



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Análise do Efeito dos Troços em Obras nos Custos Suportados pelos Utentes das Estradas

João Fernando Garcez Teixeira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil
(2º ciclo de estudos)

Orientadora: Prof. Doutora Bertha Maria Batista dos Santos

Covilhã, Junho de 2011

Dedicatória

Dedico este trabalho a toda a minha família.

Agradecimentos

Agradeço à minha orientadora de mestrado, Professora Doutora Bertha Maria Batista dos Santos, pelo seu imprescindível apoio, incentivo e pronta disponibilidade prestada, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

A todos os meus colegas e amigos, que directa ou indirectamente, estiveram presentes e me acompanharam ao longo deste percurso, o meu sincero reconhecimento.

Finalmente, desejo agradecer de uma maneira especial aos meus pais, ao meu irmão, à Cláudia Pacheco, ao Professor e amigo Doutor José Pacheco de Carvalho e à Professora e amiga Maria da Purificação por terem estado sempre presentes durante estes meses de trabalho, pelo seu apoio incondicional, compreensão, encorajamento e por terem colaborado na revisão da dissertação.

Resumo

ANÁLISE DO EFEITO DOS TROÇOS EM OBRAS NOS CUSTOS SUPOSTOS PELOS UTENTES DAS ESTRADAS

No presente trabalho é efectuada a análise dos principais efeitos causados pelos troços em obras nos custos suportados pelos utentes das estradas. São abordados aspectos relativos aos Custos dos Utentes da Estrada (CUE), à influência dos troços em obras nos CUE e à avaliação dos respectivos custos adicionais para os utentes.

O estudo apresentado assenta num trabalho de doutoramento desenvolvido em duas Universidades (Beira Interior e Coimbra) do qual resultou a criação de um Modelo de Custos dos Utentes das Estradas que pode ser usado na avaliação de projectos e na gestão deste tipo de infra-estruturas. O modelo desenvolvido permite a obtenção de custos médios dos utentes (custos de operação dos veículos, do tempo de percurso, dos acidentes e de portagem).

De forma a refinar o modelo, o trabalho apresentado tem por objectivo contribuir para a definição e quantificação dos efeitos causados pelas intervenções de manutenção e reabilitação efectuadas na rede rodoviária (troços em obras), ao longo da sua vida útil, nos custos suportados pelos utentes das estradas.

Palavras-chave

Custos dos utentes da estrada, zonas de trabalho, tempo de percurso/atraso, consumo adicional de combustível.

Abstract

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF WORK ZONES ON ROAD USER COSTS

This work presents a study of the main effects of work zones on costs supported by road users.

Topics related to road user costs (RUC), the influence of work zones in the RUC calculations and the assessment of additional costs to users are discussed.

The analysis developed is based on a doctoral thesis carried out in two universities (Coimbra and the Beira Interior) which resulted in a Road User Cost Model that can be used for the evaluation of new projects and the management of road networks. The model allows the computation of average road user costs (vehicle operating, travel time, accidents, and toll costs).

In order to refine the model, this study aims to contribute to the definition and quantification of the effects caused by work zones (maintenance and rehabilitation works), throughout road life cycle, on the road user costs.

Keywords

Road user Costs, work zones, delay, additional fuel consumption.

Índice

| | |
|--|----|
| Capítulo 1- Introdução | 23 |
| 1.1 - Enquadramento do tema | 23 |
| 1.2 - Objectivos e justificação do tema proposto | 24 |
| 1.3 - Organização do trabalho | 25 |
| Capítulo 2 - Custos dos Utentes da Estrada (CUE) | 27 |
| 2.1 - Introdução | 27 |
| 2.2 - Componentes dos Custos dos Utentes da Estrada | 28 |
| 2.2.1 - Custos de Operação dos Veículos | 28 |
| 2.2.2 - Custos do Tempo de Percurso | 31 |
| 2.2.3 - Custos dos Acidentes | 33 |
| 2.2.4 - Custos de Portagem | 36 |
| 2.3 - Breve descrição dos modelos existentes para a determinação dos CUE | 37 |
| 2.3.1 - O Modelo HDM-4 | 37 |
| 2.3.2 - O modelo COBA | 38 |
| 2.3.3 - O modelo NZVOC | 39 |
| 2.3.4 - O modelo TxDOT | 40 |
| 2.3.5 - O modelo de Custos JAE90 | 41 |
| 2.3.6 - O modelo NJDOT | 42 |
| 2.3.7 - O modelo português de Custos dos Utentes das Estradas | 43 |
| 2.4 - Contribuição das parcelas de custos no total dos CUE | 44 |
| 2.5 - Conclusões | 49 |
| Capítulo 3 - Influência dos troços em obras nos CUE | 53 |
| 3.1 - Introdução | 53 |
| 3.2 - Zonas de trabalho | 54 |
| 3.3 - Abordagens e metodologias existentes | 56 |
| 3.3.1 - Factores considerados na análise das zonas de trabalho | 56 |
| 3.3.1.1 - Capacidade nas zonas de trabalho | 56 |
| 3.3.1.2 - Velocidade nas zonas de trabalho | 57 |
| 3.3.1.3 - Acidentes nas zonas de trabalho | 58 |
| 3.3.1.4 - Comprimento ideal das zonas de trabalho | 60 |
| 3.3.2 - O modelo do New Jersey Department of Transportation (NJDOT) | 64 |
| 3.3.3 - O modelo COBA/QUADRO | 71 |
| 3.3.4 - O modelo HDM-4 | 74 |
| 3.3.5 - O modelo Português | 78 |
| 3.4 - Enquadramento da legislação nacional referente a zonas de trabalho | 81 |
| 3.5 - Efeitos dos troços em obras nos CUE | 89 |
| 3.6 - Conclusões | 91 |

| | |
|--|-----|
| Capítulo 4 - Avaliação dos custos adicionais para os utentes devido à existência de troços em obras | 93 |
| 4.1 - Introdução | 93 |
| 4.2 - Considerações adoptadas para o tratamento dos troços em obras | 93 |
| 4.2.1 - Enquadramento da legislação em vigor relativamente ao comprimento e velocidades praticadas nas secções em zonas de trabalho | 93 |
| 4.2.2 - Considerações sobre o consumo de combustível adicional | 96 |
| 4.2.3 - Modelação das situações de fila nas zonas de trabalho | 98 |
| 4.3 - Proposta para a consideração das zonas de trabalho | 100 |
| 4.4 - Análise da variação do custo do utente da estrada para diversos cenários de zonas de trabalho | 102 |
| 4.5 - Caso de estudo: Concessão Scutvias - (A23) | 121 |
| 4.6 - Conclusões | 128 |
| Capítulo 5 - Conclusões e Recomendações para Trabalhos Futuros | 131 |
| 5.1 - Conclusões gerais | 131 |
| 5.2. Recomendações para trabalhos futuros | 133 |
| Referências Bibliográficas | 135 |
| Anexos | 139 |
| Anexo A - Aplicação Prática do Modelo Português de Custos dos Utentes das Estradas para o ano de 2010 sem incluir os efeitos das zonas de trabalho | 140 |

Lista de Figuras

- Figura 2.1** - Processo utilizado pelo COBA para o cálculo dos custos do utente da rede
- Figura 2.2** - Contribuição da componente de combustível nos COV, para VLP
- Figura 2.3** - Contribuição da componente de combustível nos COV, para VPM
- Figura 2.4** - Distribuição dos COV e CTP nos CUE, para VLP
- Figura 2.5** - Distribuição dos COV e CTP nos CUE, para VPM
- Figura 3.1** - Trânsito numa zona de trabalho
- Figura 3.2** - Comprimento ideal das zonas de trabalho em função da aproximação do fluxo de tráfego para múltiplas taxas de descarga
- Figura 3.3** - Veículos em movimento nas zonas de trabalho
- Figura 3.4** - Exemplo do efeito das zonas de trabalhos nos utentes da estrada
- Figura 3.5** - Procedimento de análise das zonas de trabalho para veículos que são obrigados a parar nas filas
- Figura 4.1.** - Exemplo de uma zona de trabalhos com corte total de uma via numa estrada com uma faixa de rodagem
- Figura 4.2.** - Exemplo de uma zona de trabalhos com corte total de uma via numa estrada com duas faixas de rodagem
- Figura 4.3** - Curvas de combustível versus velocidade para veículos ligeiros de passageiros
- Figura 4.4** - Curvas de combustível versus velocidade para veículos pesados de mercadorias
- Figura 4.5** - Formação e dissipação de filas
- Figura 4.6** - Custo dos utentes em Auto-Estrada nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos
- Figura 4.7** - Variação do Custo dos utentes em Auto-Estrada nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos
- Figura 4.8** - Custo dos Utesntes em Itinerário Principal nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos
- Figura 4.9** - Variação do Custo dos Utesntes em Itinerário Principal nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos
- Figura 4.10** - Custo dos utentes em Itinerário Complementar nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos
- Figura 4.11** - Variação do custo dos utentes em Itinerário Complementar nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos
- Figura 4.12** - Custo dos utentes em Estrada Nacional/Estrada Regional nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos
- Figura 4.13** - Variação do custo dos utentes em Estrada Nacional/Estrada Regional nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos
- Figura 4.14** - Custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Ligeiros de Passageiros

Figura 4.15 - Variação do custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Ligeiros de Passageiros

Figura 4.16 - Custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Comerciais de Ligeiros

Figura 4.17 - Variação do custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Comerciais de Ligeiros

Figura 4.18 - Custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Pesados de Mercadorias

Figura 4.19 - Variação do custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Pesados de Mercadorias

Figura 4.20 - Custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Pesados de Passageiros

Figura 4.21 - Variação do custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Pesados de Passageiros

Figura 4.22 - Parcelas e custo total dos utentes das estradas para os diversos cenários estudados em 2010

Figura 4.23 - Percentagem das parcelas e variação dos custos dos utentes da estrada para os diversos cenários estudados em 2010

Figura 4.24 - Custos dos utentes das estradas e suas componentes para os diversos cenários estudados em 2010

Figura 4.25 - Percentagens da variação das parcelas dos custos dos utentes das estradas para os diversos cenários estudados em 2010

Lista de Quadros

Quadro 2.1 - Componentes do modelo de COV proposto e impacto nos CUE

Quadro 2.2 - Custos unitários de operação dos veículos utilizados no Sistema de Custos JAE90 (€/km)

Quadro 2.3 - Custos médios unitários de operação dos veículos, para o ano 2006, em €/km/veículo utilizados no Modelo Português

Quadro 2.4 - Valor do tempo adoptado em vários estados dos EUA [€/hora/pessoa]

Quadro 2.5 - Ganhos horários [€/hora/pessoa] adoptados no modelo de CUE para o ano de 2006

Quadro 2.6 - Custos por tipo de acidente e tipo de vítima, para o ano de 2006

Quadro 2.7 - Custos médios unitários de operação para os VLP e VPM (2006) em €/km/veículo

Quadro 2.8 - Custos médios unitários do tempo de percurso para os VLP e VPM (2006) em €/km/veículo

Quadro 2.9 - Custos médios unitários de portagem para os VLP e VPM (2006) em €/km/veículo

Quadro 2.10 - Custos da assistência policial e médica ao acidente e custos por vítima (2006)

Quadro 2.11 - Resultados da aplicação do Modelo de CUE às redes Scutvias e Aenor (2006) em €/km/dia

Quadro 3.1 - Análise da zona de trabalho

Quadro 3.2 - Atraso nas filas

Quadro 3.3 - Zona de trabalho e circuitos (desvios) com atrasos

Quadro 3.4 - Factores de agravamento e custos

Quadro 3.5 - Custos dos Utentes da Estrada

Quadro 3.6 - Custos anuais médios do tempo por pessoa e por veículo utilizados no COBA

Quadro 3.7 - Efeitos dos troços em obras nos CUE, considerados nos modelos estudados

Quadro 4.1 - Velocidades de circulação para diferentes tipos de itinerários consoante o tipo de veículo, em zonas de trabalho

Quadro 4.2 - Velocidade de circulação, vida útil do veículo, média anual de quilómetros, taxa de ocupação, consumo de combustível, número de pneus e período de vida médio de pneus para as diferentes classes de veículos

Quadro 4.3 - Preços de mercado de 21 de Dezembro de 2010 de combustível, pneus, manutenção preventiva, desvalorização e custo do tempo para as diferentes classes de veículos (2010)

Quadro 4.4 - Preços de mercado de 5 de Junho de 2007 de combustível, pneus, manutenção preventiva, desvalorização e custo do tempo para as diferentes classes de veículos (2006)

Quadro 4.5 - Custo de combustível sem agravamento e com agravamento de 20% para as diferentes classes de veículos

Quadro 4.6 - Custos de Operação dos Veículos e as suas componentes, onde o custo de combustível se encontra sem agravamento, para as diversas classes de veículos

Quadro 4.7 - Custos de Operação dos Veículos e as suas componentes, onde o custo de combustível se encontra com um agravamento de 20 %, para as diversas classes de veículos

Quadro 4.8 - Custos do tempo de percurso para uma situação com velocidade de circulação normal

Quadro 4.9 - Custos do tempo de percurso para período diurno numa zona em obras, em que a velocidade está reduzida a 2/3 da velocidade normal de circulação

Quadro 4.10 - Custos do tempo de percurso para período nocturno numa zona em obras, em que a velocidade está reduzida a 1/3 da velocidade normal de circulação

Quadro 4.11 - Custos dos utentes da estrada em Auto-Estradas, numa situação normal (velocidade normal de circulação) e com o pagamento de portagens para as diferentes classes de veículos

Quadro 4.12 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Auto-Estradas, em período diurno com redução da velocidade para 2/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível e com pagamento de portagem

Quadro 4.13 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Auto-Estradas, em período diurno com redução da velocidade para 2/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagem

Quadro 4.14 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Auto-Estradas, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, com consumo adicional de combustível e com pagamento de portagem

Quadro 4.15 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Auto-Estradas, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, com consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagem

Quadro 4.16 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Auto-Estradas, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível e com pagamento de portagem

Quadro 4.17 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Auto-Estradas, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagem

Quadro 4.18 - Custos dos utentes da estrada em Itinerários Principais, numa situação normal (velocidade normal de circulação) para as diferentes classes de veículos

Quadro 4.19 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Itinerários Principais, em período diurno com redução da velocidade para 2/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível

Quadro 4.20 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Itinerários Principais, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, com consumo adicional de combustível

Quadro 4.21 - Custos dos utentes da estrada em Itinerários Complementares, numa situação normal (velocidade normal de circulação) para as diferentes classes de veículos

Quadro 4.22 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Itinerários Complementares, em período diurno com redução da velocidade para 2/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível

Quadro 4.23 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Itinerários Complementares, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, com consumo adicional de combustível

Quadro 4.24 - Custos dos utentes da estrada em Estradas Nacionais e Regionais, numa situação normal (velocidade normal de circulação) para as diferentes classes de veículos

Quadro 4.25 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Estradas Nacionais e Regionais, em período diurno com redução da velocidade para 2/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível

Quadro 4.26 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Estradas Nacionais e Regionais, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, com consumo adicional de combustível

Quadro 4.27 - Número de vítimas e número de acidentes para os anos de 2006 e 2010

Quadro 4.28 - Custo dos acidentes para os anos de 2006 e 2010

Quadro 4.29 - Custo das vítimas para os anos de 2006 e 2010

Quadro 4.30 - Tráfego médio diário anual e proporção dos veículos das diferentes classes de veículos para os anos de 2006 e 2010

Quadro 4.31 - Custos de operação dos veículos para períodos de obras diurno e nocturno

Quadro 4.32 - Custo do Tempo de Percurso para períodos de obra diurnos com 100% de tráfego e para períodos de obra diurnos e nocturnos com 85 e 15% de tráfego

Quadro 4.33 - Percentagens e Custos dos Utesntes da Estrada e respectiva variação para os diversos cenários de troços em obras considerados

Lista de Acrónimos

| | |
|---------------|--|
| AE | Auto-Estrada |
| AENOR | Associação Espanhola de Normalização e Certificação |
| CA | Custos dos Acidentes |
| CA_j | Custo do Acidente do tipo j |
| ca_j | Custo por acidente do tipo j (assistência policial e médica) |
| CC_i | Custo do Combustível para o veículo da classe i |
| cc_i | Consumo de combustível do veículo da classe i |
| CCO | Custo do Desconforto por sub-secção rodoviária de 500m (JAE90) |
| CD | Custos do Desconforto |
| Cd_i | Custo de desvalorização do veículo da classe i |
| Cmc_i | Custo de mercado do combustível (gasolina ou gasóleo) |
| $Cmdt_i$ | Custo de mercado da desvalorização total (ao longo do período de vida do veículo) para o veículo da classe i |
| Cm_i | Custo de manutenção para o veículo da classe i |
| $Cmmt_i$ | Custo de mercado da manutenção total (ao longo do período de vida do veículo) para o veículo da classe i |
| Cmp_i | Custo de mercado de um pneu para o veículo da classe i |
| COBA | COst Benefit analysis |
| COBA 11 | Versão COBA 11 |
| COBA10 | Versão COBA 10 |
| COV | Custos de Operação dos Veículos |
| COV_i | Custo de Operação do Veículo da classe i |
| CP | Custos de Portagens |
| Cp_i | Custo dos Pneus para o veículo da classe i |
| CPortagem | Custos de Portagem paga pelos utentes da estrada |
| $cportagem_i$ | Custo da portagem para o veículo da classe i |
| CT_m | Custo do tempo para a finalidade de viagem m |
| CTP | Custos do Tempo de Percurso ou Valor do Tempo |
| CTP_i | Custo do tempo de percurso para um veículo da classe i |
| $CTP_{M\&Ri}$ | Custo do tempo de percurso nas secções em M&R para um veículo da classe i |
| CUE | Custos dos Utentes das Estradas |
| $CUE_{M\&R}$ | Custos para os utentes da estrada de secções em M&R |
| CUE_{PSI} | Aumento ou diminuição do CUE devido ao PSI |
| CUEPT | Modelo de Custos do Utente da Estrada com aplicação à rede rodoviária principal |
| CUE_{total} | Custos totais para os utentes da estrada |

| | |
|---------------|---|
| CUMCAP | Número acumulado de veículos (Partidas) |
| CUMVEH | Número acumulado de veículos (Chegadas) |
| CV_k | Custo das Vítimas do tipo k |
| cv_k | Custo por vítima do tipo k |
| dCF | Aumento do consumo de combustível devido a acções de M&R |
| dCTP | Aumento do custo do tempo de percurso devido a acções de M&R |
| dFuel | Consumo de combustível adicional devido ao congestionamento |
| EA | Exposição a acidentes nas secções e intersecções (total) |
| EN | Estradas Nacionais |
| EP | Estradas de Portugal (Instituto da Administração Central que gere a rede rodoviária portuguesa) |
| EUA | Estados Unidos da América |
| FARS | Fatal Accident Reporting System |
| $F_{COV,PSI}$ | Factor de correcção para um valor de COV e PSI certos |
| FDOT | Florida Department of Transportation |
| FHWA | Federal Highway Administration |
| GB | Gigabytes |
| GMH_i | Ganho Médio Horário de um ocupante de um veículo da classe i em viagem de trabalho |
| GPS | Sistema de Posicionamento Global |
| H | Progresso médio dos veículos |
| HCM | Highway Capacity Manual |
| HDM | Highway Design and Maintenance Model |
| HDM-4 | Highway Development and Maintenance Model, versão 4 |
| HDM-II | Highway Design and Maintenance Model, versão 2 |
| HDM-III | Highway Design and Maintenance Model, versão 3 |
| HDM-RUE | Road User and Environmental Effects Model to HDM-4 |
| HSIS | Highway Safety Information System |
| i | Classe de veículo |
| IC | Itinerários Complementares |
| IP | Itinerários Principais |
| ISOHDM | International Study of Highway Development and Management |
| j | Tipos de acidentes |
| JAE | Junta Autónoma de Estradas |
| JAE90 | Modelo de Custos do SGC da JAE |
| k | Tipos de vítimas |
| KARS | Kentucky Accident Reporting System |
| kma_i | Quilometragem média anual percorrida pelo veículo da classe i |
| l | Extensão unitária (1km) |
| L | Comprimento das zonas de trabalho |

| | |
|------------|--|
| L | Extensão da secção em análise |
| L_{PSI} | Comprimento da secção em análise com determinado valor de PSI |
| m | Finalidade da viagem |
| M&R | Manutenção e Reabilitação |
| MC | Modelo de Custos |
| NAA | Número de acidentes com vítimas por Ano |
| NAA_j | Número de acidentes do tipo j por ano |
| NJDOT | New Jersey Department of Transportation |
| NMV_k | Número Médio de Vítimas do tipo k por acidente |
| n_{pi} | Número de pneus da classe i; |
| NTSB | National Transportation Safety Board |
| NV_k | Número de Vítimas do tipo k |
| NZVOC | New Zealand Vehicle Operating Cost |
| PEM | Project Evaluation Manual |
| p_i | Proporção dos veículos da classe i para o TMDA considerado |
| PRN | Plano Rodoviário Nacional |
| PSI | Pavement Serviceability Index |
| pvp_i | Período médio de vida do pneu para o veículo da classe i |
| pvv_i | Período de vida útil do veículo da classe i |
| Q | Taxas de fluxo de aproximação das zonas de trabalho |
| QUADRO | Queues And Delays Roadworks |
| QUEWZ | Queue and User Costs Evaluation of Work Zones |
| RUC | Road User Costs (Custos do Utente da Estrada) |
| RUE | Road User Effects |
| S | Taxa de dissipação das filas |
| SCUT | Auto-estradas Sem Custo para o Utente |
| SGC | Sistema de Gestão da Conservação dos pavimentos (JAE) |
| $S_{M\&R}$ | Velocidade média de circulação dos veículos da classe i nas secções em M&R |
| TMD | Tráfego Médio Diário |
| TMDA | Tráfego Médio Diário Anual |
| $TO_{i,m}$ | Taxa de Ocupação para o veículo da classe i e finalidade de viagem m |
| TRL | Transport Research Laboratory |
| TTI | Texas Transportation Institute |
| TWTLO | Two Way Two Lanes Operation |
| TxDOT | Texas Department of Transportation |
| V | Velocidade média dos veículos |
| VCL | Veículos Comerciais Ligeiros |
| v_i | Velocidade média de circulação dos veículos |
| VLP | Veículos Ligeiros de Passageiros |
| VOC | Vehicle Operating Costs (Custos de operação dos veículos) |

| | |
|-----|---------------------------------|
| VPM | Veículos Pesados de Mercadorias |
| VPP | Veículos Pesados de Passageiros |
| Y | Comprimento das secções em M&R |

Capítulo 1- Introdução

1.1 - Enquadramento do tema

Nas duas últimas décadas deu-se um grande melhoramento da rede rodoviária nacional, tanto no que se refere à extensão como à qualidade, o que se tornou particularmente visível no aumento da extensão de auto-estradas.

As auto-estradas têm um papel muito importante nas ligações inter-regionais e internacionais, tornando os trajectos mais rápidos e seguros.

A revisão do Plano Rodoviário Nacional de 1985 (PRN85), de que resultou um novo plano mais adequado às necessidades actuais (PRN 2000), foi um importante passo para a melhoria da qualidade da rede rodoviária nacional e, como tal, da acessibilidade, em todo o País.

Em 2003, deu-se uma nova revisão do Plano Rodoviário Nacional, segundo a qual a rede rodoviária nacional passa a ser constituída pelas:

- Rede Fundamental, que inclui os itinerários principais (IP);
- Rede Complementar, que integra os itinerários complementares (IC) e as estradas nacionais (EN);
- Rede de estradas regionais e municipais.

Apesar da significativa melhoria da cobertura rodoviária do território, quer a nível nacional quer regional, continuam a persistir desigualdades. A rede rodoviária, no Continente, é mais densa ao longo do Litoral, onde se localiza também a maior parte da extensão da rede fundamental, nomeadamente das auto-estradas, que se incluem nos itinerários principais. O PNR 2000, assim como os novos empreendimentos rodoviários previstos pelo Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações procuram atenuar este desequilíbrio.

O domínio da conservação da qualidade dos pavimentos rodoviários e de toda a infra-estrutura rodoviária em geral constitui cada vez mais, uma actividade importante para a garantia de uma adequada relação entre o estado da rede e a qualidade do serviço oferecido aos utentes [40].

Os utentes da estrada são os que sentem directa ou indirectamente a influência do estado de conservação da infra-estrutura, nomeadamente a dos seus pavimentos, estruturas (obras de arte) e ainda da sinalização e equipamentos de segurança. Em geral, estes custos não são considerados na análise de cenários e no planeamento de acções de conservação e reabilitação das infra-estruturas rodoviárias [40].

Por tudo o que foi referido anteriormente, torna-se necessário desenvolver uma ferramenta que permita, de forma simples mas fiável, a inclusão dos custos suportados pelos utentes nos processos de gestão da estrada. Particular atenção deve ser dada à fase de planeamento de projectos de conservação dos pavimentos em áreas que apresentem elevados volumes de tráfego, devido à grande probabilidade de virem a ocorrer elevados custos associados ao tempo perdido pelos utentes.

Apenas nos últimos 30 anos e nos países desenvolvidos se tornou comum o recurso a avaliações económicas no campo da engenharia rodoviária, incluindo portanto a consideração dos custos dos utentes da estrada. Tal facto deve-se em parte à imposição de regras por parte das agências internacionais, como o Banco Mundial, para a execução destas avaliações como critério necessário à candidatura de empréstimos.

1.2 - Objectivos e justificação do tema proposto

Entre 2004 e 2008, um trabalho de doutoramento desenvolvido em duas Universidades (Beira Interior e Coimbra) teve como resultado a criação de um Modelo de Custos dos Utentes das Estradas que pode ser usado na avaliação de projectos e na gestão deste tipo de infra-estruturas. O modelo desenvolvido permite a obtenção de custos médios dos utentes (custos de operação dos veículos, custos do tempo de percurso, custos dos acidentes e custos de portagem).

A criação desta ferramenta permitiu, ao nível da rede rodoviária nacional, a inclusão dos custos dos utentes na gestão da rede rodoviária, servindo de apoio à actividade dos técnicos e gestores das redes e possibilitando a análise de estratégias de conservação de pavimentos que conduzam a soluções mais amplas [40].

De forma a refinar o modelo, o trabalho apresentado tem por objectivo contribuir para a definição e quantificação dos efeitos causados pelas intervenções de manutenção e reabilitação efectuadas na rede rodoviária (troços em obras), ao longo da sua vida útil, nos custos suportados pelos utentes das estradas.

Através da definição de cenários de zonas de trabalhos, que quando quantificados (custos), permitiram ter uma noção mais clara da real influência das zonas de trabalho nos CUE.

Desta forma, a informação poderá ser incluída no processo da análise económica de estratégias de intervenção, produzindo soluções de carácter mais amplo, que para além de terem como objectivo manter em boas condições a maior extensão possível da rede, servirão melhor um maior número de utentes pelo aumento dos benefícios em relação aos custos a estes imputáveis [40].

1.3 - Organização do trabalho

O presente trabalho subdivide-se em três partes: pré-textual, textual e referencial.

A primeira parte inclui a dedicatória, os agradecimentos, o resumo analítico com as respectivas palavras-chave, índice, lista de figuras, lista de quadros e lista de acrónimos.

A parte textual inclui o Capítulo 1, onde se faz o enquadramento do tema, se apresentam os objectivos traçados para este trabalho e se justifica o tema proposto, para além de se descrever a organização do trabalho.

O Capítulo 2 é dedicado aos Custos dos Utentes da Estrada, sendo analisadas as suas diversas componentes, os modelos existentes para a determinação dos CUE e a contribuição das parcelas de custos no total dos CUE.

No Capítulo 3 aborda-se a influência dos troços em obras nos CUE, tendo sido definidas as zonas de trabalho, as abordagens e metodologias existentes, o enquadramento da legislação nacional referente a zonas de trabalho e os efeitos dos troços em obras nos CUE.

No Capítulo 4 apresenta-se a avaliação dos custos adicionais para os utentes devido à existência de troços em obras, focando-se na formulação e considerações adoptadas para o tratamento dos troços em obras, a proposta para a consideração das zonas de trabalho, a análise da variação do custo do utente da estrada para diversos cenários de zonas de trabalho e o caso de estudo (Scutvias - A23).

No Capítulo 5, são enumeradas as conclusões gerais do trabalho e recomendações para trabalhos futuros.

Da parte referencial constam as referências bibliográficas citadas neste trabalho e os Anexos.

Capítulo 2 - Custos dos Utentes das Estrada (CUE)

2.1 - Introdução

Os custos dos utentes da estrada podem ser definidos como os valores do tempo de percurso gasto pelo condutor e passageiros, as despesas de operação do veículo para percorrer uma determinada extensão de uma estrada, assim como os custos dos acidentes para a secção considerada, podendo também existir um custo associado às portagens.

Este custo é normalmente agravado quando se verificam na estrada zonas em que decorrem trabalhos de manutenção ou reabilitação dos seus pavimentos, sendo este custo adicional o custo diário para os utentes resultante da realização destes trabalhos na estrada traduzido principalmente pelo “tempo perdido” devido a diversas situações, salientando-se [40]:

- O aumento do tempo de percurso devido a desvios e reencaminhamento dos veículos;
- A redução da capacidade da estrada, o que leva a uma diminuição da velocidade de circulação e conseqüentemente ao aumento do tempo de percurso;
- O atraso na abertura ao público de uma infra-estrutura melhorada, o que impede os utentes de beneficiarem do ganho de tempo de percurso correspondente.

A maior parte dos modelos existentes apontam os custos de operação dos veículos (COV) como os custos com maior contribuição para os custos totais suportados pelos utentes, optando alguns por considerar apenas esta parcela dos custos. No entanto, uma análise mais completa deve considerar, para além destes custos, os custos do desconforto (CD), do tempo de percurso (CTP), dos acidentes (CA) (análise e cálculo complexos), assim como os custos de portagem (CPortagem).

Existem diversos modelos que permitem determinar as várias parcelas de Custos dos Utentes referidas e por consequência o CUE total. Dos modelos estudados destacam-se os seguintes:

- O HDM-RUE - “Modelling Road User and Environmental Effects in HDM-4” (Modelação dos Efeitos do Utente da Estrada e do Ambiente considerados no HDM-4) [1];
- O COBA - “COst Benefit Analysis” (Análise Custo-Benefício) - aplicado na Inglaterra, País de Gales e Irlanda do Norte [10];
- O Modelo NZVOC - “New Zealand Vehicle Operating Cost Model” (Modelo de Custos de Operação do Veículo da Nova Zelândia), da Nova Zelândia [46];

- O Manual “Techniques for Manually Estimating Road User Costs Associated with Construction Projects” (Técnicas para Estimar Manualmente os Custos do Utente da Estrada Associados a Projectos de Construção), do Texas Transportation Institute (TTI) [11];
- O Manual “Road User Cost Manual” (Manual dos Custos dos Utentes das Estradas), do Departamento de Transportes de New Jersey;
- O Modelo de Custos usado no primeiro Sistema de Gestão da Conservação de Pavimentos da administração portuguesa [19], doravante designado por Modelo de Custos JAE90 (para significar que foi concebido no início dos anos noventa, não estando em aplicação);
- O Modelo de CUE - “O Modelo de Custos dos Utentes da Estrada”, de Portugal.

A maioria dos modelos referidos considera três parcelas na definição dos CUE: os COV, os CA e os CTP, podendo ainda ser considerados os CPortagem.

Uma descrição sucinta dos modelos supracitados é apresentada no ponto 2.3.

2.2 - Componentes dos Custos dos Utentes da Estrada

2.2.1 - Custos de Operação dos Veículos

A parcela que apresenta a maior contribuição para os CUE é a dos COV, sendo a mais estudada e a mais utilizada na definição desses custos. Os COV englobam normalmente os custos de combustível, óleo para o motor, pneus, peças e mão-de-obra de manutenção, reparação e desvalorização dos veículos.

Os COV podem variar em função dos seguintes parâmetros:

- Tipo e estado de conservação do veículo;
- Tipo e irregularidade de camada de desgaste do pavimento;
- Velocidade de circulação;
- Características geométricas da estrada.

As componentes a considerar na determinação dos COV e o seu impacto os CUE totais são os apresentados no Quadro 2.1 [40].

Quadro 2.1 - Componentes do modelo de COV proposto e impacto nos CUE [40]

| Componente do COV | Impacto nos CUE |
|-------------------|--|
| Combustível | Componente de maior impacto nos COV e CUE, comprovado pelos inúmeros estudos já efectuados sobre o consumo de combustível e o seu custo para o utente. |
| Pneus | Componente considerada de baixo impacto pelo HDM-4 mas encarada como de impacto médio para o caso português devido à importância do transporte rodoviário nacional e internacional de mercadorias e passageiros, já que este se efectua maioritariamente através da rede rodoviária principal. Especialmente significativo para o caso dos veículos pesados. |
| Manutenção | Componente de impacto médio que influencia outras componentes do COV, em especial o consumo de combustível e a desvalorização do veículo. Também influencia os CTP e os CA. Componente mais importante na determinação dos benefícios decorrentes da elaboração de melhoramentos na estrada. |
| Desvalorização | Componente de impacto médio , tendo em conta que o capital investido na aquisição do veículo é sujeito a desvalorização devido à idade, uso e avanço tecnológico dos veículos. |

No Quadro 2.2 apresentado em seguida, estão representados os custos unitários de operação dos veículos adoptados no Modelo de Custos da Junta Autónoma de Estradas (JAE) [32], para uma irregularidade de referência representada por uma Irregularidade Longitudinal (IRI) de 2,7 m/km, assim como os valores médios obtidos no modelo de CUE recentemente desenvolvido para a rede rodoviária portuguesa [3], que correspondem a um valor médio de IRI de 2,0 m/km, apresentados no Quadro 2.3.

Quadro 2.2 - Custos unitários de operação dos veículos utilizados no Sistema de Custos JAE90 (€/km) [32]

| Tipos de veículos | Factores de custo | | | |
|------------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-------------------------|
| | Custo do combustível | Custo dos pneus | Custo de reparação | Custo de desvalorização |
| Ligeiros | 0,06 | 0,01 | 0,02 | 0,20 |
| Pesados de passageiros | 0,12 | 0,05 | 0,10 | 0,50 |
| Pesados de mercadorias | 0,20 | 0,10 | 0,15 | 0,60 |

Quadro 2.3 - Custos médios unitários de operação dos veículos, para o ano 2006, em €/km/veículo utilizados no Modelo Português [40]

| Classe de veículos | Ano. 2006 | | | | |
|--------------------|----------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| | Custo do combustível | Custo dos pneus | Custo da Manutenção | Custo de Desvalorização | COV |
| VLP | 0,065 | 0,007 | 0,008 | 0,083 | 0,163 |
| VCL | 0,048 | 0,006 | 0,008 | 0,046 | 0,108 |
| VPM | 0,466 | 0,027 | 0,027 | 0,080 | 0,600 |
| VPP | 0,381 | 0,026 | 0,019 | 0,248 | 0,674 |

Segundo o Quadro 2.3 pode observar-se que os veículos pesados de mercadorias são os que têm custos de operação mais elevados, quando comparados com os veículos ligeiros e pesados de passageiros. Os veículos ligeiros são os que têm o custo de operação menor de todos os tipos de veículos.

A seguir é apresentada a formulação proposta [40] para o modelo português de COV, com aplicação à rede nacional de estradas:

$$COV = TMDA \times \sum_{i=1}^4 (COV_i \times p_i) \quad \text{(Equação 2.1)}$$

$$COV_i = Cc_i + Cp_i + Cm_i + Cd_i \quad \text{(Equação 2.2)}$$

$$Cc_i = cc_i \times Cmc_i \quad \text{(Equação 2.3)}$$

$$Cp_i = \frac{np_i \times Cmp_i}{pvp_i} \quad \text{(Equação 2.4)}$$

$$Cm_i = \frac{Cmmt_i}{pw_i \times kma_i} \quad \text{(Equação 2.5)}$$

$$Cd_i = \frac{Cmdt_i}{pw_i \times kma} \quad \text{(Equação 2.6)}$$

Em que:

i corresponde à classe de veículos, isto é: $i=1$ para veículos ligeiros de passageiros; $i=2$ para veículos comerciais ligeiros e $i=3$ para veículos pesados de passageiros;

TMDA é o tráfego médio diário anual da secção rodoviária, em veículos/dia;

COV_i é o custo de operação do veículo da classe i , em €/km;

Cc_i é o custo do combustível para o veículo da classe i , em €/km;

Cp_i é o custo dos pneus para o veículo da classe i , em €/km;

Cm_i é o custo de manutenção para o veículo da classe i , em €/km;

Cd_i é o custo de desvalorização do veículo da classe i , em €/km;

p_i é a proporção dos veículos da classe i para o TMDA da secção rodoviária considerada, em proporção;

cc_i é o consumo de combustível do veículo da classe i , em l/km;

Cmc_i é o custo de mercado do combustível (gasolina ou gasóleo), em €/l;

Np_i é o número de pneus da classe i ;

Cmp_i é o custo de mercado de um pneu para o veículo da classe i , em €/pneu;

pvp_i é o período de vida médio do pneu para o veículo da classe i , em km;

$Cmmt_i$ é o custo de mercado da manutenção total (ao longo do período de vida do veículo), para o veículo da classe i , em €;

pvv_i é o período de vida útil do veículo da classe i , em anos;

kma_i é a quilometragem média anual percorrida pelo veículo da classe i , em km/ano;

$Cmdt_i$ é o custo de mercado da desvalorização total (ao longo do período de vida do veículo), para o veículo da classe i , em €.

2.2.2 - Custos do Tempo de Percurso

O custo do tempo de percurso varia essencialmente em função da velocidade, sendo esta dependente das características geométricas da estrada, do tipo de veículo e do estado do pavimento.

Quando se fala deste custo, deve ter-se em atenção que este parâmetro é provavelmente o mais difícil de quantificar, normalmente definido em função do salário médio horário nacional ou regional, os quais podem diferir significativamente de país para país e até entre regiões do mesmo país; assim como da finalidade da viagem, considerando-as, como por exemplo, do

tipo viagens em trabalho e não-trabalho. No Quadro 2.4 são apresentados os valores do tempo de percurso em alguns estados dos EUA, relativos ao ano de 1999. No Quadro 2.5 são apresentados os ganhos horários adoptados no modelo de CUE para o ano de 2006.

Quadro 2.4 - Valor do tempo adoptado em vários estados dos EUA [€/hora/pessoa] [11]

| Estado | Valor do tempo em €/hora/pessoa | |
|----------------|---------------------------------|--------------|
| | Veículos ligeiros | Camiões |
| North Carolina | 7,75 | - |
| New York | 8,02 | 18,84 |
| Florida | 9,91 | 19,92 |
| Georgia | 10,38 | - |
| Texas | 10,67 | 19,49 |
| Virginia | 10,67 | 19,49 |
| California | 10,78 | 26,73 |
| Pennsylvania | 10,88 | 21,54 |
| Washington | 11,15 | 44,55 |
| Ohio | 11,23 | 23,52 |
| Média | 10,14 | 21,82 |

Quadro 2.5 - Ganhos horários [€/hora/pessoa] adoptados no modelo de CUE para o ano de 2006 [40]

| Classe de veículos | VLP | VCL | VPM | VPP |
|---------------------|------|------|------|------|
| Ganho médio horário | 6,00 | 6,00 | 9,06 | 9,06 |

Através da comparação entre o valor médio obtido do tempo adoptado em vários estados dos EUA com os valores adoptados no modelo de CUE para o ano de 2006, salienta-se a relevância dos CTP nos diferentes países. No entanto, apenas seria possível uma comparação directa se todos os valores fossem referentes ao mesmo ano.

Para determinar o valor do tempo de percurso em zonas rodoviárias onde existem troços em obras, deve-se incluir uma componente relacionada com o tempo adicional gasto devido à realização destas obras nas vias. Os custos do tempo podem assumir valores muito elevados em função da estratégia de conservação proposta, em particular em estradas com muito tráfego, podendo, em muitos destes casos, determinar a diferença nos custos globais para o utente.

Muitos dos investimentos em infra-estruturas rodoviárias têm sido justificados com base no custo relacionado com a redução do tempo de percurso, o que denota a importância da consideração desta parcela de custo na determinação dos CUE.

O tempo de viagem ou de percurso é determinado, por exemplo em horas, a partir da velocidade prevista para o tipo de itinerário e classe do veículo, sendo o custo obtido por multiplicação do tempo gasto na viagem pelo valor unitário do mesmo. Este custo unitário pode ser por sua vez definido com base no ganho médio mensal considerado para cada tipo de ocupante (condutor ou passageiro), em função da finalidade da sua viagem.

A seguir é apresentada a formulação de CTP proposta para o modelo português [40], com aplicação à rede nacional de estradas:

$$CTP = TMDA \times \sum_{i=1}^4 (CTP_i \times p_i) \quad \text{(Equação 2.7)}$$

$$CTP_i = \frac{1}{v_i} \times \sum_{m=1}^2 (CT_m \times TO_{i,m}) \quad \text{(Equação 2.8)}$$

$$CT_{m=1} = GMH_i \quad \text{(Equação 2.9)}$$

$$CT_{m=2} = 0,25 \times GMH_i \quad \text{(Equação 2.10)}$$

Em que:

CTP_i é o custo do tempo de percurso para um veículo da classe i , em €/km/veículo;

v_i é a velocidade média de circulação dos veículos da classe i , em km/h;

m corresponde à finalidade da viagem, isto é: $m=1$ para viagens em tempo de trabalho e $m=2$ para viagens em tempo de não-trabalho;

CT_m é o custo do tempo para a finalidade de viagem m , em €/h/ocupante;

$TO_{i,m}$ é a taxa de ocupação para o veículo da classe i e finalidade de viagem m , em número de ocupantes/veículo;

GMH_i é o ganho médio horário de um ocupante da classe i em viagem de trabalho, em €/h/pessoa.

2.2.3 - Custos dos Acidentes

Os custos dos acidentes incluem os custos dos acidentes pessoais (com mortes ou com feridos) e dos danos materiais, logo, os custos relacionados com a perda de produtividade, assistência

médica, custos legais e de tribunais, custos dos serviços de emergência, seguros, atrasos no tráfego e danos materiais [17].

