – Estado da Estrada Anual (Pavimentos betuminosos) (10 págs.)

Economic Analysis Summary

Study Name: 2a. Rehabilitation of paved roads (by section)

Run Date: 20-02-2014

This report shows total economic benefits using the following:

Currency: US Dollar (millions).

Discount rate: 10.00%.

Analysis Mode: Analysis-by-Section

Section: Capital City to Border Alternative: 2:Routine+50mm overlay vs Base Alternative

	Increase in Road Agency Costs		Savings in MT VOC	Savings in MT Travel Time Costs	Savings in NMT Travel & Operating Costs	Reduction in Accident Costs	Net Exogenous Benefits	Net Economic Benefits (NPV)
	Capital	Recurrent						
Undiscounted	2,00	-3,44	0,00	12,13	0,00	0,00	0,00	103,19
Discounted	5,60	-1,85	0,00	5,49	0,00	0,00	0,00	49,38

Economic Internal Rate of Return (EIRR) = 100,5% (No. of solutions = 2)

Section: Capital City to Border Alternative: 3:Routine+SDress+50mm overlay vs Base Alternative

	Increase in Road Agency Costs		Savings in MT VOC	Savings in MT Travel Time Costs	Savings in NMT Travel & Operating Costs	Reduction in Accident Costs	Net Exogenous Benefits	Net Economic Benefits (NPV)
	Capital	Recurrent						
Undiscounted	4,00	-3,69	88,01	11,99	0,00	0,00	0,00	99,69
Discounted	6,24	-1,98	46,70	5,43	0,00	0,00	0,00	47,87

Economic Internal Rate of Return (EIRR) = 100,4% (No. of solutions = 2)

Section: Capital City to Border
Alternative: 4:Rout+Mill75+Replace75 vs Base Alternative

	Increase in Road Agency Costs		Savings in MT VOC	Savings in MT Travel Time Costs	Savings in NMT Travel & Operating Costs	Reduction in Accident Costs	Net Exogenous Benefits	Net Economic Benefits (NPV)
	Capital	Recurrent						
Undiscounted	4,40	-2,87	0,00	12,56	0,00	0,00	0,00	126,54
Discounted	8,52	-1,65	0,00	5,72	0,00	0,00	0,00	58,34

Economic Internal Rate of Return (EIRR) = 75,5% (No. of solutions = 1)

Section: Capital City to Border
Alternative: 5:Rout+Mill75+Rep100 vs Base Alternative

	Increase in Road Agency Costs		Savings in MT VOC	Savings in MT Travel Time Costs	Savings in NMT Travel & Operating Costs	Reduction in Accident Costs	Net Exogenous Benefits	Net Economic Benefits (NPV)
	Capital	Recurrent						
Undiscounted	8,00	-2,92	0,00	13,02	0,00	0,00	0,00	126,42
Discounted	11,57	-1,72	0,00	5,87	0,00	0,00	0,00	57,24

Economic Internal Rate of Return (EIRR) = 64,5% (No. of solutions = 2)

Section: Capital City to Border
Alternative: 6:Rout+Inlay vs Base Alternative

	Increase in Road Agency Costs		Savings in MT VOC	Savings in MT Travel Time Costs	Savings in NMT Travel & Operating Costs	Reduction in Accident Costs	Net Exogenous Benefits	Net Economic Benefits (NPV)
	Capital	Recurrent						
Undiscounted	-16,00	8,08	0,00	-27,32	0,00	0,00	0,00	-227,44
Discounted	-4,63	3,99	0,00	-5,94	0,00	0,00	0,00	-50,52

No IRR solutions

Benefit Cost Ratios

Study Name: **2a. Rehabilitation of paved roads (by section)**
 Run Date: **20-02-2014**
 Currency: **US Dollar (millions)**
 Discount Rate: **10,00%.**

Section: Capital City to Border

Alternative	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Present Value (NPV = B - C)	NPV/Cost Ratio (NPV/C)	Internal Rate of Return (IRR)
Base Option	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2:Routine+50mm overlay	3.753	53.129	49.376	13.157	100,5 (2)
3:Routine+SDress+50mm overlay	4.263	52.128	47.866	11.229	100,4 (2)
4:Rout+Mill75+Replace75	6.867	65.210	58.343	8.497	75,5 (1)
5:Rout+Mill75+Rep100	9.852	67.090	57.238	5.810	64,5 (2)
6:Rout+Inlay	-0.643	-51.163	-50.520	78.557	No Solution

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Study Name: 2a. Rehabilitation of paved roads (by section)

Run Date: 20-02-2014

This report shows a comparison of the undiscounted economic cost streams using the following:

Base Alternative Cost versus Alternative Cost

The base alternative has been defined as: Base Option

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

Comparison of alternative: 2:Routine+50mm overlay

Year	Increase in Road Agency Costs			Decrease in MT VOC	Decrease in MT Time Cost	Net Exogenous Benefit	Net Benefit
	Capital	Recurrent	Special				
2000	6.000	-0.414	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.586
2001	0.000	-0.060	0.000	5.132	0.265	0.000	5.457
2002	0.000	-0.060	0.000	5.118	0.335	0.000	5.513
2003	0.000	-0.060	0.000	5.224	0.413	0.000	5.698
2004	0.000	-0.060	0.000	5.423	0.504	0.000	5.987
2005	0.000	-0.356	0.000	5.631	0.636	0.000	6.622
2006	0.000	-0.372	0.000	5.619	0.707	0.000	6.698
2007	0.000	-0.120	0.000	5.600	0.766	0.000	6.486
2008	6.000	-0.380	0.000	5.717	0.847	0.000	0.945
2009	0.000	-0.384	0.000	12.645	1.288	0.000	14.316
2010	0.000	-0.387	0.000	13.090	1.479	0.000	14.956
2011	0.000	-0.390	0.000	13.596	1.677	0.000	15.663
2012	0.000	-0.393	0.000	14.160	1.891	0.000	16.445
2013	-16.000	0.000	0.000	14.792	2.096	0.000	32.889
2014	0.000	0.000	0.000	-6.763	-0.217	0.000	-6.980
2015	6.000	0.000	0.000	-8.114	-0.369	0.000	-14.482
2016	0.000	0.000	0.000	-1.191	-0.008	0.000	-1.199
2017	0.000	0.000	0.000	-1.749	-0.033	0.000	-1.782
2018	0.000	0.000	0.000	-2.016	-0.054	0.000	-2.069
2019	0.000	0.000	0.000	-2.299	-0.091	0.000	-2.390

Comparison of alternative: 3:Routine+SDress+50mm overlay

Year	Increase in Road Agency Costs			Decrease in MT VOC	Decrease in MT Time Cost	Net Exogenous Benefit	Net Benefit
	Capital	Recurrent	Special				
2000	6.000	-0.414	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.586
2001	0.000	-0.060	0.000	5.132	0.265	0.000	5.457
2002	0.000	-0.060	0.000	5.118	0.335	0.000	5.513
2003	0.000	-0.060	0.000	5.224	0.413	0.000	5.698
2004	0.000	-0.060	0.000	5.423	0.504	0.000	5.987
2005	0.000	-0.356	0.000	5.631	0.636	0.000	6.622
2006	0.000	-0.372	0.000	5.619	0.707	0.000	6.698
2007	2.000	-0.376	0.000	5.600	0.766	0.000	4.742
2008	0.000	-0.380	0.000	6.252	0.892	0.000	7.525
2009	6.000	-0.384	0.000	7.021	1.032	0.000	2.437
2010	0.000	-0.387	0.000	14.108	1.488	0.000	15.983
2011	0.000	-0.390	0.000	14.631	1.691	0.000	16.711
2012	0.000	-0.393	0.000	15.228	1.913	0.000	17.533
2013	-16.000	0.000	0.000	15.902	2.146	0.000	34.048
2014	0.000	0.000	0.000	-5.573	-0.130	0.000	-5.703

HDM - 4 Comparison of Cost Streams

2015	0.000	0.000	0.000	-6.841	-0.237	0.000	-7.078
2016	6.000	0.000	0.000	-8.118	-0.361	0.000	-14.479
2017	0.000	0.000	0.000	-0.533	-0.022	0.000	-0.555
2018	0.000	0.000	0.000	-0.779	-0.009	0.000	-0.787
2019	0.000	0.000	0.000	-1.036	-0.040	0.000	-1.076

Comparison of alternative: 4:Rout+Mill75+Replace75

Year	Increase in Road Agency Costs			Decrease in MT VOC	Decrease in MT Time Cost	Net Exogenous Benefit	Net Benefit
	Capital	Recurrent	Special				
2000	10.200	-0.414	0.000	0.000	0.000	0.000	-9.786
2001	0.000	-0.060	0.000	6.115	0.276	0.000	6.451
2002	0.000	-0.060	0.000	6.696	0.351	0.000	7.107
2003	0.000	-0.060	0.000	7.398	0.451	0.000	7.910
2004	0.000	-0.060	0.000	8.155	0.556	0.000	8.770
2005	0.000	-0.356	0.000	8.665	0.714	0.000	9.734
2006	0.000	-0.372	0.000	8.837	0.812	0.000	10.021
2007	0.000	-0.376	0.000	9.008	0.938	0.000	10.322
2008	0.000	-0.124	0.000	9.169	1.077	0.000	10.370
2009	0.000	-0.384	0.000	9.562	1.226	0.000	11.172
2010	0.000	-0.131	0.000	9.771	1.358	0.000	11.260
2011	0.000	-0.137	0.000	10.158	1.480	0.000	11.775
2012	0.000	-0.333	0.000	10.573	1.613	0.000	12.519
2013	-5.800	0.000	0.000	10.847	1.698	0.000	18.345
2014	0.000	0.000	0.000	0.032	0.001	0.000	0.033
2015	0.000	0.000	0.000	0.036	0.002	0.000	0.038
2016	0.000	0.000	0.000	0.095	0.001	0.000	0.096
2017	0.000	0.000	0.000	0.204	0.001	0.000	0.205
2018	0.000	0.000	0.000	0.143	0.001	0.000	0.144
2019	0.000	0.000	0.000	0.050	0.001	0.000	0.051