Para além da consideração dos acidentes com vítimas mortais e com feridos, alguns estados dos Estados Unidos da América (EUA) incluem ainda um factor de multiplicação que tem por objectivo permitir a consideração dos custos dos acidentes com danos materiais não declarados. Em muitos países, à semelhança de Portugal, a participação de um acidente às autoridades é apenas obrigatória para os casos em que se verificam vítimas mortais ou feridos. A maior parte dos acidentes apenas com danos materiais não são declarados em Portugal, logo é difícil quantificar este custo na rede rodoviária nacional.

Os CA são assim em geral modelados com recurso à utilização ou definição de taxas de sinistralidade médias em função da localização e do tipo de estradas, e reflectem os custos associados às vítimas mortais, feridos graves, feridos ligeiros, danos de propriedade (quando este tipo de informação está disponível) e assistência ao acidente (médica e policial).

Em seguida é apresentado o Quadro 2.6, onde são expostos os custos dos acidentes formatados para o modelo COBA e os definidos para a rede rodoviária portuguesa [40]. Estes custos incluem os custos das vítimas, da administração de seguros, dos danos de propriedade e da assistência prestada pela polícia.

Quadro 2.6 - Custos por tipo de acidente e tipo de vítima, para o ano de 2006 [40]

| Tipos de Acidentes | Custo do acidente [€/acidente] |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| Acidentes com feridos ligeiros | 70,16 |
| Acidentes com feridos graves | 245,17 |
| Acidentes com vítimas mortais | 329,17 |
| Tipos de Vítimas | Custo do acidente [€/acidente] |
| Vítimas com ferimentos ligeiros | 40000 |
| Vítimas com ferimentos graves | 90000 |
| Vítimas mortais | 500000 |

O modelo português para a rede rodoviária portuguesa considera três tipos de acidentes e um método de análise em função das taxas de sinistralidade verificadas, do comprimento da secção e do volume de tráfego, obtendo-se um custo final relativo aos acidentes em termos de custo das vítimas e custo dos acidentes. Os tipos de acidentes que são considerados correspondem aos acidentes com feridos ligeiros, com feridos graves e com vítimas mortais. Os acidentes apenas com danos materiais são excluídos pelas razões anteriormente expostas.

De seguida é apresentada a formulação proposta para o modelo português de CA, com aplicação à rede nacional de estradas, para o conjunto de todas as classes de veículos (sem desagregação por classe de veículo):

$$CA = TMDA \times \left(\sum_{k=1}^3 CA_j + \sum_{k=1}^3 CV_k \right) \quad \text{(Equação 2.12)}$$

$$EA = 365 \times TMDA \times l \quad \text{(Equação 2.13)}$$

$$TS_j = \frac{NAA_j}{EA} \quad \text{(Equação 2.14)}$$

$$NMV_k = \frac{NV_k}{NAA} \quad \text{(Equação 2.15)}$$

$$CA_j = TS_j \times ca_j \quad \text{(Equação 2.16)}$$

$$CV_k = \sum_{j=1}^3 TS_j \times NMV_k \times CV_k, \text{ com } k=j \quad \text{(Equação 2.17)}$$

Em que (e para o ano considerado):

j corresponde aos tipos de acidentes, isto é: j=1 para acidentes com feridos ligeiros, j=2 para acidentes com feridos graves e j=3 para acidentes com vítimas mortais;

k corresponde aos tipos de vítimas, isto é: k=1 para as vítimas com ferimentos ligeiros, k=2 para as vítimas com ferimentos graves e k=3 para as vítimas mortais;

CA_j é o custo do acidente do tipo j, em €/km/veículo;

CV_k é o custo da vítima do tipo k, em €/km/veículo;

EA é a exposição a acidentes nas secções e intersecções (total) em veículos × km/ano;

l é a extensão da secção em análise, em km;

NAA_j é o número de acidentes do tipo j por ano, em acidentes/ano;

NMV_k é o número médio de vítimas do tipo k por acidente, em vítimas/acidente;

NV_k é o número de vítimas do tipo k, em vítimas/ano;

NAA é o número de acidentes com vítimas por ano, em acidentes/ano;

ca_j é o custo do acidente do tipo j (assistências policial e médica), em €/acidente;

cv_k é o custo da vítima do tipo k, em €/vítima.

2.2.4 - Custos de Portagem

Para a determinação dos CUE, além das parcelas tradicionalmente consideradas (COV, CA e CTP) podem ainda incluir-se os CP, podendo estas em Portugal serem pagas directamente ou indirectamente pelo utente através das portagens reais ou virtuais. Em relação às portagens virtuais em Portugal, a tendência é para deixarem de existir, uma vez que a intenção do estado/administração central portuguesa, é de que num futuro “mais ou menos” próximo, as portagens em Portugal sejam todas reais.

As informações necessárias para a definição dos CP pagos directamente pelo utente podem ser obtidas através da informação disponibilizada pelas concessionárias de auto-estradas com portagem real, para as diferentes classes de veículos consideradas (normalmente 4 classes). Esta informação pode ser obtida, em função do ponto de entrada e saída da secção em análise, por consulta de tabelas de percursos normalmente disponibilizadas pelas concessionárias.

No caso dos CP pagos indirectamente pelo utente, isto é, pagos com dinheiro dos impostos de todos os contribuintes através do pagamento das taxas de portagem virtual efectuado pelo Estado às Concessões Rodoviárias em regime Scut (Auto-estradas Sem Custo para o Utente), sem cobrança ao utilizador, estes são determinados em função do número de veículos que circulam nestas redes.

É importante salientar que, como no caso dos custos dos acidentes, o custo das portagens virtuais não corresponde necessariamente a um custo pago pelo utente que usufrui do uso de determinada estrada em regime de Scut, mas sim pela totalidade dos contribuintes, utilizadores ou não das redes em regime de Scut. [40]

Caso se pretenda incluir o CP, nos CUE, este pode ser facilmente considerado com a formulação proposta para o modelo português, através da Equação 2.18, e do conhecimento de um valor médio das portagens reais ou virtuais, por km e classe de veículo, praticados na rede em análise.

$$CP = TMDA \times \sum_{i=1}^4 (cportagem_i \times p_i) \quad \text{(Equação 2.18)}$$

Em que:

$cportagem_i$ é o custo da portagem para o veículo da classe i , em €/km/veículo.

2.3 - Breve descrição dos modelos existentes para a determinação dos CUE

De seguida são apresentadas breves descrições de alguns modelos para a determinação dos CUE de referência.

2.3.1 - O Modelo HDM-4

O Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM) foi desenvolvido inicialmente em 1977. Em 1981 surgiu a segunda versão do modelo, o HDM-II [52] e em 1987 surgiu o HDM-III [53].

Tendo-se verificado a existência de algumas limitações do HDM-III no que diz respeito aos custos de operação dos veículos e à deterioração dos pavimentos, entre 1993 e 2000 realizou-se o International Study of Highway Development and Management Tools (ISOHDM), que teve como objectivo actualizar o HDM-III (Highway Design and Maintenance Standards Model) e produzir o HDM-4 (Highway Development and Management Tool), que actualmente se encontra na sua Versão 2.0.

O HDM-4 apresenta um conjunto de formulações que permitem determinar, através da consideração das características locais da rede e do cenário em análise, as diferentes parcelas dos CUE. O modelo permite a modelação das mudanças tecnológicas, sendo considerados diversos veículos representativos e taxas de crescimento negativas para parte da composição do tráfego. No entanto, não está disponível neste modelo a possibilidade de modelar mudanças na idade e nos padrões de utilização, assim como raramente existem à disposição as informações necessárias para implementar as características referidas.

Quando existe a transmissão dos modelos de país para país, de região para região ou dentro do próprio país, torna-se necessário calibrar o Modelo HDM.

No HDM-4 é possível modelar o impacto das zonas de trabalho (porções da estrada em que decorrem acções de construção ou manutenção do pavimento) o que constitui um avanço em relação ao HDM-III, em que esta situação não era considerada. No entanto, existia a possibilidade de serem contabilizados na análise como um custo exógeno. Por sua vez, no HDM-4 estes custos são considerados relevantes, razão pela qual foi desenvolvido um procedimento simples para o cálculo dos RUE associados a existência dessas zonas.

No capítulo 3 será feita referência ao tratamento específico que o HDM-4 considera para o caso das zonas de trabalhos de conservação ou manutenção.

Os efeitos das zonas de trabalho incluem, para além da porção da estrada em que estão a ser realizados, as zonas de aproximação e afastamento destes locais, já que também são influenciadas pela proximidade destas zonas.

2.3.2 - O modelo COBA

O COBA (COst Benefit Analysis) é um programa para computador promovido pelo Department for Transport e distribuído pelo TRL (Transport Research Laboratory), cuja versão actual é o COBA11 R11 de Janeiro de 2009 [35].

Este programa permite estimar os efeitos provocados nos utentes do sistema rodoviário, quando existem acções que levam à melhoria das condições de uma estrada. As variáveis consideradas por este programa são referentes às variações nos custos do tempo, de operação dos veículos e dos acidentes. Estas variações resultantes nos custos dos utentes são comparadas com os custos de construção e manutenção ao longo de um período de avaliação de 30 anos.

O COBA compara os custos associados a vários cenários definidos para a estrada com os benefícios que os utentes da estrada podem vir a usufruir em termos de tempo, custos de operação dos veículos e acidente, expressando os resultados monetariamente.

Para o programa COBA estimar os efeitos provocados nos utentes de uma estrada, este necessita de informações a respeito dos fluxos de tráfego do cenário existente e do cenário a avaliar, assim como a descrição detalhada da geometria das secções e intersecções.

A Figura 2.1 apresenta, de forma esquematizada, o processo pelo qual o programa COBA calcula as variações nos custos dos utentes em toda a rede rodoviária afectada por um determinado cenário.

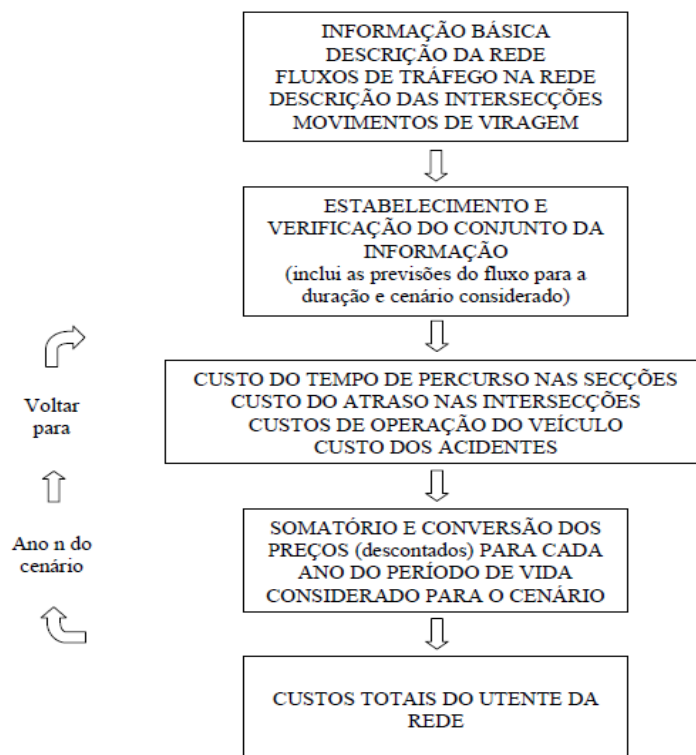


Figura 2.1 - Processo utilizado pelo COBA para o cálculo dos custos do utente da rede [10]

2.3.3 - O modelo NZVOC

Na década de 80 do século passado, foi desenvolvido o modelo NZVOC (New Zealand Vehicle Operating Costs) [46], com o objectivo de prever os custos de operação dos veículos a utilizar em avaliações económicas na Nova Zelândia. Este modelo é utilizado pelo Transfund New Zealand com o intuito de preparar as tabelas de custos de operação dos veículos para o Project Evaluation Manual (PEM) [45].

A versão de 2003 do modelo surgiu no seguimento de dois estudos efectuados em 1999 e entre 2001 e 2003, com o objectivo de actualizar os custos e desenvolver uma nova versão do modelo. Com os resultados obtidos nestes estudos, surgiu o modelo actual que incorpora principalmente relações de VOC (Vehicle Operating Costs) e que constitui a base do modelo de COV do HDM-4 RUE.

As componentes do COV consideradas pelo modelo são: o combustível, o óleo, a reposição do veículo, os pneus e o trabalho de manutenção [40].

Ao contrário do HDM-4, que pode ser aplicado a qualquer realidade, o NZVOC é uma calibração do modelo de COV do HDM-4 para obter resultados característicos da Nova Zelândia.

A utilização do NZVOC-Win requer a consideração das seguintes etapas:

- Definição dos dados de entrada: definição dos ajustes e da informação chave para a análise;
- Calibração do modelo: calibração da velocidade e dos modelos de COV;
- Criação de informação a respeito dos COV: utilização dos modelos calibrados de COV para criar informação em função das condições de operação do tráfego;
- Tabelas e equações: utilização da informação sobre os COV para preparação de tabelas e equações de COV em função das condições de operação do tráfego [40].

2.3.4 - O modelo TxDOT

O modelo usado no TxDOT (Texas Department of Transportation) baseia-se na consulta do documento “Techniques for Manually Estimating Road User Costs Associated with Construction Projects” [11], relatório que deriva do projecto “Development of Road User Cost Methods” realizado para o Texas Department of Transportation.

Para determinar os CUE relacionados com projectos típicos de aumento da capacidade e de reabilitação de estradas, o TxDOT desenvolveu e utiliza um manual técnico constituído por tabelas de consulta de custos do utente para diversas situações.

Os CUE considerados são definidos pelo tempo de percurso adicional devido à existência de desvios, redução da capacidade da estrada e atraso na abertura de infra-estruturas novas ou melhoradas.

A razão pela qual se consideram neste modelo apenas os custos do tempo, tem a ver com o facto de nos últimos 10 anos (à data do documentado consultado) o estado do Texas ter vindo a utilizar os RUC na determinação dos “liquidated damage” incluídos em contratos. Mais recentemente estes custos têm vindo a ser utilizados na determinação do custo diário dos condutores a considerar nos contratos A+B. As estimativas de RUC incluídas nestes tipos de contratos consideram apenas a componente do custo adicional devido aos atrasos, isto é, a componente relacionada com o valor do tempo [40].

Os “liquidated damages” correspondem a uma quantia ou percentagem, previamente definida no contrato celebrado com o empreiteiro, que deve ser paga por este, caso se ultrapasse o tempo proposto no contrato para concluir os trabalhos. Os “liquidated damages” determinados no Texas dependem do custo estimado para o projecto e incluem uma percentagem dos custos estimados para os utentes devido ao atraso na conclusão dos trabalhos [40].

Os “A+B contracts” são contratos em que o empreiteiro, para se candidatar a determinado trabalho, tem de apresentar uma proposta que inclua uma porção “A” correspondente ao custo da construção a efectuar, e uma porção “B” que diz respeito ao tempo que necessita para concluir o trabalho. O contrato é adjudicado ao licitante que combine a proposta de custo de construção e tempo mais baixa [40].

A abordagem analítica a adoptar para a determinação dos RUC depende dos atributos de cada projecto.

Na abordagem “*Phase by Phase*” os RUC calculados podem servir de base para a definição dos “liquidated damages” a aplicar na conclusão das diferentes fases, ou das fases seleccionadas do projecto. Esta abordagem é sobretudo usada nos projectos com restrições severas da capacidade durante a realização dos trabalhos, onde o tempo de conclusão de cada fase constitui um factor crítico a considerar.

A abordagem “*Before vs. After*”, em oposição à “*Phase by Phase*”, compara os RUC com base no atraso na conclusão final dos trabalhos de projectos de infra-estruturas novas ou melhoradas, isto é, compara o atraso da situação “before” com o atraso da situação “after”, representando a diferença entre estas duas situações os benefícios relacionados com o atraso. Cada dia de atraso na finalização da infra-estrutura melhorada é um dia a mais em que os utentes são impedidos de obter benefícios no tempo de percurso e outros que advêm do aumento da capacidade da estrada. É de notar que o custo do atraso, em relação às componentes de RUC geralmente consideradas, é o custo mais significativo neste tipo de análise e portanto é apenas este o considerado.

2.3.5 - O modelo de Custos JAE90

O sistema de custos do SGC da JAE (Sistema de Gestão da Conservação da JAE) surgiu na década de 90 do século passado, sendo a sua estrutura idêntica à utilizada pelo Banco Mundial mas com um menor número de dados. O sistema utiliza relações entre o estado do pavimento (classe de irregularidade longitudinal) e os custos do utente, de formulação simples, provenientes do Sistema de Gestão de Pavimentos da Noruega [32].

O sistema considera três factores de custo:

- O custo de operação dos veículos (COV);
- O custo do tempo de percurso (CTP);
- O custo do desconforto (CCO).

Estes custos são função da irregularidade longitudinal do pavimento de uma determinada subsecção rodoviária, sendo o cálculo realizado a partir da consideração da categoria do itinerário rodoviário e das características do tráfego.

O Sistema de Custos está interligado a uma Base de Dados da Conservação, da qual recebe a informação necessária para determinar os custos. Contém também uma base de dados de Custos Unitários de Referência relativos a uma “irregularidade de referência” que representa a qualidade desejável para os pavimentos. A consideração de diferentes estados funcionais do pavimento expressos pelo valor e classe da irregularidade longitudinal é realizada através da utilização de coeficientes de variação dos custos unitários de referência, resultantes de relações desenvolvidas pelo Sistema de Gestão da Noruega [40].

2.3.6 - O modelo NJDOT

O manual dos Custos dos Utentes das Estradas fornece ao Departamento de Transportes de New Jersey um método para quantificar estes custos, com base em atrasos de operação dos veículos e de tempo de percurso. Com base nessas informações, o Departamento pode determinar a eficácia de custo de várias alternativas, incluindo desvios, construção temporária de estradas, períodos de trabalho diurno em horário fora de ponta, trabalhos nocturnos, e o método de entrega mais adequado do projecto (ou seja, de incentivo/desincentivo, A + B de licitação, etc.). Finalmente, pode ser usado para quantificar os custos suportados pelos utentes da estrada, para casos em que as disposições contratuais para horas de trabalho permitidas e datas de conclusão não são respeitadas (multas) [37].

Aos custos dos utentes da estrada na zona de trabalho são adicionados custos operacionais dos veículos e custos de atraso para os utentes da estrada resultantes das actividades de construção, manutenção, ou reabilitação. Estes são função do tempo, duração, frequência, abrangência e características da zona de trabalho; das características de volume e de operação do tráfego afectado, e dos custos das taxas de custo do dólar atribuído às operações de veículos e atrasos. Este manual irá familiarizar o analista com a zona de trabalho e características de tráfego, explicar a possível zona de trabalho relacionada com as componentes dos custos dos utentes da estrada que podem ocorrer, e fornecer um procedimento passo a passo para determinar estes custos. Problemas comuns, percentagens padrão de tráfego por hora, e folhas de cálculo também são fornecidos para ajudar o analista com os cálculos de custos dos utentes. As folhas de cálculo e os problemas da amostra são calculados usando unidades Inglesas de pés e milhas. Para utentes que utilizam unidades métricas, as seguintes conversões são aplicáveis: 1 metro = 3,2808 pé e 1 km = 0,62137 milhas. As unidades métricas devem ser convertidas para unidades Inglesas antes de usar os gráficos e as folhas de cálculo [37].

Os projectistas devem considerar os custos dos utentes das estradas ao determinar a realização da construção mais adequada e o projecto final. Isto deve ser feito no início do projecto, enquanto ainda há flexibilidade neste. O melhor projecto irá reduzir ou evitar interrupções antes que estes possam ser criados. Além de considerar os custos dos utentes da estrada para as necessidades de construção presente, o procedimento de análise fornece as ferramentas para determinar os custos futuros do utente da estrada, com base em necessidades de construções futuras. Ao compreender os principais factores que influenciam os custos dos utentes das estradas, o analista pode tomar medidas para minimizar o efeito de actividades planeadas de futura reabilitação nos utentes das estradas [37].

Os custos dos utentes da estrada desempenham um papel importante na computação dos prejuízos liquidados. Uma falha do empreiteiro para concluir um contrato ou reabrir uma via da estrada em tempo útil, resulta em prejuízos em termos de atraso e custo para os utentes e para o Departamento. Os procedimentos descritos neste manual estabelecem a forma de calcular e aplicar esses prejuízos. Desejavelmente, estes prejuízos nunca serão impostos, porque é preferível evitar os custos dos utentes, cumprindo as datas de conclusão e horas de trabalho permitidas previstas nos contratos. Os métodos de computação de indemnizações tiveram em conta dados da Indústria da Construção e reflectem que os custos dos utentes das estradas são de facto reais, mas difíceis de calcular com precisão, dados os muitos factores envolvidos e as diferentes variáveis que existem num determinado dia na vida de um projecto de construção [37].

2.3.7 - O modelo português de Custos dos Utenes das Estradas

O modelo de Custos dos Utenes das Estradas é adaptado às condições portuguesas, e foi desenvolvido tendo por base cinco princípios:

- Consideração dos princípios conceptuais estabelecidos;
- Aplicação à rede rodoviária nacional;
- Impacto das componentes consideradas no total dos custos do utente;
- Particularidades da realidade portuguesa;
- Informação disponível.

O modelo incorpora três componentes principais de custos, podendo ser considerada uma quarta no caso de redes com portagens:

- Os custos de operação dos veículos (custos do consumo de combustível, pneus, manutenção e desvalorização do veículo);
- Os custos dos acidentes (em termos de assistência ao acidente e custo das vítimas com ferimentos e vítimas mortais);
- Os custos do tempo de percurso (em viagens de trabalho e não-trabalho);
- Os custos de portagem (caso existam).

O modelo considera ainda quatro classes de veículos:

- Veículos ligeiros de passageiros;
- Veículos comerciais ligeiros;
- Veículos pesados de mercadorias;
- Veículos pesados de passageiros.

A formulação desenvolvida constitui o resultado da utilização de modelos ou parte de modelos existentes, em alguns casos simplificados, escolhidos com base na sua adequação à realidade portuguesa.

Assim, o modelo de determinação dos COV foi obtido por simplificação das equações adaptadas pelo HDM-4 [1], o modelo de CA é baseado nas abordagens efectuadas para este custo pelo COBA [10] e HDM-4, e o CTP é calculado com base nos princípios do HDM-4 [1] e na formação adoptada pelo anterior modelo de custos da JAE [19].

2.4 - Contribuição das parcelas de custos no total dos CUE

Como referido anteriormente, os custos dos utentes das estradas subdividem-se em diversos custos, sendo normalmente considerados os custos de operação dos veículos, os custos do tempo de percurso, os custos dos acidentes e os custos de portagem.

Os COV são aqueles que contribuem com a maior parcela para os CUE. O combustível é a variável mais significativa dos COV, tanto nos VLP (veículos ligeiros de passageiros) como nos VPM (veículos pesados de mercadorias), como se pode observar nas Figuras 2.2 e 2.3. No entanto, deve ser tido em conta que o preço dos combustíveis apresenta flutuações do seu valor ao longo do tempo e valores distintos de país para país, em função das taxas e impostos aplicáveis.

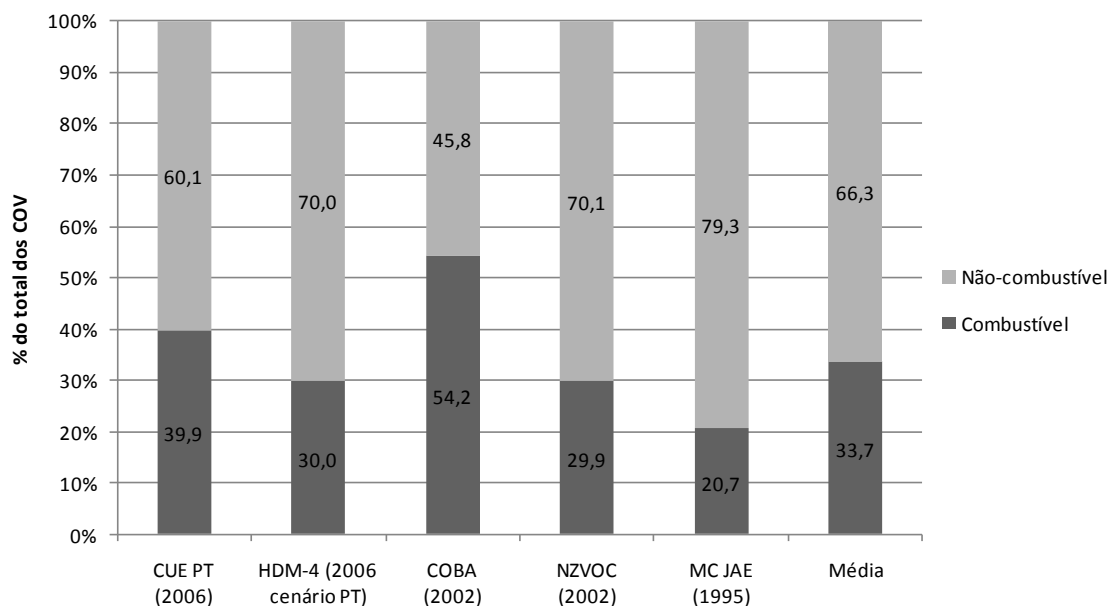


Figura 2.2 - Contribuição da componente de combustível nos COV, para VLP [3]

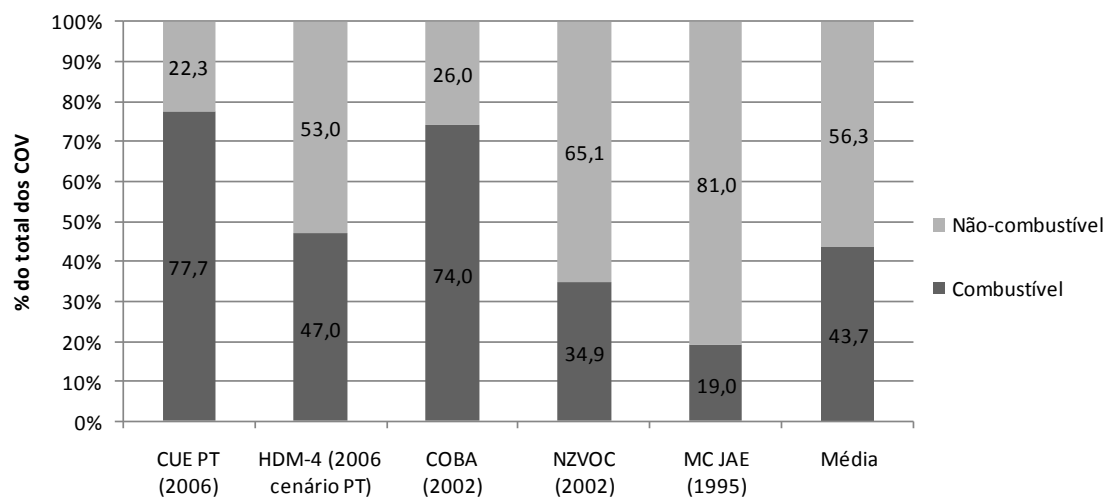


Figura 2.3 - Contribuição da componente de combustível nos COV, para VPM [3]

Através da análise das Figuras 2.2 e 2.3, pode verificar-se que em todos os modelos analisados, existe uma tendência para o combustível ser a variável que mais influencia os COV.

No entanto, no modelo português, os dados obtidos para 2006 revelaram que para o caso dos VL, o valor de desvalorização é bastante significativo em Portugal, como pode ser verificado no Quadro 2.7.

Quadro 2.7 - Custos médios unitários de operação para os VLP e VPM (2006) em €/km/veículo [5]

| Componente do Custo | VLP | VPM |
|-----------------------|--------------|--------------|
| Combustível | 0,065 (40%) | 0,466 (78%) |
| Pneus | 0,007 (4%) | 0,027 (4,5%) |
| Manutenção Preventiva | 0,008 (5%) | 0,027 (4,5%) |
| Desvalorização | 0,083 (51%) | 0,080 (13%) |
| COV Total | 0,163 | 0,600 |

Desta forma, tendo em conta que os COV são sobretudo influenciados pelo estado dos pavimentos, por exemplo, traduzido pelo seu índice de irregularidade, uma diminuição significativa dos CUE totais passa maioritariamente por um programa cuidado de manutenção e reabilitação dos pavimentos [5]. Com esta medida consegue-se diminuir o consumo e o custo das componentes consideradas nos COV (como por exemplo o combustível, os pneus e a manutenção).

Os COV podem apresentar percentagens superiores a 50% do CUE total, o que denota o seu elevado peso e importância [5].

A parcela dos CTP tem uma contribuição significativa no total dos CUE e é de referir que é a parcela que sofre o agravamento mais significativo nos períodos de intervenção de manutenção e reabilitação dos pavimentos, associado essencialmente ao atraso induzido pela necessidade dos veículos circulares a velocidades mais baixas.

Por outro lado, é possível diminuir o tempo dispendido nas viagens através da medida referida anteriormente relativa à manutenção e reabilitação dos pavimentos, mantendo-os em boas condições de circulação, privilegiando desta maneira a circulação dos veículos a velocidades mais elevadas e em condições mais favoráveis, o que se traduz num menor CTP.

Nas Figuras 2.4 e 2.5 é apresentada a relação percentual dos COV e dos CTP, em função da percentagem total dos CUE, considerada como a soma dos COV e dos CTP.

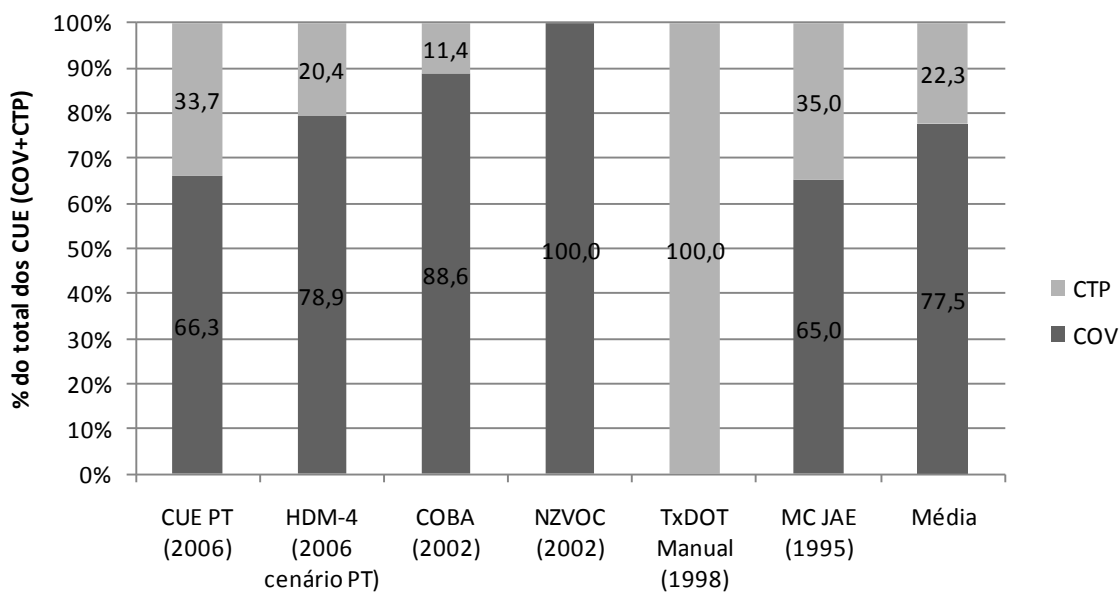


Figura 2.4 - Distribuição dos COV e CTP nos CUE, para VLP [3]

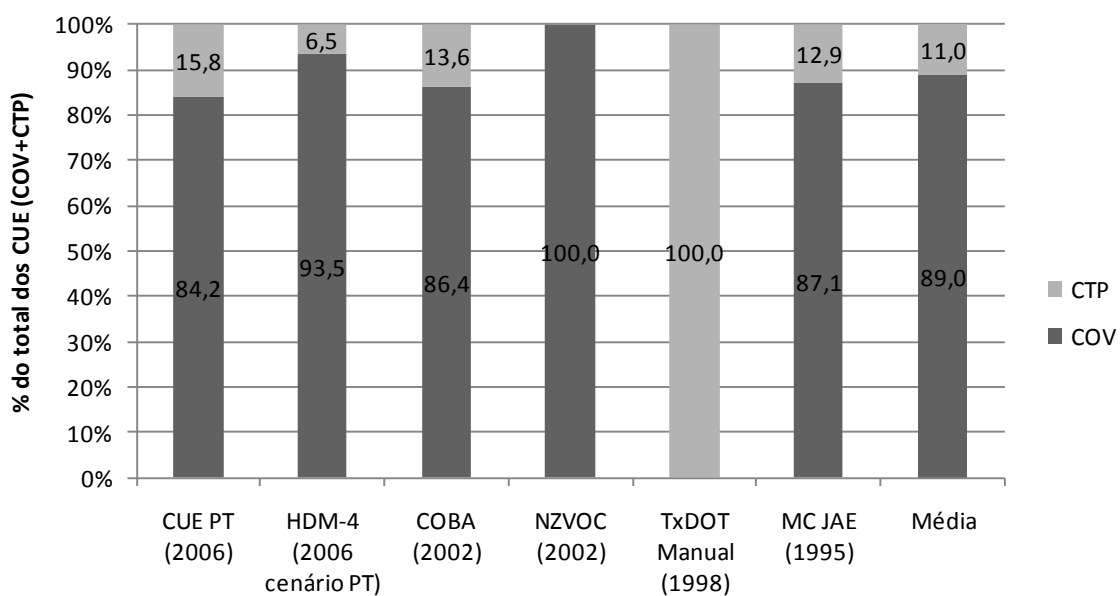


Figura 2.5 - Distribuição dos COV e CTP nos CUE, para VPM [3]

Como se pode observar nas Figuras 2.4 e 2.5, o peso da parcela dos CTP nos CUE total é de cerca de 20%, o que revela serem um dos factores mais importantes, imediatamente a seguir à parcela dos COV e sem dúvida os mais significativos para os cenários de obras.

Os custos médios unitários do tempo de percurso para os VLP e VPM definidos para o caso nacional e para o ano base de 2006 são os apresentados no Quadro 2.8.

Quadro 2.8 - Custos médios unitários do tempo de percurso para os VLP e VPM (2006) em €/km/veículo [5]

| Tipo de Itinerário | VLP | VPM |
|--------------------|-------|-------|
| EN, ER | 0,107 | 0,181 |
| IC | 0,094 | 0,151 |
| IP | 0,083 | 0,113 |
| AE | 0,063 | 0,091 |

Os CPortagem, quando considerados e tanto no caso das portagens virtuais como reais, para a rede nacional de estradas, rondam valores na ordem dos 20% do CUE total [40].

No Quadro 2.9 são expostos os custos médios unitários de portagem propostos para a rede rodoviária nacional, desagregados por tipo de veículo [5].

Quadro 2.9 - Custos médios unitários de portagem para os VLP e VPM (2006) em €/km/veículo [5]

| Componente do Custo | VLP | VPM |
|---------------------|-------|-------|
| Portagem real | 0,070 | 0,180 |
| Portagem virtual | 0,060 | 0,150 |

No que concerne aos custos dos acidentes, com a circulação dos veículos em condições mais favoráveis, nomeadamente do que diz respeito à qualidade/estado dos pavimentos é possível diminuir o número e a gravidade dos acidentes rodoviários, traduzindo-se num menor CA. Estes custos apresentaram uma percentagem relativamente baixa, de cerca de 2% dos CUE total, quando efectuadas análises a redes de auto-estradas. É prevista uma contribuição mais significativa nas redes de estradas nacionais com padrões menos exigentes, como estradas nacionais e regionais.

No Quadro 2.10 são apresentados os custos da assistência policial e médica ao acidente e custos por vítima para a rede de estradas nacional e para o ano base de 2006.

Quadro 2.10 - Custos da assistência policial e médica ao acidente e custos por vítima (2006) [5]

| Tipo de acidente | Custo da assistência (€/acidente) | Tipo de vítima | Custo das vítimas (€/vítima) |
|----------------------|-----------------------------------|------------------|------------------------------|
| Com feridos ligeiros | 70,160 | Feridos ligeiros | 40000 |
| Com feridos graves | 245,170 | Feridos graves | 90000 |
| Com vítimas mortais | 329,17 | Vítimas mortais | 500000 |

Em termos de análises de custos dos utentes efectuadas a redes nacionais, considerando as componentes de custo mais relevantes, o Quadro 2.11 apresenta os resultados da aplicação do modelo de CUE proposto às redes Scutvias e Aenor [40]. Neste quadro é possível verificar as respectivas percentagens em que se dividem os CUE total em função das diversas componentes de custos, tendo já sido estes valores referidos anteriormente para a análise das diferentes parcelas contribuintes para os CUE totais.

Quadro 2.11 - Resultados da aplicação do Modelo de CUE às redes Scutvias e Aenor (2006) em €/km/dia [5]

| Tipo de custo | Scutvias (A23) | | Aenor (A7 e A11) | |
|-----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|
| | CUE | % do CUE total | CUE | % do CUE total |
| COV | 2267 | 60% | 1352 | 53% |
| CA | 83 | 2% | 73 | 3% |
| CTP | 718 | 19% | 505 | 19% |
| CPortagem | 742 | 19% | 637 | 25% |
| CUE s/ portagem | 3068 | - | 1930 | - |
| CUE c/portagem | 3810 | 100% | 2567 | 100% |

2.5 - Conclusões

Nos modelos existentes para a determinação dos CUE analisados anteriormente, pode concluir-se que os COV são os custos com maior peso na determinação dos CUE e que o seu valor é influenciado pelo estado dos pavimentos da rede. Para além deste custo são também normalmente considerados os custos do desconforto, de portagem (quando aplicáveis), do tempo de percurso e dos acidentes.

Os CTP são de difícil determinação, uma vez que existe dificuldade em avaliar monetariamente o tempo e variam conforme a localização e a finalidade da viagem.

Os COV são influenciados pelo estado dos pavimentos, pelo que um programa cuidado de manutenção destas estruturas deve ser considerado, logo devem ser programadas as zonas de obras e a duração destas intervenções. É nestas situações que o CTP assume um papel importante, já que o tempo adicional dispendido pelos utentes devido à existência de troços em obras que condicionam a circulação dos veículos, normalmente através de desvios ou redução da velocidade, se traduz num aumento significativo deste custo e por consequência do CUE.

Os CA são modelados através da utilização de taxas de sinistralidade reais ou médias em função da localização do acidente e do tipo de estrada.

O CP apresenta uma contribuição significativa nas redes com portagem. Em Portugal, devido à intenção/concretização política de tornar as redes multivias com regime scut em redes com pagamento de portagem real (utilizador-pagador), num futuro próximo e cada vez mais, este custo assume uma importância significativa na determinação dos CUE na rede fundamental de estradas.

No que diz respeito aos modelos para a determinação dos CUE, o HDM-4 tem limitações nos custos de operação dos veículos e na deterioração dos pavimentos. Não se encontra disponível no entanto a possibilidade de modelar mudanças na idade e nos padrões de utilização, sendo muito rara a existência de informações necessárias acerca dos mesmos. Também não são considerados os impactos das zonas de trabalhos nos utentes das estradas e não se pondera a hipótese de recorrer a desvios.

O modelo HDM-4 é o modelo mais completo que existe e o adaptável a qualquer rede ou cenário, sendo no entanto de difícil aplicação, uma vez que o número de dados de entrada do modelo, necessários para calibrar e obter resultados que realmente traduzam uma determinada realidade, é muito elevado e muitas vezes não se encontram disponíveis ou não existem os meios para os obter em muitos países.

Em termos das parcelas consideradas nas metodologias estudadas, o HDM-4 e o COBA consideram as três normalmente utilizadas, isto é, o COV, o CTP e o CA. O Modelo de Custos JAE90 considera o COV, o CTP e opcionalmente o CCO, enquanto o NZVOC considera apenas o COV e o Manual do TxDOT o CTP.

Todos os modelos apresentados têm como âmbito de aplicação a rede rodoviária principal, tendo sido o NZVOC e o TxDOT desenvolvidos também para serem aplicados em meio urbano. O COBA apesar de ter sido desenvolvido para a rede rodoviária principal, tendo vindo a ser utilizado pelas autoridades locais dos países em que é aplicado em cenários urbanos que se encaixem nos requisitos exigidos pelo modelo.

Apesar da complexidade e do número de parâmetros necessários à sua adequada utilização, o modelo HDM-4 constitui um modelo de referência para o cálculo dos CUE. Dada a sua facilidade de aplicação, destacam-se as tabelas de CUE usadas pelo TxDOT. Os restantes modelos constituem abordagens intermédias em termos de facilidade de aplicação.

Quanto ao modelo de NJDOT, o manual dos Custos dos Utenentes das Estradas fornece ao Departamento de Transportes de New Jersey um método para quantificar estes custos, com base em atrasos de operação dos veículos e de tempo de percurso. Os custos dos utentes das estradas são difíceis de calcular com precisão, dados os muitos factores envolvidos e as diferentes variáveis que existem num determinado dia na vida de um projecto de construção.

A formulação desenvolvida para o modelo português dos custos dos utentes da estrada, constitui o resultado da utilização de modelos ou parte de modelos existentes, em alguns casos simplificados, escolhidos com base na sua adequação à realidade portuguesa. Assim, o modelo de determinação dos COV foi obtido por simplificação das equações adaptadas pelo HDM-4, o modelo de CA é baseado nas abordagens efectuadas para este custo pelo COBA e HDM-4, e o CTP é calculado com base nos princípios do HDM-4 e na formação adoptada pelo anterior modelo de custos da JAE.

Ao analisar a contribuição das parcelas de custos no total dos CUE, pode concluir-se que os COV são os custos que têm a maior parcela que incide sobre os CUE, sendo o combustível a variável mais significativa dos COV.

Capítulo 3 - Influência dos troços em obras nos CUE

3.1 - Introdução

O número de projectos de reconstrução e reabilitação aumentou principalmente devido à combinação do aumento da necessidade de manutenção das infra-estruturas rodoviárias e da necessidade cada vez mais frequente de viajar.

Ao quantificar os impactos nas zonas de trabalho, os factores que são considerados usualmente são: o atraso no trânsito e a segurança, o custo de projecto, a viabilidade de construção e o impacto ambiental causado [25].

No que diz respeito aos CUE, uma das parcelas mais afectadas é a dos CTP, uma vez que nas zonas de trabalho se circula a velocidades inferiores quando comparadas com uma situação normal, induzindo um atraso no tráfego que as atravessa.

Quanto aos COV, podem existir duas situações possíveis. Os custos podem diminuir ou aumentar nas zonas de trabalho, sendo logo a seguir aos CTP a parcela dos CUE mais afectada em situações de intervenção. Em zonas de trabalho em estradas multivias, os COV diminuem devido às velocidades de circulação serem inferiores pelo facto de a velocidade normal de funcionamento ser elevada com respectivos consumos elevados e devido também à velocidade mínima permitida nas intervenções corresponderem consumos mais baixos. Na restante rede rodoviária, os COV podem aumentar em situações de congestionamento ou velocidades de circulação muito baixas. Caso estas situações não se verifiquem, os COV diminuem à semelhança do que acontece em estradas multivias. Todas estas situações de aumento e diminuição da parcela dos COV devem-se essencialmente à variação do consumo de combustível.

No que diz respeito aos acidentes nas zonas de trabalho, estes estão relacionados com o congestionamento do trânsito, que ocorre quando os volumes de trânsito de entrada na zona de trabalho excedem a capacidade do troço. A maioria dos condutores irá optar por efectuar um desvio, se o atraso exceder os 20 minutos [14]. No entanto, os condutores que não estão familiarizados com uma determinada zona, apenas efectuam o desvio se estiver bem sinalizado. Estas situações podem também ser contabilizadas no cálculo dos CUE através da consideração do tipo de estrada, comprimento do desvio e velocidade de circulação média praticada.

3.2 - Zonas de trabalho

As zonas de trabalho podem ser definidas como a área de uma via de sentido único, onde as actividades de construção ou manutenção são identificadas por sinais de alerta/indicadores, incluindo aqueles sobre os dispositivos de transporte que definem o início e o fim de uma construção ou manutenção. Estas zonas estendem-se desde o primeiro sinal de aviso, sinal ou luzes intermitentes, até ao sinal do fim do trabalho ou até ao último dispositivo de controlo de tráfego pertinente para a actividade de trabalho.

Na Figura 3.1 é apresentada a título ilustrativo uma zona de trabalho.



Figura 3.1 - Trânsito numa zona de trabalho [50]

As zonas de trabalho também incluem as secções de estradas onde existem trabalhos em curso, tais como a pintura de faixas ou o corte de estrada, apenas quando o início da actividade de trabalho é designado por sinais de alerta e sinalização.

Segundo o Departamento de Transportes de New Jersey (NJDOT), as zonas de trabalho são definidas no Manual de Capacidade Rodoviária como a área de uma estrada do tipo multivias em que estão a ocorrer operações de manutenção e construção, que incidem sobre o número de faixas disponíveis para tráfego ou afectam as características operacionais do tráfego que flui nessa mesma área [21]. Tendo em conta que se tratam de zonas de descontinuidade das condições de circulação, torna-se necessário minimizar e gerir os impactos causados nas zonas de trabalho, tendo como objectivo responder às necessidades de segurança e de mobilidade durante a construção e manutenção de estradas, para além de ir de encontro às expectativas dos utentes da estrada.

Na fase de projecto, é possível programar com antecipação a estratégia de intervenção mais adequada de acordo com os trabalhos a efectuar, sendo analisados os seguintes itens [47]:

- A mobilidade e os impactos ao nível da segurança;

- Os impactos combinados de projectos a decorrer em simultâneo, localizados próximos uns dos outros ou o desvio para um outro projecto a decorrer;
- Os impactos nas intersecções próximas, nas passagens de nível e na operação dos transportes públicos;
- Os impactos sobre as vias de evacuação e os caminhos públicos afectados;
- Os impactos sobre as empresas e as habitações afectadas.

Quanto aos impactos referidos anteriormente a ter em conta na fase de projecto, é de salientar que estão incorporados os custos adicionais para os utentes da estrada.

A duração da instalação de uma zona de trabalho, isto é, o tempo total necessário para a realização dos trabalhos com porção da secção fora de serviço ou com tráfego restrito, pode variar desde um encerramento esporádico da estrada para manutenção (um ou vários dias), até vários meses.

A gestão de tráfego durante os trabalhos de manutenção, reabilitação ou construção tem como objectivo minimizar os atrasos no tráfego, manter ou melhorar a segurança do condutor ou do trabalhador, fazer com que o trabalho seja concluído no menor tempo possível e permitir o acesso às empresas e habitações.

As estratégias de gestão a adoptar nas zonas de trabalho devem ser identificadas com base nas restrições do projecto, construção faseada, o tipo de zona de trabalho e os impactos antecipados previstos nas zonas de trabalho. Uma vez adoptadas, necessitam de ser consistentemente monitorizadas para garantir a eficácia da gestão dos impactos nestas zonas.

Alguns exemplos de medidas para monitorizar as estratégias de gestão do tráfego nas zonas de trabalho são o registo da duração da viagem, do tamanho da fila gerada (em situação de congestionamento), do atraso, do número de incidentes, dos tempos de resposta aos acidentes e respectiva normalização da circulação no local, das reclamações, dos custos dos utentes e dos impactos cumulativos de actividades de construção adjacentes [48].

Numa fase em que muitos países desenvolvidos possuem a sua rede rodoviária construída ou em fase de conclusão, torna-se cada vez mais usual a reabilitação e manutenção das estradas existentes, com o decorrer de trabalhos em simultâneo com a circulação do tráfego.

Ao mesmo tempo, o tráfego continua a aumentar, e por sua vez, a criar mais congestionamento, principalmente nas zonas urbanas. Para evitar a ocorrência de situações de congestionamento agravadas durante os períodos de hora de ponta, o trabalho nessas zonas decorre geralmente durante o período nocturno. Uma maior segurança passa assim por

conciliar uma menor quantidade de trabalho ao longo das horas de maior tráfego e a realização dos trabalhos necessários preferencialmente no período noturno [49].

3.3 - Abordagens e metodologias existentes

Há uma ampla variedade de abordagens para avaliar os efeitos relacionados com a existência de zonas de trabalho, essencialmente no que diz respeito aos atrasos do tráfego verificados nestas zonas. Essas abordagens variam desde as que consideram os efeitos do tráfego desviado, até à modelação dos efeitos causados nas viagens, reflectindo-se na mudança das taxas de viagem ou na escolha dos destinos. Todos estes aspectos são importantes, no entanto, este ponto foca-se nas metodologias existentes para a análise do efeito dos troços em obras nos custos suportados pelos utentes das estradas. Como tal, são analisados um conjunto de características das zonas de trabalho, tais como a capacidade, o atraso, as componentes dos custos dos utentes afectadas e a quantidade de tráfego afectado.

3.3.1 - Factores considerados na análise das zonas de trabalho

3.3.1.1 - Capacidade nas zonas de trabalho

Dudek e Richard [15] apresentaram informações mais detalhadas com base na análise de dados de campo para analisar a capacidade da estrada durante os trabalhos de manutenção. Consideraram as estratégias de encerramento da via e as distribuições cumulativas obtidas de valores observados das capacidades para as zonas de trabalho.

Num estudo anterior de Dudek et al. [16], estimaram as capacidades para as zonas de trabalho para estradas com quatro vias.

Memcott e Dudek [28] utilizaram um modelo de regressão para estimar a capacidade de resposta para uma zona de trabalho. A vantagem de utilizar um modelo de regressão foi a de que a maior parte dos tipos de encerramento de vias foram abrangidos e a capacidade limitada usada para a gestão do tráfego proposta poderia ser razoavelmente estimada [9]. Uma vez que os atrasos nas viagens dos utentes das estradas nas zonas de trabalho são o factor principal para o custo de atraso dos utentes, os estudos relacionados com a velocidade e a análise demorada para as zonas de trabalho foram revistos [9].

3.3.1.2 - Velocidade nas zonas de trabalho

Num estudo relativo às características do tráfego nas auto-estradas de Illinois com encerramentos de vias, Rouphail e Tiwari [38] avaliaram os efeitos da intensidade e da localização da construção e das actividades de manutenção nas velocidades médias através de uma zona de trabalho. Os resultados mostraram que as velocidades médias diminuem através das zonas de trabalho, assim como a intensidade de construção e as actividades de manutenção aumentaram. A velocidade média também diminuiu, tal como a construção e as actividades de manutenção se aproximaram das faixas de rodagem [9].

Pain et al. [31] forneceram um estudo detalhado das velocidades nas zonas de trabalho. Foram variadas as velocidades médias, dependendo de factores tais como os volumes de tráfego (por exemplo, nos horários de ponta e nos horários não de ponta), configurações da faixa de encerramento (por exemplo, via da direita encerrada, via da esquerda encerrada e desvio de duas vias), dispositivos de controlo de tráfego (por exemplo, cones, cones tubulares e painéis verticais) e locais dentro das zonas de trabalho [9].

Rouphail et al. [39] derivaram vários valores médios e coeficientes de variação para descrever a mudança de velocidade nas zonas de trabalho. Descobriram que a velocidade média não varia consideravelmente consoante os volumes de tráfego leve e que o tempo de recuperação de velocidade é maior em volumes de tráfego pesado. Os resultados indicaram também que o controlo de velocidade desempenha um papel importante na redução da frequência de acidentes [9].

Memmott e Dudek [28] desenvolveram um modelo computacional, chamado Queue and User Cost Evaluation of Work Zones (QUEWZ) e estimaram a velocidade média nas zonas de trabalho para calcular os custos dos utentes, incluindo os custos de atraso e os custos de operação de veículos. O modelo QUEWZ determina o número de horas disponíveis para o encerramento das vias, com base numa premissa assumida para a capacidade da via e múltiplos volumes de tráfego. Quando os volumes de tráfego não são suficientemente grandes para causar congestionamento e filas, o atraso no trânsito é caracterizado totalmente pelos volumes de tráfego e velocidades. No entanto, quando ocorre o congestionamento, informação adicional (como por exemplo os comprimentos das filas) é necessária para modelar o atraso [9].

Mais tarde, Richard e Dudek [36] confirmaram ainda a necessidade da redução de velocidade em zonas de trabalho e forneceram orientações para implementar o controlo de velocidade para melhorar a segurança. Quatro tentativas de controlo de velocidade, ou seja, a aplicação da lei de sinalização, os painéis de mensagem variável e a redução da largura efectiva da via, foram discutidos nesse estudo [9].

3.3.1.3 - Acidentes nas zonas de trabalho

A revisão da literatura também revelou vários estudos sobre acidentes nas zonas de trabalho. Os estudos, que são a seguir resumidos, trataram de vários factores envolvendo a relação causa e efeito nos acidentes nas zonas de trabalho e também da representação da informação dos acidentes.

Tem sido desenvolvida bastante investigação relacionada com os factores que afectam ou contribuem para acidentes nas zonas de trabalho de construção, bem como com aqueles que ajudam a reduzi-los. Alguns dos estudos desenvolvidos também analisaram os acidentes nas zonas de trabalho que envolveram dispositivos de controlo de tráfego, dispositivos de segurança e operações de construção. Um projecto de investigação desenvolvido pelo Departamento de Trânsito de New York nos anos 80, mostrou que certos dispositivos de controlo de tráfego e dispositivos de segurança foram bem sucedidos, representando riscos pequenos para os ocupantes dos veículos e para os trabalhadores [7] [20].

A segurança na zona de trabalho continua a ser um assunto altamente prioritário para os profissionais de engenharia de tráfego e para as concessionárias rodoviárias. Foi feito um estudo sobre o número de fatalidades devidas a acidentes relatados em zonas de trabalhos rodoviários entre 1984 e 1994. A informação do Fatal Accident Reporting System (FARS) indica que morreram 833 pessoas em zonas de trabalho rodoviárias durante 1994, representando um aumento de 29% relativamente a 1992, em que ocorreram máximos de 10 anos [23].

O mesmo artigo também indica que a legislação tem aumentado a ênfase na segurança nas zonas de trabalho e na melhoria da identificação dos respectivos problemas. As secções 1051 e 2002a da Internacional Surface Transportation apontam para o desenvolvimento e implementação de um programa de segurança com cinco objectivos: (1) determinar o que é conhecido sobre a quantidade de acidentes em zonas de trabalho rodoviárias; (2) examinar as características dos acidentes utilizando o Highway Safety Information System (HSIS); (3) investigar a forma como os acidentes são relatados nos formulários da polícia e do sistema estatal; (4) identificar pontos de falha críticos no conhecimento da segurança relativa de zonas de trabalho; (5) examinar modos possíveis de tratar necessidades não preenchidas relacionadas com segurança na zona de trabalho.

Os investigadores têm usado abordagens diferentes para atingirem objectivos específicos. Quanto ao primeiro objectivo usaram dados dos acidentes do período 1991-92 para os estados de Illinois, Maine e Michigan. Foi observado que os acidentes nas zonas de trabalho ocorrerem muito mais frequentemente do que foi relatado. As características da zona de trabalho foram analisadas utilizando o sistema HSIS, uma base de dados multi-estatal desenvolvida por FHWA. A análise focou o tipo e gravidade do acidente, o tipo de via, o tipo de zona de trabalho, as condições de superfície da estrada, as condições de luminosidade e atmosféricas. Os resultados observados mostraram que a frequência das colisões na zona de trabalho é

muito maior do que fora delas. Os detalhes obtidos dos relatórios da polícia mostraram estar sujeitos a incertezas.

O terceiro objectivo foi conseguido através da análise de critérios de relato dos acidentes para todos os 50 estados e para o distrito da Columbia utilizando o State Accident Report From Catalog de 1992. Trinta e cinco estados têm um campo no relatório do acidente da polícia para a identificação da zona de trabalho num acidente. A investigação também indica que 11 estados identificaram o tipo de veículo envolvido, e 21 estados identificaram o tipo de trabalhos de construção envolvidos (o formulário FDOT não inclui estes detalhes). O maior problema, quanto a atingir os quarto e quinto objectivos, foi a falta de informação e a existência de dados incorrectos. Foram também observadas inconsistências nos relatos e na codificação de acidentes em zonas de trabalho entre diferentes estados [23].

O objectivo de outra investigação sobre acidentes em zonas de trabalhos de construção e manutenção, foi a recolha de dados para o estudo dos tipos de controlo de tráfego em utilização. Os investigadores recolheram dados dos acidentes não só no local mas também a partir de registos informáticos.

Os dados foram recolhidos do Kentucky Accident Reporting System (KARS) para o período 1983-86. Foi seleccionado um total de 20 localizações para investigações adicionais, como casos de estudo. Também foram feitas inspecções aos locais de trabalho de construção em 1986-87. Os estudos apenas consideraram acidentes em vias em construção listadas como tendo factores de contribuição ambientais do ponto de vista da via.

A análise dos dados do período 1983-86 mostrou que aproximadamente 500 acidentes ocorreram em cada ano. As maiores percentagens desses acidentes ocorreram em estradas entre estados. Os acidentes nas zonas de trabalho foram mais críticos que outros acidentes. Os camiões estiveram envolvidos em maiores números de acidentes. Os acidentes na mesma direcção foram quase 3% ao nível dos estados.

Na segunda fase do projecto, que envolveu controlo de tráfego e análise de acidentes de 20 locais, observou-se que as taxas de ocorrência de acidentes variaram de local para local, mas as taxas globais dos acidentes excederam as verificadas antes das construções. Na maioria dos acidentes foram observados como factores contribuintes: a falta de atenção dos condutores, as falhas em se manterem na rota certa, entre outros. Dezoito em 20 locais estavam conformes com o MUTCD and Kentucky Department of Highways Standard Drawings. Operações nos dois sentidos e duas vias (TWTLO) foram usadas na maioria das localizações estudadas. Na maioria das localizações foram utilizadas barreiras de betão, cones de tráfego e marcadores flexíveis para separar os fluxos de tráfego [33].

Em 3 de Junho de 1992 o National Transportation Safety Board (NTSB) publicou um relatório contendo duas recomendações sobre os relatórios de acidentes em zonas de trabalho. As

recomendações deram relevo à necessidade de se distinguirem pessoas a conduzirem veículos de manutenção nas zonas de trabalho e outros condutores que têm acidentes nas zonas de trabalho enquanto as atravessam. Foi também recomendado que, em conjunto com o FHWA, cada estado devia rever os seus formulários de relatos de acidentes, e que todos os formulários deveriam incluir dados para identificação de acidentes em zonas de trabalhos. No passado o FHWA fez recomendações de comentários sobre o National Highway Work Zone Safety Program. O programa tem quatro componentes: normalização, cumprimento de requisitos, inovação e avaliação. Partes deste programa estiveram relacionadas com a secção 2002a do ISTEA e com recomendações do National Transportation Safety Board (NTSB) [30].

3.3.1.4 - Comprimento ideal das zonas de trabalho

No que diz respeito à reabilitação e às actividades de manutenção em auto-estradas de quatro vias (com duas vias em cada sentido), estas requerem com frequência o encerramento de uma das duas vias de circulação [9].

Cada vez mais as zonas de trabalho tendem a aumentar os custos associados ao atraso dos utentes. No entanto, os trabalhos de manutenção podem ser realizados com maior eficácia em zonas mais compridas. Neste sentido, foi desenvolvido por Steven Chien e Paul Schonfeld em 2001, um modelo matemático relativamente simples que permite otimizar o comprimento das zonas de trabalho em auto-estradas de quatro vias, onde uma das vias numa direcção e num determinado período de tempo se encontra encerrada. O objectivo do modelo é o de minimizar o custo total, incluindo o custo da intervenção de manutenção, o custo dos acidentes e o custo de atraso dos utentes. Os resultados da análise mostram que como o fluxo de tráfego aumenta com o tempo, encurtando as zonas de trabalho permite atenuar os atrasos do utente da estrada, embora os custos da concessionária aumentem. Os resultados obtidos encontram-se na Figura 3.2, que pode ser utilizada para de forma otimizada fazer variar o comprimento da zona de trabalho com as mudanças exigidas ao longo do tempo [9].

Os estudos existentes e anteriores à abordagem referida, relacionados com a optimização do comprimento das zonas de trabalho, são poucos e de alcance limitado.

Em 1994, Krammes e Lopez [24] publicaram recomendações para estimar a capacidade de encerramento a curto prazo de uma via, com base em contagens da capacidade de 45h efectuadas em 33 auto-estradas do Texas com zonas de trabalho, entre os anos de 1987 e 1991. Através dessas recomendações, foram sugeridos alguns acertos para os efeitos da intensidade das actividades das zonas de trabalho, percentagem de veículos pesados no fluxo de tráfego e a presença de rampas de acesso perto do início de uma via de encerramento [9].

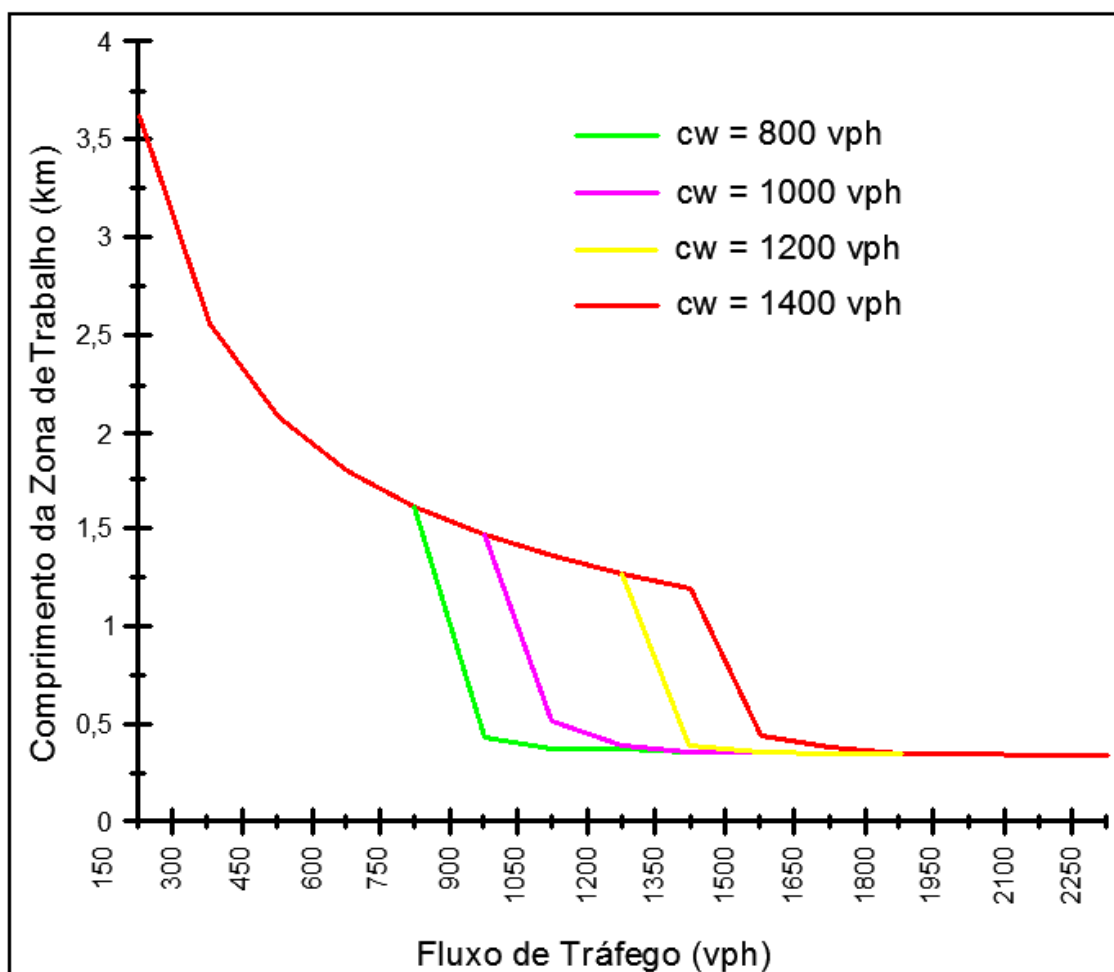


Figura 3.2 - Comprimento ideal das zonas de trabalho em função da aproximação do fluxo de tráfego para múltiplas taxas de descarga

Um método para estimar os atrasos dos veículos e os comprimentos das filas nas estradas de duas vias, que incidem sob uma forma de controlo de tráfego, foi desenvolvido por Cassidy e Han [8]. Os atrasos médios ocorridos ao longo de um determinado período foram obtidos através de dados empíricos de um segmento de quatro vias numa zona de trabalho. No entanto, o comprimento da zona de trabalho não foi otimizado nesse caso de estudo [9].

Por outro lado, McCoy et al. [27] desenvolveram um método para otimizar o comprimento das zonas de trabalho em função da minimização dos custos dos utentes da estrada e do controlo de tráfego na construção e manutenção de estradas rurais multivias (2x2) com separador central. Este método proporcionou um enquadramento para a escolha dos comprimentos a considerar nas zonas de trabalho em função da minimização dos custos totais, incluindo os custos de construção, os custos do atraso dos utentes, os custos de operação dos veículos e os custos de acidentes. Os custos de atraso dos utentes foram modelados com base nos volumes de tráfego médio diário (TMD), enquanto que os custos de acidentes foram calculados assumindo que a taxa de sinistralidade dos veículos por milha se mantinha constante numa determinada zona de trabalho. O comprimento ideal da zona de

trabalho é assim obtido com base em dados de 1979, apresentando valores que podiam variar, uma vez que os factores de custo unitário mudaram consideravelmente desde 1981. Minimizados os custos totais para o tempo de trabalho a partir das 0:00h até às 23:00h, com o tempo ideal de início a partir das 17:00h, o comprimento ideal da zona de trabalho é de 0,577km.

McCoy e Peterson [26] definiram um novo comprimento óptimo para as zonas de trabalho, sendo cerca de 60 % superior do que o previsto anteriormente para o estado do Nebraska.

McCoy e Peterson [34] levaram a cabo um estudo para vários comprimentos de zonas de trabalho em estradas de 4 vias com separador central. Não foi encontrada nenhuma relação entre o comprimento das zonas de trabalho e as taxas de sinistralidade, ou para quaisquer parâmetros da distribuição de velocidades, tais como o desvio padrão das velocidades e da gama de velocidades praticadas pelos veículos [9].

Foram também efectuados por Janson et al. [22] múltiplos esforços no sentido de atenuar os impactos das zonas de trabalho. Estes esforços envolveram a optimização do projecto e da prática do controlo de tráfego nas zonas de trabalho, tal como a elaboração de um melhor projecto relativo ao dispositivo de controlo do tráfego, a definição da configuração óptima de encerramento da via e do comprimento óptimo da zona de trabalho a considerar [9].

Martinelli e Xu [25] acrescentaram ao modelo de McCoy [27] os custos referentes ao atraso dos veículos nas filas. O comprimento da zona de trabalho foi optimizado através da minimização dos custos totais para os utentes da estrada, excluindo os custos de manutenção da estrada e os custos de acidentes. Para estimar os custos de manutenção da estrada, Underwood [51] analisou a duração do trabalho e o custo de manutenção por 10000 m², para cinco actividades de manutenção diferentes (como por exemplo o revestimento superficial, a camada de desgaste betuminosa, entre outros). Os custos médios de manutenção foram calculados com base em preços cotados para autoridades rodoviárias de auto-estradas, no Verão de 1993 [9].

A maioria dos estudos anteriores sobre zonas de trabalho centrou-se na capacidade das diferentes zonas de trabalho e no comprimento óptimo a considerar em intervenções efectuadas nas auto-estradas. Apenas foram encontrados dois estudos (Zhou 1996 [54] e Schonfeld e Chien 1999 [41]) que conseguiram optimizar em simultâneo o controlo do tráfego e o comprimento da zona de trabalho em estradas de duas vias, ou os efeitos do custo de manutenção suportados pelas concessões rodoviárias no comprimento óptimo da zona de trabalho.

Assim, Zhou [54] desenvolveu um método para optimizar os comprimentos das zonas de trabalho, minimizando o custo total, incluindo os custos dos utentes e os custos de manutenção da estrada. Tanto a duração da manutenção como as funções de custo dos

trabalhos foram formuladas e discutidas nesse estudo. Mais tarde, Schonfeld e Chien [41] desenvolveram um modelo matemático para otimizar o comprimento da zona de trabalho e o controlo do tráfego para estradas com duas vias em que uma das vias é fechada temporariamente para a realização dos trabalhos. Ao considerar os efeitos agregados de múltiplos comprimentos das zonas de trabalho e das taxas de fluxo combinado, o seu método forneceu uma abordagem prática para reduzir os atrasos no tráfego e as despesas de manutenção. Nesse estudo, o controlo de tráfego e os comprimentos das zonas de trabalho foram otimizados em conjunto e o tráfego desequilibrado em ambos os sentidos foi considerado. Contudo, os acidentes não foram considerados nos estudos referidos de Zhou e Schonfeld e Chien.

A Figura 3.3 representa uma estrada com duas faixas de rodagem, cada uma com duas vias em cada sentido, em que uma das vias se encontra encerrada, passando o trânsito pela via desocupada. Uma vez que os volumes de tráfego variam com o tempo, o fluxo de tráfego ao se aproximar da zona de trabalho, pode exceder a taxa de escoamento máxima da zona, ou seja, a capacidade. Nestas situações, os atrasos nas filas são inevitáveis, a não ser que o excesso de fluxo de tráfego possa ser desviado, o que também aumenta o tempo de viagem, embora de uma maneira diferente. Estes atrasos das filas dependem do comprimento das zonas de trabalho, da duração da manutenção e da magnitude do fluxo de tráfego que se aproxima. Fora das pontas horárias, o fluxo de tráfego que se aproxima pode ser inferior à capacidade da zona de trabalho. Por isso, os atrasos do utente são causados maioritariamente pela redução de velocidade dos veículos nessas zonas. São também apresentados os parâmetros a considerar numa abordagem para otimizar o comprimento das zonas de trabalho (L), sendo eles: a taxa de dissipação das filas (S), em veículos por hora; o progresso médio dos veículos (H), em segundos; a velocidade média dos veículos (V), em quilómetros por hora; e as taxas de fluxo de aproximação das zonas de trabalho (Q), em veículos por hora para os dois sentidos.

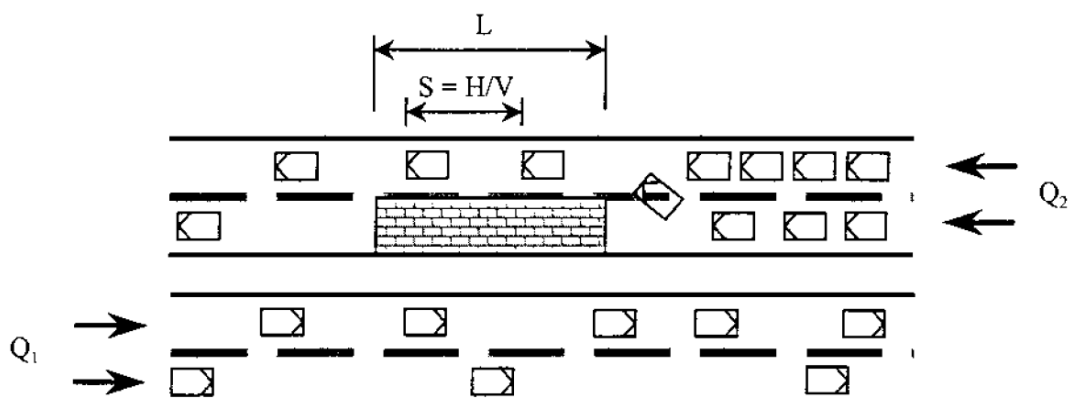


Figura 3.3 - Veículos em movimento nas zonas de trabalho [9]

3.3.2 - O modelo do New Jersey Department of Transportation (NJDOT)

No Manual dos utentes da estrada do NJDOT [43], uma zona de trabalho é definida como a área de uma estrada em que as operações de manutenção e construção em curso incidem sobre as vias disponíveis para a circulação do tráfego ou afectam as características operacionais do tráfego que flui através da secção. Aos custos dos utentes da estrada numa zona de trabalho são adicionados os custos adicionais de operação dos veículos, os custos dos atrasos e os custos dos acidentes resultantes das operações de construção, manutenção ou reabilitação.

Para o efeito relacionado com os custos dos utentes da estrada, as características das zonas de trabalho devem ser definidas. A maior preocupação acerca das características da zona de trabalho inclui factores tais como o comprimento da zona de trabalho, o número e a capacidade das vias abertas ao tráfego, a duração do encerramento da via, o tempo (horas do dia e dias da semana) de encerramento da via, a velocidade indicada e as características do tráfego de itinerários alternativos.

Cada zona de trabalho estabelecida durante o período em análise pode ter diferentes impactos sobre o fluxo de tráfego e os custos suportados pelos utentes. As características das zonas de trabalho devem ser definidas e avaliadas como um evento separado.

Assim que as zonas de trabalho individuais sejam identificadas, cada uma é avaliada separadamente. Este é o ponto em que cada uma das componentes dos custos dos utentes é quantificada e convertida para valores de custo.

As potencialidades das zonas de trabalho relacionadas com as componentes dos custos dos utentes da estrada foram discutidas na secção anterior e são enumeradas abaixo:

- a) Variações dos COV com a velocidade;
- b) Variações do tempo de percurso (Atraso) com a velocidade;
- c) Atraso nas zonas de trabalhos;
- d) Custos de operação dos veículos ao ralenti;
- e) Atraso associado ao funcionamento dos veículos ao ralenti;
- f) Atraso devido à formação de filas;
- g) COV ao ralenti nas filas;
- h) COV nos desvios;

i) Atraso nos desvios;

j) Custos dos acidentes.

As componentes c), f), g), h) e i) dos custos dos utentes das estradas são calculadas com grande precisão neste modelo, enquanto as restantes componentes, não são tidas em contas neste modelo.

A procura do tráfego e a capacidade das zonas de trabalho são partes importantes no cálculo dos custos dos utentes da estrada relativos às zonas de trabalho. De seguida irá ser apresentada nos Quadros 3.1 a 3.5 a folha de cálculo desenvolvida para ajudar os analistas na comparação do volume de tráfego correspondente à capacidade disponível para cada hora do dia. O resultado da aplicação dessa folha de cálculo fornece o tráfego total afectado a ser utilizado na determinação dos custos imputados aos utentes.

O Quadro 3.1 foca-se na análise das zonas de trabalho, em que serão registados para períodos de 24 h, o tráfego horário, a procura de veículos por hora (calculada através da multiplicação do TMD direccional pela distribuição percentual horária do tráfego), as vias em funcionamento, a capacidade da estrada, a taxa de formação de fila (diferença entre a capacidade horária da secção e a procura não restrita horária), os veículos que formam fila, o número médio de veículos na fila de espera, os veículos que circulam na zona de trabalho, pelo itinerário alternativo e que circulam em fila [42].

Para as capacidades a considerar nas zonas de trabalho e desvios, este modelo baseia-se nos valores definidos no HCM obtidos com base em estudos efectuados e com uma fiabilidade de 50%, pelo que deve-se ponderar a possibilidade de os acertar em função do tipo de estrada e configuração da zona de trabalho.

É importante referir que, desde que a instalação esteja a funcionar sob condições de fluxo forçado, o volume de veículos que circulam por hora na fila é limitado à capacidade da zona de trabalho. Tal deve-se ao facto desta ser a única maneira de sair da fila (através da zona de trabalho). Após a análise da zona de trabalho estar completa, os totais de 24 horas devem ser introduzidos para o horário de tráfego, a procura de veículos, os veículos que viajam na zona de trabalho e os veículos que viajam em fila. O tráfego afectado já foi afectado e determinado e o analista, pode agora identificar os componentes do custo dos utentes da estrada para serem monitorizados.

Quadro 3.1 - Análise da zona de trabalho [42]

| Zona de Trabalho: | | Capacidade Normal: | | | | | | | | | |
|---|---------------------|--|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|--|---|---|-------------------------------------|--|
| Percentagem de Veículos Pesados de Mercadorias: | | Capacidade da Zona de Trabalho / Desvio: | | | | | | | | | |
| TMD Direcional: | | Vias em Operação Normal: | | | | | | | | | |
| | | Ano: | | | | | | | | | |
| 3.1(A) | 3.1(B) | 3.1(C) | 3.1(D) | 3.1(E) | 3.1(F) | 3.1(G) | 3.1(H) | 3.1(I) | 3.1(J) | 3.1(K) | |
| Período de Tempo (horas) | Trafego Horário (%) | Procura de Veículos (vph) | Vias em Funcionamento (#) | Capacidade da Estrada (vph) | Taxa de Formação de Fila (vph) | Veículos em Fila (vph) | Número Médio de Veículos em Fila (vph) | Veículos que Circulam na Zona de Trabalho (vph) | Veículos que Circulam pelo Desvio (vph) | Veículos que Circulam na Fila (vph) | |
| 24-1 | | | | | | | | | | | |
| 1-2 | | | | | | | | | | | |
| 2-3 | | | | | | | | | | | |
| 3-4 | | | | | | | | | | | |
| 4-5 | | | | | | | | | | | |
| 5-6 | | | | | | | | | | | |
| 6-7 | | | | | | | | | | | |
| 7-8 | | | | | | | | | | | |
| 8-9 | | | | | | | | | | | |
| 9-10 | | | | | | | | | | | |
| 10-11 | | | | | | | | | | | |
| 11-12 | | | | | | | | | | | |
| 12-13 | | | | | | | | | | | |
| 13-14 | | | | | | | | | | | |
| 14-15 | | | | | | | | | | | |
| 15-16 | | | | | | | | | | | |
| 16-17 | | | | | | | | | | | |
| 17-18 | | | | | | | | | | | |
| 18-19 | | | | | | | | | | | |
| 19-20 | | | | | | | | | | | |
| 20-21 | | | | | | | | | | | |
| 21-22 | | | | | | | | | | | |
| 22-23 | | | | | | | | | | | |
| 23-24 | | | | | | | | | | | |
| TOTAIS | | | | | | | | | | | |

Quadro 3.2 - Atraso nas filas [42]

| 3.2(A) | 3.2(B) | 3.2(C) | 3.2(D) | 3.2(E) | 3.2(F) | 3.2(G) | 3.2(H) |
|-------------------------|--|----------------------------------|--------|--|--|--|--------------------|
| Período de Fila (horas) | Volume de Tráfego da Fila (veículo/hora) | Capacidade Normal (veículo/hora) | V/C | Velocidade Média de Circulação na Fila (mph) | Velocidade Normal de Funcionamento (mph) | Média de Veículos em Fila por Período de Tempo em Fila (#) | Vias com Filas (#) |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |

| 3.2(I) | 3.2(J) | 3.2(K) | 3.2(L) | 3.2(M) | 3.2(N) | 3.2(O) |
|---|------------------------------------|---|--|---|--|---|
| Comprimento Médio do Veículo (pés/veículos) | Comprimento Médio da Fila (milhas) | Tempo de Viagem em Fila à Velocidade Normal de Funcionamento (horas/veículos) | Tempo de Viagem em Fila à Velocidade de Circulação da Fila (horas/veículo) | Tempo Adicional Devido a Viajar em Fila (horas/veículo) | Veículos Afectados por Período de Fila (#) | Tempo Adicional por Período de Fila (horas) |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| Totais | | | | | | |
| Média Ponderada do Tempo Adicional | | | | | horas/veículo | |

No Quadro 3.2 é tratado o atraso nas filas, sendo analisados para isso, o período de fila, o volume de tráfego da fila, a capacidade normal, o quociente entre o volume de tráfego da fila e a capacidade normal, a velocidade média de circulação na fila, a velocidade normal de funcionamento, a média de veículos em fila por período de tempo em fila, as vias com fila, o comprimento médio do veículo (calculado pela multiplicação da coluna 3.2 G com a coluna 3.2 I e de seguida dividido pela coluna 3.2 H e 5280 pés por milha) e comprimento médio da fila, o tempo de viagem em fila à velocidade normal de funcionamento e tempo de viagem em fila à velocidade de circulação na fila (calculado pela divisão entre a coluna 3.2 J e a coluna 3.2 E), o tempo adicional devido a viajar em fila (calculado através da diferença entre a coluna 3.2 K e a coluna 3.2 L), os veículos afectados por período de fila, o tempo adicional por período de fila (calculado pela multiplicação das colunas 3.2 M e 3.2 N) e a média ponderada do tempo adicional (calculado através da divisão da coluna 3.2 O pelo total da coluna 3.2 N).

No Quadro 3.3 é elaborada uma análise em separado do atraso na zona de trabalho, no itinerário alternativo e do atraso do tráfego alternado na área de aproximação da zona de trabalho.

Quadro 3.3 -Zona de trabalho e circuitos (desvios) com atrasos [42]

Atraso na Zona de Trabalho

| 3.3(A) | 3.3(B) | 3.3(C) | 3.3(D) | 3.3(E) | 3.3(F) |
|--|--|--|--|--|---|
| Comprimento da Zona de Trabalho (milhas) | Velocidade de Circulação na Zona de Trabalho (mph) | Velocidade Normal de Funcionamento (mph) | Tempo de Viagem na Zona de Trabalho à Velocidade Normal de Funcionamento (horas/veículo) | Tempo de Viagem à Velocidade de Circulação da Zona de Trabalho (horas/veículo) | Tempo Adicional de Viagem na Zona de Trabalho (horas/veículo) |
| | | | | | |

Atraso no Desvio

| 3.3(G) | 3.3(H) | 3.3(I) | 3.3(J) | 3.3(K) | 3.3(L) |
|--|---------------------------------------|--|---|---|--|
| Duração da Viagem sem Desvios (milhas) | Duração da Viagem com Desvio (milhas) | Comprimento Adicional de Viagem (milhas) | Tempo de Viagem sem Desvio (hora/veículo) | Tempo de Viagem com Desvio (hora/veículo) | Tempo Adicional ao Desvio da Viagem (hora/veículo) |
| | | | | | |

Atraso do Tráfego Alternado (na área de aproximação da zona de trabalho - Sinalização)

| Comprimento da Zona de Sinalização (milhas) | Velocidade de circulação na Zona de Sinalização (mph) | Velocidade normal de funcionamento (mph) | Tempo de Viagem na Zona de Sinalização à Velocidade normal de funcionamento (hora/veículo) | Tempo de Viagem à Velocidade de circulação da Zona de Sinalização (hora/veículo) | Tempo Adicional de Viagem na Zona de Sinalização (hora/veículo) | Tempo de Aproximação à zona de trabalho (hora/veículo) |
|---|---|--|--|--|---|--|
| | | | | | | |

O tempo de viagem na zona de trabalho à velocidade normal de funcionamento é obtido através da divisão da coluna 3.2 A pela coluna 3.3 C.

O tempo de viagem à velocidade de circulação da zona de trabalho é calculado pela divisão entre a coluna 3.3 A e a coluna 3.3 B.

O tempo adicional de viagem na zona de trabalho é calculado através da diferença entre a coluna 3.3 D e a coluna 3.3 E.

O comprimento adicional de viagem é calculado pela diferença entre as colunas 3.3 G e 3.3 H.

O tempo adicional do desvio da viagem é calculado através da subtração entre a coluna 3.3 J e a coluna 3.3. K.

Quadro 3.4 - Factores de agravamento e custos [42]

Factores de Agravamento

| 3.4(A) | 3.4(B) | 3.4(C) | 3.4(D) |
|--|--------------|-----------------|-----------------------|
| Factores de Custo | 1970 (CPI-U) | Actual (CPI-U)* | Factor de Agravamento |
| Ao Ralenti e COV (Componentes de Circulação) | 37,5 | | |
| Valor do Tempo (Todas as Componentes) | 38,8 | | |

* CPI - U = Índice de Preços no Consumidor não ajustado, para Todos os Consumidores Urbanos, Média para as Cidades dos USA

Custos

| 3.4(E) | 3.4(F) | 3.4(G) | 3.4(H) | 3.4(I) | 3.4(J) | 3.4(K) |
|----------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------|---|--|-----------------------|
| Classe de Veículos | 1970 Custo do Tempo (\$/veículo-hora) | 1970 Custo do Veículo ao Ralenti (\$/veículo-hora) | 1970 COV (\$/milha) | Custo Actual do Tempo (\$/veículo-hora) | Custo actual do Veículo ao Ralenti (\$/veículo-hora) | COV Actual (\$/milha) |
| Véículos Ligeiros de Passageiros | 3,00 | 0,1819 | 0,06 | | | |
| Veículos Pesados de Mercadorias | 5,00 | 0,2092 | 0,12 | | | |

No Quadro 3.4 são comparados os factores de custo ao ralenti e COV e o valor do tempo para o ano de 1970 com os respectivos valores para o ano actual, sendo assim determinado o factor de agravamento (calculado pela divisão da coluna 3.4 C pela 3.4 B). É também analisado o custo actual do tempo (calculados pela multiplicação da coluna 3.4 F pela coluna 3.4 D), o custo actual do veículo ao ralenti (calculado pela multiplicação da coluna 3.4 G e 3.4 D) e os COV do ano actual (calculado através da multiplicação da coluna 3.4 H com a 3.4 D).