Comparison of alternative: 5:Rout+Mill75+Rep100

Year	Increase in Road Agency Costs			Decrease in MT VOC	Decrease in MT Time Cost	Net Exogenous Benefit	Net Benefit
	Capital	Recurrent	Special				
2000	12.000	-0.414	0.000	0.000	0.000	0.000	-11.586
2001	0.000	-0.060	0.000	6.115	0.276	0.000	6.451
2002	0.000	-0.060	0.000	6.686	0.351	0.000	7.097
2003	0.000	-0.060	0.000	7.378	0.451	0.000	7.888
2004	0.000	-0.060	0.000	8.090	0.555	0.000	8.704
2005	0.000	-0.356	0.000	8.470	0.713	0.000	9.538
2006	0.000	-0.372	0.000	8.578	0.809	0.000	9.759
2007	0.000	-0.376	0.000	8.699	0.921	0.000	9.996
2008	0.000	-0.124	0.000	8.799	1.056	0.000	9.979
2009	0.000	-0.384	0.000	9.099	1.199	0.000	10.682
2010	0.000	-0.131	0.000	9.245	1.316	0.000	10.692
2011	12.000	-0.390	0.000	9.539	1.428	0.000	-0.643
2012	0.000	-0.393	0.000	18.451	1.963	0.000	20.807
2013	-16.000	0.000	0.000	20.158	2.231	0.000	38.389
2014	0.000	0.000	0.000	-0.290	-0.006	0.000	-0.296
2015	0.000	0.000	0.000	-0.870	-0.008	0.000	-0.878
2016	0.000	0.000	0.000	-1.762	-0.014	0.000	-1.776
2017	0.000	0.000	0.000	-2.298	-0.041	0.000	-2.339
2018	0.000	0.000	0.000	-2.613	-0.070	0.000	-2.683

HDM-4 Comparison of Cost Streams

2019	0.000	0.256	0.000	-2.996	-0.113	0.000	-3.365
------	-------	-------	-------	--------	--------	-------	--------

Comparison of alternative: 6:Rout+Inlay

Year	Increase in Road Agency Costs			Decrease in MT VOC	Decrease in MT Time Cost	Net Exogenous Benefit	Net Benefit
	Capital	Recurrent	Special				
2000	0.000	0.315	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.315
2001	0.000	0.540	0.000	-0.135	-0.020	0.000	-0.695
2002	0.000	0.540	0.000	-0.148	-0.011	0.000	-0.699
2003	0.000	0.540	0.000	-0.153	-0.014	0.000	-0.707
2004	0.000	0.540	0.000	-0.160	-0.032	0.000	-0.732
2005	0.000	0.352	0.000	-0.198	-0.031	0.000	-0.581
2006	0.000	0.339	0.000	-0.422	-0.067	0.000	-0.827
2007	0.000	0.337	0.000	-0.669	-0.110	0.000	-1.116
2008	0.000	0.335	0.000	-0.957	-0.152	0.000	-1.444
2009	0.000	0.334	0.000	-1.281	-0.198	0.000	-1.813
2010	0.000	0.333	0.000	-1.647	-0.264	0.000	-2.243
2011	0.000	0.331	0.000	-2.085	-0.312	0.000	-2.728
2012	0.000	0.330	0.000	-2.550	-0.392	0.000	-3.272
2013	-16.000	0.725	0.000	-3.075	-0.459	0.000	11.740
2014	0.000	0.727	0.000	-25.782	-3.064	0.000	-29.574
2015	0.000	0.728	0.000	-28.530	-3.477	0.000	-32.734
2016	0.000	0.729	0.000	-31.208	-3.899	0.000	-35.836
2017	0.000	0.000	0.000	-33.675	-4.401	0.000	-38.075
2018	0.000	0.000	0.000	-36.310	-4.932	0.000	-41.242
2019	0.000	0.000	0.000	-39.059	-5.489	0.000	-44.548

Annual Discounted Net Benefit Streams

Study Name: 2a. Rehabilitation of paved roads (by section)

Run Date: 20-02-2014

Currency: US Dollar (millions)

Discount rate: 10,00 %

Section: Capital City to Border

Alternative: 2:Routine+50mm overlay

Sect ID: A001-01 Road Class: Primary or Trunk Curvature: 75,00 deg/km
Length: 50,00 km Width: 8,00 m Rise+Fall: 20,00 m/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs							Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic			Accident Cost Reduction			
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC	MT Time		NMT Time & Operation		
2000	6.000	-0.414	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.586
2001	0.000	-0.055	0.000	4.666	0.241	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.852
2002	0.000	-0.050	0.000	4.230	0.277	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.457
2003	0.000	-0.045	0.000	3.925	0.311	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.191
2004	0.000	-0.041	0.000	3.704	0.344	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.007
2005	0.000	-0.221	0.000	3.496	0.395	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.670
2006	0.000	-0.210	0.000	3.172	0.399	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.361
2007	0.000	-0.062	0.000	2.874	0.393	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.205
2008	2.799	-0.177	0.000	2.667	0.395	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.684
2009	0.000	-0.163	0.000	5.363	0.546	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.746
2010	0.000	-0.149	0.000	5.047	0.570	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.468
2011	0.000	-0.137	0.000	4.765	0.588	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.216
2012	0.000	-0.125	0.000	4.512	0.603	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.989
2013	-4.635	0.000	0.000	4.285	0.607	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.257
2014	0.000	0.000	0.000	-1.781	-0.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.838
2015	1.436	0.000	0.000	-1.942	-0.088	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.594
2016	0.000	0.000	0.000	-0.259	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.261
2017	0.000	0.000	0.000	-0.346	-0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.353

2018	0.000	0.000	0.000	-0.363	-0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.372
2019	0.000	0.000	0.000	-0.376	-0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.391
Total:	5.601	-1.848	0.000	47.638	5.490	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	56.882

Section: Capital City to Border

Alternative: 3:Routine+SDress+50mm overlay

Sect ID: A001-01

Road Class: Primary or Trunk

Length: 50,00 km

Width: 8,00 m

Rise+Fall: 20,00 m/km

Curvature: 75,00 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs								Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic			Generated Traffic			Accident Cost Reduction			
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation				
2000	6.000	-0.414	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.586	
2001	0.000	-0.055	0.000	4.666	0.241	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.852	
2002	0.000	-0.050	0.000	4.230	0.277	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.457	
2003	0.000	-0.045	0.000	3.925	0.311	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.191	
2004	0.000	-0.041	0.000	3.704	0.344	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.007	
2005	0.000	-0.221	0.000	3.496	0.395	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.670	
2006	0.000	-0.210	0.000	3.172	0.399	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.361	
2007	1.026	-0.193	0.000	2.874	0.393	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.100	
2008	0.000	-0.177	0.000	2.917	0.416	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.156	
2009	2.545	-0.163	0.000	2.978	0.438	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.797	
2010	0.000	-0.149	0.000	5.439	0.574	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.864	
2011	0.000	-0.137	0.000	5.128	0.593	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.584	
2012	0.000	-0.125	0.000	4.852	0.609	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.336	
2013	-4.635	0.000	0.000	4.606	0.621	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.593	
2014	0.000	0.000	0.000	-1.467	-0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.502	
2015	0.000	0.000	0.000	-1.638	-0.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.694	
2016	1.306	0.000	0.000	-1.767	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.539	
2017	0.000	0.000	0.000	-0.105	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.110	
2018	0.000	0.000	0.000	-0.140	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.142	
2019	0.000	0.000	0.000	-0.169	-0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.176	

Total:	11.843	-1.979	0.000	46.700	5.429	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	56.391
---------------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

Section: Capital City to Border
Alternative: 4:Rout+Mil/75+Replace75

Sect ID: A001-01 Road Class: Primary or Trunk
Length: 50,00 km Width: 8,00 m Rise+Fall: 20,00 m/km Curvature: 75,00 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs							Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic			Generated Traffic		Accident Cost Reduction			
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC	MT Time		NMT Time & Operation		
2000	10.200	-0.414	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	9.786
2001	0.000	-0.055	0.000	5.559	0.251	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.756
2002	0.000	-0.050	0.000	5.534	0.290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.775
2003	0.000	-0.045	0.000	5.558	0.339	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.852
2004	0.000	-0.041	0.000	5.570	0.379	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.908
2005	0.000	-0.221	0.000	5.380	0.443	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.603
2006	0.000	-0.210	0.000	4.988	0.458	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.237
2007	0.000	-0.193	0.000	4.622	0.482	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.911
2008	0.000	-0.058	0.000	4.277	0.503	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.722
2009	0.000	-0.163	0.000	4.055	0.520	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.413
2010	0.000	-0.051	0.000	3.767	0.524	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.240
2011	0.000	-0.048	0.000	3.560	0.519	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.031
2012	0.000	-0.106	0.000	3.369	0.514	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.777
2013	-1.680	0.000	0.000	3.142	0.492	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.954
2014	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
2015	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
2016	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021
2017	0.000	0.000	0.000	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041
2018	0.000	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026
2019	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
Total:	20.363	-1.653	0.000	59.494	5.716	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	72.077

Section: Capital City to Border
Alternative: 5:Rout+Mill75+Rep100

Sect ID: A001-01

Length: 50,00 km

Width: 8,00 m

Road Class: Primary or Trunk

Rise+Fall: 20,00 m/km

Curvature: 75,00 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic			Generated Traffic					Accident Cost Reduction
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation			
2000	12.000	-0.414	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.586	
2001	0.000	-0.055	0.000	5.559	0.251	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.756	
2002	0.000	-0.050	0.000	5.526	0.290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.766	
2003	0.000	-0.045	0.000	5.543	0.339	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.837	
2004	0.000	-0.041	0.000	5.525	0.379	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.863	
2005	0.000	-0.221	0.000	5.259	0.442	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.481	
2006	0.000	-0.210	0.000	4.842	0.457	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.089	
2007	0.000	-0.193	0.000	4.464	0.472	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.743	
2008	0.000	-0.058	0.000	4.105	0.493	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.539	
2009	0.000	-0.163	0.000	3.859	0.508	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.205	
2010	0.000	-0.051	0.000	3.564	0.507	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.021	
2011	4.206	-0.137	0.000	3.343	0.501	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.913	
2012	0.000	-0.125	0.000	5.879	0.626	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.379	
2013	-4.635	0.000	0.000	5.839	0.646	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.851	
2014	0.000	0.000	0.000	-0.076	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.078	
2015	0.000	0.000	0.000	-0.208	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.210	
2016	0.000	0.000	0.000	-0.384	-0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.387	
2017	0.000	0.000	0.000	-0.455	-0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.463	
2018	0.000	0.000	0.000	-0.470	-0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.483	
2019	0.000	0.042	0.000	-0.490	-0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.467	
Total:	31.934	-1.719	0.000	61.224	5.865	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	76.942	