No Quadro 3.5 são analisadas para as classes de veículos ligeiros de passageiros e veículos pesados de mercadorias, as diversas componentes dos custos dos utentes da estrada, tais como o atraso na fila, os COV ao ralenti na fila, o atraso na zona de trabalho, o atraso no desvio e os COV no desvio da estrada, os respectivos valores da repartição dessas classes de veículos, o número total de veículos, o tempo adicional e o custo total dos utentes da estrada.

O custo dos utentes da estrada associado a cada classe de veículos, é calculado pela multiplicação dos valores de cada linha para a respectiva classe de veículo e arredondado para o dólar mais próximo.

O custo do utente da estrada calculado é obtido através da multiplicação do custo diário dos utentes da estrada por um factor de redução de 50%. Este factor de redução é utilizado devido às variações de dados do tráfego, capacidades da estrada e taxas de custo.

O custo total dos utentes da estrada é obtido através da multiplicação do custo dos utentes da estrada pelo número de dias da zona de trabalho.

Quadro 3.5 - Custos dos Utentes da Estrada [42]

| 3.5(A) | 3.5(B) | 3.5(C) | 3.5(D) | 3.5(E) | 3.5(F) | 3.5(G) | 3.5(H) |
|---|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|---|---|----------------------------|-----------------------------------|
| Componentes dos Custos dos Utentes da Estrada | Classe de Veículo | Repartição das Classes (%) | Número Total de Veículos (#) | Comprimento Adicional de Viagem (milhas/veículos) | Tempo Adicional (horas/veículo) | Custo (\$/veh-hr, \$/mile) | Custo dos Utentes da Estrada (\$) |
| Atraso da Fila (Tempo Adicional) | Veículos Ligeiros de Passageiros | | | | | | |
| | Veículos Pesados de Mercadorias | | | | | | |
| COV ao Ralenti na Fila (Custo Adicional) | Veículos Ligeiros de Passageiros | | | | | | |
| | Veículos Pesados de Mercadorias | | | | | | |
| Atraso na Zona de Trabalho (Tempo Adicional) | Veículos Ligeiros de Passageiros | | | | | | |
| | Veículos Pesados de Mercadorias | | | | | | |
| Atraso no Desvio (Tempo Adicional) | Veículos Ligeiros de Passageiros | | | | | | |
| | Veículos Pesados de Mercadorias | | | | | | |
| COV no Desvio (Custo Adicional) | Veículos Ligeiros de Passageiros | | | | | | |
| | Veículos Pesados de Mercadorias | | | | | | |
| Total de Veículos que Viajam em Fila: | | | | | | | |
| Total de Veículos que Viajam na Zona de Trabalho: | | | | | | | |
| Total de Veículos que Viajam no Desvio: | | | | | | | |
| Percentagem de Veículos de Ligeiros: | | | | | | | |
| Percentagem de Veículos Pesados: | | | | | | | |
| | | | | | Custo Diário dos Utentes da Estrada | | |
| | | | | | Custo do Utente da Estrada Cálculado | | |
| | | | | | Número de Dias de Funcionamento da Zona de Trabalho | | |
| | | | | | Custo Total dos Utentes da Estrada | | |

3.3.3 - O modelo COBA/QUADRO

O COBA recorre ao programa QUADRO - Queues And Delays Roadworks, cuja versão actual é o QUADRO 4 R9 [35], para obter os valores dos atrasos verificados durante a construção, as variações dos atrasos devidas à existência de acções de manutenção de rotina nas secções consideradas e o número de acidentes associados a estas situações. Estes valores são depois usados pelo COBA na determinação dos custos.

A primeira versão do QUADRO permitia obter estimativas do atraso do tráfego e os respectivos custos ao longo de um período único de 24 horas, para um trabalho de manutenção. Um desenvolvimento posterior deu origem ao QUADRO 2, o que representou um considerável avanço no que diz respeito, por exemplo, à avaliação dos custos de manutenção durante um período de 30 anos, ou ao fornecimento dos custos para um único trabalho, permitindo sustentar decisões na manutenção corrente quando os atrasos no tráfego são significativos. A versão QUADRO 3 substituiu o QUADRO 2, incorporando os resultados de investigações levadas a cabo pelo Laboratório de Investigação em Transportes do Reino Unido e de consultores que observaram o comportamento do tráfego em situações de obras rodoviárias. Também inclui informação revista relativa ao comportamento do tráfego sem obras rodoviárias para ser compatível com o COBA10.

O QUADRO 4 foi desenvolvido para ser compatível com o COBA11. De forma sucinta, é possível dizer que o QUADRO calcula os atrasos em obras de manutenção e traduz os mesmos em valores monetários utilizando os valores padrão do tempo.

Os valores de tempo por veículo (em €/hora) utilizados no QUADRO são apresentados no Quadro 3.6, juntamente com os pressupostos acerca da ocupação e do trabalho, deslocações e trabalho não dividido.

As diferenças nos custos de operação dos veículos (COV) suportadas pelo tráfego com e sem obras de manutenção são calculadas pelo QUADRO. Os COV tendem a aumentar durante os trabalhos de manutenção se as velocidades na secção de manutenção da estrada forem muito baixas ou se o desvio da trajectória inicial for longo. Uma série de simplificações são aplicadas para o cálculo dos COV no QUADRO. O modelo considera que todas as categorias de veículos numa determinada ligação circulam à mesma velocidade. Um desvio da trajectória original é modelado como uma única ligação com velocidade uniforme. Para além disso, os efeitos de bloqueios temporários causados por avarias e acidentes são avaliados apenas em termos de tempo de viagem devido à existência de filas adicionais, não sendo consideradas as mudanças dos COV [35].

Quadro 3.6- Custos anuais médios do tempo por pessoa e por veículo utilizados no COBA [35]

| Tipo de veículo e finalidade da viagem | Ocupação média semanal | Finalidade da viagem dos ocupantes | Valor do Tempo (€/hora)* | |
|---|---|---|---|-------------|
| | | | Por ocupante | Por veículo |
| Veículo ligeiro em trabalho | Condutores: 1,00 Passageiros: 0,20 | Trabalho Trabalho (média dos ocupantes em trabalho) | 34,76 24,90 (33,13) | 39,74 |
| Veículo ligeiro em não-trabalho | | | | |
| Pendular | Condutores: 1,00 Passageiros: 0,14 | Pendular Pendular | 6,63 6,63 | 7,55 |
| Outras | Condutores: 1,00 Passageiros: 0,85 | Não-trabalho Não-trabalho | 5,85 5,85 | 10,83 |
| Média para os veículos ligeiros | Condutores: 1,00 Passageiros: 0,68 | (Valores que derivam do acima apresentado considerando que 13,1% dos kms percorridos pelos veículos correspondem a viagens de trabalho, 25,3% a viagens pendulares e 61,6% a viagens em não-trabalho) | | 13,79 |
| Veículo Ligeiro de mercadorias em trabalho | Condutores: 1,00 Passageiros: 0,20 | Trabalho Trabalho | 13,39 13,39 | 16,06 |
| Veículo Ligeiro de mercadorias em não-trabalho | | | | |
| Pendulares | Condutores: 1,00 Passageiros: 0,59 | Pendular Pendular | 6,63 6,63 | 10,54 |
| Outras | Condutores: 1,00 Passageiros: 0,59 | Não-trabalho Não-trabalho | 5,85 5,85 | 9,30 |
| Média para os veículos ligeiros de mercadorias | Condutores: 1,00 Passageiros: 0,25 | (Valores que derivam do acima apresentado considerando que 88% dos kms percorridos pelos veículos correspondem a viagens de trabalho, 2,6% a viagens pendulares e 9,4% a viagens em não-trabalho) | | 15,28 |
| Outros veículos de mercadorias | Condutores: 1,00 | Trabalho | 13,39 | 13,39 |
| Veículos de serviço público | Condutores: 1,00 Passageiros: 12,2 | Trabalho Trabalho (2,90%) (média dos ocupantes em trabalho) Pendular (20,45%) Não-trabalho (76,65%) | 13,39 26,59 (16,84) 6,63 5,85 | 94,08 |
| Média total para os veículos | Baseado nas proporções médias nacionais de veículos (Reino Unido) de 2002 e nas taxas de ocupação de 2000 | | | 14,79 |

*1€ = 0,62883£GBP (taxa de câmbio média anual de referência para a libra esterlina em 2002 - Fonte: Banco Central Europeu)

Existem duas razões pelas quais os acidentes adicionais são esperados no decorrer das obras das estradas. Em primeiro lugar, há evidências que apontam para aumentos das taxas de sinistralidade em secções de uma estrada em obras. Em segundo lugar, o tráfego desviado de um itinerário principal devido a obras, pode circular em estradas de padrão mais baixo e estar sujeito a uma maior taxa de sinistralidade. Em conjunto, estas duas razões associadas à probabilidade do desvio ser maior do que o itinerário inicial, também aponta para um aumento do número de acidentes. O QUADRO fornece estimativas desse aumento da taxa de sinistralidade e converte o respectivo resultado num valor monetário [35].

Também existem duas perspectivas nas quais os acidentes provocam custos para a sociedade. Ao bloquearem parcialmente a via por um determinado período de tempo, são causados atrasos para os utentes da estrada e o QUADRO determina uma estimativa desses efeitos para os acidentes que ocorrem no próprio local. A segunda perspectiva é aquela em que os custos dos acidentes são directos, na qual além dos custos da vítima (feridos ligeiros, graves ou vítimas mortais) inclui os custos associados aos danos na propriedade, a administração de seguros, o tempo dispendido pela polícia e um subsídio por danos provocados apenas em acidentes.

Um elemento essencial no QUADRO é a especificação dos custos de trabalhos de manutenção individuais. No caso mais simples, a avaliação é efectuada para um trabalho de manutenção individual/isolado a ser realizado num futuro próximo. Nesse caso, a gama de custos definidos para os trabalhos pode ser bastante limitada. Por exemplo:

- Um custo único para os trabalhos, mas com variações relacionadas com a gestão local;
- Variações dos custos dos trabalhos devidas, por exemplo, a constrangimentos de trabalhos decorrentes de variações na gestão local, trabalhos nocturnos ou diferentes comprimentos de contratos que envolvem diferentes custos;
- Custos de trabalhos alternativos de tipo diferente a serem realizados mais tarde, por exemplo, um trabalho de manutenção preventiva programado para o ano seguinte, comparado com uma grande reparação ou reconstrução no prazo de cinco anos [35].

3.3.4 - O modelo HDM-4

O HDM-4 incorpora os modelos necessários para proceder à estimação dos custos de operação dos veículos em termos de tempo de percurso e combustível consumido, associados aos ciclos de variação da velocidade que ocorrem nas zonas de trabalhos. As funções incluídas nos modelos desenvolvidos podem ser aplicadas para qualquer situação de variação deliberada da velocidade, como aquelas que ocorrem nos sinais de trânsito (semáforos) e semelhantes.

Segundo o HDM-4 [1], com a existência de zonas em que decorrem trabalhos de manutenção ou reabilitação de pavimentos, surgem dois tipos principais de efeitos nos utentes da estrada, traduzindo-se por reduções da capacidade, sendo eles [1]:

- A redução da velocidade de operação e variações da velocidade associada;
- O aumento do tempo de percurso associado à formação de filas.

O modelo HDM-4 não pondera a hipótese de recorrer a desvios, assumindo que os condutores não têm outra alternativa, senão a de se juntarem à fila existente, estando a mesma a funcionar com uma capacidade reduzida [1].

Na avaliação do impacto destas zonas de trabalhos, os seguintes factores são considerados [1]:

- A hora do dia e a duração dos trabalhos;
- O volume de tráfego (em veículos/dia ou veículos/hora);
- As características da relação velocidade - volume para a estrada considerada;
- A capacidade da estrada na zona considerada antes e durante os trabalhos.

A existência de uma zona de trabalhos resulta numa série de efeitos no fluxo do tráfego, isto é, os veículos que se encontram a viajar a uma determinada velocidade de aproximação são forçados a desacelerar junto à zona de trabalhos e, se a capacidade não for a adequada ao longo desta zona, são obrigados a parar e a juntar-se à fila existente. Os veículos ficam parados durante determinado tempo e avançam através da fila. Assim que chegam à frente da fila aceleram até à velocidade que vão adoptar para atravessar a zona de trabalhos. Esta velocidade de atravessamento é mais reduzida do que a de aproximação. Quando ultrapassam a zona de trabalhos, aceleram novamente até à velocidade que praticavam na aproximação. Na Figura 3.4 encontram-se representadas, graficamente, as variações de velocidade descritas.

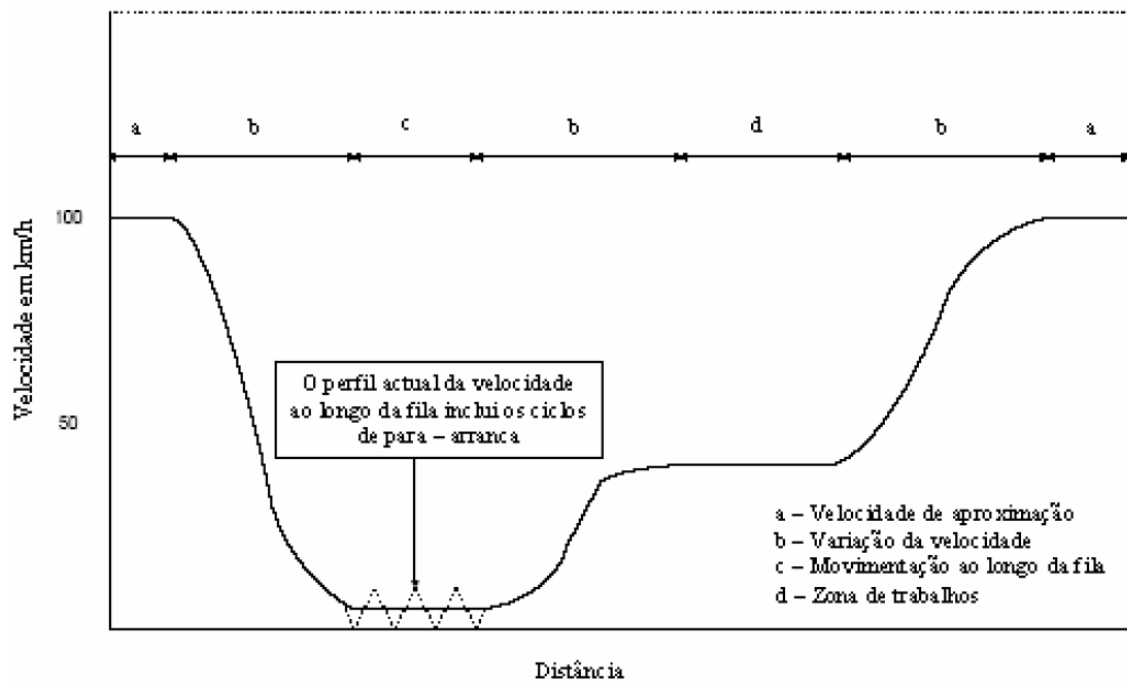


Figura 3.4 - Exemplo do efeito das zonas de trabalhos nos utentes da estrada [1]

É necessário considerar os seguintes parâmetros para modelar no HDM-4 os efeitos provocados pela existência das zonas de trabalho [1]:

1º) Os efeitos de percorrer a zona de trabalhos a uma velocidade reduzida:

Devido à capacidade reduzida destas zonas, os veículos percorrem-nas a uma velocidade reduzida e em condições de congestionamento, o que em geral se traduz num aumento dos RUE.

2º) Os efeitos de estar na fila:

A formação de filas numa zona de trabalhos acontece quando o número de veículos que chegam excede a capacidade restrita da zona de trabalhos (a formação da fila ocorrerá antes da taxa média de chegadas exceder a capacidade da zona de trabalhos devido às variações ou flutuações na taxa de chegadas) e quando a zona de trabalhos é temporariamente fechada, isto é, a capacidade é zero.

Os veículos atrasados podem fazer parte de uma fila em movimento em que se pratica uma velocidade reduzida devido à capacidade restrita da zona de trabalhos, ou podem estar temporariamente parados.

Para os veículos em movimento na fila, o HDM-4 determina os RUE como sendo os custos do combustível e do tempo de percurso em função da velocidade praticada ao longo da fila. No

caso dos veículos parados na fila, os RUE correspondem ao consumo de combustível do veículo ao ralenti durante o tempo em que permaneceu parado, mais o custo do tempo de percurso, que é igualmente proporcional ao tempo de paragem.

3º) Efeitos dos ciclos de variação da velocidade:

À medida que os veículos se aproximam das zonas de trabalhos desaceleram em relação à velocidade de aproximação que praticavam. Estes veículos podem juntar-se à fila existente (se for o caso) ou atravessar a zona de trabalhos a uma velocidade reduzida. Depois de atravessarem a zona de trabalhos voltam a acelerar até à velocidade inicial (ver Figura 3.5). Estas variações nas velocidades praticadas incorrem em custos adicionais de tempo de percurso e de operação dos veículos.

O modelo considera todos os tipos de zonas de trabalhos através de três casos básicos de zonas de trabalhos, mais um caso especial que corresponde a uma combinação dos casos anteriores. Estes são [NA]:

1º Caso - Estradas multivias com uma ou ambas das direcções afectadas:

A estrada apresenta uma ou mais vias fechadas.

2º Caso - Estrada de duas vias e dois sentidos com ambas as direcções afectadas:

Estradas em que uma das duas vias está fechada. O tráfego das duas direcções percorre a zona onde decorrem os trabalhos alternadamente na via que permanece aberta.

3º Caso - Estrada multivias, estrada com duas vias e dois sentidos ou estrada com uma via temporariamente fechada:

Neste caso a circulação dos veículos é completamente interrompida durante um determinado período de tempo.

4º Caso - Combinação especial do 3º Caso com o 1º Caso ou com o 2º Caso.

Tendo em conta o que foi apresentado, para calcular os custos associados à existência de uma zona de trabalhos numa estrada são necessárias informações sobre o número de veículos na fila, o tempo de paragem e o tempo adicional em movimento na fila. Estas informações são função do volume de tráfego (TMDA), da extensão e da capacidade da zona de trabalhos, das velocidades praticadas nestas zonas e do padrão de chegada dos veículos [40].

O modelo de simulação ROADWORK foi desenvolvido e usado no HDM-4 para gerar os valores da informação necessária para prever os custos, tendo em conta as condições de tráfego e da zona de trabalhos. O “output” do modelo (características da velocidade e da formação das filas) é usado pelo HDM-4 para estimar o tempo e o consumo de combustível adicional

associados aos ciclos de variação da velocidade encontrados nas zonas de trabalhos. Com base nesta informação é então possível prever os custos do tempo e os custos de operação dos veículos [40].

Como referido anteriormente, a análise efectuada pelo HDM-4 determina separadamente o tempo de percurso adicional e o combustível adicional para os veículos que são forçados a parar numa fila e para os que percorrem a zona de trabalhos sem parar. Desta forma, os efeitos totais devido à existência de zonas de trabalhos são determinados pelo somatório dos custos dos veículos que param e dos que não necessitam de parar, ponderado pelas suas frequências relativas na corrente de tráfego [40].

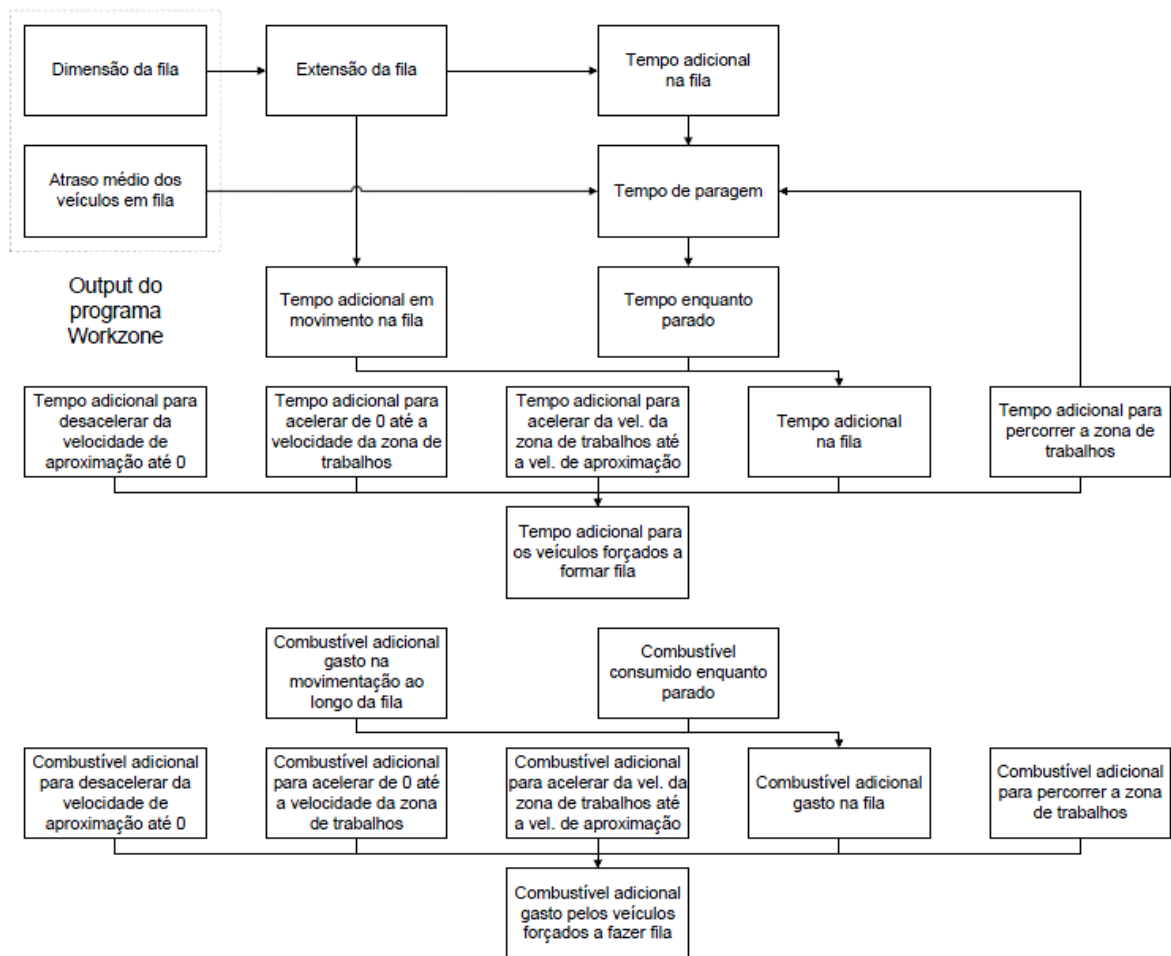


Figura 3.5 - Procedimento de análise das zonas de trabalho para veículos que são obrigados a parar nas filas [1]

A Figura 3.5 mostra o procedimento de análise usado para os veículos que são forçados a parar nas filas. Para os veículos que percorrem a zona de trabalhos sem parar, mas a uma

velocidade reduzida, o procedimento é igual com excepção da componente que corresponde ao veículo parado na fila.

Em suma, o modelo HDM-4 considera nos CUE essencialmente, nas zonas de trabalhos, o custo adicional do tempo e do combustível. De notar que é possível considerar o custo adicional do combustível através do cálculo de dFuel para situações de congestionamento (nas filas), quando estas ocorrem nas zonas de trabalhos e o custo de combustível do veículo parado (ao ralenti).

3.3.5 - O modelo Português

Devido à flexibilidade do modelo português desenvolvido, os períodos de intervenção relativos à manutenção ou reabilitação da rede (zonas de trabalho) e as mudanças no estado dos pavimentos, podem ser facilmente incluídos na formulação inicial dos custos dos utentes da estrada através da consideração de valores de parâmetros específicos definidos para uma determinada estratégia de manutenção, como por exemplo, os valores da velocidade e do consumo de combustível, ou para um determinado índice de qualidade do pavimento.

O principal parâmetro que pode levar a custos adicionais dos utentes da estrada nas zonas de trabalho foi identificado em vários modelos em uso como sendo a diminuição da velocidade de circulação nestas zonas, o que pode levar a um aumento do consumo de combustível, aumentando assim os custos de operação dos veículos. No entanto, o efeito mais significativo causado pela diminuição da velocidade de circulação é o aumento do tempo de percurso e consequentemente do custo que lhe está associado.

No que diz respeito ao consumo de combustível, os dados recolhidos, os modelos empíricos desenvolvidos a partir dessas informações (que geralmente relacionam o consumo de combustível à velocidade de operação dos veículos) e os modelos mecanicistas do consumo de combustível (que refere este consumo para as forças opostas em movimento e permite aplicações em condições diferentes) mostram que o consumo máximo de combustível ocorre para velocidades baixas e altas e o consumo mínimo de combustível para velocidades entre 40 e 60 km/h [3].

Assim, para estradas da rede nacional, com velocidades elevadas de operação (auto-estradas, itinerários principais e itinerários complementares com pelo menos duas vias em cada sentido), tendo em conta o enquadramento da legislação portuguesa, o qual define que o limite máximo de velocidade no troço em obras não pode ser inferior a 2/3 da velocidade de funcionamento normal (numa extensão até 10 km por lanço), no período diurno (das 7 às 21 h), existe verdadeiramente uma diminuição no consumo de combustível. Velocidades mais baixas, até 1/3 da velocidade normal de funcionamento, são permitidas em zonas de trabalho

durante o período nocturno. Nestes casos, há uma probabilidade elevada de se verificarem paragens frequentes, resultando num aumento do consumo de combustível associado a circulação a velocidades muito baixas. Esses casos são mais comuns em estradas de duas vias (com uma via em cada sentido).

As alterações de velocidade e conseqüentemente do tempo de viagem adicional podem ser facilmente incorporadas na formulação do modelo proposto pela consideração de velocidades de circulação mais baixas e do comprimento da secção onde decorrem os trabalhos.

Quando os desvios de tráfego são necessários, as mudanças nos custos de operação e do tempo de viagem podem ser considerados da mesma forma como descrito nos parágrafos anteriores.

A formulação existente para o modelo português referente a zonas de trabalho tem em conta o estudo da variabilidade realizado em parâmetros do modelo português sem ter em conta, os períodos de intervenções de manutenção da rede rodoviária (zonas de trabalho) e os diferentes estados da condição dos pavimentos. O modelo existente para o custo dos utentes da estrada é completado com as seguintes equações:

$$CUE_{total} = CUE \times L + CUE_{M\&R} \times Y + CUE_{PSI} \times L_{PSI} \quad \text{(Equação 4.1)}$$

$$CUE_{total} = dCf + dCTP \quad \text{(Equação 4.2)}$$

$$dCf = TMDA \times \sum_{i=1}^4 (0,2 \times Cf_i \times p_i) \quad \text{para} \quad S_{M\&R} \leq \frac{1}{3} \times S_i \text{ e ER, EN} \quad \text{(Equação 4.3)}$$

$$dCTP = TMDA \times \sum_{i=1}^4 (CTP_{M\&R_i} \times p_i) - CTP \quad \text{(Equação 4.4)}$$

$$CTP_{M\&R_i} = 1/S_{M\&R_i} \times \sum_{m=1}^2 (CT_m \times TO_{i,m}) \quad \text{(Equação 4.5)}$$

Em que:

dCF é o aumento do consumo de combustível devido a acções de M&R [€/km/dia];

dCTP é o aumento do custo do tempo de percurso devido a acções de M&R [€/km/dia];

L é o comprimento da secção em análise [km];

L_{PSI} é o comprimento da secção em análise com determinado valor de PSI [km];

PSI é o índice de qualidade do pavimento (Present serviceability index) [0-5];

$CUE_{M\&R}$ são os custos para os utentes da estrada de secções em M&R [€/km/dia];

CUE_{PSI} é o aumento ou diminuição do CUE devido ao PSI [€/km/dia];

CUE_{total} são os custos totais para os utentes da estrada [€/km/dia];

$S_{M\&R}$ é a velocidade média de circulação dos veículos da classe i nas secções em M&R [km/h];

$CTP_{M\&Ri}$ é o custo do tempo de percurso nas secções em M&R para um veículo da classe i [€/km/veículo];

Y é o comprimento das secções em M&R [km];

M&R é a Manutenção e Reabilitação.

Os valores de entrada do modelo (desenvolvido para o cenário da rede rodoviária principal portuguesa) foram aplicados a duas redes de auto-estradas concessionadas (SCUTVIAS e AENOR) com bons resultados, tendo-se verificado um custo adicional dos CUE de cerca de 12 % nos dois casos.

O modelo também foi testado na manutenção/reabilitação num cenário de condição de pavimento numa secção com um quilómetro, com uma redução de velocidade para 2/3 da velocidade normal (a 80 km/h), PSI igual a 2 e sem desvios. Este cenário tem em conta o quadro jurídico português, descrito acima para a rede rodoviária principal com zonas de trabalho a decorrerem todos os dias. Devido aos consumos de combustível associados a altas velocidades (como as praticadas nas estradas multivias) serem altos, a ocorrência de baixas velocidades permitidas por lei nas zonas de trabalho não aumenta o consumo de combustível. Este facto não foi tido em consideração na análise. Os custos totais dos utentes da estrada obtidos consideram apenas os custos de tempo adicional para as zonas de trabalho e outros custos de componentes não combustíveis para a condição do pavimento. Resulta, assim, um aumento de 12% quando comparado com os valores médios dos custos dos utentes da estrada (cerca de 3% do custo adicional é devido à condição do pavimento e 9% para as zonas de trabalho). Este resultado demonstra a importância de ter em conta as zonas de trabalho para os cálculos dos custos dos utentes da estrada. Para a condição do pavimento, resultados semelhantes foram encontrados, porém, com menos influência em relação aos custos adicionais na zona de trabalho.

Para aplicação do modelo, alguns dados específicos das redes rodoviárias a analisar são necessários. Estes dados são: o tráfego médio diário (TMDA), a distribuição do tráfego por classe de veículo, o número de acidentes com feridos ligeiros, graves e vítimas mortais; o número de vítimas de cada tipo e o custo de portagem.

3.4 - Enquadramento da legislação nacional referente a zonas de trabalho

Neste momento, em Portugal, existem duas leis que regulamentam o funcionamento das zonas de trabalho em estradas multivias. A primeira surgiu a 18 de Julho de 2007 [13], tratando-se da lei nº24/2007, a segunda surgiu a 9 de Junho de 2008 [12], modificando alguns artigos da anterior.

A Lei n.º 24/2007, de 18 de Julho, veio definir os direitos dos utentes perante situações de obras nas vias rodoviárias que integram o Plano Rodoviário Nacional, quer sejam auto-estradas concessionadas, itinerários principais e itinerários complementares dotados de perfil transversal com faixas separadas e, no mínimo, com duas vias em cada sentido [13].

O âmbito da intervenção do legislador, na conformação dos mencionados direitos dos utentes e obrigações para a entidade que detém a exploração das estradas, desenvolve-se basicamente a cinco níveis essenciais [13]:

- Obrigação de submissão do projecto das condições de execução das obras, quando estas se prolonguem por mais de 72 horas;
- Reforço das obrigações de vigilância e fiscalização das obras, com vista a garantir adequados parâmetros de sinalização e segurança;
- Reforço das obrigações de informação aos utentes;
- Fixação de condições mínimas de circulação nos troços em obras;
- Obrigação de restituição ao utente da taxa de portagem referente ao troço ou sublanço em obras, sob determinadas condições.

A lei nº12/2008 efectuou algumas alterações à lei nº25/2007 no que se refere às condições mínimas de circulação nos troços em obras. Na lei de 2007 apenas o artigo 8º citava esta problemática, enquanto na nova lei de 2008 existe um capítulo dedicado a este assunto, o capítulo V, incluindo os artigos 9º, 10º e 11º [12].

O artigo 9º da lei nº12/2008, que se refere às regras gerais das condições mínimas de circulação nos troços em obras, inclui os seguintes pontos [AS]:

1 - Sem prejuízo das condições especiais fixadas nos artigos 10.º e 11.º, durante a execução de obras devem ser asseguradas as seguintes condições mínimas de circulação:

a) Em cada lanço, existência de um único troço em obras em cada sentido, não podendo exceder os 10 km;

- b) Existência de duas vias de circulação em cada sentido;
- c) A largura das faixas de rodagem no troço em obras, incluindo a eventual berma ou faixa de segurança por onde se circule, não pode ser inferior a dois terços da largura inicial;
- d) Para extensões superiores a 5 km deve ser obrigatoriamente garantida a existência de bermas;
- e) O limite máximo de velocidade no troço em obras não pode ser inferior a dois terços do fixado para o troço em funcionamento normal;
- f) Existência de abrigos de segurança em cada 2 km.

2 - Nas obras com constrangimentos laterais superiores a 2 km, as concessionárias devem prever procedimentos de intervenção rápida que permitam reduzir ao mínimo os períodos de obstrução das vias e garantir a segurança e comodidade de circulação dos utentes.

3 - Nos casos de intervenções cujo período de tempo para a sua execução exceda as 72 horas, os procedimentos previstos no número anterior devem constar do projecto relativo às condições de execução das obras, nos termos referidos no n.º 2 do artigo 3.º da mesma lei.

4 - Em zonas urbanas ou suburbanas deve ser privilegiada a realização dos trabalhos durante o período nocturno.

O artigo 10º, referente a obras nocturnas, indica [12]:

1 - Em caso de trabalhos inerentes a demolição, construção ou manutenção de obras de arte e pavimentação, que se efectuem exclusivamente no período compreendido entre as 21 e as 7 horas, é admitida a existência de apenas uma via de circulação em cada sentido, a qual, incluindo eventual faixa de segurança por onde se circule, deve ter o mínimo de um terço da largura das vias iniciais nesse sentido, incluindo a eventual berma ou faixa de segurança.

2 - Para efeitos do disposto no número anterior, o limite máximo de velocidade no troço em obras não pode ser inferior a um terço do estabelecido em circunstâncias normais.

3 - A extensão dos constrangimentos ao longo do troço em obras não pode exceder 3,5 km.

4 - As obras previstas no presente artigo devem respeitar, com as adaptações que se mostrem necessárias, as exigências de projecto, vigilância, fiscalização, sinalização, segurança e informação aos utentes fixadas no decreto regulamentar.

De acordo com o artigo 11º referente a obras urgentes ou em situações de emergência [12]:

1 - As obras urgentes, decorrentes de factos imprevisíveis e com duração inferior a 72 horas, não são abrangidas pelas condições mínimas de circulação nos troços em obras previstas no presente decreto regulamentar.

2 - A concessionária deve comunicar de imediato ao concedente a ocorrência do evento e demonstrar a urgência ou emergência das obras a realizar, mediante memória sumária justificativa e descritiva das acções a levar a efeito.

3 - A comunicação a que se refere o número anterior deve ser transmitida de forma automática, recorrendo à utilização de meios informáticos e georeferenciados.

4 - A demonstração exigida pelo n.º 2 do presente artigo é efectuada antes do início dos trabalhos.

5 - Em casos de impossibilidade objectiva, devidamente justificada, pode a demonstração da urgência ou emergência ser efectuada até 24 horas após o início das próprias obras, não estando todavia o concedente vinculado a aceitar a urgência ou emergência invocadas.

6 - Mesmo nos casos de urgência previstos no presente artigo, a ocupação da mesma faixa de rodagem pelos dois sentidos do trânsito não pode efectuar-se por períodos superiores a 48 horas e em distâncias superiores a 3,5 km, dentro do mesmo sublanço, sendo obrigatória a colocação de um separador amovível entre as vias de circulação.

7 - O separador a que alude o número anterior consiste em perfis móveis ou cones de plástico, consoante o que se mostrar mais adequado.

8 - As obras previstas no presente artigo devem respeitar, com as adaptações que se mostrem necessárias, as exigências de vigilância, fiscalização, sinalização, segurança e informação aos utentes fixadas no presente decreto regulamentar.

De acordo com o artigo 12º referente ao incumprimento [12]:

1 – A inobservância do disposto no presente decreto regulamentar e na Lei n.º 24/2007, de 18 de Junho, determina o incumprimento da concessionária com todas as consequências legais daí resultantes.

2 – Para efeitos do disposto no presente capítulo, o incumprimento da concessionária está sujeito a uma declaração de incumprimento emitida pelo concedente e notificada àquela nos termos dos números 2 e 7 do artigo 5.º do presente decreto regulamentar.

3 – A declaração de incumprimento e a aplicação da respectiva sanção ficam sujeitas a audiência prévia nos termos do Código do Procedimento Administrativo.

4 – A declaração de incumprimento, uma vez notificada à concessionária, produz os seus efeitos a partir da data da ocorrência da efectiva violação das disposições do presente decreto regulamentar.

5 – Cabe ao concedente declarar o termo do incumprimento quando este se verifique.

De acordo com o artigo 13º relativo ao âmbito de aplicação do incumprimento nos contratos de concessão celebrados [12]:

O regime previsto na presente secção aplica -se a todos os contratos de concessão cujo início do respectivo procedimento de formação ou cuja renovação ocorra previamente à entrada em vigor do presente decreto regulamentar, nos termos do artigo 9.º da Lei n.º 24/2007, de 18 de Julho.

De acordo com o artigo 14º relativo às consequências do incumprimento [12]:

1 – Nos contratos celebrados em regime de portagem real, a declaração de incumprimento da concessionária obriga à restituição aos utentes da taxa de portagem referente ao troço ou sublanço em obras.

2 – A taxa de portagem a restituir corresponde à do concreto sublanço onde se desenvolvam as obras, sendo dispensados do pagamento de portagem os utentes que circulem apenas nesse sublanço, e abatido ao valor da portagem a pagar pelos demais o valor proporcionalmente respeitante ao sublanço onde se localizem os trabalhos.

De acordo com o artigo 15º relativo às relações entre concedente e concessionária [12]:

1 – Tendo sido declarado o incumprimento da concessionária, nos termos do artigo 12.º do presente decreto regulamentar, o concedente, nos termos dos respectivos contratos de concessão, aplica àquela uma multa contratual.

2 – Os montantes a restituir nos termos do artigo anterior devem ser deduzidos ao montante da multa contratual aplicada à concessionária, devendo o diferencial, caso exista, ser entregue ao concedente.

De acordo com o artigo 16º relativo às relações com os utentes [12]:

1 – A declaração de incumprimento da concessionária deve ser publicitada, a expensas desta, nos termos dos artigos 7.º e 8.º, imediatamente após a mesma ter sido notificada da decisão, devendo ser referida a data que a mesma se reporta.

2 – A concessionária pode publicitar a declaração do termo do incumprimento, caso esta ocorra antes de terminadas as obras, através dos meios que entenda por adequados.

3 – O direito à restituição das taxas de portagem caduca se o pagamento não for reclamado pelo utente no prazo de 60 dias a contar da passagem no sublanço em causa ou das publicações previstas no n.º 1, quando estas forem posteriores.

4 – Para os efeitos do número anterior, o utente deve apresentar comprovativo do dia, hora e locais da estrada em circulou, nomeadamente através da apresentação do talão de pagamento.

5 – Para os feitos do n.º 3 e do número anterior, deve ser facultada ao utente a possibilidade de reclamação das taxas de portagem e envio do respectivo comprovativo através de meios electrónicos, devendo permitir -se, ainda, o pagamento através de transferência bancária para a conta do utente.

6 – No caso de utilização de meios electrónicos de cobrança de portagem, o valor a restituir deve ser creditado automaticamente na conta do utente associada.

7 – As taxas de portagem indevidamente cobradas devem ser restituídas ao utente pela concessionária no prazo de 30 dias contados da data da recepção do pedido de restituição do utente ou da data da notificação da decisão da multa contratual aplicada, consoante o que ocorrer posteriormente.

8 – No prazo máximo de 30 dias a contar da publicação do presente decreto regulamentar o membro do governo responsável pela área das obras públicas deve estabelecer, através de portaria, o formulário tipo de pedido de restituição, que deve ser utilizado por todas as concessionárias, o qual contém a necessária informação quanto ao modo de tramitação dos pedidos de restituição.

9 – As concessionárias obrigam -se a informar os utentes dos locais onde se encontra disponível o respectivo formulário, bem como do modo de tramitação dos pedidos de restituição, designadamente nas praças de portagem, em linhas telefónicas de apoio e informação e na Internet.

De acordo com o artigo 17º relativo às disposições comuns do incumprimento nos contratos de concessão a celebrar [12]:

1 – O regime previsto na presente secção aplica -se aos contratos de concessão cujo início do respectivo procedimento pré -contratual ou renovação ocorra posteriormente à entrada em vigor do presente decreto regulamentar.

2 – Aos contratos de concessão referidos no número anterior aplica -se, no que não se encontra previsto nos artigos seguintes e com as necessárias adaptações, o disposto nos artigos 14.º a 16.º

De acordo com o artigo 18º relativo às consequências do incumprimento [12]:

1 – Nos contratos de concessão, referidos no artigo anterior, em que os valores cobrados a título de taxas de portagem constituem receita do concedente, a concessionária deve entregar ao concedente o valor integral das portagens que restituiu ou deixou de cobrar por força do seu incumprimento.

2 – Nos contratos de concessão, referidos no artigo anterior, em que os valores cobrados a título de taxas de portagem constituem receita da concessionária, esta deve entregar ao concedente prova da restituição das referidas taxas efectuadas ao utente, decorrentes do seu incumprimento.

3 – Em futuros contratos de concessão sem cobrança de portagem aos utentes, o incumprimento a que se refere o artigo 13.º dá lugar, independentemente da existência de pedidos de restituição por parte dos utentes, e nos termos que venham a ser previstos nos respectivos contratos de concessão, ao desconto, nos valores dos pagamentos a efectuar pelo concedente à concessionária, de um montante correspondente ao pagamento pela disponibilidade ou à remuneração pelo tráfego, que seja devido à concessionária relativamente ao sublanço em causa durante o período em que persistir o incumprimento.

De acordo com o artigo 19º relativo às relações entre concedente e concessionária [12]:

1 – Para efeitos da restituição e não cobrança previstas no artigo anterior para os contratos celebrados em regime de portagem real, o concedente notifica a concessionária do incumprimento nos termos dos números 2 e 7 do artigo 5.º do presente decreto regulamentar e intima simultaneamente à não cobrança de portagens, assim como declara o termo do incumprimento quando este se verifique.

2 – A notificação do incumprimento e a intimação para não cobrança de portagens previstas no número anterior ficam sujeitas a audiência prévia nos termos do Código do Procedimento Administrativo, mas a declaração de incumprimento produz os seus efeitos a partir da data em que tenha efectivamente existido violação das disposições do presente decreto regulamentar.

3 – Para efeitos do incremento nos pagamentos da concessionária ao concedente e do desconto nos pagamentos do concedente à concessionária, previstos, respectivamente, nos números 1 e 2 do artigo anterior, o concedente notifica a concessionária da situação de incumprimento e do respectivo termo, nos termos que venham a ficar previstos nos respectivos contratos de concessão, submetendo tal incremento ou desconto a audiência prévia.

De acordo com o artigo 20º relativo às relações com os utentes [12]:

1 – Entre a notificação da declaração de incumprimento e o respectivo termo, a concessionária não pode cobrar o valor de portagem correspondente ao sublanço onde se desenvolvam as obras.

2 – A não cobrança de portagens corresponde à isenção automática do pagamento de portagem aos utentes que circulem exclusivamente no sublanço onde se localizem os trabalhos e à dedução ao montante da portagem a pagar pelos demais do valor proporcionalmente respeitante ao sublanço onde se realizam os trabalhos.

3 – Sem prejuízo do disposto nos números anteriores, com a declaração de incumprimento, o concedente notifica a concessionária para de imediato proceder às publicações previstas no n.º 1 do artigo 16.º, a fim de haver lugar à restituição das taxas de portagem que até aí tenham sido indevidamente cobradas.

4 – O direito à restituição das taxas de portagem indevidamente cobradas antes da declaração de incumprimento caduca se não for exercido no prazo referido no n.º 3 do artigo 16.º

5 – Os contratos de concessão devem conter um anexo com o formulário tipo de pedido de restituição, devendo prever -se a obrigação da concessionária informar os utentes dos locais onde o mesmo se encontra disponível bem como do modo de tramitação dos pedidos de restituição, designadamente nas praças de portagem, em linhas telefónicas de apoio e informação e na Internet.

A legislação nacional referente a zonas de trabalho impõe como se observa neste ponto, que a velocidade de circulação nos troços em obras para estradas do tipo multivias nunca pode ser inferior a dois terços da velocidade normal praticada neste tipo de itinerário, a não ser no caso de obras nocturnas que decorrem no período compreendido entre as 21 e as 7 horas, onde a velocidade mínima praticada neste tipo de troços pode ser um terço da velocidade normal de circulação. É de salientar também que em obras nocturnas, a extensão dos constrangimentos ao longo do troço em obras não pode exceder 3,5 km.

Nos contratos de concessão celebrados, os utentes da estrada têm direito à restituição da taxa de portagem referente ao troço ou sublanço em obras nas seguintes situações:

- Incumprimento da concessionária nos contratos celebrados em regime de portagem real;
- Os utentes que circulem apenas nesse sublanço, e abatido ao valor da portagem a pagar pelos demais o valor proporcionalmente respeitante ao sublanço onde se localizem os trabalhos;
- Reclamação do pagamento pelo utente no prazo de 60 dias (mediante apresentação de comprovativo do dia, hora e locais da estrada em que o utente circulou, nomeadamente

através da apresentação do talão de pagamento) a contar da passagem no sublanço em causa ou imediatamente após a concessionária ser notificada da declaração de incumprimento da concessionária.

Caso a cobrança de portagem seja feita através de meios electrónicos, o valor a restituir deve ser creditado automaticamente na conta do utente associada.

As concessionárias devem restituir aos utentes as taxas de portagem indevidamente cobradas no prazo de 30 dias contados da data da recepção do pedido de restituição do utente ou da data da notificação da multa contratual aplicada, consoante o que ocorrer posteriormente.

No caso de contratos de concessão cujo início do respectivo procedimento pré-contratual ou renovação ocorra posteriormente à entrada em vigor do decreto-lei nº 12/2008:

- Aplica-se o que foi referido anteriormente no caso de contratos de concessão celebrados com as necessárias adaptações, caso não esteja definido nos seguintes itens;

Nesta situação, os utentes não têm que pagar taxas de portagens nas seguintes situações:

- Entre a notificação da declaração de incumprimento e o respectivo termo;
- A não cobrança de portagens corresponde à isenção automática do pagamento de portagem aos utentes que circulem exclusivamente no sublanço onde se localizem os trabalhos e à dedução ao montante da portagem a pagar pelos demais do valor proporcionalmente respeitante ao sublanço onde se realizam os trabalhos.
- Com a declaração de incumprimento, o concedente notifica a concessionária a fim de haver lugar à restituição das taxas de portagem que até aí tenham sido indevidamente cobradas.
- Antes da declaração de incumprimento caduca se não for exercido no prazo de 60 dias a contar da passagem no sublanço em causa ou imediatamente após a concessionária ser notificada da declaração de incumprimento da concessionária.

3.5 - Efeitos dos troços em obras nos CUE

A análise das zonas de trabalho pode ser considerada como um dilema que envolve três entidades diferentes: as concessionárias rodoviárias, os utentes da estrada e as empresas contratadas para efectuar os trabalhos [29]. Cada uma delas tem diferentes objectivos e prioridades de acordo com o seu papel. As concessionárias tentam minimizar os custos de construção e ao mesmo tempo o atraso para os utentes, aumentando assim a segurança para os condutores e os trabalhadores da construção civil. O objectivo dos utentes da estrada é

conduzirem em estradas com qualidade e chegar ao destino sem atrasos. Há soluções que resultam em atrasos nulos nas zonas de trabalho, como é o caso da construção de uma estrada alternativa. Contudo, com isto, os custos aumentam. Qualquer decisão, por parte das concessionárias ou das empresas contratadas, de aumentar a capacidade das restantes vias na zona de trabalho resulta em custos adicionais. Por outro lado, se não forem tomadas decisões para aumentar a capacidade na zona de trabalho, aumentam os custos para os utentes. A duração de uma zona de trabalho (o intervalo total de tempo em que há inoperacionalidade total ou em que há restrições de tráfego) pode ir desde fechos diários esporádicos das vias para manutenção até vários meses.

Deve ser feito um estudo cuidadoso do projecto na fase de planeamento e ser estimada a duração do projecto. As especificações do projecto dos trabalhos devem deixar bem claras as responsabilidades das empresas contratadas. Dependendo das características da zona de trabalhos, não só as empresas contratadas mas também os organismos públicos devem otimizar os seus benefícios. Por exemplo, se uma vida é salva como resultado de um bom planeamento durante os trabalhos numa zona de construção, beneficiam não só as empresas contratadas mas também os organismos públicos. O dilema é que o organismo público e a empresa contratada pretendem maximizar os lucros (ou minimizar os custos). Os problemas nas demoras dos utentes e riscos adicionais de acidentes devidos à construção (e, portanto, custos sociais) dependem das decisões acordadas entre o organismo público e a empresa contratada. Ambas as partes incorrem em benefícios e perdas. Portanto é muito importante para ambas reconhecerem o dilema referido e coordenarem os seus esforços na zona de trabalho para conseguirem resultados óptimos.

A realização de trabalhos de construção ou manutenção de estradas originam atrasos, custos de operação do veículo e emissões adicionais. Estes efeitos no utente da estrada podem ser significativos para volumes de tráfego elevados, logo podem ter impacto no tipo de tratamento a seleccionar. Os tratamentos que minimizam as interrupções no progresso dos utentes da estrada podem ser preferidos mesmo que tenham um custo superior.

Os efeitos das zonas de trabalhos abrangem não só a porção da estrada em que estão a ser realizados, mas também as zonas de aproximação e afastamento destes locais.

O Quadro 3.7 apresenta os principais efeitos dos troços em obras nos CUE, considerados nos modelos estudados.

Quadro 3.7 - Efeitos dos troços em obras nos CUE, considerados nos modelos estudados

| Modelo | Efeito nos COV | Efeito nos CTP | Efeitos nos CA | Efeito nos CPortagem |
|---------------------|---|---|---|--|
| NJDOT | - Custo adicional de combustível - ralenti nas filas | - Atraso nas zonas de trabalhos - Atraso devido à formação de filas - Atraso nos desvios | - | - |
| COBA-QUADRO | - Diferenças nos COV | - Atrasos nos trabalhos de manutenção | - Fornece estimativas do aumento da taxa de sinistralidade, para determinação de custos unitários | - |
| HDM-4 | - Consumo de combustível adicional associado aos ciclos de variação de velocidade | - Atraso devido à formação de filas - Atraso devido a percorrer a zona de trabalho a uma velocidade reduzida | - | - |
| CUEPT | - Variação do consumo de combustível | - Atraso devido à redução da velocidade de funcionamento normal | - | - |
| Legislação Nacional | - Comprimento dos troços em obra não pode exceder os 10 km em período diurno - Extensão dos constrangimentos ao longo do troço em obras não pode exceder os 3,5 km em período nocturno - Velocidade maior ou igual que 2/3 da velocidade normal de circulação (dia) - Velocidade maior ou igual que 1/3 da velocidade normal de circulação (noite) | | - | - Normalmente considerado, excepto se a concessionária estiver em incumprimento nos contratos. |

Através da análise do Quadro 3.7, constata-se que os efeitos nos COV e nos CTP são os mais significativos nos modelos de referência. Por sua vez, o Modelo Português também considera estes dois efeitos, pelo que se salienta que foram considerados os efeitos mais adequados.

No Quadro 3.7 foi considerada a legislação nacional, embora não seja um modelo, uma vez que limita o efeito nos CTP e COV e enquadra a situação do pagamento de portagens.

É de salientar que o modelo COBA - QUADRO é o único que tem em consideração os efeitos nos custos dos acidentes.

3.6 - Conclusões

Foi definido um modelo novo e simplificado que permite determinar os custos dos utentes da estrada, para a rede viária Portuguesa. Este modelo pode ser utilizado como uma ferramenta simples nos sistemas de gestão rodoviária, já que actualmente, nenhum modelo dos custos dos utentes da estrada está a ser utilizado pela Administração das Estradas Portuguesas.

Quanto aos efeitos normalmente considerados pelos modelos internacionais estudados, os efeitos nos COV e nos CTP são os mais significativos. Quanto ao modelo Português, propõe-se a consideração dos efeitos dos COV e dos CTP. Sendo assim, pode concluir-se que foram adequadamente considerados os efeitos analisados.

Quanto ao Modelo Português, poderia introduzir-se a modelação de situações de fila nos troços em obras, visto que esta situação pode ocorrer em estradas com uma faixa de rodagem. Poderia também incluir-se o agravamento do custo dos acidentes em troços em obras, uma vez que os utentes das estradas têm mais probabilidade de ter sinistros nesses mesmos troços do que circulando numa estrada sem este tipo de ocorrências.

A Legislação Nacional considera geralmente os efeitos nos custos de portagem, excepto nas situações em que a concessionária se encontra em incumprimento nos contratos. Quanto aos efeitos nos COV e CTP, para períodos diurnos o comprimento dos troços em obras não pode exceder os 10 km e a velocidade é maior ou igual que $\frac{2}{3}$ da velocidade normal de circulação; para períodos nocturnos a extensão dos constrangimentos ao longo do troço em obras não pode exceder os 3,5 km em período nocturno e a velocidade é maior ou igual que $\frac{1}{3}$ da velocidade normal de circulação.

Capítulo 4 - Avaliação dos custos adicionais para os utentes devido à existência de troços em obras

4.1 - Introdução

Neste capítulo irão ser abordadas as considerações adoptadas para o tratamento dos troços em obras, tais como o comprimento das secções nas zonas de trabalho, as considerações sobre o consumo de combustível adicional, a modelação das situações de fila nas zonas de trabalho, o enquadramento da legislação em vigor, a proposta para a consideração das zonas de trabalho, análise da variação do custo do utente da estrada para diversos cenários de zonas de trabalho e o caso de estudo aplicado à concessão Scutvias (A23).

Tendo em conta as considerações apresentadas nas conclusões do capítulo 3, que têm por base a análise de metodologias existentes para a determinação dos custos das parcelas consideradas nos CUE, é proposta neste capítulo uma metodologia para a determinação dos custos suportados pelos utentes nos troços em obras.

4.2 - Considerações adoptadas para o tratamento dos troços em obras

4.2.1 - Enquadramento da legislação em vigor relativamente ao comprimento e velocidades praticadas nas secções em zonas de trabalho

Segundo a legislação nacional, quanto ao comprimento das secções nas zonas de trabalho é definido em períodos diurnos, para cada lanço a existência de um único troço em obras em cada sentido, com um comprimento não superior a 10 km e define também o limite mínimo de velocidade no troço em obras, não podendo este ser inferior a dois terços do fixado para o troço em funcionamento normal. Para períodos nocturnos, é exigido um comprimento máximo do troço em obras de 3,5 km, não podendo a velocidade praticada nestas situações ser inferior a 1/3 da velocidade de circulação normal.

Através da sinalização temporária existente nos locais em obras, pode ter-se uma noção das velocidades impostas pelas leis que regem as velocidades mínimas de circulação em zonas deste tipo. Em seguida, são apresentadas duas ilustrações representativas de como se deve colocar a sinalização temporária em troços em obras.

Através da análise da Figura 4.1, pode ter-se uma noção dos abrandamentos necessários que o utente da estrada tem de efectuar, para circular numa zona em obras numa estrada com uma faixa de rodagem. O condutor é avisado da existência do troço em obras a 400 m antes de chegar ao início do troço em obras. Quando este se encontra a 250 m do troço, tem de efectuar a primeira redução de velocidade para os 70 km/hora. A 150 m do troço, efectuar-se-á a segunda redução de velocidade para os 50 km/hora. Finalmente, quando o condutor se encontra a 50 m do local, torna-se proibido ultrapassar e cruza-se com o homem com a raquete de sinalização ou com o semáforo. Caso a indicação seja verde, o condutor pode prosseguir, tendo em atenção que não pode exceder os 50 km/hora. Passados 150 m do fim do troço em obras, já é permitido ultrapassar. Após 200 m do término do troço em obras, encontra-se uma placa a indicar o fim de obras.

Posteriormente, é apresentado um exemplo de uma zona de trabalho com corte total de uma via numa estrada mas agora com duas faixas de rodagem, uma em cada sentido. Através da análise da Figura 4.2., pode observar-se que a 1300 m do início do troço em obras existe um painel de estrangulamento. Por sua vez, a 1050 m, está colocado um sinal de perigo de trabalhos na estrada e a 800 m encontra-se o sinal de perigos vários. O sinal de passagem estreita situa-se a 550 m. O robot que é um dispositivo complementar está colocado a 400 m. O condutor aos 300 m é obrigado a efectuar a primeira redução de velocidade até aos 100 km/h. A 200 m, encontra-se um painel de estrangulamento. É efectuada a segunda redução de velocidade até aos 80 km/h a 100 m do local, para além de se tornar proibido ultrapassar. Após 100 m, o condutor acaba de entrar na zona de trabalhos. Durante essa zona de trabalhos, é obrigatório de 1000 em 1000 m, a colocação de um sinal de velocidade máxima de 80 km/h e um sinal de proibição de ultrapassagens. Após a saída da zona de trabalho, ao percorrer 100 m já se pode voltar a ultrapassar e ao percorrer 150 m é colocada uma placa com a indicação de fim de trabalhos.

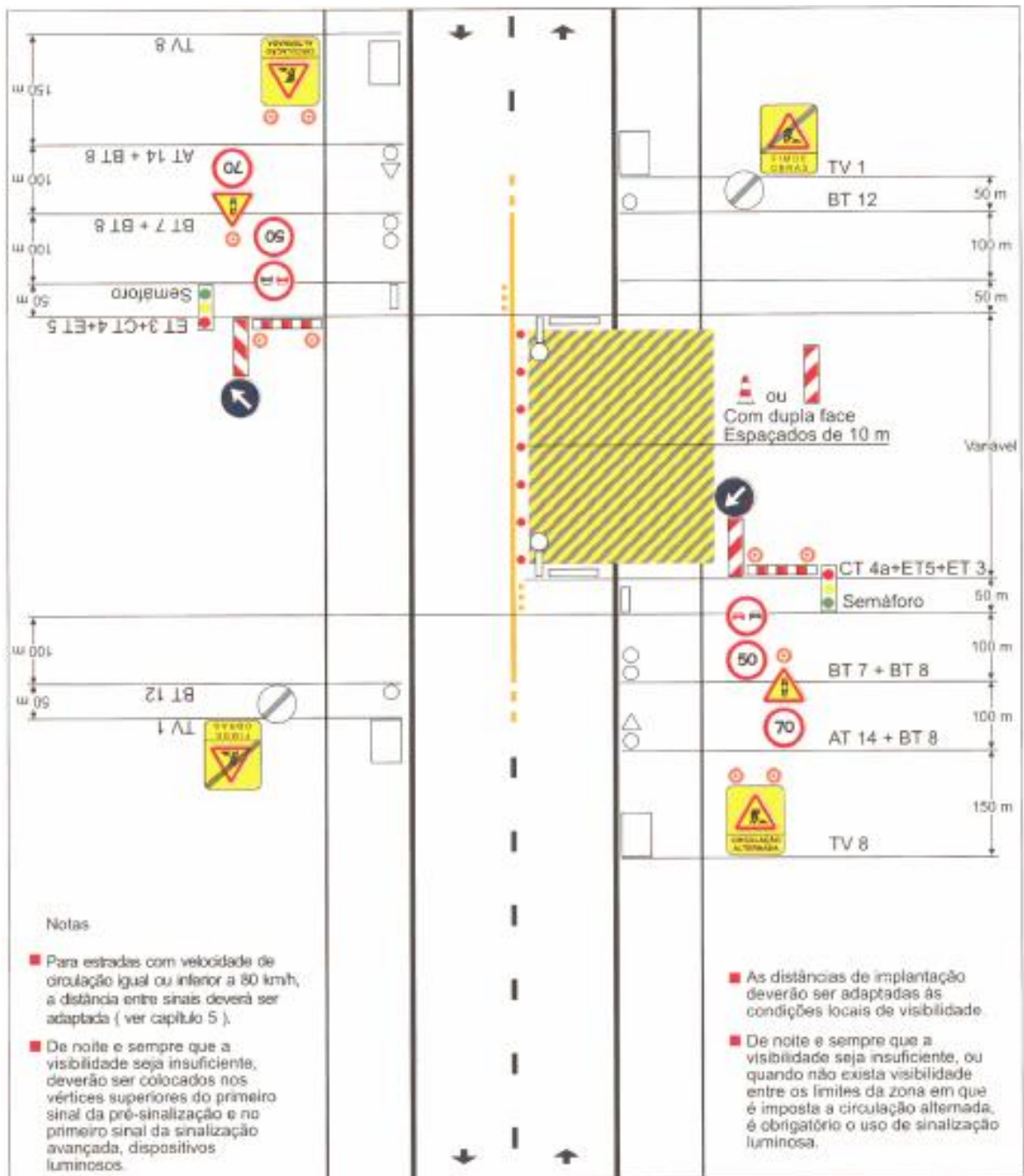


Figura 4.1. - Exemplo de uma zona de trabalhos com corte total de uma via numa estrada com uma faixa de rodagem [14]

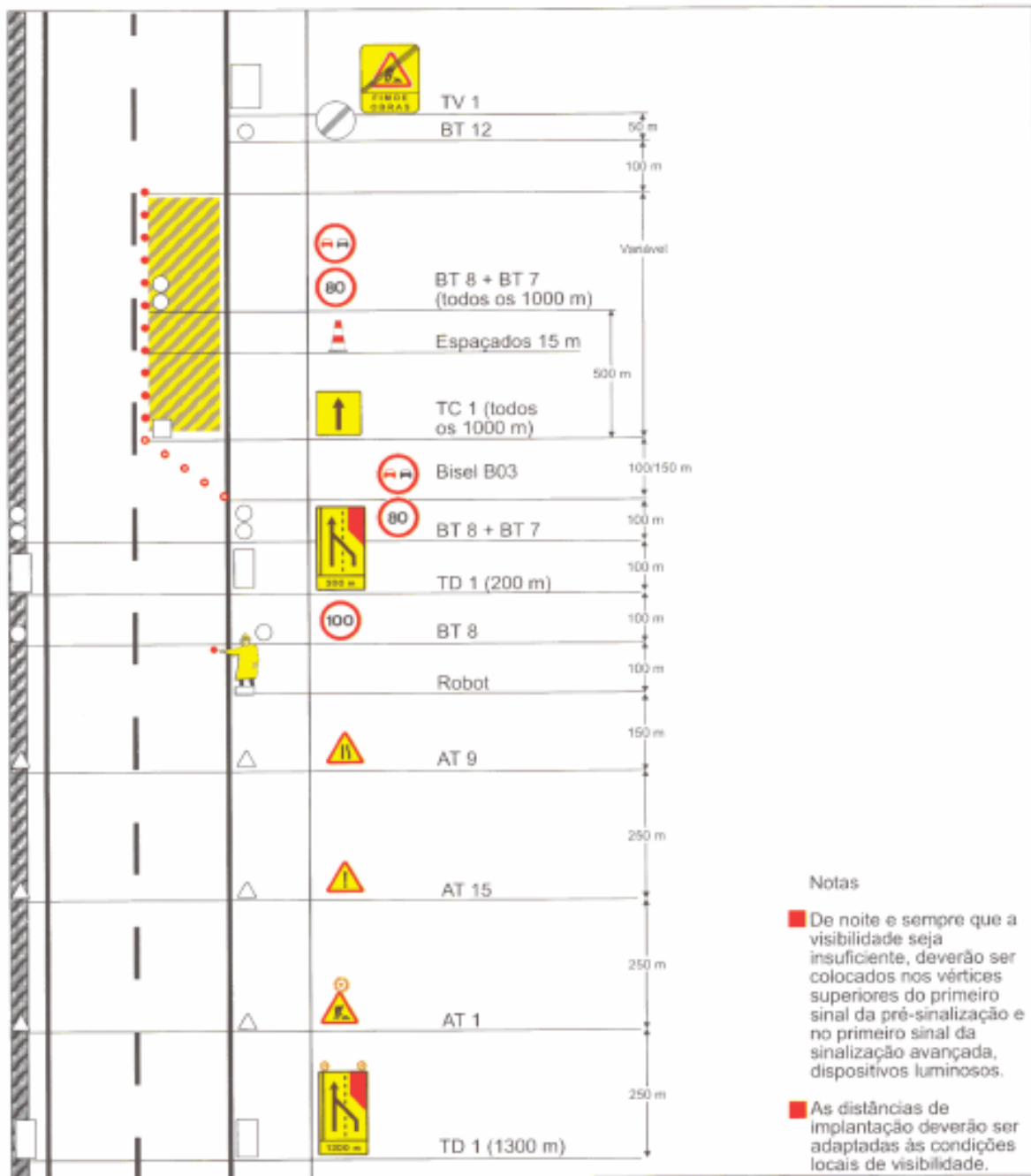


Figura 4.2. - Exemplo de uma zona de trabalhos com corte total de uma via numa estrada com duas faixas de rodagem [32]

4.2.2. Considerações sobre o consumo de combustível adicional

Em seguida, serão apresentadas as opções a ter em conta para a consideração ou não de consumo adicional de combustível.

Através de dados reais, modelos empíricos desenvolvidos a partir da informação que na generalidade relaciona o consumo de combustível com as velocidades de circulação dos veículos e modelos mecanicistas de consumo de combustível, que relacionam esse consumo com as forças contrárias ao movimento e permitem a sua aplicação em condições diferentes, demonstra-se que se verificam consumos de combustível relativamente elevados para velocidades baixas e elevadas e um consumo de combustível mínimo para velocidades da ordem dos 40 a 60 km/h, tal como se pode observar nas figuras 4.3 e 4.4 [44].

Nas figuras 4.3 e 4.4 estão representadas as curvas de variação do consumo de combustível com a velocidade de circulação dos veículos, obtidas através da aplicação do modelo empírico apresentado no HDM - 4 com parâmetros do IRC, do modelo empírico utilizado no COBA do Reino Unido e do modelo mecanicista adoptado no HDM -4 do Banco Mundial.

Através da análise das figuras 4.3 e 4.4, pode concluir-se que para itinerários com velocidades de circulação elevadas (AE's, IP's e IC's com faixas de rodagem unidireccionais), tendo em conta a Lei nº 24/2007 que limita na rede principal de estradas concessionadas, a velocidade máxima para troços em obras (máximo 10 km por lanço) das 7 às 21 horas a velocidades superiores ou iguais a 2/3 da velocidade fixada para o troço em condições de funcionamento normal, existe na realidade uma diminuição do consumo de combustível [44].

As diminuições de velocidade permitidas em casos de obras/intervenções no período nocturno permitem reduções maiores das velocidades, até 1/3 da velocidade de funcionamento normal (Lei nº 24/2007). Nestes casos verifica-se uma probabilidade elevada da ocorrência de paragens frequentes, que se traduzem em aumentos do consumo de combustível associados à circulação a velocidades baixas [44].

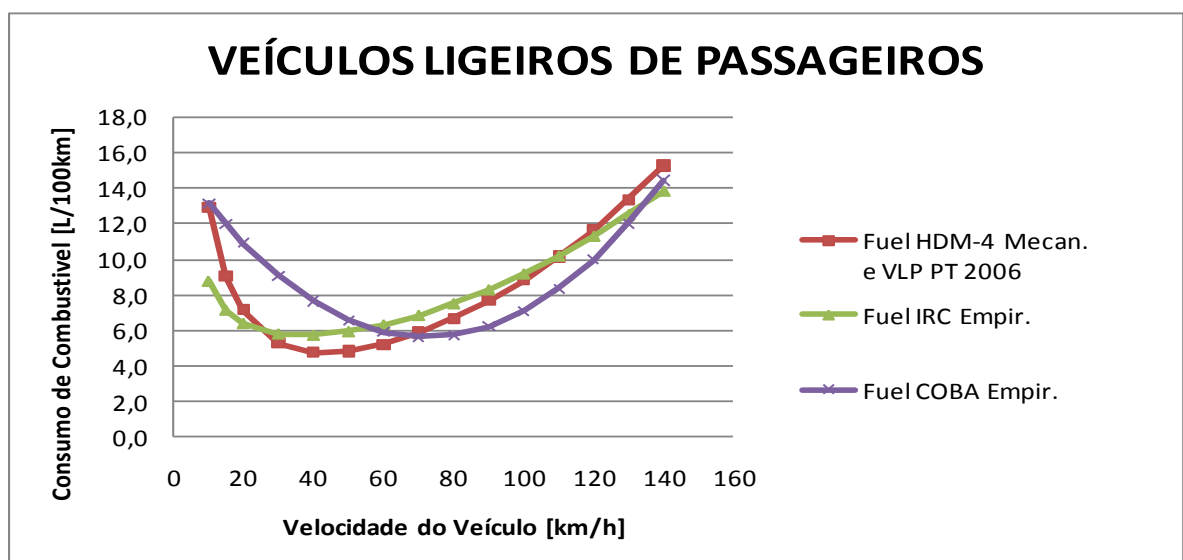


Figura 4.3 - Curvas de combustível versus velocidade para veículos ligeiros de passageiros [44]

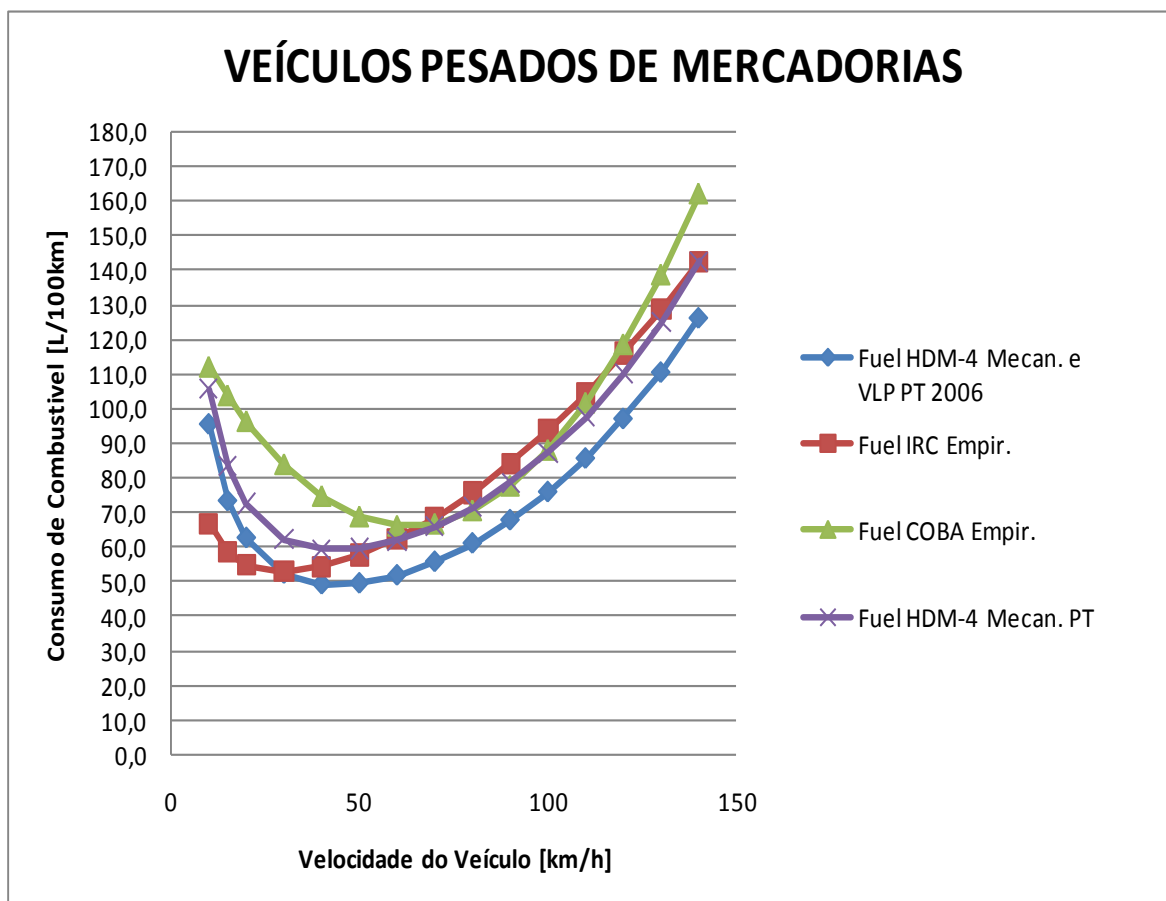


Figura 4.4 - Curvas de combustível versus velocidade para veículos pesados de mercadorias [44]

4.2.3. Modelação das situações de fila nas zonas de trabalho

A existência de zonas de trabalhos em áreas urbanas ou em áreas rurais apresentam diferenças de tratamento significativas. Em geral, nas áreas urbanas existem vários percursos alternativos disponíveis que permitem aos utentes familiarizados com os locais onde se formam as filas e com a extensão que apresentam, adoptar outros percursos assumindo que estes oferecem uma capacidade disponível adequada. Nestas circunstâncias, a única forma de modelar adequadamente os efeitos é através da distribuição da afectação da procura.

Por outro lado, em áreas rurais existem poucos, se mesmo algum, percurso alternativo. Consequentemente, em muitos dos casos o utente tem que aguardar na fila que se forma em determinado local da estrada. As situações de desvio são mais fáceis de tratar, já que podem em geral basear-se num modelo de afectação da procura a uma única alternativa.

A forma como surge e se dissipa uma fila é uma consideração importante na modelação dos efeitos nos utentes da estrada. Como se ilustra na Figura 4.5, o tamanho de uma fila em qualquer instante é uma função das taxas de chegada e partida dos veículos. Dependendo da

situação, as filas podem ser governadas pela capacidade da estrada (como acontece na Figura 4.5), por dispositivos de controlo do tráfego ou por ambos.

Na Figura 4.5, o tamanho da fila em qualquer instante é dado pela diferença entre o topo da linha quebrada (chegadas acumuladas) e a linha diagonal (partidas acumuladas). Por exemplo, em T2 o tamanho da fila será (CUMVEH2 - CUMCAP2). A área entre as duas linhas corresponde ao atraso dos veículos que estão na fila, em veículos/hora.

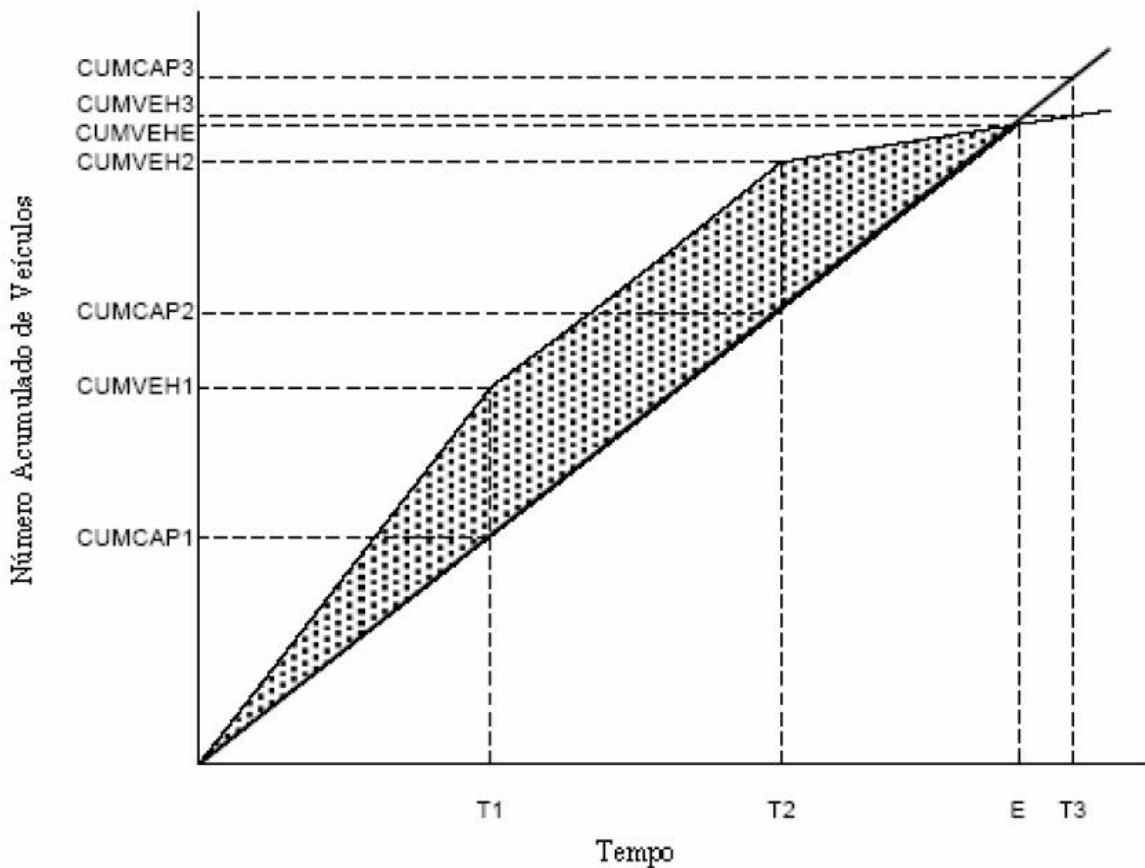


Figura 4.5 - Formação e dissipação de filas [14]

Tal como foi referido anteriormente, na situação em que a velocidade é inferior a 1/3 da velocidade normal de circulação, aumenta o consumo de combustível, ou seja, acontece o mesmo do que numa situação urbana, podendo levar este facto à criação de filas nas zonas de trabalho.

Na situação de ocorrência de filas existe a possibilidade de "pára-arranca" ou a possibilidade da velocidade ser inferior a 1/3 da velocidade normal de circulação. Ao considerar na formulação proposta, para duas vias a possibilidade da velocidade ser inferior a 1/3 da velocidade normal de circulação, considera-se que podem ocorrer períodos de fila (não constante) que implicitamente não estão a ser considerados, não só pela consideração de uma

velocidade de circulação média baixa, mas também pela consideração do consumo de combustível da ordem dos valores definidos para a situação de circulação em meio urbano.

Neste trabalho, não irá ser objecto de estudo a modelação das situações de filas rodoviárias. No entanto, nesse caso há que ter em conta o aumento do custo do tempo de percurso, uma vez que se está perante uma situação de “para arranca”. Devido à problemática desta situação de “para arranca”, além de ocorrer o aumento do CTP, inevitavelmente irá aumentar o custo de operação de veículos, facto que resulta do combustível ser o parâmetro mais relevante nesses custos.

4.3 - Proposta para a consideração das zonas de trabalho

Tendo em conta a relação da variação do consumo de combustível com a velocidade de circulação para os modelos aplicados, a nova formulação de CUE deve incorporar as seguintes considerações:

- Não fazer variar o consumo de combustível para reduções da velocidade de funcionamento normal em AE's, IP's e IC's, desde que não ocorram paragens ou congestionamentos;
- Não fazer variar o consumo de combustível para reduções da velocidade até 1/3 da velocidade de funcionamento normal em ER's, EN's, desde que não ocorram paragens ou congestionamentos;
- Para reduções da velocidade inferiores a 1/3 da velocidade de funcionamento normal agravar em 20% o consumo de combustível, o que corresponde aproximadamente ao consumo de combustível urbano para os VLP, em ER's e EN's, baseado na probabilidade de ocorrência de estrangulamentos no tráfego ou paragens dos veículos [2];
- Aumentar o custo do tempo de percurso para velocidades reduzidas a 2/3 e a 1/3 da velocidade de circulação normal.

Os dados necessários referentes a determinada rede a analisar, para aplicação do modelo são:

- TMDA;
- Repartição do tráfego por classe de veículo da E.P. - Total de acidentes com feridos ligeiros, graves e vítimas mortais;
- Total de feridos ligeiros, graves e vítimas mortais;
- Custo aproximado da taxa de portagem.

De seguida, no Quadro 4.1 são apresentadas as velocidades máximas de circulação em zonas de trabalho, para os diferentes tipos de itinerários consoante o tipo de veículo. Na análise do quadro foi considerada como representativa a velocidade máxima permitida, correspondendo a 2/3 da velocidade normal de funcionamento.

Quadro 4.1 - Velocidades de circulação para diferentes tipos de itinerários consoante o tipo de veículo, em zonas de trabalho

| Tipo de Estrada | | Velocidade de Circulação | | | | Custo do Tempo de Percurso | Consumo de Combustível |
|--------------------------|----|--------------------------|------------|------------|------------|----------------------------|--|
| | | VLP [Km/h] | VCL [Km/h] | VPM [Km/h] | VPP [Km/h] | | |
| Multivias mín. 2x2 | AE | 80 | 80 | 66,7 | 73,3 | Aumenta | Diminui |
| | IP | 80 | 80 | 66,7 | 73,3 | | |
| | IC | 80 | 80 | 66,7 | 73,3 | | |
| Uma Faixa de Rodagem 1x1 | IP | 60 | 60 | 53,3 | 56,7 | Aumenta | Diminui (Caso não exista criação de filas) |
| | IC | 53,3 | 53,3 | 40 | 46,7 | | |
| | EN | 46,7 | 46,7 | 33,3 | 33,3 | | |
| | ER | 46,7 | 46,7 | 33,3 | 33,3 | | |

A informação relevante de entrada no modelo e a sua aplicação para a determinação dos custos dos utentes das estradas são apresentadas nos quadros seguintes (Quadros 4.2 a 4.8).

Quadro 4.2 - Velocidade de circulação, vida útil do veículo, média anual de quilómetros, taxa de ocupação, consumo de combustível, número de pneus e período de vida médio de pneus para as diferentes classes de veículos

| Veículo Representativo | VLP | | | | VCL | | | | VPM | | | | VPP | | | |
|--------------------------------------|---|----|----|-----|--|----|----|-----|--|----|----|-----|---|----|----|-----|
| | EN/E R | IC | IP | AE | EN/E R | IC | IP | AE | EN/E R | IC | IP | AE | EN/E R | IC | IP | AE |
| Velocidade de Circulação [km/h] | 70 | 80 | 90 | 120 | 70 | 80 | 90 | 120 | 50 | 60 | 80 | 100 | 50 | 70 | 80 | 110 |
| Vida Útil do Veículo | 10 anos | | | | 8 anos | | | | 12 anos | | | | 12 anos | | | |
| Média Anual de Quilómetros | 20000 km / ano | | | | 30000 km / ano | | | | 85000 km / ano | | | | 70000 km / ano | | | |
| Taxa de Ocupação [ocupantes/veículo] | 2 (1 condutor em trabalho + 1 passageiro em não trabalho) | | | | 1 (1 condutor em trabalho) | | | | 1 (1 condutor em trabalho) | | | | 24 (1 condutor em trabalho + 23 passageiro em não trabalho) | | | |
| Combustível | Gasolina: 5,9 L / 100 km Diesel: 4,8 L / 100 km | | | | Diesel: 4,5 L / 100 km | | | | Diesel: 44 L / 100 km | | | | Diesel: 36 L / 100 km | | | |
| Pneus | np = 4 pneus / veículo pvp = 40000 km | | | | np = 4 pneus / veículo pvp = 40000 km | | | | np = 12 pneus / veículo pvp = 200000 km | | | | np = 6 pneus / veículo pvp = 75000 km | | | |

Quadro 4.3 - Preços de mercado de 21 de Dezembro de 2010 de combustível, pneus, manutenção preventiva, desvalorização e custo do tempo para as diferentes classes de veículos (2010)

| Veículo Representativo | VLP | VCL | VPM | VPP |
|--|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| Combustível - Preços de mercado (21/12/2010) | Gasolina 95: 1,485 € / L Diesel: 1,270 € / L | Diesel: 1,270 € / L | Diesel: 1,270 € / L | Diesel: 1,270 € / L |
| Pneus - Preços de Mercado | 75 € / pneu | 64,5 € / pneu | 490 € / pneu | 343,5 € / pneu |
| Manutenção Preventiva | 1625 € / 10 anos | 1920 € / 8 anos | 28920 € / 12 anos | 16835 € / 12 anos |
| Desvalorização | 17720 € / 10 anos | 11930 € / 8 anos | 87135 € / 12 anos | 223405 € / 12 anos |
| Custo do Tempo | 6,93 € / hora | | 9,61 € / hora | |
| Custo de Portagens | 0,075 € / km | | 0,185 € / km | 0,13 € / km |

Quadro 4.4 - Preços de mercado de 5 de Junho de 2007 de combustível, pneus, manutenção preventiva, desvalorização e custo do tempo para as diferentes classes de veículos (2006)

| Veículo Representativo | VLP | VCL | VPM | VPP |
|--|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| Combustível - Preços de mercado (05/06/2007) | Gasolina 95: 1,379 € / L Diesel: 1,059 € / L | Diesel: 1,059 € / L | Diesel: 1,059 € / L | Diesel: 1,379 € / L |
| Pneus - Preços de Mercado | 70 € / pneu | 60 € / pneu | 455 € / pneu | 320 € / pneu |
| Manutenção Preventiva | 1515 € / 10 anos | 1788 € / 8 anos | 26940 € / 12 anos | 15683 € / 12 anos |
| Desvalorização | 16510 € / 10 anos | 11114 € / 8 anos | 208119 € / 12 anos | 223405 € / 12 anos |
| Custo do Tempo | 6,00 € / hora | | 9,06 € / hora | |
| Custo de Portagens | 0,07 € / km | | 0,18 € / km | 0,13 € / km |

Os dados de entrada anteriormente apresentados irão ser utilizados de seguida para a análise da variação dos custos do utente da estrada, para diversos cenários de zonas de trabalho e para o caso de estudo (Concessão Scutvias - A23).