Section: Capital City to Border
Alternative: 6:Rout+Inlay

Sect ID: A001-01
Length: 50,00 km

Road Class: Primary or Trunk
Width: 8,00 m

Rise+Fall: 20,00 m/km
Curvature: 75,00 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic			Generated Traffic					Accident Cost Reduction
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation			
2000	0.000	0.315	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.315	
2001	0.000	0.491	0.000	-0.123	-0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.350	
2002	0.000	0.446	0.000	-0.123	-0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.315	
2003	0.000	0.406	0.000	-0.115	-0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.280	
2004	0.000	0.369	0.000	-0.109	-0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.237	
2005	0.000	0.219	0.000	-0.123	-0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076	
2006	0.000	0.191	0.000	-0.238	-0.038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.085	
2007	0.000	0.173	0.000	-0.343	-0.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.227	
2008	0.000	0.156	0.000	-0.447	-0.071	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.361	
2009	0.000	0.142	0.000	-0.543	-0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.486	
2010	0.000	0.128	0.000	-0.635	-0.102	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.608	
2011	0.000	0.116	0.000	-0.731	-0.109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.724	
2012	0.000	0.105	0.000	-0.812	-0.125	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.832	
2013	-4.635	0.210	0.000	-0.891	-0.133	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.448	
2014	0.000	0.191	0.000	-6.789	-0.807	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-7.405	
2015	0.000	0.174	0.000	-6.830	-0.832	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-7.488	
2016	0.000	0.159	0.000	-6.792	-0.849	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-7.482	
2017	0.000	0.000	0.000	-6.662	-0.871	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-7.533	
2018	0.000	0.000	0.000	-6.531	-0.887	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-7.418	
2019	0.000	0.000	0.000	-6.386	-0.898	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-7.284	
Total:	27.300	3.992	0.000	-45.223	-5.940	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-51.806	

Study Name: 2a. Rehabilitation of paved roads (by section)
Run Date: 20-02-2014
Currency: US Dollar (millions)

Section: Capital City to Border
Alternative: 1.Base Option

Sect ID: A001-01 Road Class: Primary or Trunk Curvature: 75,00 deg/km
Length: 50,00 km Width: 8,00 m Rise+Fall: 20,00 m/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		
2000	0.000	0.414	0.000	0.414	53.857	3.342	0.000	0.000	0.000	57.612
2001	0.000	0.060	0.000	0.060	55.430	3.462	0.000	0.000	0.000	58.951
2002	0.000	0.060	0.000	0.060	57.293	3.619	0.000	0.000	0.000	60.972
2003	0.000	0.060	0.000	0.060	59.353	3.805	0.000	0.000	0.000	63.217
2004	0.000	0.060	0.000	0.060	61.619	4.024	0.000	0.000	0.000	65.703
2005	0.000	0.356	0.000	0.356	64.020	4.269	0.000	0.000	0.000	68.644
2006	0.000	0.372	0.000	0.372	66.333	4.495	0.000	0.000	0.000	71.200
2007	0.000	0.376	0.000	0.376	68.789	4.739	0.000	0.000	0.000	73.904
2008	0.000	0.380	0.000	0.380	71.338	5.004	0.000	0.000	0.000	76.721
2009	0.000	0.384	0.000	0.384	74.155	5.291	0.000	0.000	0.000	79.829
2010	0.000	0.387	0.000	0.387	77.133	5.602	0.000	0.000	0.000	83.122
2011	0.000	0.390	0.000	0.390	80.277	5.939	0.000	0.000	0.000	86.607
2012	0.000	0.393	0.000	0.393	83.640	6.304	0.000	0.000	0.000	90.336
2013	16.000	0.000	0.000	16.000	87.186	6.697	0.000	0.000	0.000	109.883
2014	0.000	0.000	0.000	0.000	68.720	4.600	0.000	0.000	0.000	73.320
2015	0.000	0.000	0.000	0.000	70.720	4.744	0.000	0.000	0.000	75.465
2016	0.000	0.000	0.000	0.000	73.000	4.895	0.000	0.000	0.000	77.895
2017	0.000	0.000	0.000	0.000	75.772	5.054	0.000	0.000	0.000	80.826
2018	0.000	0.000	0.000	0.000	78.927	5.224	0.000	0.000	0.000	84.151

HDM-4 Annual Agency and User Cost Streams (Undiscounted)

2019	0.000	0.000	0.000	0.000	82.231	5.409	0.000	0.000	87.640	0.000	87.640
Total:	16.000	3.692	0.000	19.692	1,409.791	96.517	0.000	0.000	1,506.309	0.000	1,526.000

Section: Capital City to Border
Alternative: 2: Routine+50mm overlay

Sect ID: A001-01 Road Class: Primary or Trunk Curvature: 75,00 deg/km
 Length: 50,00 km Width: 8,00 m Rise+Fall: 20,00 m/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	6.000	0.000	0.000	6.000	53.857	3.342	0.000	0.000	57.198	0.000	63.198
2001	0.000	0.000	0.000	0.000	50.301	3.198	0.000	0.000	53.498	0.000	53.498
2002	0.000	0.000	0.000	0.000	52.172	3.293	0.000	0.000	55.466	0.000	55.466
2003	0.000	0.000	0.000	0.000	54.138	3.396	0.000	0.000	57.535	0.000	57.535
2004	0.000	0.000	0.000	0.000	56.212	3.509	0.000	0.000	59.722	0.000	59.722
2005	0.000	0.000	0.000	0.000	58.396	3.636	0.000	0.000	62.033	0.000	62.033
2006	0.000	0.000	0.000	0.000	60.709	3.784	0.000	0.000	64.493	0.000	64.493
2007	0.000	0.256	0.000	0.256	63.189	3.961	0.000	0.000	67.150	0.000	67.406
2008	6.000	0.000	0.000	6.000	65.604	4.159	0.000	0.000	69.763	0.000	75.763
2009	0.000	0.000	0.000	0.000	61.510	3.995	0.000	0.000	65.505	0.000	65.505
2010	0.000	0.000	0.000	0.000	64.052	4.123	0.000	0.000	68.176	0.000	68.176
2011	0.000	0.000	0.000	0.000	66.693	4.264	0.000	0.000	70.957	0.000	70.957
2012	0.000	0.000	0.000	0.000	69.485	4.422	0.000	0.000	73.906	0.000	73.906
2013	0.000	0.000	0.000	0.000	72.401	4.606	0.000	0.000	77.007	0.000	77.007
2014	0.000	0.000	0.000	0.000	75.502	4.828	0.000	0.000	80.331	0.000	80.331
2015	6.000	0.000	0.000	6.000	78.826	5.103	0.000	0.000	83.929	0.000	89.929
2016	0.000	0.000	0.000	0.000	74.193	4.908	0.000	0.000	79.101	0.000	79.101
2017	0.000	0.000	0.000	0.000	77.512	5.078	0.000	0.000	82.590	0.000	82.590
2018	0.000	0.000	0.000	0.000	80.960	5.267	0.000	0.000	86.227	0.000	86.227
2019	0.000	0.000	0.000	0.000	84.532	5.488	0.000	0.000	90.020	0.000	90.020

HDM-4 Annual Agency and User Cost Streams (Undiscounted)

Total:	18.000	0.256	0.000	18.256	1,320.246	84.360	0.000	1,404.605	0.000	1,422.861
---------------	--------	-------	-------	--------	-----------	--------	-------	-----------	-------	-----------

Section: Capital City to Border
Alternative: 3:Routine+SDress+50mm overlay

Sect ID: A001-01 Road Class: Primary or Trunk Curvature: 75,00 deg/km
Length: 50,00 km Width: 8,00 m Rise+Fall: 20,00 m/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		
2000	6.000	0.000	0.000	6.000	53.857	3.342	0.000	0.000	0.000	63.198
2001	0.000	0.000	0.000	0.000	50.301	3.198	0.000	0.000	0.000	53.498
2002	0.000	0.000	0.000	0.000	52.172	3.293	0.000	0.000	0.000	55.466
2003	0.000	0.000	0.000	0.000	54.138	3.396	0.000	0.000	0.000	57.535
2004	0.000	0.000	0.000	0.000	56.212	3.509	0.000	0.000	0.000	59.722
2005	0.000	0.000	0.000	0.000	58.396	3.636	0.000	0.000	0.000	62.033
2006	0.000	0.000	0.000	0.000	60.709	3.784	0.000	0.000	0.000	64.493
2007	2.000	0.000	0.000	2.000	63.189	3.961	0.000	0.000	0.000	67.150
2008	0.000	0.000	0.000	0.000	65.082	4.106	0.000	0.000	0.000	69.188
2009	6.000	0.000	0.000	6.000	67.136	4.264	0.000	0.000	0.000	71.400
2010	0.000	0.000	0.000	0.000	63.025	4.110	0.000	0.000	0.000	67.135
2011	0.000	0.000	0.000	0.000	65.646	4.243	0.000	0.000	0.000	69.889
2012	0.000	0.000	0.000	0.000	68.413	4.388	0.000	0.000	0.000	72.801
2013	0.000	0.000	0.000	0.000	71.291	4.552	0.000	0.000	0.000	75.843
2014	0.000	0.000	0.000	0.000	74.304	4.744	0.000	0.000	0.000	79.048
2015	0.000	0.000	0.000	0.000	77.555	4.976	0.000	0.000	0.000	82.531
2016	6.000	0.000	0.000	6.000	81.114	5.264	0.000	0.000	0.000	86.378
2017	0.000	0.000	0.000	0.000	76.295	5.060	0.000	0.000	0.000	81.355
2018	0.000	0.000	0.000	0.000	79.714	5.237	0.000	0.000	0.000	84.951
2019	0.000	0.000	0.000	0.000	83.254	5.436	0.000	0.000	0.000	88.690
Total:	20.000	0.000	0.000	20.000	1,321.804	84.497	0.000	0.000	0.000	1,426.301