4.4 - Análise da variação do custo do utente da estrada para diversos cenários de zonas de trabalho

De seguida são apresentados os custos unitários do utente (€/km) e a sua respectiva variação para os diferentes tipos de estrada que constituem a Rede Rodoviária Nacional: Auto-Estrada (AE), Itinerário Principal (IP), Itinerário Complementar (IC) e Estrada Nacional/Estrada Regional (EN/ER).

Para cada tipo de estrada constituinte da Rede Rodoviária Nacional, foram analisados diversos cenários que podem ocorrer nas zonas de trabalho e comparados com a situação considerada “normal”.

A situação normal é definida como a situação em que não ocorrem trabalhos, ou seja, onde não existem troços em obras, sendo a correspondente ao CUE médio. Os cálculos do CUE médio para os dados do ano de 2010 encontram-se no Anexo A.

No caso das Auto-Estradas os cenários definidos foram:

- Obras a decorrer em período diurno, em que a velocidade é reduzida para 2/3 da velocidade de circulação, sem consideração do consumo adicional de combustível e com pagamento de portagens;
- Obras a decorrer em período diurno, em que a velocidade é reduzida para 2/3 da velocidade de circulação, sem consideração do consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagens;
- Obras a decorrer em período nocturno, em que a velocidade é reduzida para 1/3 da velocidade de circulação, com consideração do consumo adicional de combustível e com pagamento de portagens;
- Obras a decorrer em período nocturno, em que a velocidade é reduzida para 1/3 da velocidade de circulação, com consideração do consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagens;
- Obras a decorrer em período nocturno, em que a velocidade é reduzida para 1/3 da velocidade de circulação, sem consideração do consumo adicional de combustível e com pagamento de portagens;
- Obras a decorrer em período nocturno, em que a velocidade é reduzida para 1/3 da velocidade de circulação, sem consideração do consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagens.

No caso da restante Rede Rodoviária (IP, IC, EN/ER), não existindo legislação específica e no seguimento da legislação existente para a rede de auto-estradas concessionadas, elaborou-se o cálculo dos CUE por cenários que podem ocorrer nas zonas de trabalho:

- Obras a decorrer em período diurno, em que a velocidade é reduzida para 2/3 da velocidade de circulação, sem consideração do consumo adicional de combustível;
- Obras a decorrer em período nocturno, em que a velocidade é reduzida para 1/3 da velocidade de circulação, com consideração do consumo adicional de combustível.

É de salientar que para os casos em que se considera o consumo adicional de combustível, o custo de combustível é agravado em 20 %, como referido anteriormente e como se pode observar no Quadro 4.5. Neste quadro estão calculados os custos de combustível sem e com agravamento, para as diferentes classes de veículos.

Quadro 4.5 - Custo de combustível sem agravamento e com agravamento de 20% para as diferentes classes de veículos

| CLASSE DE VEÍCULOS: VLP | | | | CLASSE DE VEÍCULOS: VCL | | | |
|--|-----------------|-------|---------------|--|-----------------|-------|---------------|
| Repartição do combustível [%/100] | <i>gasolina</i> | Rga | 0,5 | Repartição do combustível [%/100] | <i>gasolina</i> | Rga | 0 |
| | <i>gasóleo</i> | Rgo | 0,5 | | <i>gasóleo</i> | Rgo | 1 |
| Consumo [L/100km] | <i>gasolina</i> | Cga | 5,9 | Consumo [L/100km] | <i>gasolina</i> | Cga | 0 |
| | <i>gasóleo</i> | Cgo | 4,8 | | <i>gasóleo</i> | Cgo | 4,5 |
| cc1 [L/km] | | | 0,054 | cc2 [L/km] | | | 0,045 |
| Custo [€/L] | <i>gasolina</i> | PVPga | 1,485 | Custo [€/L] | <i>gasolina</i> | PVPga | 0 |
| | <i>gasóleo</i> | PVPgo | 1,270 | | <i>gasóleo</i> | PVPgo | 1,270 |
| Cmc1 [€/L] | | | 1,378 | Cmc2 [€/L] | | | 1,270 |
| <u>Cc1 [€/km]</u> | | | <u>0,0737</u> | <u>Cc2 [€/km]</u> | | | <u>0,0572</u> |
| <u>Cc1 [€/km] (com agravamento de 20%)</u> | | | <u>0,0884</u> | <u>Cc2 [€/km] (com agravamento de 20%)</u> | | | <u>0,0686</u> |

| CLASSE DE VEÍCULOS: VPM | | | | CLASSE DE VEÍCULOS: VPP | | | |
|--|-----------------|-------|---------------|--|-----------------|-------|---------------|
| Repartição do combustível [%/100] | <i>gasolina</i> | Rga | 0 | Repartição do combustível [%/100] | <i>gasolina</i> | Rga | 0 |
| | <i>gasóleo</i> | Rgo | 1 | | <i>gasóleo</i> | Rgo | 1 |
| Consumo [L/100km] | <i>gasolina</i> | Cga | 0 | Consumo [L/100km] | <i>gasolina</i> | Cga | 0 |
| | <i>gasóleo</i> | Cgo | 44 | | <i>gasóleo</i> | Cgo | 36 |
| cc3 [L/km] | | | 0,440 | cc4 [L/km] | | | 0,360 |
| Custo [€/L] | <i>gasolina</i> | PVPga | 0 | Custo [€/L] | <i>gasolina</i> | PVPga | 0 |
| | <i>gasóleo</i> | PVPgo | 1,270 | | <i>gasóleo</i> | PVPgo | 1,270 |
| Cmc3 [€/L] | | | 1,270 | Cmc4 [€/L] | | | 1,270 |
| <u>Cc3 [€/km]</u> | | | <u>0,5588</u> | <u>Cc4 [€/km]</u> | | | <u>0,4572</u> |
| <u>Cc3 [€/km] (com agravamento de 20%)</u> | | | <u>0,6706</u> | <u>Cc4 [€/km] (com agravamento de 20%)</u> | | | <u>0,5486</u> |

De seguida, são apresentados nos Quadros 4.6 e 4.7 os custos de operação dos veículos com e sem agravamento respectivamente e as suas componentes para as diversas classes de veículos.

Quadro 4.6 - Custos de Operação dos Veículos e as suas componentes, onde o custo de combustível se encontra sem agravamento, para as diversas classes de veículos

| CLASSE DE VEÍCULO | CUSTO [€/km] | | | | |
|-------------------|--------------|--------|------------|----------------|---------------|
| | Combustível | Pneus | Manutenção | Desvalorização | COV |
| VLP | 0,0737 | 0,0075 | 0,0081 | 0,0886 | <u>0,1779</u> |
| VCL | 0,0572 | 0,0065 | 0,0080 | 0,0497 | <u>0,1213</u> |
| VPM | 0,5588 | 0,0294 | 0,0284 | 0,0854 | <u>0,7020</u> |
| VPP | 0,4572 | 0,0275 | 0,0200 | 0,2660 | <u>0,7707</u> |

Quadro 4.7 - Custos de Operação dos Veículos e as suas componentes, onde o custo de combustível se encontra com um agravamento de 20 %, para as diversas classes de veículos

| CLASSE DE VEÍCULO | CUSTO [€/km] | | | | |
|-------------------|--------------|--------|------------|----------------|---------------|
| | Combustível | Pneus | Manutenção | Desvalorização | COV |
| VLP | 0,0884 | 0,0075 | 0,0081 | 0,0886 | <u>0,1927</u> |
| VCL | 0,0686 | 0,0065 | 0,0080 | 0,0497 | <u>0,1327</u> |
| VPM | 0,6706 | 0,0294 | 0,0284 | 0,0854 | <u>0,8137</u> |
| VPP | 0,5486 | 0,0275 | 0,0200 | 0,2660 | <u>0,8621</u> |

Em seguida, são apresentados os custos do tempo de percurso para a situação com velocidade de circulação normal (Quadro 4.8), para obras em período diurno em que a velocidade é restringida a 2/3 da velocidade de circulação normal (Quadro 4.9) e para obras em período nocturno onde a velocidade é restrita a 1/3 da velocidade de circulação normal (Quadro 4.10).

Quadro 4.8 - Custos do tempo de percurso para uma situação com velocidade de circulação normal

| VEÍCULOS LIGEIOS DE PASSAGEIROS | | | VEÍCULOS COMERCIAIS LIGEIOS | | |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|
| CT1 [€/h] | 6,93 | | CT1 [€/h] | 6,93 | |
| CT2 [€/h] | 1,73 | | CT2 [€/h] | 1,73 | |
| TO11 | 1 | | TO21 | 1 | |
| TO12 | 1 | | TO22 | 0 | |
| | | | | | |
| Tipo de itinerário | Velocidade [km/h] | CTP1 [€/km/veículo] | Tipo de itinerário | Velocidade [km/h] | CTP2 [€/km/veículo] |
| EN, ER | 70 | <u>0,124</u> | EN, ER | 70 | <u>0,099</u> |
| IC | 80 | <u>0,108</u> | IC | 80 | <u>0,087</u> |
| IP | 90 | <u>0,096</u> | IP | 90 | <u>0,077</u> |
| AE | 120 | <u>0,072</u> | AE | 120 | <u>0,058</u> |

| VEÍCULOS PESADOS DE MERCADORIAS | | |
|---------------------------------|-------------------|----------------------------|
| CT1 [€/h] | 9,61 | |
| CT2 [€/h] | 1,73 | |
| TO31 | 1 | |
| TO32 | 0 | |
| | | |
| Tipo de itinerário | Velocidade [km/h] | <u>CTP3</u> [€/km/veículo] |
| EN, ER | 50 | <u>0,192</u> |
| IC | 60 | <u>0,160</u> |
| IP | 80 | <u>0,120</u> |
| AE | 100 | <u>0,096</u> |

| VEÍCULOS PESADOS DE PASSAGEIROS | | |
|---------------------------------|-------------------|----------------------------|
| CT1 [€/h] | 9,61 | |
| CT2 [€/h] | 1,73 | |
| TO41 | 1 | |
| TO42 | 23 | |
| | | |
| Tipo de itinerário | Velocidade (km/h) | <u>CTP4</u> [€/km/veículo] |
| EN, ER | 50 | <u>0,989</u> |
| IC | 70 | <u>0,707</u> |
| IP | 85 | <u>0,582</u> |
| AE | 110 | <u>0,450</u> |

Quadro 4.9 - Custos do tempo de percurso para período diurno numa zona em obras, em que a velocidade está reduzida a 2/3 da velocidade normal de circulação

| VEÍCULOS LIGEIROS DE PASSAGEIROS | | |
|----------------------------------|-------------------|----------------------------|
| CT1 [€/h] | 6,93 | |
| CT2 [€/h] | 1,73 | |
| TO11 | 1 | |
| TO12 | 1 | |
| | | |
| Tipo de itinerário | Velocidade [km/h] | <u>CTP1</u> [€/km/veículo] |
| EN, ER | 46,7 | <u>0,186</u> |
| IC | 53,3 | <u>0,162</u> |
| IP | 60,0 | <u>0,144</u> |
| AE | 80,0 | <u>0,108</u> |

| VEÍCULOS COMERCIAIS LIGEIROS | | |
|------------------------------|-------------------|----------------------------|
| CT1 [€/h] | 6,93 | |
| CT2 [€/h] | 1,73 | |
| TO21 | 1 | |
| TO22 | 0 | |
| | | |
| Tipo de itinerário | Velocidade [km/h] | <u>CTP2</u> [€/km/veículo] |
| EN, ER | 46,7 | <u>0,149</u> |
| IC | 53,3 | <u>0,130</u> |
| IP | 60,0 | <u>0,116</u> |
| AE | 80,0 | <u>0,087</u> |

| VEÍCULOS PESADOS DE MERCADORIAS | | |
|---------------------------------|-------------------|----------------------------|
| CT1 [€/h] | 9,61 | |
| CT2 [€/h] | 1,73 | |
| TO31 | 1 | |
| TO32 | 0 | |
| | | |
| Tipo de itinerário | Velocidade [km/h] | <u>CTP3</u> [€/km/veículo] |
| EN, ER | 33,3 | <u>0,288</u> |
| IC | 40,0 | <u>0,240</u> |
| IP | 53,3 | <u>0,180</u> |
| AE | 66,7 | <u>0,144</u> |

| VEÍCULOS PESADOS DE PASSAGEIROS | | |
|---------------------------------|-------------------|----------------------------|
| CT1 [€/h] | 9,61 | |
| CT2 [€/h] | 1,73 | |
| TO41 | 1 | |
| TO42 | 23 | |
| | | |
| Tipo de itinerário | Velocidade (km/h) | <u>CTP4</u> [€/km/veículo] |
| EN, ER | 33,3 | <u>1,484</u> |
| IC | 46,7 | <u>1,060</u> |
| IP | 56,7 | <u>0,873</u> |
| AE | 73,3 | <u>0,674</u> |

Quadro 4.10 - Custos do tempo de percurso para período nocturno numa zona em obras, em que a velocidade está reduzida a 1/3 da velocidade normal de circulação

| VEÍCULOS LIGEIOS DE PASSAGEIROS | | | VEÍCULOS COMERCIAIS LIGEIOS | | |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|
| CT1 [€/h] | 6,93 | | CT1 [€/h] | 6,93 | |
| CT2 [€/h] | 1,73 | | CT2 [€/h] | 1,73 | |
| TO11 | 1 | | TO21 | 1 | |
| TO12 | 1 | | TO22 | 0 | |
| | | | | | |
| Tipo de itinerário | Velocidade [km/h] | CTP1 [€/km/veículo] | Tipo de itinerário | Velocidade [km/h] | CTP2 [€/km/veículo] |
| EN, ER | 23,3 | <u>0,371</u> | EN, ER | 23,3 | <u>0,297</u> |
| IC | 26,7 | <u>0,325</u> | IC | 26,7 | <u>0,260</u> |
| IP | 30,0 | <u>0,289</u> | IP | 30,0 | <u>0,231</u> |
| AE | 40,0 | <u>0,217</u> | AE | 40,0 | <u>0,173</u> |

| VEÍCULOS PESADOS DE MERCADORIAS | | | VEÍCULOS PESADOS DE PASSAGEIROS | | |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------|
| CT1 [€/h] | 9,61 | | CT1 [€/h] | 9,61 | |
| CT2 [€/h] | 1,73 | | CT2 [€/h] | 1,73 | |
| TO31 | 1 | | TO41 | 1 | |
| TO32 | 0 | | TO42 | 23 | |
| | | | | | |
| Tipo de itinerário | Velocidade [km/h] | CTP3 [€/km/veículo] | Tipo de itinerário | Velocidade (km/h) | CTP4 [€/km/veículo] |
| EN, ER | 16,7 | <u>0,577</u> | EN, ER | 16,7 | <u>2,967</u> |
| IC | 20,0 | <u>0,481</u> | IC | 23,3 | <u>2,120</u> |
| IP | 26,7 | <u>0,360</u> | IP | 28,3 | <u>1,746</u> |
| AE | 33,3 | <u>0,288</u> | AE | 36,7 | <u>1,349</u> |

Os cálculos dos quadros seguintes tiveram como base os cálculos dos quadros anteriores.

Nos Quadros 4.11 a 4.17, são apresentados os custos dos utentes da estrada e a sua respectiva variação, em Auto-estradas para os diversos cenários possíveis na existência de zonas de trabalho.

Quadro 4.11 - Custos dos utentes da estrada em Auto-Estradas, numa situação normal (velocidade normal de circulação) e com o pagamento de portagens para as diferentes classes de veículos

| TIPO DE VEÍCULO | AUTO-ESTRADA (AE) | | | | |
|-----------------|-------------------|------------|------------|------------------|--------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CPortagem [€/km] | CUE [€/km] |
| VLP | 120,0 | 0,178 | 0,072 | 0,075 | <u>0,325</u> |
| VCL | 120,0 | 0,121 | 0,058 | 0,075 | <u>0,254</u> |
| VPM | 100,0 | 0,702 | 0,096 | 0,185 | <u>0,983</u> |
| VPP | 110,0 | 0,771 | 0,450 | 0,130 | <u>1,350</u> |

Quadro 4.12 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Auto-Estradas, em período diurno com redução da velocidade para 2/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível e com pagamento de portagem

| TIPO DE VEÍCULO | AUTO-ESTRADA (AE) | | | | | |
|-----------------|-------------------|------------|------------|------------------|--------------|--------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CPortagem [€/km] | CUE [€/km] | Δ CUE [%] |
| VLP | 80,0 | 0,178 | 0,108 | 0,075 | <u>0,361</u> | <u>11,10</u> |
| VCL | 80,0 | 0,121 | 0,087 | 0,075 | <u>0,283</u> | <u>11,37</u> |
| VPM | 66,7 | 0,702 | 0,144 | 0,185 | <u>1,031</u> | <u>4,89</u> |
| VPP | 73,3 | 0,771 | 0,674 | 0,130 | <u>1,575</u> | <u>16,65</u> |

Quadro 4.13 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Auto-Estradas, em período diurno com redução da velocidade para 2/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagem

| TIPO DE VEÍCULO | AUTO-ESTRADA (AE) | | | | | |
|-----------------|-------------------|------------|------------|------------------|--------------|---------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CPortagem [€/km] | CUE [€/km] | Δ CUE [%] |
| VLP | 80,0 | 0,178 | 0,108 | 0,000 | <u>0,286</u> | <u>-11,97</u> |
| VCL | 80,0 | 0,121 | 0,087 | 0,000 | <u>0,208</u> | <u>-18,16</u> |
| VPM | 66,7 | 0,702 | 0,144 | 0,000 | <u>0,846</u> | <u>-13,93</u> |
| VPP | 73,3 | 0,771 | 0,674 | 0,000 | <u>1,445</u> | <u>7,02</u> |

Quadro 4.14 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Auto-Estradas, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, com consumo adicional de combustível e com pagamento de portagem

| TIPO DE VEÍCULO | AUTO-ESTRADA (AE) | | | | | |
|-----------------|-------------------|------------|------------|------------------|--------------|--------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CPortagem [€/km] | CUE [€/km] | Δ CUE [%] |
| VLP | 40,0 | 0,193 | 0,217 | 0,075 | <u>0,484</u> | <u>48,94</u> |
| VCL | 40,0 | 0,133 | 0,173 | 0,075 | <u>0,381</u> | <u>49,96</u> |
| VPM | 33,3 | 0,814 | 0,288 | 0,185 | <u>1,287</u> | <u>30,92</u> |
| VPP | 36,7 | 0,862 | 1,349 | 0,130 | <u>2,341</u> | <u>73,37</u> |

Quadro 4.15 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Auto-Estradas, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, com consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagem

| TIPO DE VEÍCULO | AUTO-ESTRADA (AE) | | | | | |
|-----------------|-------------------|------------|------------|------------------|--------------|--------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CPortagem [€/km] | CUE [€/km] | Δ CUE [%] |
| VLP | 40,0 | 0,193 | 0,217 | 0,000 | <u>0,409</u> | <u>25,87</u> |
| VCL | 40,0 | 0,133 | 0,173 | 0,000 | <u>0,306</u> | <u>20,44</u> |
| VPM | 33,3 | 0,814 | 0,288 | 0,000 | <u>1,102</u> | <u>12,10</u> |
| VPP | 36,7 | 0,862 | 1,349 | 0,000 | <u>2,211</u> | <u>63,74</u> |

Quadro 4.16 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Auto-Estradas, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível e com pagamento de portagem

| TIPO DE VEÍCULO | AUTO-ESTRADA (AE) | | | | | |
|-----------------|-------------------|------------|------------|------------------|--------------|--------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CPortagem [€/km] | CUE [€/km] | Δ CUE [%] |
| VLP | 40,0 | 0,178 | 0,217 | 0,075 | <u>0,469</u> | <u>44,41</u> |
| VCL | 40,0 | 0,121 | 0,173 | 0,075 | <u>0,370</u> | <u>45,46</u> |
| VPM | 33,3 | 0,702 | 0,288 | 0,185 | <u>1,175</u> | <u>19,55</u> |
| VPP | 36,7 | 0,771 | 1,349 | 0,130 | <u>2,250</u> | <u>66,59</u> |

Quadro 4.17 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Auto-Estradas, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagem

| TIPO DE VEÍCULO | AUTO-ESTRADA (AE) | | | | | |
|-----------------|-------------------|------------|------------|------------------|--------------|--------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CPortagem [€/km] | CUE [€/km] | Δ CUE [%] |
| VLP | 40,0 | 0,178 | 0,217 | 0,000 | <u>0,394</u> | <u>21,34</u> |
| VCL | 40,0 | 0,121 | 0,173 | 0,000 | <u>0,295</u> | <u>15,94</u> |
| VPM | 33,3 | 0,702 | 0,288 | 0,000 | <u>0,990</u> | <u>0,73</u> |
| VPP | 36,7 | 0,771 | 1,349 | 0,000 | <u>2,120</u> | <u>56,97</u> |

Nas Figuras 4.6 e 4.7 são representados os custos dos utentes das estradas e sua respectiva variação para Auto-Estradas nas diversas situações analisadas, em função das diversas classes de veículos.

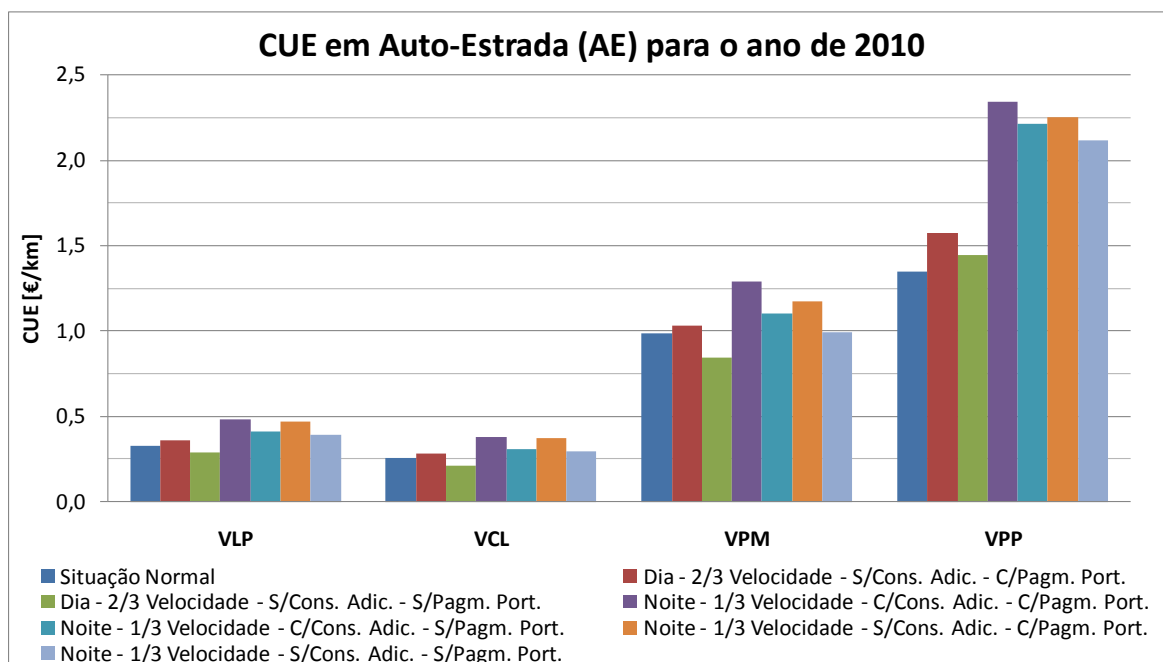


Figura 4.6 - Custo dos utentes em Auto-Estrada nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos

Através da análise da Figuras 4.6, é possível observar que para a situação de obras em período diurno com uma redução da velocidade para 2/3 da velocidade de circulação normal, sem consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagens, para a classe de veículos pesados de passageiros, o custo dos utentes das estradas é superior ao respectivo custo na situação com velocidade normal de circulação, na qual é obrigatório o pagamento de portagens. Tal facto deve-se ao custo do tempo de percurso ser muito elevado nesta classe de veículos, uma vez que transportam um número elevado de passageiros, logo dá-se um aumento significativo do custo de tempo de percurso.

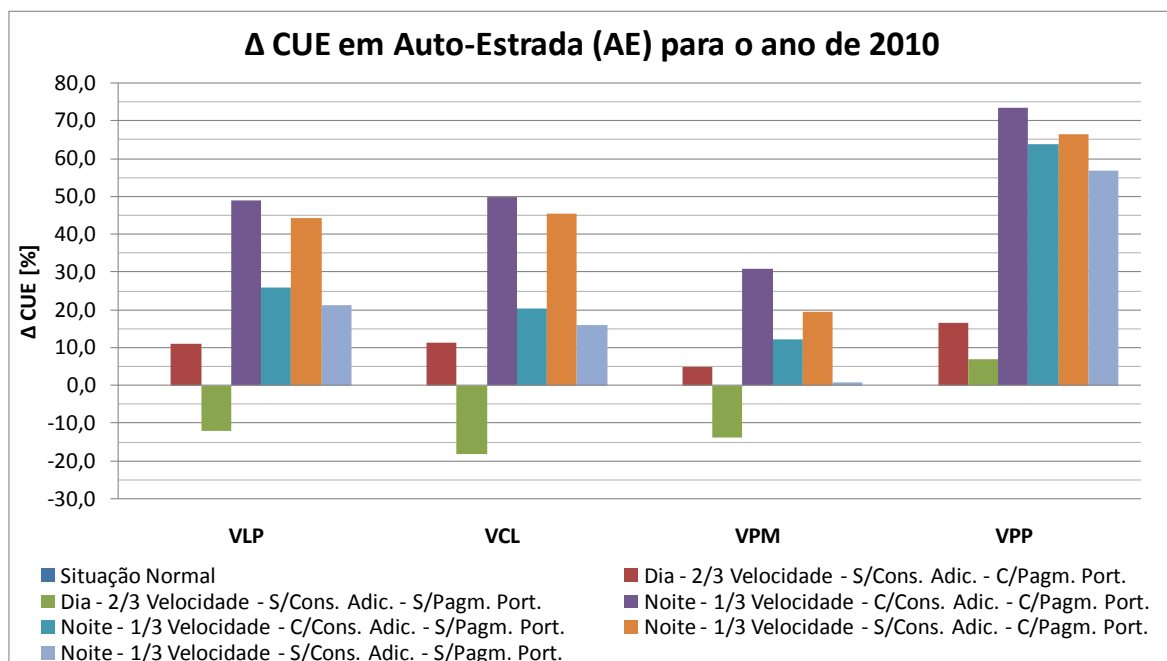


Figura 4.7 - Variação do Custo dos utentes em Auto-Estrada nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos

Através da análise da Figura 4.7, é possível observar que para mesma a situação de obras, para a classe de veículos pesados de passageiros o custo dos utentes das estradas é acrescido de 7% quando comparado com a situação de velocidade de circulação normal (situação normal). Tal facto deve-se ao que foi referido no parágrafo anterior.

Nos Quadros 4.18 a 4.20, são apresentados os custos dos utentes da estrada e a sua respectiva variação, em Itinerário Principal para os diversos cenários possíveis na existência de zonas de trabalho.

Quadro 4.18 - Custos dos utentes da estrada em Itinerários Principais, numa situação normal (velocidade normal de circulação) para as diferentes classes de veículos

| TIPO DE VEÍCULO | ITINERÁRIO PRINCIPAL (IP) | | | |
|-----------------|---------------------------|------------|------------|--------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CUE [€/km] |
| VLP | 90,0 | 0,178 | 0,096 | <u>0,274</u> |
| VCL | 90,0 | 0,121 | 0,077 | <u>0,198</u> |
| VPM | 80,0 | 0,702 | 0,120 | <u>0,822</u> |
| VPP | 85,0 | 0,771 | 0,582 | <u>1,353</u> |

Quadro 4.19 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Itinerários Principais, em período diurno com redução da velocidade para 2/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível

| TIPO DE VEÍCULO | ITINERÁRIO PRINCIPAL (IP) | | | | |
|-----------------|---------------------------|------------|------------|--------------|------------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CUE [€/km] | Δ CUE [%] |
| VLP | 60,0 | 0,178 | 0,144 | <u>0,322</u> | <u>17,55</u> |
| VCL | 60,0 | 0,121 | 0,116 | <u>0,237</u> | <u>19,41</u> |
| VPM | 53,3 | 0,702 | 0,180 | <u>0,882</u> | <u>7,31</u> |
| VPP | 56,7 | 0,771 | 0,873 | <u>1,643</u> | <u>21,51</u> |

Quadro 4.20 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Itinerários Principais, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, com consumo adicional de combustível

| TIPO DE VEÍCULO | ITINERÁRIO PRINCIPAL (IP) | | | | |
|-----------------|---------------------------|------------|------------|--------------|------------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CUE [€/km] | Δ CUE [%] |
| VLP | 30,0 | 0,193 | 0,289 | <u>0,481</u> | <u>75,59</u> |
| VCL | 30,0 | 0,133 | 0,231 | <u>0,364</u> | <u>83,42</u> |
| VPM | 26,7 | 0,814 | 0,360 | <u>1,174</u> | <u>42,82</u> |
| VPP | 28,3 | 0,862 | 1,746 | <u>2,608</u> | <u>92,80</u> |

Nas Figuras 4.8 e 4.9 são representados os custos dos utentes das estradas e sua respectiva variação para Itinerário Principal nas diversas situações analisadas, em função das diversas classes de veículos.

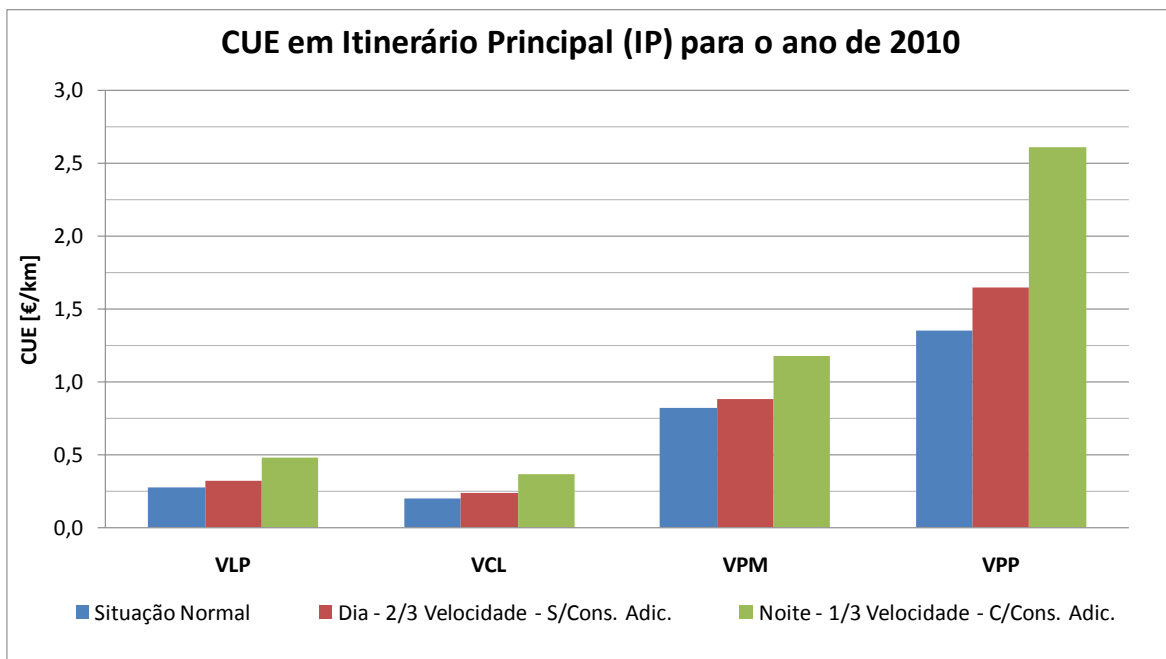


Figura 4.8 - Custo dos Utentes em Itinerário Principal nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos

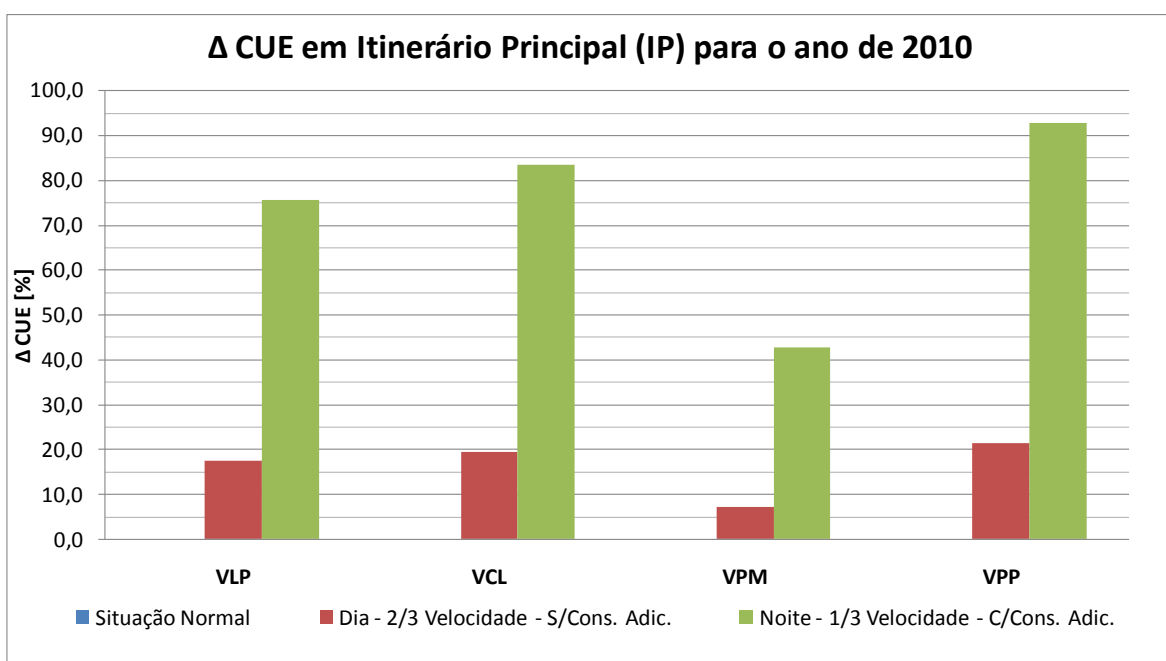


Figura 4.9 - Variação do Custo dos Utentes em Itinerário Principal nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos

Nos Quadros 4.21 a 4.23, são apresentados os custos dos utentes da estrada e a sua respectiva variação, em Itinerário Complementar para os diversos cenários possíveis na existência de zonas de trabalho.

Quadro 4.21 - Custos dos utentes da estrada em Itinerários Complementares, numa situação normal (velocidade normal de circulação) para as diferentes classes de veículos

| TIPO DE VEÍCULO | ITINERÁRIO COMPLEMENTAR (IC) | | | |
|-----------------|------------------------------|------------|------------|-------------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | <u>CUE [€/km]</u> |
| VLP | 80,0 | 0,178 | 0,108 | <u>0,286</u> |
| VCL | 80,0 | 0,121 | 0,087 | <u>0,208</u> |
| VPM | 60,0 | 0,702 | 0,160 | <u>0,862</u> |
| VPP | 70,0 | 0,771 | 0,707 | <u>1,477</u> |

Quadro 4.22 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Itinerários Complementares, em período diurno com redução da velocidade para 2/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível

| TIPO DE VEÍCULO | ITINERÁRIO COMPLEMENTAR (IC) | | | | |
|-----------------|------------------------------|------------|------------|-------------------|------------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | <u>CUE [€/km]</u> | <u>Δ CUE [%]</u> |
| VLP | 53,3 | 0,178 | 0,162 | <u>0,340</u> | <u>18,92</u> |
| VCL | 53,3 | 0,121 | 0,130 | <u>0,251</u> | <u>20,83</u> |
| VPM | 40,0 | 0,702 | 0,240 | <u>0,942</u> | <u>9,29</u> |
| VPP | 46,7 | 0,771 | 1,060 | <u>1,830</u> | <u>23,91</u> |

Quadro 4.23 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Itinerários Complementares, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, com consumo adicional de combustível

| TIPO DE VEÍCULO | ITINERÁRIO COMPLEMENTAR (IC) | | | | |
|-----------------|------------------------------|------------|------------|-------------------|------------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | <u>CUE [€/km]</u> | <u>Δ CUE [%]</u> |
| VLP | 26,7 | 0,193 | 0,325 | <u>0,518</u> | <u>80,82</u> |
| VCL | 26,7 | 0,133 | 0,260 | <u>0,393</u> | <u>88,82</u> |
| VPM | 20,0 | 0,814 | 0,481 | <u>1,294</u> | <u>50,12</u> |
| VPP | 23,3 | 0,862 | 2,120 | <u>2,982</u> | <u>101,85</u> |

Nas Figuras 4.10 e 4.11 são representados os custos dos utentes das estradas e sua respectiva variação para Itinerário Complementar nas diversas situações analisadas, em função das diversas classes de veículos.

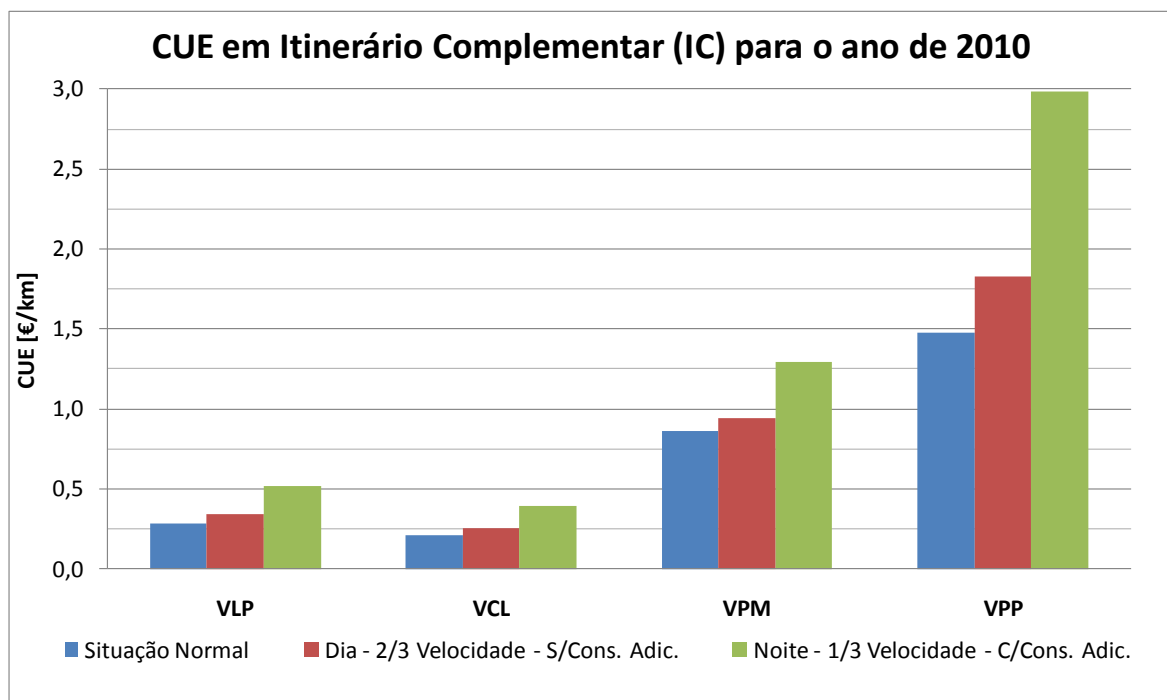


Figura 4.10 - Custo dos utentes em Itinerário Complementar nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos

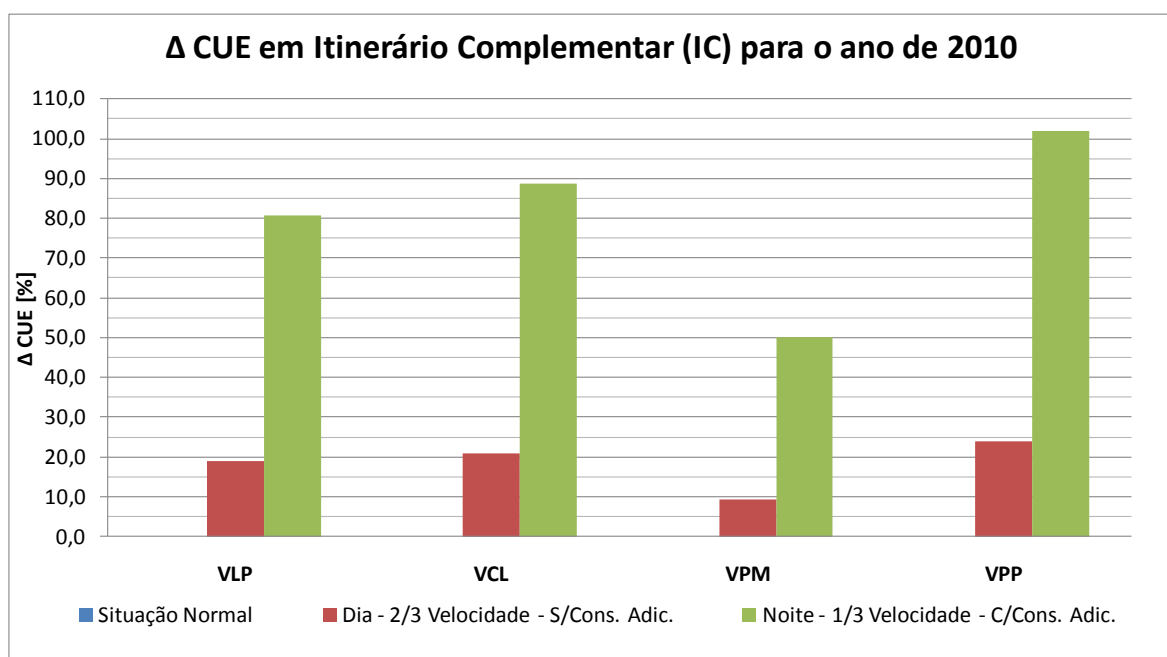


Figura 4.11 - Variação do custo dos utentes em Itinerário Complementar nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos

Nos Quadros 4.24 a 4.26, são apresentados os custos dos utentes da estrada e a sua respectiva variação, em Estrada Nacional/Estradas Regionais para os diversos cenários possíveis na existência de zonas de trabalho.

Quadro 4.24 - Custos dos utentes da estrada em Estradas Nacionais e Regionais, numa situação normal (velocidade normal de circulação) para as diferentes classes de veículos

| TIPO DE VEÍCULO | ESTRADA NACIONAL (EN) / ESTRADA REGIONAL (ER) | | | |
|-----------------|---|------------|------------|--------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CUE [€/km] |
| VLP | 70,0 | 0,178 | 0,124 | <u>0,302</u> |
| VCL | 70,0 | 0,121 | 0,099 | <u>0,220</u> |
| VPM | 50,0 | 0,702 | 0,192 | <u>0,894</u> |
| VPP | 50,0 | 0,771 | 0,989 | <u>1,760</u> |

Quadro 4.25 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Estradas Nacionais e Regionais, em período diurno com redução da velocidade para 2/3 da velocidade normal de circulação, sem consumo adicional de combustível

| TIPO DE VEÍCULO | ESTRADA NACIONAL (EN) / ESTRADA REGIONAL (ER) | | | | |
|-----------------|---|------------|------------|--------------|------------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CUE [€/km] | Δ CUE [%] |
| VLP | 46,7 | 0,178 | 0,186 | <u>0,364</u> | <u>20,51</u> |
| VCL | 46,7 | 0,121 | 0,149 | <u>0,270</u> | <u>22,47</u> |
| VPM | 33,3 | 0,702 | 0,288 | <u>0,990</u> | <u>10,75</u> |
| VPP | 33,3 | 0,771 | 1,484 | <u>2,254</u> | <u>28,10</u> |

Quadro 4.26 - Custos dos utentes das estradas e respectiva variação (quando comparada com a situação normal) em Estradas Nacionais e Regionais, em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação, com consumo adicional de combustível

| TIPO DE VEÍCULO | ESTRADA NACIONAL (EN) / ESTRADA REGIONAL (ER) | | | | |
|-----------------|---|------------|------------|--------------|------------------|
| | Vel. [km/h] | COV [€/km] | CTP [€/km] | CUE [€/km] | Δ CUE [%] |
| VLP | 23,3 | 0,193 | 0,371 | <u>0,564</u> | <u>86,93</u> |
| VCL | 23,3 | 0,133 | 0,297 | <u>0,430</u> | <u>95,06</u> |
| VPM | 16,7 | 0,814 | 0,577 | <u>1,390</u> | <u>55,49</u> |
| VPP | 16,7 | 0,862 | 2,967 | <u>3,830</u> | <u>117,61</u> |

Nas Figuras 4.12 e 4.13 são representados os Custos dos Utes das Estradas e sua respectiva variação para Estrada Nacional/Estrada Regional nas diversas situações analisadas, em função das diversas classes de veículos.

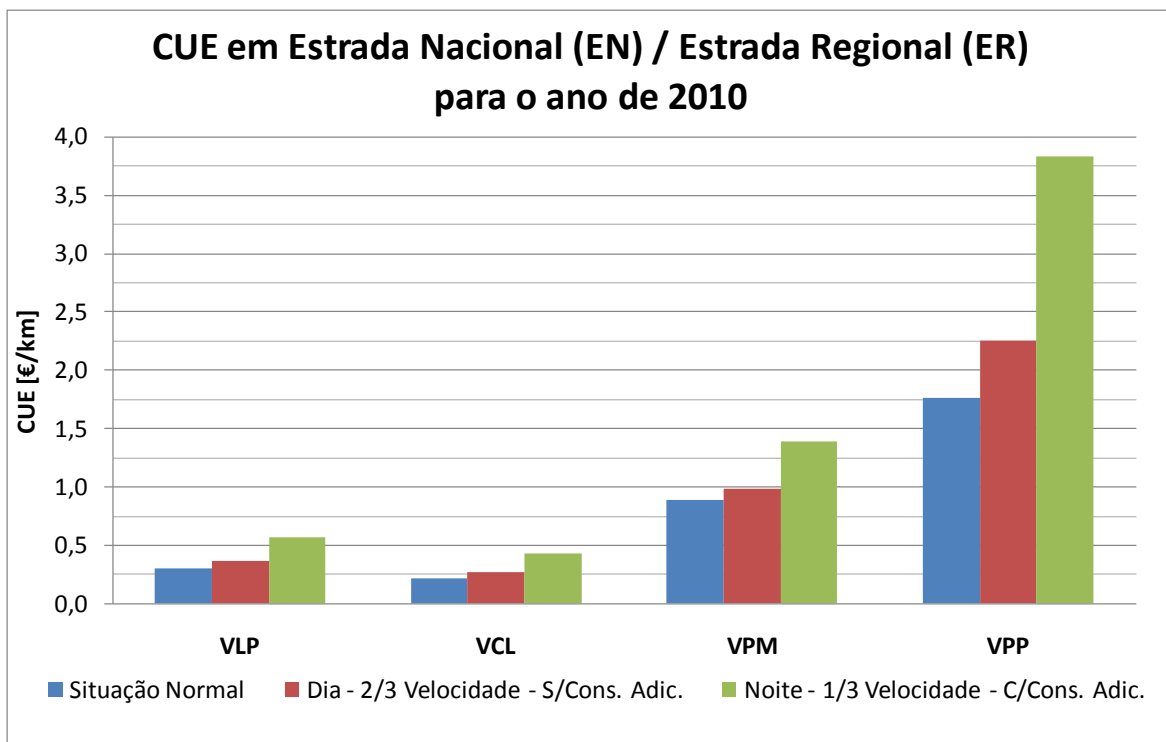


Figura 4.12 - Custo dos utentes em Estrada Nacional/Estrada Regional nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos

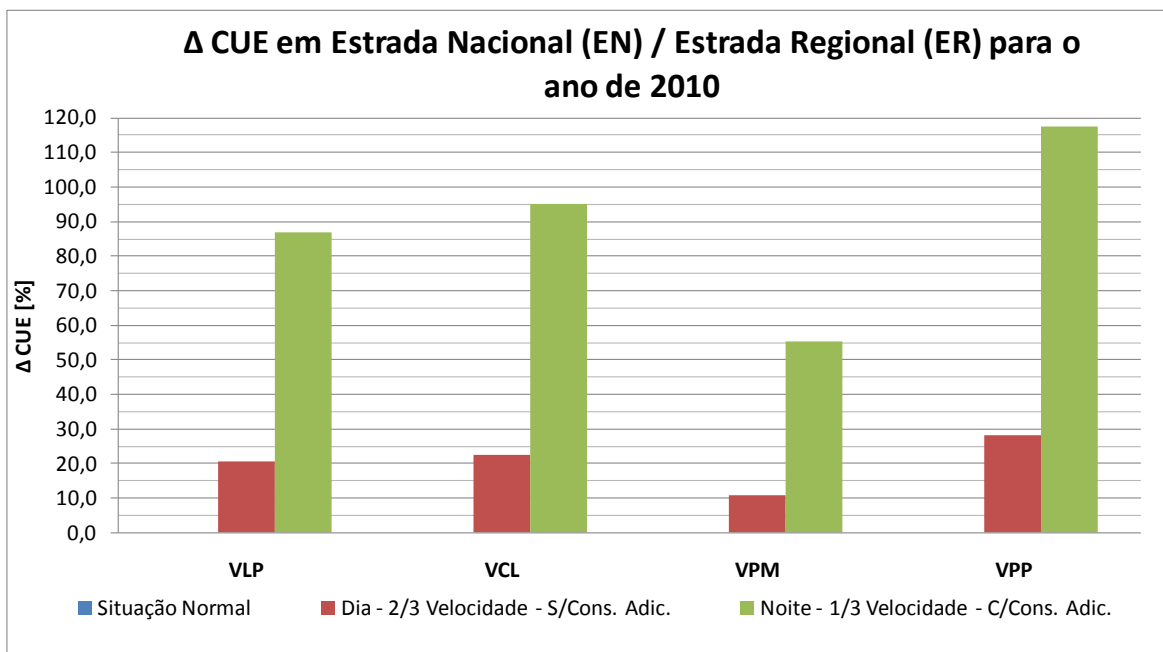


Figura 4.13 - Variação do custo dos utentes em Estrada Nacional/Estrada Regional nas diversas situações analisadas para as diferentes classes de veículos

Através da análise das Figuras 4.8, 4.10 e 4.12, pode observar-se que para obras em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 da velocidade normal de circulação e consideração do consumo de combustível, a classe de veículos pesados de passageiros é a classe que tem associados maiores custos em IP's, IC's, EN/ER, o que se reflecte também nas Figuras 4.9, 4.11 e 4.13.

Através da análise conjunta dos gráficos, verifica-se que a redução da velocidade para 2/3 corresponde sensivelmente a um custo adicional de 10% para as AE e 20% para a restante rede. Para redução da velocidade para 1/3, o custo adicional é menos homogéneo, dependendo muito da classe de veículo considerada.

É de salientar que para a classe de veículos pesados de mercadorias, a variação dos CUE é mais baixa do que para as restantes classes. Tal facto deve-se a este tipo de veículos na maior parte das vezes ser tripulado por um único ocupante, ao contrário do que acontece nas outras classes de veículos, excepto na classe VCL, logo o custo do tempo de percurso é menor.

Nas Figuras 4.14 a 4.21, são apresentados para as classes de veículos VLP, VCL, VPM e VPP os custos dos utentes e respectiva variação, para os diversos cenários possíveis na existência de zonas de trabalho.

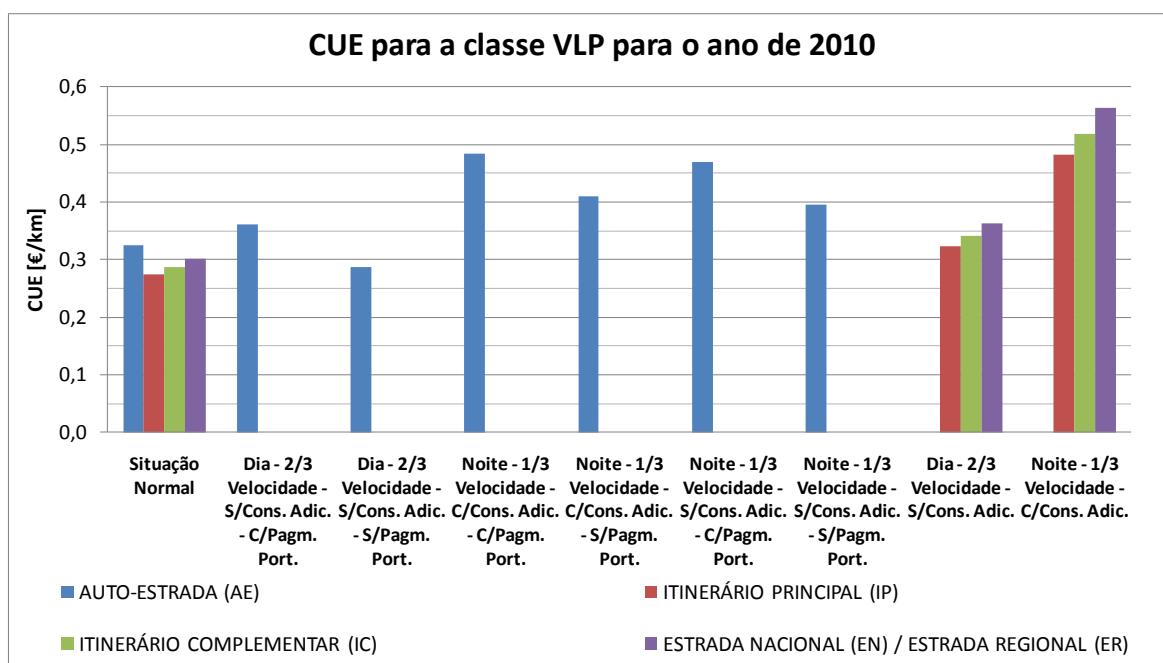


Figura 4.14 - Custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Ligeiros de Passageiros

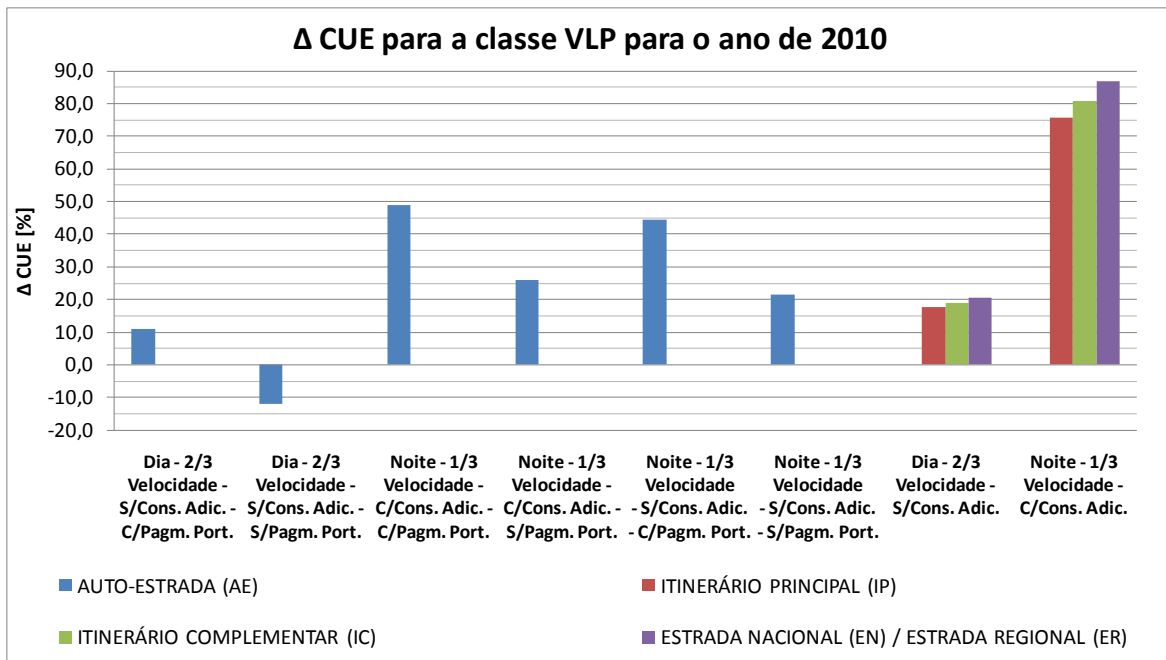


Figura 4.15 - Variação do custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Ligeiros de Passageiros

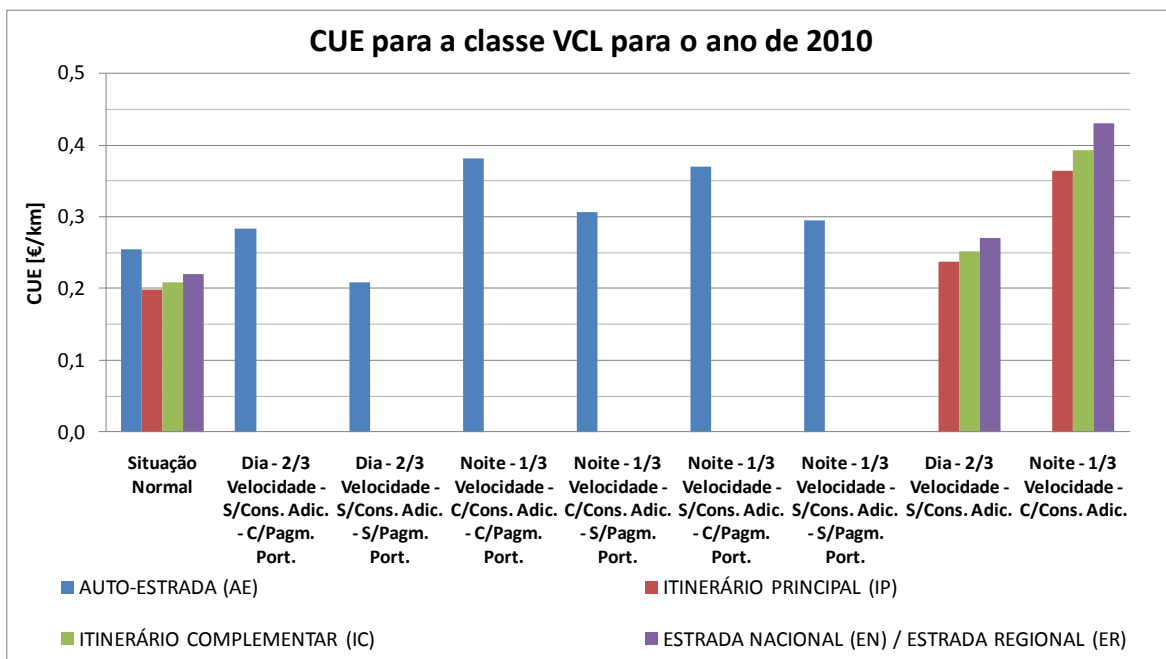


Figura 4.16 - Custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Comerciais de Ligeiros

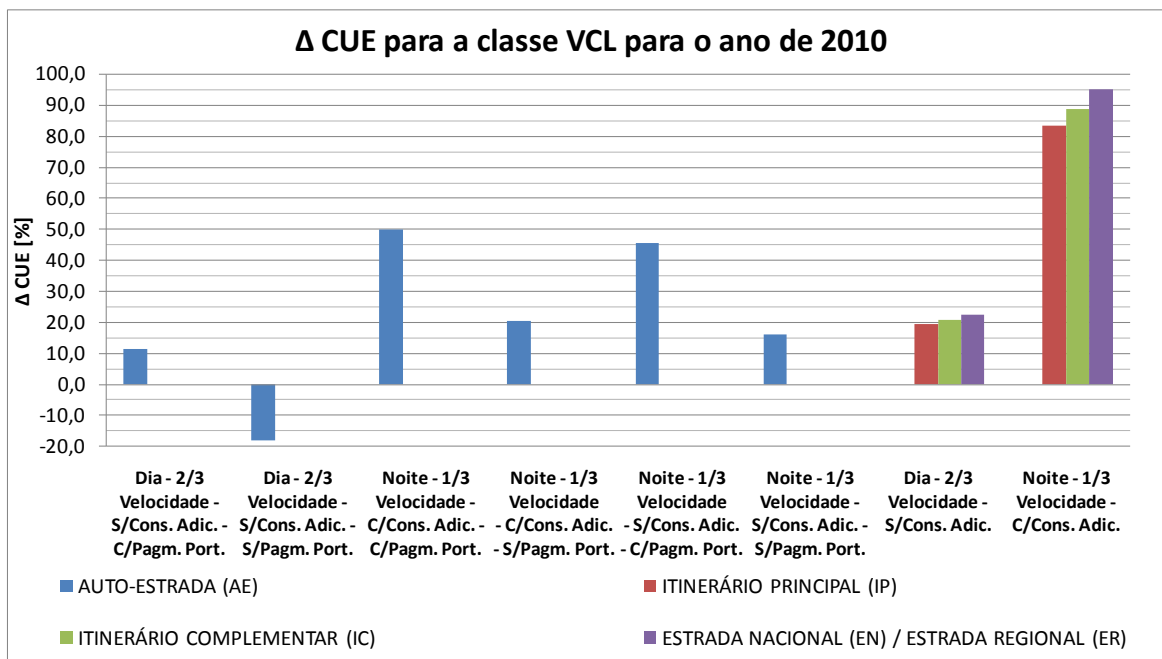


Figura 4.17 - Variação do custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Comerciais de Ligeiros

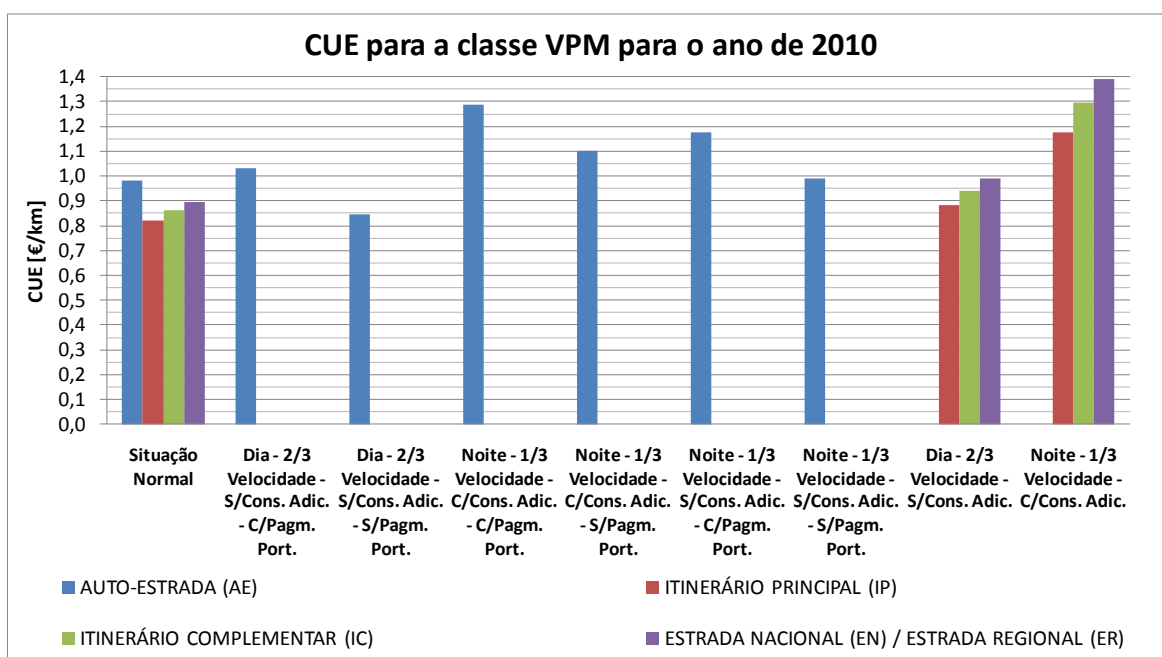


Figura 4.18 - Custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Pesados de Mercadorias

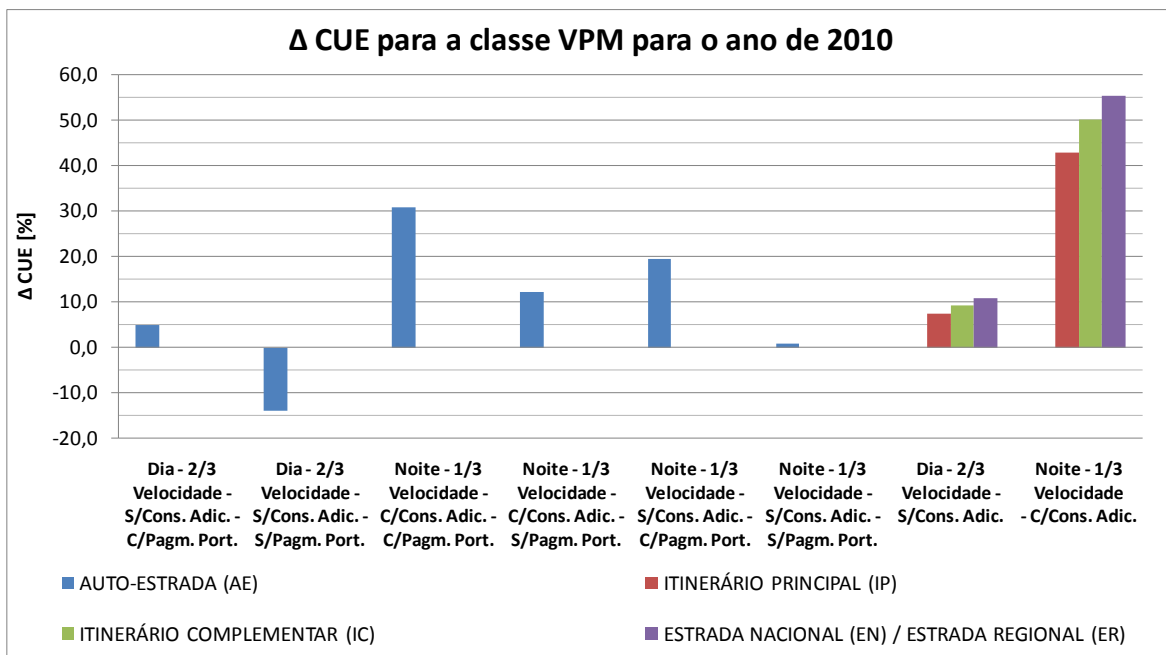


Figura 4.19 - Variação do custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Pesados de Mercadorias

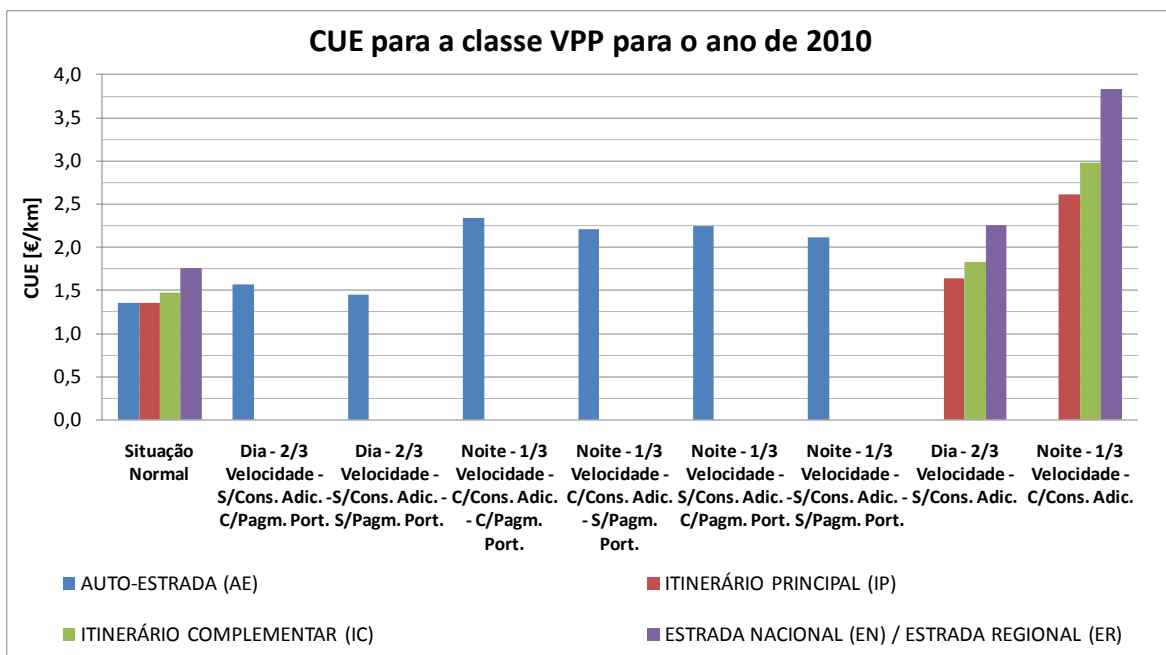


Figura 4.20 - Custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Pesados de Passageiros

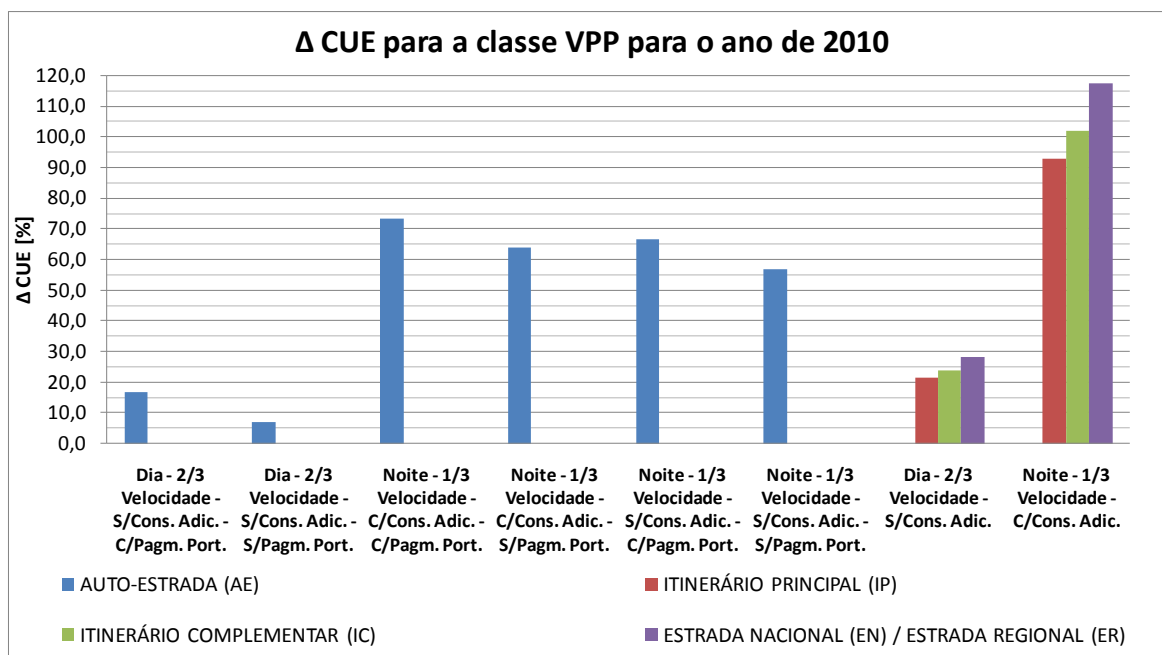


Figura 4.21 - Variação do custo dos utentes da estrada para os diferentes tipos de itinerários nas diversas situações analisadas para a classe de Veículos Pesados de Passageiros

Através da análise das Figuras 4.14 a 4.21, constata-se novamente que o custo do tempo de percurso é a componente com maior relevância no custo dos utentes das estradas para todas as classes de veículos, mas no caso dos veículos pesados de passageiros esta componente é ainda mais relevante devido ao que foi mencionado anteriormente.

4.5 - Caso de estudo: Concessão Scutvias - (A23)

Neste ponto serão determinados, para a concessão Scutvias (A23), os custos do utente e a sua variação devido à existência de troços em obra, constituindo desta forma o caso de estudo do modelo de CUE e dos cenários de funcionamento dos troços em obras definidos previamente.

As origens, considerações e decisões tomadas na escolha da informação necessária ao funcionamento do Modelo de Custos do Utente desenvolvido para a rede rodoviária principal portuguesa são apresentados ao longo deste ponto. Esta informação diz respeito a consumos, quantidades, valores e custos a considerar na determinação dos CUE, para os diferentes tipos de veículos e cenários considerados nos troços em obras, para o ano de 2010.

É importante referir que os custos unitários adoptados foram obtidos com recurso a preços de mercado, isto é, correspondem ao custo unitário que o utente tem de pagar por determinada componente de custo, incluindo todas as taxas e impostos associados ao produto ou serviço

prestado, constituindo o valor transaccionado na compra dos produtos ou serviços correspondentes. Para o caso do valor do tempo, o seu custo é considerado em função do que um empregador tem de pagar para ter a seu serviço um trabalhador, isto é, considerando para além da remuneração base, todos os prémios, subsídios e pagamento por horas extraordinárias, mas excluindo os custos de funcionamento [40].

Nos Quadros 4.27 a 4.30 é apresentada a informação cedida pela Scutvias para os anos de 2006 e 2010, a qual permite a aplicação do modelo.

Quadro 4.27 - Número de vítimas e número de acidentes para os anos de 2006 e 2010

| Ano | Feridos Ligeiros | | Feridos Graves | | Vítimas Mortais | |
|---------------------|------------------|------|----------------|------|-----------------|------|
| | 2010 | 2006 | 2010 | 2006 | 2010 | 2006 |
| Número de Vítimas | 88 | 89 | 15 | 9 | 2 | 2 |
| Número de Acidentes | 59 | 68 | 10 | 6 | 2 | 2 |

Quadro 4.28 - Custo dos acidentes para os anos de 2006 e 2010

| Custo dos Acidentes [€/acidente] | | | | | | |
|----------------------------------|------------------|------|----------------|-------|-----------------|-------|
| Tipo de Acidente | Feridos Ligeiros | | Feridos Graves | | Vítimas Mortais | |
| Ano | 2010 | 2006 | 2010 | 2006 | 2010 | 2006 |
| Assistência Policial | 57 | 53,4 | 160 | 148,5 | 250 | 232,8 |
| Assistência Médica | 18 | 16,8 | 103,5 | 96,4 | 103,5 | 96,4 |

Quadro 4.29 - Custo das vítimas para os anos de 2006 e 2010

| Custo das Vítimas [€/vítima] | | |
|------------------------------|----------------|-----------------|
| Feridos Ligeiros | Feridos Graves | Vítimas Mortais |
| 40000 | 90000 | 500000 |

Quadro 4.30 - Tráfego médio diário anual e proporção dos veículos das diferentes classes de veículos para os anos de 2006 e 2010

| Ano | | 2010 | 2006 |
|---------------------|-----|--------|--------|
| TMDA [veículos/ano] | | 10574 | 10290 |
| p1 [%/100] | VLP | 0,7972 | 0,7987 |
| p2 [%/100] | VLC | 0,0648 | 0,0628 |
| p3 [%/100] | VPM | 0,1289 | 0,1295 |
| p4 [%/100] | VPP | 0,0091 | 0,0090 |

Elaborou-se o cálculo dos CUE para os diversos cenários definidos em €/km/dia e a sua respectiva variação, através da comparação com um cenário correspondente à situação de velocidade de circulação normal e consumos médios. Os cenários analisados são:

- Obras a decorrer apenas em período diurno, em que a velocidade é reduzida para 2/3 da velocidade de circulação, sem consideração do consumo adicional de combustível e com pagamento de portagens;

- Obras a decorrer em período diurno e nocturno, em que a velocidade durante o dia é reduzida para 2/3 da velocidade de circulação, sem consideração do consumo adicional de combustível e durante a noite a velocidade é reduzida para 1/3 da velocidade de circulação, sem consideração do consumo adicional de combustível e com pagamento de portagens;

- Obras a decorrer em período diurno e nocturno, em que a velocidade durante o dia é reduzida para 2/3 da velocidade de circulação, em que não se considera o consumo adicional de combustível e durante a noite a velocidade é reduzida para 1/3 da velocidade de circulação, com consideração do consumo adicional de combustível e com pagamento de portagens;

- Obras a decorrer apenas em período diurno, em que a velocidade é reduzida para 2/3 da velocidade de circulação, sem consideração do consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagens;

- Obras a decorrer em período diurno e nocturno, em que a velocidade durante o dia é reduzida para 2/3 da velocidade de circulação, sem consideração do consumo adicional de combustível e durante a noite a velocidade é reduzida para 1/3 da velocidade de circulação, sem consideração do consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagens;

- Obras a decorrer em período diurno e nocturno, em que a velocidade durante o dia é reduzida para 2/3 da velocidade de circulação, sem consideração do consumo adicional de combustível e durante a noite a velocidade é reduzida para 1/3 da velocidade de circulação, com consideração do consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagens.

Quando os trabalhos são efectuados simultaneamente durante o dia e a noite, considerou-se que no período diurno (entre as 7h e as 21h) circulam 85% dos veículos e no período nocturno (entre as 21h e as 7h) 15% dos veículos. A adopção destes valores teve por base os valores médios de tráfego diário diurno de 80 a 90% encontrados na bibliografia consultada [18].

De seguida, no Quadro 4.31 apresentam-se os COV para o período de obras diurno e para 85 % do TMDA, em que não se considera o agravamento do custo do combustível, assim como os COV para período de obras nocturno e para 15% do TMDA, com agravamento de 20% no custo do combustível.

Quadro 4.31 - Custos de operação dos veículos para períodos de obras diurno e noturno

| Noite: 1/3 vel.; c/cons. adic. | | | Dia: 2/3 vel.; s/cons. adic. | | |
|--------------------------------|-----|---------------|--------------------------------|-----|----------------|
| TMDA [veículos/ano] | | 1586,1 | TMDA [veículos/ano] | | 8987,9 |
| p1 [%/100] | VLP | 0,7972 | p1 [%/100] | VLP | 0,7972 |
| p2 [%/100] | VLC | 0,0648 | p2 [%/100] | VLC | 0,0648 |
| p3 [%/100] | VPM | 0,1289 | p3 [%/100] | VPM | 0,1289 |
| p4 [%/100] | VPP | 0,0091 | p4 [%/100] | VPP | 0,0091 |
| COV Scutvias [€/km/dia] | | 436,07 | COV Scutvias [€/km/dia] | | 2221,82 |

No Quadro 4.32 são apresentados os custos do tempo de percurso para obras que decorrem apenas em período diurno e 100% do TMDA, em que a velocidade é restringida a 2/3 da velocidade de circulação normal; e para obras que decorrem em período diurno e noturno, onde a velocidade se encontra restringida, respectivamente, a 2/3 e 1/3 da velocidade normal de circulação e o tráfego a 85% e 15%.

Quanto aos custos de operação dos veículos, do tempo de percurso, de acidentes e de portagem, correspondentes à situação normal, isto é, sem a existência de troços em obras, podem ser consultados no Anexo A, onde se apresenta a aplicação do modelo Português de CUE para o ano de 2010.

Quadro 4.32 - Custo do Tempo de Percurso para períodos de obra diurnos com 100% de tráfego e para períodos de obra diurnos e noturnos com 85 e 15% de tráfego.

| Dia: 2/3 VEL., 100% TRÁFEGO | | Dia: 2/3 VEL., 85% TRÁFEGO | | Noite: 2/3 VEL., 15% TRÁFEGO | |
|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|---------------|
| TMDA [veículos/ano] | 10574 | TMDA [veículos/ano] | 8987,9 | TMDA [veículos/ano] | 1586,1 |
| p1 [%/100] | 0,797 | p1 [%/100] | 0,797 | p1 [%/100] | 0,797 |
| p2 [%/100] | 0,065 | p2 [%/100] | 0,065 | p2 [%/100] | 0,065 |
| p3 [%/100] | 0,129 | p3 [%/100] | 0,129 | p3 [%/100] | 0,129 |
| p4 [%/100] | 0,009 | p4 [%/100] | 0,009 | p4 [%/100] | 0,009 |
| Tipo de itinerário: | AE | Tipo de itinerário: | AE | Tipo de itinerário: | AE |
| CTP1 [€/km/veículo] | 0,108 | CTP1 [€/km/veículo] | 0,108 | CTP1 [€/km/veículo] | 0,217 |
| CTP2 [€/km/veículo] | 0,087 | CTP2 [€/km/veículo] | 0,087 | CTP2 [€/km/veículo] | 0,173 |
| CTP3 [€/km/veículo] | 0,144 | CTP3 [€/km/veículo] | 0,144 | CTP3 [€/km/veículo] | 0,288 |
| CTP4 [€/km/veículo] | 0,674 | CTP4 [€/km/veículo] | 0,674 | CTP4 [€/km/veículo] | 1,349 |
| CTP Scutvias [€/km/dia] | 1233,46 | CTP Scutvias [€/km/dia] | 1048,44 | CTP Scutvias [€/km/dia] | 370,04 |

Para os cálculos do quadro 4.33, apresentado de seguida foram tidos em conta os cálculos efectuados nos quadros anteriores. Neste quadro são apresentados os custos dos utentes das estradas e as suas componentes, em percentagem e em valor monetário, assim como a variação para os diversos cenários estudados para os troços em obras em comparação com a situação definida como normal.

Considera-se que um troço necessita de obras, quando apresenta um PSI de 2, valor adoptado pela EP, SA na definição de necessidade de intervenção na rede. O PSI é um índice que representa o estado estrutural e funcional dos pavimentos e que varia de 0 (pavimento em muito mau estado) a 5 (pavimento novo).

Quadro 4.33 - Percentagens e Custos dos Utentes da Estrada e respectiva variação para os diversos cenários de troços em obras considerados

| SITUAÇÃO NORMAL | | ZONA DE TRABALHO COM PSI=2 | | | | | | |
|-----------------|-------------------|--|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|---------------|
| | | Dia: 2/3 vel. s/cons. adic.; c/port. | | Dia: 2/3 vel. s/cons. adic.; Noite: 1/3 vel. s/cons. adic.; c/port. | | Dia: 2/3 vel. s/cons. adic.; Noite: 1/3 vel. c/cons. adic.; c/port. | | |
| Custos | CUE [€/km/dia] | CUE [%] | CUE [€/km/dia] | CUE [%] | CUE [€/km/dia] | CUE [%] | CUE [€/km/dia] | CUE [%] |
| COV | 2.613,90 € | 58,41% | 2.743,55 € | 54,70% | 2.743,55 € | 52,75% | 2.789,71 € | 53,17% |
| CA | 90,72 € | 2,03% | 90,72 € | 1,81% | 90,72 € | 1,74% | 90,72 € | 1,73% |
| CTP | 822,30 € | 18,37% | 1.233,46 € | 24,59% | 1.418,47 € | 27,27% | 1.418,47 € | 27,03% |
| CP | 948,28 € | 21,19% | 948,28 € | 18,91% | 948,28 € | 18,23% | 948,28 € | 18,07% |
| Δ CUE | 4.475,21 € | 0,00% | 5.016,01 € | 12,08% | 5.201,03 € | 16,22% | 5.247,19 € | 17,25% |
| SITUAÇÃO NORMAL | | ZONA DE TRABALHO COM PSI=2 | | | | | | |
| | | Dia: 2/3 vel. s/cons. adic.; s/port. | | Dia: 2/3 vel. s/cons. adic.; Noite: 1/3 vel. s/cons. adic.; s/port. | | Dia: 2/3 vel. s/cons. adic.; Noite: 1/3 vel. c/cons. adic.; s/port. | | |
| Custos | CUE [€/km/dia] | CUE [%] | CUE [€/km/dia] | CUE [%] | CUE [€/km/dia] | CUE [%] | CUE [€/km/dia] | CUE [%] |
| COV | 2.743,55 € | 67,45% | 2.743,55 € | 64,51% | 2.789,71 € | 64,89% | | |
| CA | 90,72 € | 2,23% | 90,72 € | 2,13% | 90,72 € | 2,11% | | |
| CTP | 1.233,46 € | 30,32% | 1.418,47 € | 33,35% | 1.418,47 € | 33,00% | | |
| CP | 0,00 € | 0,00% | 0,00 € | 0,00% | 0,00 € | 0,00% | | |
| Δ CUE | 4.067,73 € | -9,11% | 4.252,75 € | -4,97% | 4.298,91 € | -3,94% | | |

Nas Figuras 4.22 a 4.25 estão representados as percentagens e os custos dos utentes das estradas e respectiva variação nos diversos cenários analisados, em função das parcelas dos CUE determinadas.