Section: Capital City to Border
Alternative: 4:Rout+Mill75+Replace75

Sect ID: A001-01

Road Class: Primary or Trunk

Length: 50,00 km

Width: 8,00 m

Rise+Fall: 20,00 m/km

Curvature: 75,00 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	10.200	0.000	0.000	10.200	53.857	3.342	0.000	0.000	57.198	0.000	67.398
2001	0.000	0.000	0.000	0.000	49.315	3.182	0.000	0.000	52.497	0.000	52.497
2002	0.000	0.000	0.000	0.000	50.597	3.272	0.000	0.000	53.869	0.000	53.869
2003	0.000	0.000	0.000	0.000	51.953	3.365	0.000	0.000	55.318	0.000	55.318
2004	0.000	0.000	0.000	0.000	53.462	3.463	0.000	0.000	56.925	0.000	56.925
2005	0.000	0.000	0.000	0.000	55.359	3.566	0.000	0.000	58.925	0.000	58.925
2006	0.000	0.000	0.000	0.000	57.496	3.676	0.000	0.000	61.172	0.000	61.172
2007	0.000	0.000	0.000	0.000	59.781	3.794	0.000	0.000	63.576	0.000	63.576
2008	0.000	0.256	0.000	0.256	62.161	3.926	0.000	0.000	66.087	0.000	66.343
2009	0.000	0.000	0.000	0.000	64.597	4.071	0.000	0.000	68.668	0.000	68.668
2010	0.000	0.256	0.000	0.256	67.366	4.248	0.000	0.000	71.614	0.000	71.870
2011	0.000	0.253	0.000	0.253	70.133	4.451	0.000	0.000	74.584	0.000	74.837
2012	0.000	0.060	0.000	0.060	73.063	4.693	0.000	0.000	77.756	0.000	77.816
2013	10.200	0.000	0.000	10.200	76.344	5.009	0.000	0.000	81.353	0.000	91.553
2014	0.000	0.000	0.000	0.000	68.702	4.599	0.000	0.000	73.301	0.000	73.301
2015	0.000	0.000	0.000	0.000	70.669	4.743	0.000	0.000	75.411	0.000	75.411
2016	0.000	0.000	0.000	0.000	72.898	4.893	0.000	0.000	77.792	0.000	77.792
2017	0.000	0.000	0.000	0.000	75.553	5.052	0.000	0.000	80.606	0.000	80.606
2018	0.000	0.000	0.000	0.000	78.784	5.222	0.000	0.000	84.006	0.000	84.006
2019	0.000	0.000	0.000	0.000	82.177	5.408	0.000	0.000	87.585	0.000	87.585
Total:	20.400	0.825	0.000	21.225	1,294.266	83.976	0.000	0.000	1,378.243	0.000	1,399.468

Section: Capital City to Border
Alternative: 5:Rout+Mill75+Rep100

Sect ID: A001-01 Road Class: Primary or Trunk Curvature: 75,00 deg/km
 Length: 50,00 km Width: 8,00 m Rise+Fall: 20,00 m/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		
2000	12.000	0.000	0.000	12.000	53.857	3.342	0.000	0.000	0.000	69.198
2001	0.000	0.000	0.000	0.000	49.317	3.182	0.000	0.000	0.000	52.499
2002	0.000	0.000	0.000	0.000	50.605	3.272	0.000	0.000	0.000	53.877
2003	0.000	0.000	0.000	0.000	51.975	3.366	0.000	0.000	0.000	55.341
2004	0.000	0.000	0.000	0.000	53.542	3.464	0.000	0.000	0.000	57.007
2005	0.000	0.000	0.000	0.000	55.559	3.568	0.000	0.000	0.000	59.127
2006	0.000	0.000	0.000	0.000	57.751	3.679	0.000	0.000	0.000	61.431
2007	0.000	0.000	0.000	0.000	60.095	3.801	0.000	0.000	0.000	63.896
2008	0.000	0.256	0.000	0.256	62.534	3.939	0.000	0.000	0.000	66.729
2009	0.000	0.000	0.000	0.000	65.040	4.093	0.000	0.000	0.000	69.133
2010	0.000	0.256	0.000	0.256	67.897	4.287	0.000	0.000	0.000	72.440
2011	12.000	0.000	0.000	12.000	70.747	4.513	0.000	0.000	0.000	87.260
2012	0.000	0.000	0.000	0.000	65.188	4.336	0.000	0.000	0.000	69.524
2013	0.000	0.000	0.000	0.000	67.033	4.469	0.000	0.000	0.000	71.501
2014	0.000	0.000	0.000	0.000	69.025	4.609	0.000	0.000	0.000	73.634
2015	0.000	0.000	0.000	0.000	71.579	4.757	0.000	0.000	0.000	76.336
2016	0.000	0.000	0.000	0.000	74.751	4.915	0.000	0.000	0.000	79.666
2017	0.000	0.000	0.000	0.000	78.055	5.089	0.000	0.000	0.000	83.143
2018	0.000	0.000	0.000	0.000	81.533	5.287	0.000	0.000	0.000	86.820
2019	0.000	0.256	0.000	0.256	85.211	5.526	0.000	0.000	0.000	90.993
Total:	24.000	0.768	0.000	24.768	1,291.292	83.494	0.000	0.000	0.000	1,399.553

Section: Capital City to Border
Alternative: 6:Route-Inlay

Sect ID: A001-01 Road Class: Primary or Trunk Curvature: 75.00 deg/km
Length: 50.00 km Width: 8.00 m Rise+Fall: 20.00 m/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	0.729	0.000	0.729	53.857	3.342	0.000	0.000	57.198	0.000	57.927
2001	0.000	0.600	0.000	0.600	55.566	3.478	0.000	0.000	59.044	0.000	59.644
2002	0.000	0.600	0.000	0.600	57.439	3.638	0.000	0.000	61.077	0.000	61.677
2003	0.000	0.600	0.000	0.600	59.512	3.827	0.000	0.000	63.340	0.000	63.940
2004	0.000	0.600	0.000	0.600	61.794	4.051	0.000	0.000	65.845	0.000	66.445
2005	0.000	0.708	0.000	0.708	64.227	4.300	0.000	0.000	68.527	0.000	69.235
2006	0.000	0.710	0.000	0.710	66.749	4.558	0.000	0.000	71.307	0.000	72.018
2007	0.000	0.713	0.000	0.713	69.459	4.841	0.000	0.000	74.300	0.000	75.013
2008	0.000	0.715	0.000	0.715	72.294	5.151	0.000	0.000	77.445	0.000	78.160
2009	0.000	0.718	0.000	0.718	75.434	5.489	0.000	0.000	80.923	0.000	81.640
2010	0.000	0.720	0.000	0.720	78.785	5.856	0.000	0.000	84.641	0.000	85.361
2011	0.000	0.722	0.000	0.722	82.360	6.256	0.000	0.000	88.616	0.000	89.338
2012	0.000	0.723	0.000	0.723	86.191	6.689	0.000	0.000	92.880	0.000	93.603
2013	0.000	0.725	0.000	0.725	90.256	7.157	0.000	0.000	97.413	0.000	98.138
2014	0.000	0.727	0.000	0.727	94.514	7.663	0.000	0.000	102.178	0.000	102.904
2015	0.000	0.728	0.000	0.728	99.229	8.211	0.000	0.000	107.440	0.000	108.168
2016	0.000	0.729	0.000	0.729	104.200	8.801	0.000	0.000	113.001	0.000	113.730
2017	0.000	0.000	0.000	0.000	109.429	9.439	0.000	0.000	118.867	0.000	118.867
2018	0.000	0.000	0.000	0.000	115.250	10.149	0.000	0.000	125.398	0.000	125.398
2019	0.000	0.000	0.000	0.000	121.277	10.894	0.000	0.000	132.171	0.000	132.171
Total:	0.000	11.767	0.000	11.767	1,617.823	123.789	0.000	0.000	1,741.612	0.000	1,753.379

Annual Road Condition (Bituminous Pavements)

Study Name: 2a. Rehabilitation of paved roads (by section)

Run Date: 20-02-2014

Section Details:

ID: A001-01

Length: 50,00km

Description: Capital City to Border

Width: 8,00m

Rise + Fall: 20,00m/km

Road Class: Primary or Trunk

Curvature: 75,00deg/km

Alternative: 1.Base Option

Bituminous Pavement																	
End of Year Condition																	
Year	MT AADT	ESAL (millions/Elane) $\frac{AADT \times 365}{VE}$	Pavement Type	Average Structural Number SNPK	Roughness IRI (m/km) $\frac{IRI}{100}$	Cracking Area (%)				Ravelled Area (%) ARV	Potholes		Edge-break Area (m ² /km) AEB	Rutting		Texture Depth (mm) TD	Skid Resistance SFC50
						All Structural ACA	Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT	Total Cracking ACRA		Number per km NPT	Area (%) APOT		Mean Rut Depth (mm)	Std. Dev of Rut Depth (mm)		
2000	8488	0,95	Before works	4,80	6,27	22,39	18,95	0,00	22,39	25,14	2	0,00	10,00	5,21	3,60	0,24	0,40
			After works	4,80	6,16	3,44	0,00	0,00	3,44	25,14	0	0,00	10,00	5,21	3,60	0,24	0,40
2001	8744	0,97	Before works	4,88	6,39	10,45	0,00	0,00	10,45	48,98	0	0,00	10,00	5,41	3,70	0,20	0,39
			After works	4,88	6,39	10,45	0,00	0,00	10,45	47,73	0	0,00	10,00	5,41	3,70	0,20	0,39
2002	9009	0,99	Before works	4,81	6,68	23,15	0,00	0,00	23,15	68,46	0	0,00	10,00	5,61	3,79	0,17	0,39
			After works	4,81	6,68	23,15	0,00	0,00	23,15	67,21	0	0,00	10,00	5,61	3,79	0,17	0,39
2003	9283	1,01	Before works	4,70	7,03	43,04	0,00	0,00	43,04	56,94	1	0,00	10,00	5,83	3,89	0,14	0,39
			After works	4,70	7,03	43,04	0,00	0,00	43,04	55,69	0	0,00	10,00	5,83	3,89	0,14	0,39
2004	9566	1,03	Before works	4,53	7,40	65,24	5,19	0,00	65,24	34,74	1	0,00	10,00	6,07	3,99	0,12	0,39
			After works	4,53	7,40	63,99	3,94	0,00	63,99	34,74	0	0,00	10,00	6,07	3,99	0,12	0,39
2005	9858	1,05	Before works	4,33	7,76	80,06	16,04	0,00	80,06	19,93	0	0,00	10,00	6,33	4,09	0,10	0,39
			After works	4,33	7,66	64,02	0,00	0,00	64,02	19,93	0	0,00	10,00	6,33	4,09	0,10	0,39
2006	10161	1,08	Before works	4,34	8,03	80,08	16,85	0,00	80,08	19,91	0	0,00	10,00	6,59	4,19	0,10	0,38
			After works	4,34	7,92	63,23	0,00	0,00	63,23	19,91	0	0,00	10,00	6,59	4,19	0,10	0,38
2007	10474	1,10	Before works	4,35	8,30	79,55	17,06	0,00	79,55	20,43	0	0,00	10,00	6,86	4,29	0,10	0,38
			After works	4,35	8,19	62,50	0,00	0,00	62,50	20,43	0	0,00	10,00	6,86	4,29	0,10	0,38
2008	10797	1,12	Before works	4,35	8,58	79,06	17,25	0,00	79,06	20,93	0	0,00	10,00	7,12	4,38	0,10	0,38
			After works	4,35	8,47	61,81	0,00	0,00	61,81	20,93	0	0,00	10,00	7,12	4,38	0,10	0,38

HDM-4 Annual Road Condition (Bituminous Pavements)

Year	11131	1,14	Before works After works	STAP	4,36	8,87	78,60	17,43	0,00	78,60	21,39	0	0,00	10,00	7,38	4,46	0,10	0,38
				STAP	4,36	8,76	61,17	0,00	0,00	61,17	21,39	0	0,00	10,00	7,38	4,46	0,10	0,38
2010	11477	1,16	Before works After works	STAP	4,36	9,17	78,17	17,60	0,00	78,17	21,82	0	0,00	10,00	7,64	4,54	0,10	0,37
				STAP	4,36	9,06	60,57	0,00	0,00	60,57	21,82	0	0,00	10,00	7,64	4,54	0,10	0,37
2011	11835	1,19	Before works After works	STAP	4,37	9,48	77,76	17,75	0,00	77,76	22,23	0	0,00	10,00	7,90	4,61	0,10	0,37
				STAP	4,37	9,37	60,01	0,00	0,00	60,01	22,23	0	0,00	10,00	7,90	4,61	0,10	0,37
2012	12205	1,21	Before works After works	STAP	4,38	9,80	77,38	17,90	0,00	77,38	22,61	0	0,00	10,00	8,17	4,68	0,10	0,37
				STAP	4,38	9,69	59,48	0,00	0,00	59,48	22,61	0	0,00	10,00	8,17	4,68	0,10	0,37
2013	12587	1,24	Before works After works	STAP	4,38	10,13	77,03	18,04	0,00	77,03	22,96	0	0,00	10,00	8,43	4,74	0,10	0,37
				AMGB	4,38	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,37
2014	12983	1,26	Before works After works	AMGB	4,63	2,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	7,60	4,53	0,67	0,36
				AMGB	4,63	2,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	7,60	4,53	0,67	0,36
2015	13393	1,29	Before works After works	AMGB	4,63	2,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	11,14	5,06	0,67	0,36
				AMGB	4,63	2,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	11,14	5,06	0,67	0,36
2016	13816	1,31	Before works After works	AMGB	4,63	3,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	14,77	4,57	0,67	0,36
				AMGB	4,63	3,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	14,77	4,57	0,67	0,36
2017	14255	1,34	Before works After works	AMGB	4,63	3,52	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	0,00	18,47	5,54	0,67	0,36
				AMGB	4,63	3,52	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	0,00	18,47	5,54	0,67	0,36
2018	14708	1,37	Before works After works	AMGB	4,62	3,90	2,42	0,00	0,00	2,42	0,00	0	0,00	0,00	22,26	6,68	0,67	0,35
				AMGB	4,62	3,90	2,42	0,00	0,00	2,42	0,00	0	0,00	0,00	22,26	6,68	0,67	0,35
2019	15178	1,39	Before works After works	AMGB	4,61	4,32	5,99	0,00	0,00	5,99	0,00	0	0,00	0,00	26,14	7,84	0,67	0,35
				AMGB	4,61	4,32	5,99	0,00	0,00	5,99	0,00	0	0,00	0,00	26,14	7,84	0,67	0,35

Section Details:

ID: A001-01
Length: 50,00km

Description: Capital City to Border
Width: 8,00m

Road Class: Primary or Trunk
Curvature: 75,00deg/km
Rise + Fall: 20,00m/km
Alternative: 2:Routine+50mm overlay

Bituminous Pavement																	
End of Year Condition																	
Year	MT AADT	ESAL (millions/E lane)	Pavement Type	Average Structural Number SNPK	Roughness IRI (m/km)	Cracking Area (%)				Ravelled Area (%) ARV	Potholes		Edge-break Area (m ² /km) AEB	Rutting		Texture Depth (mm) TD	Skid Resistance SFC50
						All Structural ACA	Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT	Total Cracking ACRA		Number per km NPT	Area (%) APOT		Mean Rut Depth (mm)	Std. Dev of Rut Depth (mm)		

HDM-4 Annual Road Condition (Bituminous Pavements)

2000	8488	0,95	Before works After works	STAP AMAP	4,80 4,80	6,27 3,28	22,39 0,00	18,95 0,00	0,00 0,00	22,39 0,00	25,14 0,00	2	0,00 0,00	10,00 0,00	5,21 0,78	3,60 0,68	0,24 0,70	0,40 0,40
2001	8744	0,97	Before works After works	AMAP AMAP	5,60 5,60	3,60 3,60	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	4,20 4,20	3,07 3,07	0,68 0,68	0,39 0,39
2002	9009	0,99	Before works After works	AMAP AMAP	5,60 5,60	3,93 3,93	0,50 0,50	0,00 0,00	0,00 0,00	0,50 0,50	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	7,52 7,52	4,51 4,51	0,67 0,67	0,39 0,39
2003	9283	1,01	Before works After works	AMAP AMAP	5,59 5,59	4,28 4,28	1,51 1,51	0,00 0,00	0,00 0,00	1,51 1,51	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	10,91 10,91	5,06 5,06	0,67 0,67	0,39 0,39
2004	9566	1,03	Before works After works	AMAP AMAP	5,59 5,59	4,64 4,64	3,52 3,52	0,00 0,00	0,00 0,00	3,52 3,52	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	14,38 14,38	4,67 4,67	0,67 0,67	0,39 0,39
2005	9858	1,05	Before works After works	AMAP AMAP	5,58 5,58	5,03 5,03	6,97 6,97	0,00 0,00	0,00 0,00	6,97 6,97	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	17,93 17,93	5,38 5,38	0,67 0,67	0,39 0,39
2006	10161	1,08	Before works After works	AMAP AMAP	5,56 5,56	5,45 5,45	12,36 12,36	3,63 3,63	0,00 0,00	12,36 12,36	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	21,58 21,58	6,47 6,47	0,67 0,67	0,38 0,38
2007	10474	1,10	Before works After works	AMAP AMAP	5,52 5,52	5,90 5,83	20,25 9,20	11,04 0,00	0,00 0,00	20,25 9,20	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	25,35 25,35	7,61 7,61	0,67 0,67	0,38 0,38
2008	10797	1,12	Before works After works	AMAP AMAP	5,55 5,55	6,29 3,29	15,68 0,00	3,63 0,00	0,00 0,00	15,68 0,00	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	29,24 4,39	8,77 3,18	0,67 0,70	0,38 0,38
2009	11131	1,14	Before works After works	AMAP AMAP	6,34 6,34	3,67 3,67	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	9,15 9,15	4,89 4,89	0,67 0,67	0,38 0,38
2010	11477	1,16	Before works After works	AMAP AMAP	6,34 6,34	4,07 4,07	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	13,77 13,77	4,81 4,81	0,67 0,67	0,37 0,37
2011	11835	1,19	Before works After works	AMAP AMAP	6,34 6,34	4,47 4,47	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	18,51 18,51	5,55 5,55	0,67 0,67	0,37 0,37
2012	12205	1,21	Before works After works	AMAP AMAP	6,34 6,34	4,89 4,89	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	23,36 23,36	7,01 7,01	0,67 0,67	0,37 0,37
2013	12587	1,24	Before works After works	AMAP AMAP	6,34 6,34	5,34 5,34	0,89 0,89	0,00 0,00	0,00 0,00	0,89 0,89	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	28,34 28,34	8,50 8,50	0,67 0,67	0,37 0,37
2014	12983	1,26	Before works After works	AMAP AMAP	6,34 6,34	5,80 5,80	2,33 2,33	0,00 0,00	0,00 0,00	2,33 2,33	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	33,47 33,47	10,04 10,04	0,67 0,67	0,36 0,36
2015	13393	1,29	Before works After works	AMAP AMAP	6,33 6,33	6,30 3,29	4,97 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	4,97 0,00	0,00 0,00	0	0,00 0,00	0,00 0,00	38,78 5,82	11,63 3,88	0,67 0,70	0,36 0,36

HDM-4 Annual Road Condition (Bituminous Pavements)

2016	13816	1,31	Before works	AMAP	7,11	3,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,16	5,03	0,67	0,36
			After works	AMAP	7,11	3,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,16	5,03	0,67	0,36
2017	14255	1,34	Before works	AMAP	7,11	4,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,33	5,50	0,67	0,36
			After works	AMAP	7,11	4,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,33	5,50	0,67	0,36
2018	14708	1,37	Before works	AMAP	7,11	4,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,65	7,40	0,67	0,35
			After works	AMAP	7,11	4,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,65	7,40	0,67	0,35
2019	15178	1,39	Before works	AMAP	7,11	5,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,14	9,34	0,67	0,35
			After works	AMAP	7,11	5,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,14	9,34	0,67	0,35

Section Details:

ID: A001-01

Length: 50,00km

Description: Capital City to Border

Width: 8,00m

Road Class: Primary or Trunk

Curvature: 75,00deg/km

Rise + Fall: 20,00m/km

Alternative: 3:Routine+SDress+50mm overlay

Bituminous Pavement																	
End of Year Condition																	
Year	MT AADT	ESAL (millions/E lane)	Pavement Type	Average Structural Number SNPK	Roughness IRI (m/km) R _i	Cracking Area (%)				Ravelled Area (%) ARV	Potholes		Edge-break Area (m ² /km) AEB	Rutting		Texture Depth (mm) TD	Skid Resistance SFC50
						All Structural ACA	Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT	Total Cracking ACRA		Number per km NPT	Area (%) APOT		Mean Rut Depth (mm)	Std. Dev of Rut Depth mm		
2000	8488	0,95	Before works	4,80	6,27	22,39	18,95	0,00	22,39	25,14	2	0,00	10,00	5,21	3,60	0,24	0,40
			After works	4,80	3,28	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,78	0,68	0,70
2001	8744	0,97	Before works	5,60	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	4,20	3,07	0,68	0,39
			After works	5,60	3,60	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	4,20	3,07	0,68
2002	9009	0,99	Before works	5,60	3,93	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	0,00	7,52	4,51	0,67	0,39
			After works	5,60	3,93	0,50	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	7,52	4,51	0,67
2003	9283	1,01	Before works	5,59	4,28	1,51	0,00	0,00	1,51	0,00	0	0,00	0,00	10,91	5,06	0,67	0,39
			After works	5,59	4,28	1,51	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	10,91	5,06	0,67
2004	9566	1,03	Before works	5,59	4,64	3,52	0,00	0,00	3,52	0,00	0	0,00	0,00	14,38	4,67	0,67	0,39
			After works	5,59	4,64	3,52	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	14,38	4,67	0,67
2005	9858	1,05	Before works	5,58	5,03	6,97	0,00	0,00	6,97	0,00	0	0,00	0,00	17,93	5,38	0,67	0,39
			After works	5,58	5,03	6,97	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	17,93	5,38	0,67
2006	10161	1,08	Before works	5,56	5,45	12,36	3,63	0,00	12,36	0,00	0	0,00	0,00	21,58	6,47	0,67	0,38
			After works	5,56	5,45	12,36	3,63	0,00	0,00	12,36	0,00	0	0,00	0,00	21,58	6,47	0,67

HDM-4 Annual Road Condition (Bituminous Pavements)

2007	10474	1,10	Before works After works	AMAP STAP	5,52 5,52	5,90 5,75	20,25 0,00	11,04 0,00	0,00 0,00	20,25 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	25,35 25,35	7,61 7,61	0,67 0,70	0,38 0,38
2008	10797	1,12	Before works After works	STAP STAP	5,68 5,68	5,92 5,92	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	25,51 25,51	7,65 7,65	0,34 0,34	0,38 0,38
2009	11131	1,14	Before works After works	STAP AMAP	5,68 5,68	6,10 3,23	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	25,68 3,85	7,70 2,87	0,25 0,70	0,38 0,38
2010	11477	1,16	Before works After works	AMAP AMAP	6,45 6,45	3,63 3,63	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	8,92 8,92	4,85 4,85	0,67 0,67	0,37 0,37
2011	11835	1,19	Before works After works	AMAP AMAP	6,45 6,45	4,03 4,03	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	13,86 13,86	4,79 4,79	0,67 0,67	0,37 0,37
2012	12205	1,21	Before works After works	AMAP AMAP	6,45 6,45	4,45 4,45	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	18,91 18,91	5,67 5,67	0,67 0,67	0,37 0,37
2013	12587	1,24	Before works After works	AMAP AMAP	6,45 6,45	4,88 4,88	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	24,09 24,09	7,23 7,23	0,67 0,67	0,37 0,37
2014	12983	1,26	Before works After works	AMAP AMAP	6,45 6,45	5,34 5,34	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	29,41 29,41	8,82 8,82	0,67 0,67	0,36 0,36
2015	13393	1,29	Before works After works	AMAP AMAP	6,45 6,45	5,81 5,81	0,72 0,72	0,00 0,00	0,00 0,00	0,72 0,72	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	34,88 34,88	10,46 10,46	0,67 0,67	0,36 0,36
2016	13816	1,31	Before works After works	AMAP AMAP	6,44 6,44	6,31 3,29	1,98 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1,98 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	40,56 6,08	12,17 3,99	0,67 0,70	0,36 0,36
2017	14255	1,34	Before works After works	AMAP AMAP	7,21 7,21	3,75 3,75	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	12,82 12,82	4,96 4,96	0,67 0,67	0,36 0,36
2018	14708	1,37	Before works After works	AMAP AMAP	7,21 7,21	4,22 4,22	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	19,36 19,36	5,81 5,81	0,67 0,67	0,35 0,35
2019	15178	1,39	Before works After works	AMAP AMAP	7,21 7,21	4,70 4,70	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	26,06 26,06	7,82 7,82	0,67 0,67	0,35 0,35

HD M-4 Annual Road Condition (Bituminous Pavements)

Section Details:

ID: A001-01

Length: 50,00km

Description: Capital City to Border

Width: 8,00m

Rise + Fall: 20,00m/km

Alternative: 4:Rout+Mill75+Replace75

Road Class: Primary or Trunk

Curvature: 75,00deg/km

Bituminous Pavement																		
End of Year Condition																		
Year	MT AADT	ESAL (millions/E lane) VEA		Pavement Type	Average Structural Number SNPK	Roughness IRI (m/km) DI	Cracking Area (%)				Ravelled Area (%) ARV	Potholes		Edge-break Area (m ² /km) AEB	Rutting		Texture Depth (mm) TD	Skid Resistance SFC50
							All Structural ACA	Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT	Total Cracking ACRA		Number per km NPT	Area (%) APOT		Mean Rut Depth (mm) RD	Std. Dev of Rut Depth RD		
2000	8488	0,95	Before works	STAP	4,80	6,27	22,39	18,95	0,00	22,39	25,14	2	0,00	10,00	5,21	3,60	0,24	0,40
			After works	AMAP	4,80	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70
2001	8744	0,97	Before works	AMAP	4,14	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2,80	2,21	0,68	0,39
			After works	AMAP	4,14	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	2,80	2,21	0,68
2002	9009	0,99	Before works	AMAP	4,14	2,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	5,51	3,74	0,67	0,39
			After works	AMAP	4,14	2,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	5,51	3,74	0,67
2003	9283	1,01	Before works	AMAP	4,14	2,87	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	0,00	8,28	4,71	0,67	0,39
			After works	AMAP	4,14	2,87	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	0,00	8,28	4,71	0,67
2004	9566	1,03	Before works	AMAP	4,13	3,18	1,51	0,00	0,00	1,51	0,00	0	0,00	0,00	11,10	5,06	0,67	0,39
			After works	AMAP	4,13	3,18	1,51	0,00	0,00	0,00	1,51	0,00	0	0,00	0,00	11,10	5,06	0,67
2005	9858	1,05	Before works	AMAP	4,12	3,52	3,52	0,00	0,00	3,52	0,00	0	0,00	0,00	13,98	4,76	0,67	0,39
			After works	AMAP	4,12	3,52	3,52	0,00	0,00	0,00	3,52	0,00	0	0,00	0,00	13,98	4,76	0,67
2006	10161	1,08	Before works	AMAP	4,11	3,88	6,97	0,00	0,00	6,97	0,00	0	0,00	0,00	16,93	5,08	0,67	0,38
			After works	AMAP	4,11	3,88	6,97	0,00	0,00	0,00	6,97	0,00	0	0,00	0,00	16,93	5,08	0,67
2007	10474	1,10	Before works	AMAP	4,08	4,27	12,36	3,63	0,00	12,36	0,00	0	0,00	0,00	19,94	5,98	0,67	0,38
			After works	AMAP	4,08	4,27	12,36	3,63	0,00	0,00	12,36	0,00	0	0,00	0,00	19,94	5,98	0,67
2008	10797	1,12	Before works	AMAP	4,02	4,70	20,25	11,04	0,00	20,25	0,00	0	0,00	0,00	23,03	6,91	0,67	0,38
			After works	AMAP	4,02	4,64	9,20	0,00	0,00	0,00	9,20	0,00	0	0,00	0,00	23,03	6,91	0,67
2009	11131	1,14	Before works	AMAP	4,06	5,07	15,68	3,63	0,00	15,68	0,00	0	0,00	0,00	26,19	7,86	0,67	0,38
			After works	AMAP	4,06	5,07	15,68	3,63	0,00	0,00	15,68	0,00	0	0,00	0,00	26,19	7,86	0,67
2010	11477	1,16	Before works	AMAP	3,99	5,54	24,93	11,04	0,00	24,93	0,00	0	0,00	0,00	29,44	8,83	0,67	0,37
			After works	AMAP	3,99	5,48	13,89	0,00	0,00	0,00	13,89	0,00	0	0,00	0,00	29,44	8,83	0,67

HD M - 4 Annual Road Condition (Bituminous Pavements)

2011	11835	1,19	Before works	AMAP	4,02	5,96	22,41	10,92	0,00	22,41	0,00	0	0,00	0,00	32,78	9,83	0,67	0,37
			After works	AMAP	4,02	5,90	11,49	0,00	0,00	11,49	0,00	0	0,00	0,00	32,78	9,83	0,67	0,37
2012	12205	1,21	Before works	AMAP	4,04	6,39	19,00	9,50	0,00	19,00	0,00	0	0,00	0,00	36,23	10,87	0,67	0,37
			After works	AMAP	4,04	6,39	17,75	8,25	0,00	17,75	0,00	0	0,00	0,00	36,23	10,87	0,67	0,37
2013	12587	1,24	Before works	AMAP	3,96	6,93	27,80	18,81	0,00	27,80	0,00	0	0,00	0,00	39,83	11,95	0,67	0,37
			After works	AMAP	3,96	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,37
2014	12983	1,26	Before works	AMAP	4,14	2,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3,76	2,82	0,67	0,36
			After works	AMAP	4,14	2,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3,76	2,82	0,67	0,36
2015	13393	1,29	Before works	AMAP	4,14	2,69	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	0,00	7,29	4,44	0,67	0,36
			After works	AMAP	4,14	2,69	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	0,00	7,29	4,44	0,67	0,36
2016	13816	1,31	Before works	AMAP	4,13	3,06	1,51	0,00	0,00	1,51	0,00	0	0,00	0,00	10,90	5,06	0,67	0,36
			After works	AMAP	4,13	3,06	1,51	0,00	0,00	1,51	0,00	0	0,00	0,00	10,90	5,06	0,67	0,36
2017	14255	1,34	Before works	AMAP	4,13	3,45	3,52	0,00	0,00	3,52	0,00	0	0,00	0,00	14,59	4,62	0,67	0,36
			After works	AMAP	4,13	3,45	3,52	0,00	0,00	3,52	0,00	0	0,00	0,00	14,59	4,62	0,67	0,36
2018	14708	1,37	Before works	AMAP	4,12	3,87	6,97	0,00	0,00	6,97	0,00	0	0,00	0,00	18,36	5,51	0,67	0,35
			After works	AMAP	4,12	3,87	6,97	0,00	0,00	6,97	0,00	0	0,00	0,00	18,36	5,51	0,67	0,35
2019	15178	1,39	Before works	AMAP	4,10	4,32	12,36	3,63	0,00	12,36	0,00	0	0,00	0,00	22,23	6,67	0,67	0,35
			After works	AMAP	4,10	4,32	12,36	3,63	0,00	12,36	0,00	0	0,00	0,00	22,23	6,67	0,67	0,35

Section Details:

ID: A001-01

Length: 50,00km

Description: Capital City to Border

Width: 8,00m

Rise + Fall: 20,00m/km

Alternative: 5:Rout+Mill75+Rep100

Road Class: Primary or Trunk

Curvature: 75,00deg/km

Bituminous Pavement

End of Year Condition

Year	MT AADT	ESAL (millions/ Lane) VEC	Pavement Type	Average Structural Number SNPK	Roughness IRI (m/km) DI	Cracking Area (%)			Ravelled Area (%) ARV	Potholes		Edge-break Area (m ² /km) AEB	Rutting		Texture Depth (mm) TD	Skid Resistance SFC50
						All Structural ACA	Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT	Total Cracking ACRA		Number per km NPT	Area (%) APOT	Mean Rut Depth (mm)	Std. Dev of Rut Depth (mm)		
2000	8488	0,95	Before works	4,80	6,27	22,39	18,95	0,00	22,39	25,14	2	0,00	5,21	3,60	0,24	0,40
			After works	4,80	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,70	0,40
2001	8744	0,97	Before works	4,14	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	3,15	2,44	0,68	0,39
			After works	4,14	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	3,15	2,44	0,68	0,39

HD M-4 Annual Road Condition (Bituminous Pavements)

2002	9009	0,99	Before works	AMAP	4,14	2,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,21	4,05	0,67	0,39
			After works	AMAP	4,14	2,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,21	4,05	0,67	0,39
2003	9283	1,01	Before works	AMAP	4,14	2,93	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	9,32	4,91	0,67	0,39
			After works	AMAP	4,14	2,93	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	9,32	4,91	0,67	0,39
2004	9566	1,03	Before works	AMAP	4,13	3,27	1,51	0,00	0,00	0,00	1,51	0,00	0,00	0,00	12,50	5,00	0,67	0,39
			After works	AMAP	4,13	3,27	1,51	0,00	0,00	0,00	1,51	0,00	0,00	0,00	12,50	5,00	0,67	0,39
2005	9858	1,05	Before works	AMAP	4,12	3,63	3,52	0,00	0,00	0,00	3,52	0,00	0,00	0,00	15,75	4,73	0,67	0,39
			After works	AMAP	4,12	3,63	3,52	0,00	0,00	0,00	3,52	0,00	0,00	0,00	15,75	4,73	0,67	0,39
2006	10161	1,08	Before works	AMAP	4,10	4,02	6,97	0,00	0,00	0,00	6,97	0,00	0,00	0,00	19,07	5,72	0,67	0,38
			After works	AMAP	4,10	4,02	6,97	0,00	0,00	0,00	6,97	0,00	0,00	0,00	19,07	5,72	0,67	0,38
2007	10474	1,10	Before works	AMAP	4,07	4,43	12,36	3,63	0,00	0,00	12,36	0,00	0,00	0,00	22,47	6,74	0,67	0,38
			After works	AMAP	4,07	4,43	12,36	3,63	0,00	0,00	12,36	0,00	0,00	0,00	22,47	6,74	0,67	0,38
2008	10797	1,12	Before works	AMAP	4,00	4,89	20,25	11,04	0,00	0,00	20,25	0,00	0,00	0,00	25,95	7,79	0,67	0,38
			After works	AMAP	4,00	4,82	9,20	0,00	0,00	0,00	9,20	0,00	0,00	0,00	25,95	7,79	0,67	0,38
2009	11131	1,14	Before works	AMAP	4,05	5,28	15,68	3,63	0,00	0,00	15,68	0,00	0,00	0,00	29,52	8,86	0,67	0,38
			After works	AMAP	4,05	5,28	15,68	3,63	0,00	0,00	15,68	0,00	0,00	0,00	29,52	8,86	0,67	0,38
2010	11477	1,16	Before works	AMAP	3,97	5,78	24,93	11,04	0,00	0,00	24,93	0,00	0,00	0,00	33,19	9,96	0,67	0,37
			After works	AMAP	3,97	5,72	13,89	0,00	0,00	0,00	13,89	0,00	0,00	0,00	33,19	9,96	0,67	0,37
2011	11835	1,19	Before works	AMAP	4,01	6,23	22,41	10,92	0,00	0,00	22,41	0,00	0,00	0,00	36,99	11,10	0,67	0,37
			After works	AMAP	4,01	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,37
2012	12205	1,21	Before works	AMAP	4,52	2,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,33	3,15	0,67	0,37
			After works	AMAP	4,52	2,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,33	3,15	0,67	0,37
2013	12587	1,24	Before works	AMAP	4,52	2,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,54	4,77	0,67	0,37
			After works	AMAP	4,52	2,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,54	4,77	0,67	0,37
2014	12983	1,26	Before works	AMAP	4,52	3,11	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	12,84	4,96	0,67	0,36
			After works	AMAP	4,52	3,11	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	12,84	4,96	0,67	0,36
2015	13393	1,29	Before works	AMAP	4,52	3,51	1,51	0,00	0,00	0,00	1,51	0,00	0,00	0,00	17,24	5,17	0,67	0,36
			After works	AMAP	4,52	3,51	1,51	0,00	0,00	0,00	1,51	0,00	0,00	0,00	17,24	5,17	0,67	0,36
2016	13816	1,31	Before works	AMAP	4,51	3,93	3,52	0,00	0,00	0,00	3,52	0,00	0,00	0,00	21,74	6,52	0,67	0,36
			After works	AMAP	4,51	3,93	3,52	0,00	0,00	0,00	3,52	0,00	0,00	0,00	21,74	6,52	0,67	0,36
2017	14255	1,34	Before works	AMAP	4,50	4,39	6,97	0,00	0,00	0,00	6,97	0,00	0,00	0,00	26,35	7,91	0,67	0,36
			After works	AMAP	4,50	4,39	6,97	0,00	0,00	0,00	6,97	0,00	0,00	0,00	26,35	7,91	0,67	0,36

IIDM - 4 Annual Road Condition (Bituminous Pavements)

2018	14708	1,37	Before works	AMAP	4,47	4,87	12,36	3,63	0,00	12,36	0,00	0	0,00	0,00	31,08	9,32	0,67	0,35
			After works	AMAP	4,47	4,87	12,36	3,63	0,00	12,36	0,00	0	0,00	0,00	31,08	9,32	0,67	0,35
2019	15178	1,39	Before works	AMAP	4,40	5,40	20,25	11,04	0,00	20,25	0,00	0	0,00	0,00	35,93	10,78	0,67	0,35
			After works	AMAP	4,40	5,33	9,20	0,00	0,00	9,20	0,00	0	0,00	0,00	35,93	10,78	0,67	0,35

Section Details:

ID: A001-C1

Description: Capital City to Border

Length: 50,00km

Rise + Fall: 20,00m/km

Width: 8,00m

Alternative: 6:Rout+Inlay

Road Class: Primary or Trunk

Curvature: 75,00deg/km

Bituminous Pavement																	
End of Year Condition																	
Year	MT AADT	ESAL (millions/Elane) VEA	Pavement Type	Average Structural Number SNPK	Roughness IRI (m/km) RI	Cracking Area (%)				Ravelled Area (%) ARV	Potholes		Edge-break Area (m./km) AEB	Rutting		Texture Depth (mm) TD	Skid Resistance SFC50
						All Structural ACA	Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT	Total Cracking ACRA		Number per km NPT	Area (%) APOT		Mean Rut Depth (mm) MD	Std. Dev of Rut Depth SD		
2000	8488	0,95	Before works	4,80	6,27	22,39	18,95	0,00	22,39	25,14	2	0,00	10,00	5,21	3,60	0,24	0,40
			After works	4,80	6,23	3,44	0,00	0,00	25,14	0	0,00	10,00	5,21	3,60	0,24	0,40	
2001	8744	0,97	Before works	4,88	6,47	10,45	0,00	0,00	10,45	48,98	0	0,00	10,00	5,41	3,70	0,20	0,39
			After works	4,88	6,47	10,45	0,00	0,00	36,48	0	0,00	10,00	5,41	3,70	0,20	0,39	
2002	9009	0,99	Before works	4,81	6,76	23,15	0,00	0,00	23,15	59,76	0	0,00	10,00	5,61	3,79	0,17	0,39
			After works	4,81	6,76	23,15	0,00	0,00	47,26	0	0,00	10,00	5,61	3,79	0,17	0,39	
2003	9283	1,01	Before works	4,70	7,11	43,04	0,00	0,00	43,04	56,94	0	0,00	10,00	5,83	3,89	0,14	0,39
			After works	4,70	7,11	43,04	0,00	0,00	44,44	0	0,00	10,00	5,83	3,89	0,14	0,39	
2004	9566	1,03	Before works	4,53	7,48	65,24	5,19	0,00	65,24	34,74	0	0,00	10,00	6,07	3,99	0,12	0,39
			After works	4,53	7,48	60,05	0,00	0,00	27,43	0	0,00	10,00	6,07	3,99	0,12	0,39	
2005	9858	1,05	Before works	4,37	7,85	77,41	17,89	0,00	77,41	22,57	0	0,00	10,00	6,33	4,09	0,10	0,39
			After works	4,37	7,81	59,53	0,00	0,00	22,57	0	0,00	10,00	6,33	4,09	0,10	0,39	
2006	10161	1,08	Before works	4,38	8,19	77,06	18,02	0,00	77,06	22,93	0	0,00	10,00	6,58	4,19	0,10	0,38
			After works	4,38	8,15	59,03	0,00	0,00	22,93	0	0,00	10,00	6,58	4,19	0,10	0,38	
2007	10474	1,10	Before works	4,38	8,54	76,72	18,15	0,00	76,72	23,27	0	0,00	10,00	6,84	4,28	0,10	0,38
			After works	4,38	8,50	58,57	0,00	0,00	23,27	0	0,00	10,00	6,84	4,28	0,10	0,38	
2008	10797	1,12	Before works	4,39	8,90	76,41	18,27	0,00	76,41	23,58	0	0,00	10,00	7,10	4,37	0,10	0,38
			After works	4,39	8,87	58,14	0,00	0,00	23,58	0	0,00	10,00	7,10	4,37	0,10	0,38	

2009	11131	1,14	Before works	STAP	4,39	9,28	76,11	18,38	0,00	76,11	23,88	0	0,00	10,00	7,36	4,46	0,10	0,38
			After works	STAP	4,39	9,24	57,73	0,00	0,00	57,73	23,88	0	0,00	10,00	7,36	4,46	0,10	0,38
2010	11477	1,16	Before works	STAP	4,40	9,66	75,84	18,48	0,00	75,84	24,15	0	0,00	10,00	7,61	4,53	0,10	0,37
			After works	STAP	4,40	9,62	57,35	0,00	0,00	57,35	24,15	0	0,00	10,00	7,61	4,53	0,10	0,37
2011	11835	1,19	Before works	STAP	4,40	10,06	75,58	18,58	0,00	75,58	24,41	0	0,00	10,00	7,87	4,61	0,10	0,37
			After works	STAP	4,40	10,02	57,00	0,00	0,00	57,00	24,41	0	0,00	10,00	7,87	4,61	0,10	0,37
2012	12205	1,21	Before works	STAP	4,40	10,47	75,33	18,67	0,00	75,33	24,65	0	0,00	10,00	8,13	4,67	0,10	0,37
			After works	STAP	4,40	10,43	56,66	0,00	0,00	56,66	24,65	0	0,00	10,00	8,13	4,67	0,10	0,37
2013	12587	1,24	Before works	STAP	4,41	10,89	75,11	18,75	0,00	75,11	24,88	0	0,00	10,00	8,39	4,74	0,10	0,37
			After works	STAP	4,41	10,85	56,35	0,00	0,00	56,35	24,88	0	0,00	10,00	8,39	4,74	0,10	0,37
2014	12983	1,26	Before works	STAP	4,41	11,33	74,89	18,83	0,00	74,89	25,09	0	0,00	10,00	8,65	4,79	0,10	0,36
			After works	STAP	4,41	11,29	56,06	0,00	0,00	56,06	25,09	0	0,00	10,00	8,65	4,79	0,10	0,36
2015	13393	1,29	Before works	STAP	4,41	11,78	74,69	18,91	0,00	74,69	25,30	0	0,00	10,00	8,91	4,84	0,10	0,36
			After works	STAP	4,41	11,74	55,79	0,00	0,00	55,79	25,30	0	0,00	10,00	8,91	4,84	0,10	0,36
2016	13816	1,31	Before works	STAP	4,41	12,24	74,50	18,97	0,00	74,50	25,48	0	0,00	10,00	9,17	4,89	0,10	0,36
			After works	STAP	4,41	12,20	55,53	0,00	0,00	55,53	25,48	0	0,00	10,00	9,17	4,89	0,10	0,36
2017	14255	1,34	Before works	STAP	4,42	12,72	74,33	19,04	0,00	74,33	25,66	0	0,00	10,00	9,42	4,93	0,10	0,36
			After works	STAP	4,42	12,72	74,33	19,04	0,00	74,33	25,66	0	0,00	10,00	9,42	4,93	0,10	0,36
2018	14708	1,37	Before works	STAP	4,28	13,23	86,79	45,65	0,00	86,79	13,20	0	0,00	10,00	9,72	4,97	0,10	0,35
			After works	STAP	4,28	13,23	86,79	45,65	0,00	86,79	13,20	0	0,00	10,00	9,72	4,97	0,10	0,35
2019	15178	1,39	Before works	STAP	4,22	13,73	94,25	72,93	0,00	94,25	5,73	4	0,00	10,00	10,05	5,00	0,10	0,35
			After works	STAP	4,22	13,73	94,25	72,93	0,00	94,25	5,73	4	0,00	10,00	10,05	5,00	0,10	0,35

BIBLIOGRAFIA

- The World Bank, Autor, A., Autor, B. (ano). *Título do Livro em itálico*. Editor, Cidade de publicação.
- Kerali, H.R.. *HDM-4, Visión General de HDM-4, versión uno*, PIARC, 2000
- Morosiuk, G., Riley, M., Toole, T.. *Apliccations Guide, volume two*, PIARC, 2006
- Archondo –Callao, R.. *HDM-4 Version 2.05 World Bank Case Studies Version 1.0 Documentation*, Technical Paper, The World Bank, 2008
- Archondo –Callao, R.. *Applying the HDM-4 Model to Strategic Planning of Road Works*. Transport Pappers TP20, The World Bank, 2008
- Pereira, P., Miranda, V.. *Gestão da Conservação dos Pavimentos Rodoviários*. Universidade do Minho, 2000
- Ferreira, A.. *Otimização da Conservação de Pavimentos de Redes Rodoviários*. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Coimbra, 2001.
- Ferreira, A. Queiroz, C., Sousa, R.. *Gestão da Conservação de Redes Rodoviárias: Utilização dos Modelos de Previsão do Comportamento dos Pavimentos do HDM-4*
- Santos, L.P., Ferreira, A., Pereira, P.. *Estruturação de um Sistema de Gestão de Pavimentos para uma Rede Rodoviária de Carácter Nacional*. Universidade do Minho, 2006
- Horta, C. S., Pereira, F.C., Lopes, S., Morgado, J.. *O Sistema de Gestão de Conservação de Pavimentos da Estradas de Portugal, S.A. – Balanço de uma Implementação Consolidada*. Art.T5 – 7º CRP, 2013
- Branco, F., Pereira, P., Santos, L.P.. *Pavimentos Rodoviários*, Almedina, 2011.
- Kerali, H.R., Odoki, J.B., Wightman, D.C., Stannard, E.E.. *Structure of the New Highway Development and Management Tools (HDM-4)*, 4th International Conference on Managing Pavements, University of Birmingham, Reino Unido. 1998
- Azevedo, Maria da Conceição. *Indicadores de Estado de Conservação dos Pavimentos*. INIR
- Datex II Experience in Portugal*, ARTS Steering Committe, Porto, 2012
- <http://siteresources.worldbank.org/INTROADSHIGHWAYS/Resources/338993-1115667319236/1095944-1229373148786/01HDM-4Introduction2008-10-22.pdf>, 2013-10-15
- <http://www.hdmglobal.com/>. 2013-10-15
- <http://www.worldbank.org/en/country/portugal/overview>, 2014-01-05
- http://www.asphaltinstitute.org/public/engineering/maintenance_rehab/asphalt-pavement-distress-summary.dot. Asphalt Institute, 2013-11-27.
- <http://www.pavementinteractive.org/category/Search/Flexible-Pavement-Distress/>. Pavia Systems, 2013-12-09.
- <http://www.estradasdeportugal.pt/index.php/pt/informacoes/publicacoessep>, 2013-11-29
- <http://www.estradasdeportugal.pt/index.php/pt/areas-de-atuacao/prn/142-legislacao>. PRN 2000.
- http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_main, 2013-10-22
- <http://www.oecd.org/portugal/publicationsdocuments/reports>, 2013-10-22
- <http://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=54695>, 2013-10-22

<http://www.dre.pt/util/getdiplomas.asp?tdip=Decreto-Lei&ndip=267/97>. 2013-11-29

Decreto –Lei nº 380/85 de 26 de Setembro, *Plano Rodoviário Nacional*, 85

Decreto –Lei nº 9/97 de 10 de Janeiro, *Diário da República*

Decreto –Lei nº 110/2009 de 2 de Outubro, *Diário da República*