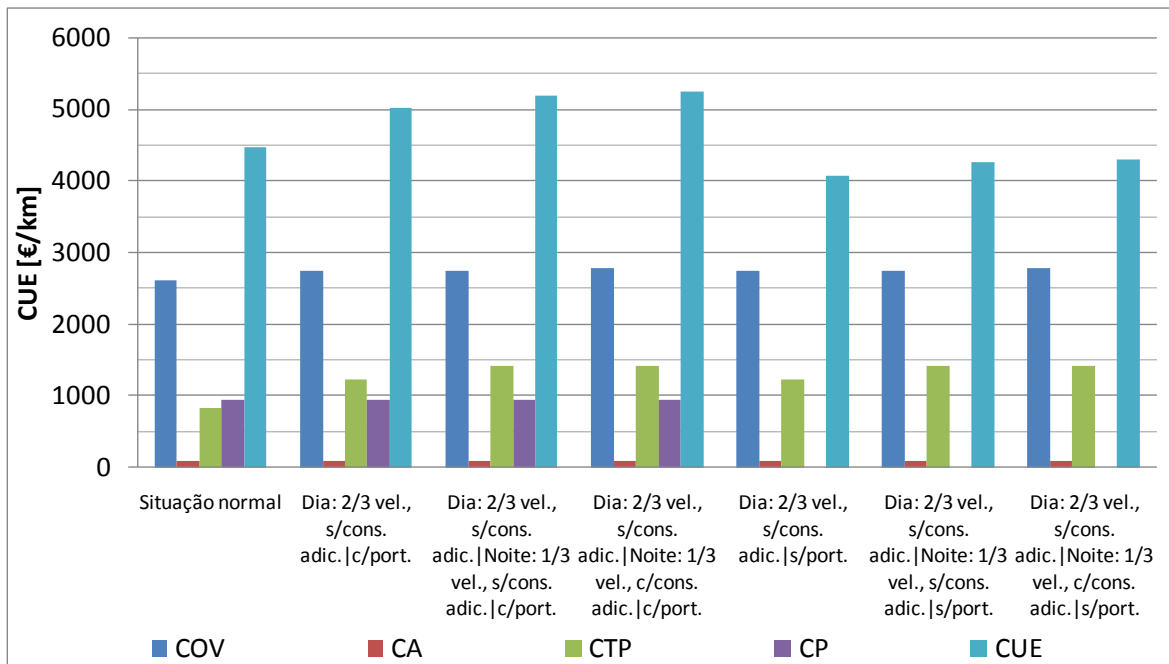


Figura 4.22 - Parcelas e custo total dos utentes das estradas para os diversos cenários estudados em 2010

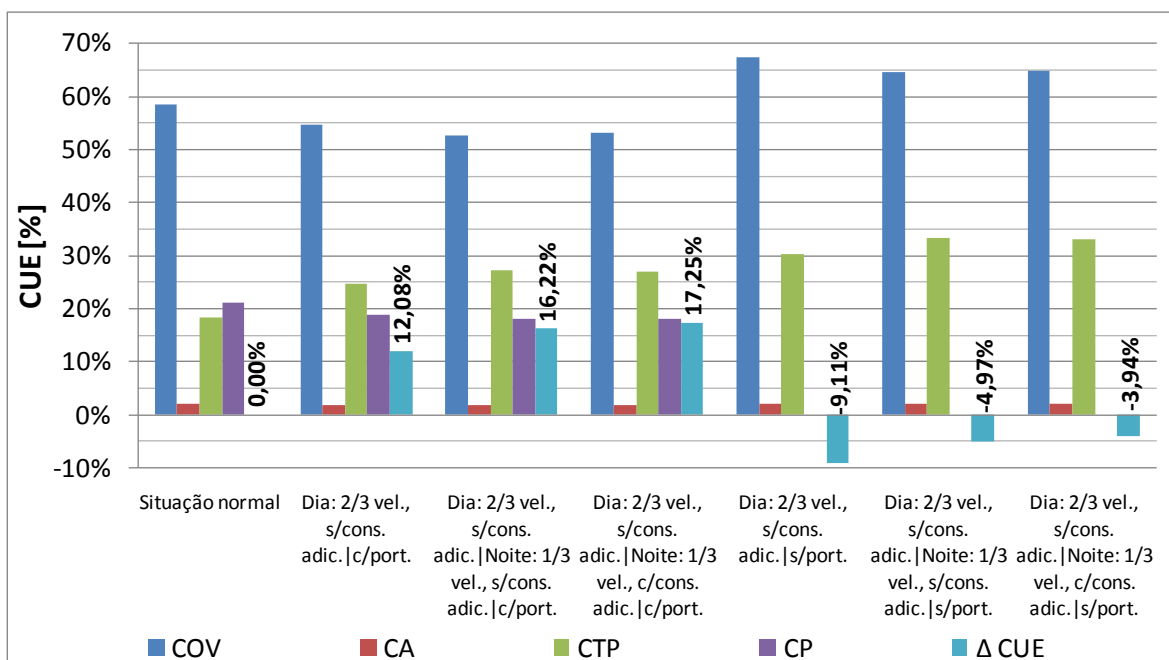


Figura 4.23 - Percentagem das parcelas e variação dos custos dos utentes da estrada para os diversos cenários estudados em 2010

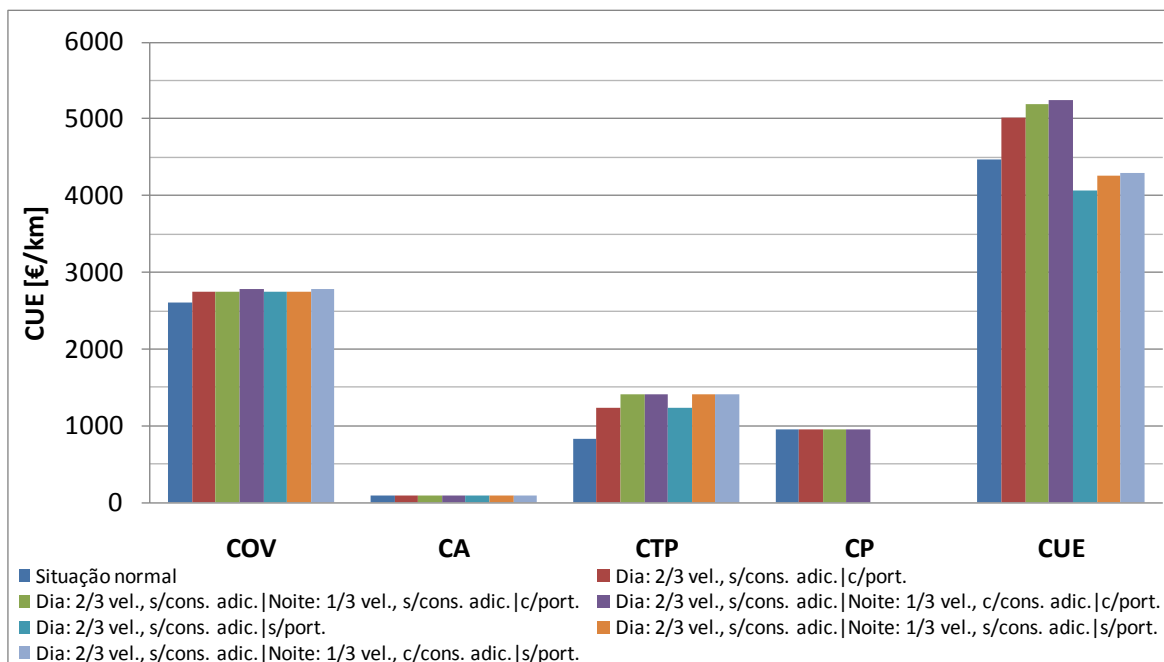


Figura 4.24 - Custos dos utentes das estradas e suas componentes para os diversos cenários estudados em 2010

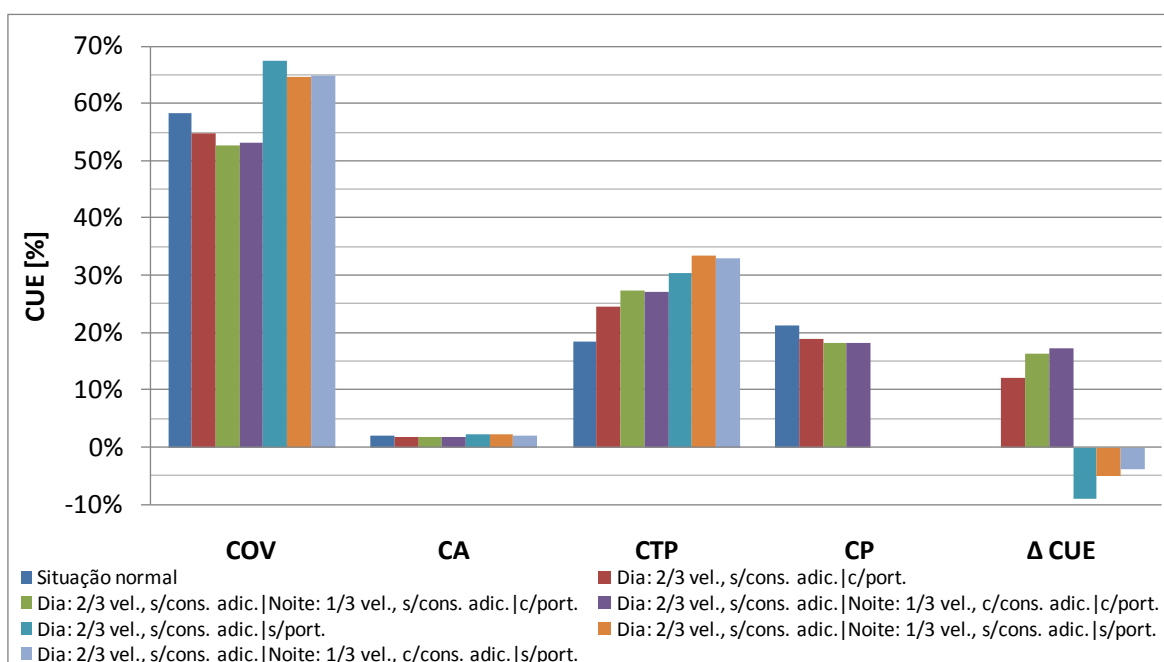


Figura 4.25 - Percentagens da variação das parcelas dos custos dos utentes das estradas para os diversos cenários estudados em 2010

Após a análise do Quadro 4.33 e das Figuras 4.22 a 4.25, ao comparar os cenários de troços em obras com pagamento de portagens com a situação normal (velocidade de circulação normal e consumos médios), ou seja, onde não existem troços em obras, para a concessão Scutvias e para dados referentes a 2010, verificou-se um custo do utente unitário acrescido que pode representar 12 a 17% do CUE médio. Tal facto deve-se ao aumento dos COV (na sua componente de combustível) e dos CTP (devido à redução da velocidade). No entanto, quando o utente não tem que pagar portagens e o troço se encontra em obras, dá-se uma diminuição do custo do utente de 4 a 9% sensivelmente, suplantando o custo adicional de COV e CTP. Tal facto deve-se à contribuição significativa do custo de portagem no CUE neste tipo de redes, com uma contribuição semelhante à parcela dos CTP, representando cerca de 20% do custo total suportado pelos utentes.

De referir ainda que não pagamento de portagens só é justificado em determinados contextos descritos na legislação em vigor, contextos estes que já foram descritos no ponto 3.4 deste documento.

Assim, da aplicação do modelo e cenários considerados à concessão Scutvias, fica como referência, que a existência de troços em obras nas estradas multivias pode representar um custo adicional para o utente, nestas zonas, entre 12 a 17% do CUE médio.

4.6 - Conclusões

No que se refere ao comprimento dos troços em obras, verificou-se a existência de várias metodologias que permitem determinar o comprimento ideal destas zonas em função da minimização dos custos totais para os utentes das estradas e do efeito provocado na circulação do tráfego. Em Portugal, a legislação existente, aplicável às redes multivias concessionadas, limita a extensão destas zonas a 10 km para trabalhos a decorrer em período diurno e a 3,5 km no período nocturno.

Na análise da variação dos custos optou-se por efectuar um cálculo dos CUE nestas zonas para um comprimento unitário de 1km, no entanto, está provado que quanto maior for a extensão da zona de intervenção, maior será a sua influência negativa na circulação do tráfego e consequentemente maior será o CUE associado.

Com base nas práticas e recomendações dos modelos existentes, optou-se por definir um conjunto de cenários em que a variação dos CUE é induzida por uma variação do consumo de combustível e do tempo de percurso, tendo-se considerado as situações com maior probabilidade de ocorrência e enquadradas na legislação existente (apesar do âmbito de aplicação corresponder apenas à rede multivias concessionada).

A modelação de filas não foi considerada explicitamente, no entanto, o seu efeito foi considerado em termos médios nos cenários em que a velocidade de circulação é fixada em 1/3 da velocidade de funcionamento normal.

Da avaliação da variação dos CUE unitários (€/km) para os cenários de troços em obras analisados é possível concluir, em termos gerais, que para uma redução da velocidade para 2/3 da velocidade normal de funcionamento e sem a consideração da variação de consumo de combustível, se verifica em AE um custo médio adicional de cerca de 10% para o conjunto das classes de veículos e de cerca de 18%-20% para IP, IC, ER e EN.

Para cenários com redução da velocidade para 1/3 e consumo adicional de combustível de 20%, esta variação é mais heterogénea, variando com a classe de veículo considerada, no entanto, é possível referir que neste caso o custo adicional pode ultrapassar os 70% em relação ao CUE médio.

Para períodos de trabalho diurnos, no cenário com redução da velocidade para 2/3, sem consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagens, os veículos pesados de passageiros possuem custos dos utentes das estradas superiores, quando comparados com a situação de velocidade normal de circulação, na qual é obrigatório o pagamento de portagens. Tal facto deve-se ao custo do tempo de percurso ser muito elevado, uma vez que transportam um número elevado de passageiros. O custo dos utentes das estradas é acrescido de 7% para os veículos pesados de passageiros no cenário de obras em períodos diurnos, com redução da velocidade para 2/3, sem consumo adicional de combustível e sem pagamento de portagens.

No cenário de obras em período nocturno com redução da velocidade para 1/3 e com consideração do consumo de combustível adicional, a classe de veículos pesados de passageiros é a classe que tem associados maiores custos em IP, IC, e EN/ER.

No entanto, é necessário ter em conta que esta classe de veículos representa apenas cerca de 2% do TMDA na rede nacional de estradas.

A variação dos CUE nos veículos pesados de mercadorias é mais baixa do que para as restantes classes de veículos, uma vez que estes veículos são tripulados por um único ocupante e a contribuição do CTP nos CUE total é mais reduzida em relação às restantes classes de veículos.

Verifica-se assim, que o custo do tempo de percurso é a componente com maior relevância no custo adicional dos utentes das estradas devido à existência de troços em obras, para todas as classes de veículos, mas no caso dos veículos pesados de passageiros, é ainda mais relevante devido ao que foi mencionado anteriormente.

Relativamente às conclusões que se podem retirar quando aplicado o modelo à concessionária Scutvias, é possível salientar:

- Ao comparar a situação normal, ou seja, onde não existem troços em obras, com a situação em que o utente paga portagem e existe uma intervenção no troço, verifica-se um custo do utente unitário acrescido de 12 a 17 % do CUE médio. Tal facto deve-se ao aumento dos COV e dos CTP. No entanto, quando o utente não tem que pagar portagens e o troço se encontra em obras, dá-se uma diminuição do custo do utente médio de cerca de 4 a 9%. Tal situação deve-se ao facto da contribuição do custo de portagens ter um peso semelhante ao CTP nos CUE totais, pelo que o não pagamento de portagens, mesmo com o aumento dos CTP e dos COV, compensa o custo adicional nestas zonas. Quanto ao não pagamento de portagens, apenas deve ser considerado nos contextos descritos na legislação.

- Todos os cálculos e resultados das análises efectuadas anteriormente com os dados referentes ao ano de 2010, foram também efectuados para o ano de 2006. No entanto, essas análises e resultados obtidos não foram colocados neste documento, uma vez que as conclusões das duas análises são idênticas.

Capítulo 5 - Conclusões e Recomendações para trabalhos futuros

5.1 - Conclusões gerais

No presente trabalho são apresentados os efeitos dos troços em obras nos custos suportados pelos utentes das estradas, sendo efectuada uma avaliação dos custos adicionais para os utentes devido à existência destas zonas.

Os custos com maior peso na determinação dos CUE são os COV, sendo essencialmente influenciados pelo estado dos pavimentos da rede e pelos troços em obras. Além destes custos, são geralmente considerados os custos do tempo de percurso e dos acidentes. Alguns modelos incorporam ainda custos relacionados com o desconforto e as portagens (se aplicáveis).

Após o estudo dos modelos de custos dos utentes do HDM-4, COBA, NZVOC, TxDOT, NJDOT, de custos dos utentes da JAE e do modelo português, pode concluir-se que embora o modelo HDM-4 seja o modelo mais completo que existe e adaptável a qualquer rede ou cenário, é de difícil aplicação, apresentando como desvantagem a questão da modelação de mudanças na idade e nos padrões de utilização.

Em zonas em obras, os custos do tempo de percurso são de extrema relevância, uma vez que o tempo extra dispendido pelos utentes na aproximação e no atravessamento destas zonas se traduz num aumento significativo deste custo, e por consequência, dos CUE totais. O custo adicional de consumo de combustível deve ser também considerado para os cenários de circulação a baixas velocidades, no entanto, a sua influência é menor quando comparada com a do tempo de percurso. O modelo português dos custos dos utentes das estradas constitui uma ferramenta simples que pode ser incluída no sistema de gestão rodoviária da rede nacional portuguesa, uma vez que nenhum outro modelo está a ser utilizado pela Administração das Estradas Portuguesas. No entanto, seria desejável ainda, para os refinamentos efectuados, melhorar a modelação das situações de filas nos troços em obras e o agravamento do custo dos acidentes nestas zonas.

Quanto ao comprimento dos troços em obras é definido pela legislação nacional aplicável a multivias concessionadas, que o valor máximo deve ser considerado igual a 10 km para trabalhos em curso durante o dia e a 3,5 km para trabalhos em curso durante a noite.

Apesar de se optar pelo cálculo unitário dos CUE, na análise da variação dos custos está provado que quanto maior for a extensão da zona de intervenção, maior será a influência negativa na circulação do tráfego e por sua vez, maior será o CUE associado.

Nos cenários definidos para análise foram consideradas as situações com maior probabilidade de ocorrência e enquadradas na legislação existente. Verificou-se assim em termos médios que na rede de AE o custo médio adicional representa cerca de 10% para o conjunto das classes de veículos, sendo este de 18 a 20% para as redes de IP, IC, ER e EN, no cenário em que é feita uma redução da velocidade para 2/3 e sem a consideração do consumo de combustível adicional. Para os cenários com redução da velocidade para 1/3 e consumo adicional de combustível de 20%, o custo adicional pode ultrapassar em 70% o CUE médio.

Os veículos pesados de passageiros possuem custos dos utentes das estradas superiores, em comparação com a situação com velocidade normal de circulação, para cenários com períodos de trabalho diurnos e com redução da velocidade para 2/3. O que leva a este facto, é o custo do tempo de percurso ser muito elevado devido ao número de ocupantes considerado para esta classe de veículos. Os veículos pesados de passageiros são a classe de veículos a que correspondem maiores custos unitários em IP, IC, EN e ER, no cenário de obras em período nocturno com redução da velocidade para 1/3. No entanto, estes representam na rede nacional de estradas cerca de 2% do TMDA total, pelo que a contribuição mais significativa corresponde ao custo adicional do tempo de percurso dos veículos ligeiros, já que representam cerca de 90% do tráfego total.

Quanto aos veículos pesados de mercadorias, a variação dos CUE é mais baixa, pela razão de serem tripulados apenas por um ocupante e pela contribuição da parcela dos CTP nos CUE totais ser menor em relação às restantes classes de veículos.

Nos cenários em que a velocidade de circulação é reduzida a 1/3, a modelação de filas foi considerada implicitamente pela definição de uma velocidade de circulação baixa e de um consumo adicional de combustível.

No que diz respeito à aplicação do modelo à concessão Scutvias (A23), pode concluir-se que:

- O custo do utente unitário (€/km/dia), para os cenários analisados, é acrescido nos troços em obras de 12 a 17% do CUE médio definido para a situação normal e com pagamento de portagem, devendo-se tal facto ao aumento dos COV e dos CTP;
- O custo do utente diminui em cerca de 4 a 9% nos cenários de não pagamento de portagem, mesmo com o aumento dos CTP e dos COV, devendo-se tal situação ao facto da contribuição do custo de portagem, ser semelhante à do custo do tempo de percurso na determinação dos CUE totais.

5.2 - Recomendações para trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, de forma a complementar o presente trabalho, sugere-se o desenvolvimento dos seguintes aspectos:

- a) Incorporar no modelo existente um sistema para a modelação de filas quando ocorrem estrangulamentos nas vias de circulação, visto que o modelo actual ainda não considera esta situação explicitamente;
- b) Incluir na formulação o agravamento do custo dos acidentes em troços em obras, uma vez que os utentes das estradas têm mais probabilidade de ter sinistros nesses mesmos troços do que circulando numa estrada sem este tipo de ocorrências;
- c) Avaliar o custo adicional dos utentes das estradas devido à existência de troços em obras para casos reais de redes de estradas do tipo IP, IC, ER e EN.

Referências Bibliográficas

- [1] Bennett, C. and Greenwood, I. @ (2001). http://www.romdas.com/projects/hdm-4/01-01-11_rue_book_final.pdf. "Modelling road user and environmental effects in HDM-4, Volume 7". The Highway Development and Management Series, PIARC, Paris.
- [2] Bertha Santos - Luís Picado-Santos - Victor Cavaleiro, "Custos Adicionais dos Utentes das Estradas devidos ao Estado dos Pavimentos e às Acções de Manutenção - Primeiros Desenvolvimentos", 5ª Conferência de Engenharia - Engenharia'2009 - Inovação e Desenvolvimento, UBI, Covilhã, 25 - 27 de Novembro de 2009.
- [3] Bertha Santos - Luís Picado-Santos - Victor Cavaleiro, "Definição, Análise e Aplicação de um Modelo de Custos dos Utentes Simplificado para a Rede Rodoviária Portuguesa", XV CILA - Congresso Ibero-Latino Americano do Asfalto, Lisboa, Portugal, 22 - 27 de Novembro de 2009.
- [4] Bertha Santos - Luís Picado-Santos - Victor Cavaleiro, "Additional Costs for Road Users due to Pavement State and Maintenance Actions: Initial Approach for Portuguese Conditions", ICTI - Second International Conference in Transport Infrastructure, São Paulo, Brasil, 4 - 6th August 2010.
- [5] Bertha Santos - Luís Picado-Santos - Victor Cavaleiro, "Custos dos Utentes na Gestão da Rede Rodoviária Nacional", 5º Congresso Rodoviário Português - Estrada 2008 - Sistemas Inteligentes, Logística e Turismo, Tema : Gestão da Rede, Estoril, 12 - 14 de Março de 2008.
- [6] Brisa@ (2007a). http://www.brisa.pt/Brisa/vPT/Apoio+a+Clientes/FAQs/#faq_{409DD9FE-8244-471A-B146-105F94886165}. Brisa - Auto-estradas de Portugal, S.A., Apoio a Clientes, Perguntas Frequentes.
- [7] Bryden, J. E., Crash Tests of Work Zone Traffic Control Devices, Research Report 147, Engineering Research and Development Bureau, New York State Department of Transportation, Albany, February 1990.
- [8] Cassidy, M. J., and Han, L. D. (1992). "Predicting vehicle delays and queue lengths on two-lane highways during maintenance activity." Proc., TRB 71st Ann. Mtg., Transportation Research Board, Washington, D.C.
- [9] Chien, S. and Schonfeld, P. - Optimal Work Zone Lengths for Four-Lane Highways, Journal of Transportation Engineering, Abril de 2001
- [10] COBA@ (2004). <http://www.dft.gov.uk/strategy/coba>. Design Manual for Roads and Bridges, Volume 13: "Economic Assessment of Road Schemes, Section 1: The COBA Manual". Department for Transport, Scottish Executive Development Department, Welsh Assembly Government, Llywodraeth Cynulliad Cymru, The Department for Regional Development, Northern Ireland.
- [11] Daniels, G., Ellis, D. and Stockton, Wm. @ (1999). <http://tti.tamu.edu/documents/407730.pdf>. "Techniques for manually estimating road user costs associated with construction projects". Texas Transportation Institute, Texas.
- [12] Decreto-Lei n.º 12/2008 de 9 de Junho, Diário da República n.º 110, 1ª Série
- [13] Decreto-Lei n.º 24/2007 de 18 de Julho, Diário da República n.º 137, 1ª Série
- [14] Dudeck, C.L., Hutchinson, R.D., Koppa, R.J., and Edwards, M.L. 1978. Human factors requirements for real time motorist information displays. Report No. FWHA-RD-78-14, Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System, College Station, Tex.
- [15] Dudek, C. L., and Richard, S. H. (1982). "Traffic capacity through urban freeway work zones in Texas." Transp. Res. Rec. 869, Transportation Research Board, Washington,

D.C., 14-18.

- [16] Dudek, C. L., Richard, S. H., and Buffington, J. L. (1986). "Some effects of traffic control on four-lane divided highways." *Transp. Res. Rec.* 1086, Transportation Research Board, Washington, D.C., 20-30.
- [17] Edwards, J. (1999). "*Transportation planning handbook*". Institute of Transportation Engineers, USA.
- [18] Figueira, F. (1984). "Estudo e Concepção de Estradas". Coimbra, Portugal (em Português).
- [19] GEPA, Gestão de Pavimentos, Lda. (1995). "Sistema de Gestão da Conservação. Sistema de Custos dos Utentes". JAE - Contrato 4915, Lisboa.
- [20] Hahn, K. C. e J. E. Bryden, Crash Test of Construction Zone Traffic Barriers, Research Report 82, Engineering research and Development Bureau, New York State Department of Transportation, Albany, June 1980.
- [21] *Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000)*. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2000.
- [22] Janson, B. N., Anderson, R. B., and Cummings, A. (1987). "Mitigating corridor travel impacts during reconstruction: An overview of literature, experiences, and current research." *Transp. Res. Rec.* 1132, Transportation Research Board, Washington, D.C., 34-41.
- [23] Jun Wang, Warren E. Hughes, Forrest M. Council and Jeffrey F. Paniati, "Investigations of Highway Work Zone Crashes: What We Know and What We Don't Know", Transportation Research Report, No. 1529, Pp 54-62.
- [24] Krammes, R. A., and Lopez, G. O. (1994). "Updated capacity values for short-term freeway work zone lane closures." *Proc., TRB 73rd Ann. Mtg.*, Transportation Research Board, Washington, D.C.
- [25] Martinelli, D. R., and Xu, D. (1996). "Delay estimation and optimal length for four-lane divided freeway workzones." *J. Transp. Engrg.*, ASCE, 122(2), 114-122.
- [26] McCoy, P. T., and Peterson, D. J. (1987). "Safety effects of two-lane two way segment length through work zones on normally four-lane divided highways." *Transp. Res. Rec.* 1163, Transportation Research Board, Washington, D.C., 15-21.
- [27] McCoy, P. T., Pang, M., and Post, E. R. (1980). "Optimum length of two-lane two-way no-passing traffic operation in construction and maintenance zones on rural four-lane divided highways." *Transp. Res. Rec.* 773, Transportation Research Board, Washington, D.C., 20-24.
- [28] Memmott, J. L., and Dudek, C. L. (1984). "Queue and cost evaluation of work zones (QUEWZ)." *Transp. Res. Rec.* 979, Transportation Research Board, Washington, D.C., 12-19.
- [29] Najafi, F. T. and Soares, R. (2001). "User costs at the work zone." NRC Research, Canada.
- [30] National Highway Traffic Safety Board, REport NTSB/SS-92-02, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, D. C., June 3, 1992.
- [31] Pain, R. F., McGee, H. W., and Knapp, B. G. (1981). "Evaluation of traffic control for highway work zones." NCHRP Rep. 236, Transportation Research Board, Washington, D.C.
- [32] Pereira, P. e Miranda, V. (1999). "*Gestão da conservação dos pavimentos rodoviários*". Universidade do Minho, Braga.
- [33] Pigman, J. G. and Agent, K. R. "Highway Accidents in Construction and Maintenance Work Zones", Transportation Research Record, No. 1270, Pp 12-21
- [34] Pigman, J. G., and Agent, K. R. (1990). "Highway accidents in construction and maintenance work zones." *Transp. Res. Rec.* 1270, Transportation Research Board,

Washington, D.C., 12-21.

- [35] QUADRO@ (2004). <http://www.dft.gov.uk/strategy/quadro>. Design Manual for Roads and Bridges, Volume 14: *"Economic Assessment of Road Maintenance: The QUADRO Manual"*. Department for Transport, U.K.
- [36] Richard, S. H., and Dudek, C. L. (1986). "Implementation of work-zone speed control measures." *Transp. Res. Rec.* 1086, Transportation Research Board, Washington, D.C., 36-42.
- [37] Road User Cost Manual (2001). New Jersey Department of Transportation, New Jersey.
- [38] Rouphail, N. M., and Tiwari, G. (1985). "Flow characteristics at freeway lane closures." *Transp. Res. Rec.* 1035, Transportation Research Board, Washington, D.C., 50-58.
- [39] Rouphail, N. M., Yang, Z. S., and Fazio, J. (1988). "Comparative study of short and long term urban freeway work zones." *Transp. Res. Rec.* 1163, Transportation Research Board, Washington, D.C., 4-14.
- [40] Santos, Bertha M. B. - Modelação dos custos dos utentes na gestão da estrada, Dissertação de Doutoramento, UBI, Agosto de 2007
- [41] Schonfeld, P. M., and Chien, I. J. (1999). "Optimal work zone lengths for two-lane highways." *J. Transp. Engrg., ASCE*, 125(1), 21-29.
- [42] State of New Jersey Department of Transportation@ (2001).
<http://www.state.nj.us/transportation/eng/documents/RUCM/Section2.shtm>.
"Section 2 - Road User Cost Components".
- [43] State of New Jersey Department of Transportation@ (2001).
<http://www.state.nj.us/transportation/eng/documents/RUCM>. "Road User Cost Manual".
- [44] State of New Jersey Department of Transportation@ (2001).
<http://www.state.nj.us/transportation/eng/documents/RUCM/Section1.shtm>.
"Section 1 - Work Zone and Traffic Characteristics".
- [45] Transfund (2001). *"Project Evaluation Manual"*. Wellington.
- [46] Transfund@ (2003). http://s89131297.onlinehome.us/lpcb/downloads/papers/2003_nzvoc_man.pdf. "Using the NZVOC Model To Prepare PEM Vehicle Operating Costs". New Zealand
- [47] U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration@
http://ops.fhwa.dot.gov/wz/traffic_analysis/index.htm. "Work Zone and Traffic Analysis".
- [48] U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration@
http://ops.fhwa.dot.gov/wz/traffic_mgmt/index.htm. "Work Zone Traffic Management".
- [49] U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration@
<http://ops.fhwa.dot.gov/wz/workersafety/index.htm>. "Worker Safety".
- [50] U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration@
<http://safety.fhwa.dot.gov/wz>. "Work Zones".
- [51] Underwood, C. (1994). "Time to re-cast the 1994/5 structure maintenance programme." *Hwy. and Transp.*, 14-15.
- [52] Watanatada, T. (1981). *"Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM). Model Description and User's Manual - Release II"*. Transportation, Water and Telecommunications Department Report, the World Bank, Washington, D.C.
- [53] Watanatada, T., Harral, C., Paterson, W., Dhareshwar, A., Bhandari, A. and

Tsunokawa, K. (1987). *"The Highway Design and Maintenance Standards Model, Volume 1 - Description"*. The World Bank, John Hopkins University Press.

- [54] Zhou, G.-C. (1996). "Combined costs of vehicle user and maintenance operation in four-lane divided highways by simulation analysis." Transp. Studies Ctr. Scholarly Paper, Civil Engineering Dept., University of Maryland, College Park, Md.

Anexos

Anexo A

**Aplicação Prática do Modelo Português de Custos
dos Utentes das Estradas para o ano de 2010 sem
incluir os efeitos das zonas de trabalho**

De seguida são apresentados os resultados da aplicação do modelo de CUE sem incluir os efeitos das zonas de trabalho à rede concessionada à SCUTVIAS - Auto-estradas da Beira Interior (A23), com portagem.

No Quadro A1 são apresentadas para as repartições do combustível, o consumo do combustível, o custo do combustível e o custo de mercado do combustível, para as classes de veículos VLP, VCL, VPM e VPP.

Quadro A1 - Repartição do combustível, consumo do combustível, custos do combustível e custos do mercado do combustível para as diferentes classes de veículos relativos ao ano de 2010

| CLASSE DE VEÍCULOS: VLP | | | | CLASSE DE VEÍCULOS: VCL | | | |
|-----------------------------------|-----------------|-------|---------------|-----------------------------------|-----------------|-------|---------------|
| Repartição do combustível [%/100] | <i>gasolina</i> | Rga | 0,5 | Repartição do combustível [%/100] | <i>gasolina</i> | Rga | 0 |
| | <i>gasóleo</i> | Rgo | 0,5 | | <i>gasóleo</i> | Rgo | 1 |
| Consumo [L/100km] | <i>gasolina</i> | Cga | 5,9 | Consumo [L/100km] | <i>gasolina</i> | Cga | 0 |
| | <i>gasóleo</i> | Cgo | 4,8 | | <i>gasóleo</i> | Cgo | 4,5 |
| cc1 [L/km] | | | 0,054 | cc2 [L/km] | | | 0,045 |
| Custo [€/L] | <i>gasolina</i> | PVPga | 1,485 | Custo [€/L] | <i>gasolina</i> | PVPga | 0 |
| | <i>gasóleo</i> | PVPgo | 1,270 | | <i>gasóleo</i> | PVPgo | 1,270 |
| Cmc1 [€/L] | | | 1,378 | Cmc2 [€/L] | | | 1,270 |
| <u>Cc1 [€/km]</u> | | | <u>0,0737</u> | <u>Cc2 [€/km]</u> | | | <u>0,0572</u> |

| CLASSE DE VEÍCULOS: VPM | | | | CLASSE DE VEÍCULOS: VPP | | | |
|-----------------------------------|-----------------|-------|---------------|-----------------------------------|-----------------|-------|---------------|
| Repartição do combustível [%/100] | <i>gasolina</i> | Rga | 0 | Repartição do combustível [%/100] | <i>gasolina</i> | Rga | 0 |
| | <i>gasóleo</i> | Rgo | 1 | | <i>gasóleo</i> | Rgo | 1 |
| Consumo [L/100km] | <i>gasolina</i> | Cga | 0 | Consumo [L/100km] | <i>gasolina</i> | Cga | 0 |
| | <i>gasóleo</i> | Cgo | 44 | | <i>gasóleo</i> | Cgo | 36 |
| cc3 [L/km] | | | 0,440 | cc4 [L/km] | | | 0,360 |
| Custo [€/L] | <i>gasolina</i> | PVPga | 0 | Custo [€/L] | <i>gasolina</i> | PVPga | 0 |
| | <i>gasóleo</i> | PVPgo | 1,270 | | <i>gasóleo</i> | PVPgo | 1,270 |
| Cmc3 [€/L] | | | 1,270 | Cmc4 [€/L] | | | 1,270 |
| <u>Cc3 [€/km]</u> | | | <u>0,5588</u> | <u>Cc4 [€/km]</u> | | | <u>0,4572</u> |

No Quadro A2 estão apresentados o número de pneus, o custo de mercado dos pneus, o período de vida médio dos pneus e os custos dos pneus, para as classes de veículos VLP, VCL, VPM e VPP.

Quadro A2 - Número de pneus, custos de mercado dos pneus, período de vida médio dos pneus e custos dos pneus para as diferentes classes de veículos relativos ao ano de 2010

| CLASSE DE VEÍCULO: VLP | |
|------------------------|---------------|
| np1 | 4 |
| Cmp1 [€/pneu] | 75 |
| pvp1 [km] | 40000 |
| <u>Cp1 [€/km]</u> | <u>0,0075</u> |

| CLASSE DE VEÍCULO: VCL | |
|------------------------|---------------|
| np2 | 4 |
| Cmp2 [€/pneu] | 64,5 |
| pvp2 [km] | 40000 |
| <u>Cp2 [€/km]</u> | <u>0,0065</u> |

| CLASSE DE VEÍCULO: VPM | | |
|------------------------|-------------------------|---------------|
| np3 | <i>tractor direcção</i> | 2 |
| | <i>tractor tracção</i> | 4 |
| | <i>semi-reboque</i> | 6 |
| | <i>total</i> | 12 |
| Cmp3 [€/pneu] | <i>direcção</i> | 490 |
| | <i>tracção</i> | 490 |
| | <i>semi-reb.</i> | 490 |
| pvp3 [km] | | 200000 |
| <u>Cp3 [€/km]</u> | | <u>0,0294</u> |

| CLASSE DE VEÍCULO: VPP | |
|------------------------|---------------|
| np4 | 6 |
| Cmp4 [€/pneu] | 343,5 |
| pvp4 [km] | 75000 |
| <u>Cp4 [€/km]</u> | <u>0,0275</u> |

No Quadro A3 estão apresentados os custos de mercado da manutenção total, o período de vida útil dos veículos, a quilometragem média anual percorrida e os custos de manutenção para as classes de veículos VLP, VCL, VPM e VPP.

Quadro A3 - Custos de mercado da manutenção total, período de vida útil, quilometragem média anual percorrida e custos de manutenção para as diferentes classes de veículos relativos ao ano de 2010

| CLASSE DE VEÍCULO: VLP | |
|------------------------|---------------|
| Cmmt1 [€] | 1625 |
| pvv1 [anos] | 10 |
| kma1 [km/ano] | 20000 |
| <u>Cm1 [€/km]</u> | <u>0,0081</u> |

| CLASSE DE VEÍCULO: VCL | |
|------------------------|---------------|
| Cmmt2 [€] | 1920 |
| pvv2 [anos] | 8 |
| kma2 [km/ano] | 30000 |
| <u>Cm2 [€/km]</u> | <u>0,0080</u> |

| CLASSE DE VEÍCULO: VPM | |
|------------------------|---------------|
| Cmmt3 [€] | 28920 |
| pvv3 [anos] | 12 |
| kma3 [km/ano] | 85000 |
| <u>Cm3 [€/km]</u> | <u>0,0284</u> |

| CLASSE DE VEÍCULO: VPP | |
|------------------------|---------------|
| Cmmt4 [€] | 16835 |
| pvv4 [anos] | 12 |
| kma4 [km/ano] | 70000 |
| <u>Cm4 [€/km]</u> | <u>0,0200</u> |

No Quadro A4 encontram-se os custos de mercado da desvalorização total, o período de vida útil, a quilometragem média anual percorrida e os custos de desvalorização para as diferentes classes de veículos.

Quadro A4 - Custos de mercado da desvalorização total, período de vida útil, quilometragem média anual percorrida e custos de desvalorização para as diferentes classes de veículos relativos ao ano de 2010

| CLASSE DE VEÍCULO: VLP | | CLASSE DE VEÍCULO: VCL | |
|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| Cmdt1 [€] | 17720 | Cmdt2 [€] | 11930 |
| pvv1 [anos] | 10 | pvv2 [anos] | 8 |
| kma1 [km/ano] | 20000 | kma2 [km/ano] | 30000 |
| <u>Cd1 [€/km]</u> | <u>0,0886</u> | <u>Cd2 [€/km]</u> | <u>0,0497</u> |

| CLASSE DE VEÍCULO: VPM | | CLASSE DE VEÍCULO: VPP | |
|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| Cmdt3 [€] | 87135 | Cmdt4 [€] | 223405 |
| pvv3 [anos] | 12 | pvv4 [anos] | 12 |
| kma3 [km/ano] | 85000 | kma4 [km/ano] | 70000 |
| <u>Cd3 [€/km]</u> | <u>0,0854</u> | <u>Cd4 [€/km]</u> | <u>0,2660</u> |

No Quadro A5 apresentam-se as diversas componentes dos custos de operação dos veículos, tráfego médio diário anual e proporção dos veículos para as diferentes classes de veículos VLP, VCL, VPM e VPP, e os COV totais para a concessionária Scutvias.

Quadro A5 - Componentes dos custos de operação dos veículos (€/km), tráfego médio diário anual (veículos/ano) e proporção dos veículos para as diferentes classes de veículos e os COV totais, relativos ao ano de 2010

| CLASSE DE VEÍCULO | CUSTO [€/km] | | | | |
|-------------------|--------------|--------|------------|----------------|---------------|
| | Combustível | Pneus | Manutenção | Desvalorização | <u>COV</u> |
| VLP | 0,0737 | 0,0075 | 0,0081 | 0,0886 | <u>0,1779</u> |
| VCL | 0,0572 | 0,0065 | 0,0080 | 0,0497 | <u>0,1213</u> |
| VPM | 0,5588 | 0,0294 | 0,0284 | 0,0854 | <u>0,7020</u> |
| VPP | 0,4572 | 0,0275 | 0,0200 | 0,2660 | <u>0,7707</u> |

| | | |
|--------------------------------|-----|----------------|
| TMDA [veículos/ano] | | 10574 |
| p1 [%/100] | VLP | 0,7972 |
| p2 [%/100] | VLC | 0,0648 |
| p3 [%/100] | VPM | 0,1289 |
| p4 [%/100] | VPP | 0,0091 |
| <u>COV Scutvias [€/km/dia]</u> | | <u>2613,90</u> |

No Quadro A6 encontram-se o número de acidentes com vítimas por ano, o tráfego médio diário anual, a extensão da secção em análise, a exposição a acidentes nas secções e intersecções e os custos do acidente do tipo j para diferentes tipos de vítimas.

Quadro A6 - Número de acidentes com vítimas por ano, tráfego médio diário anual (veículos/ano), extensão da secção em análise (km), exposição a acidentes nas secções e intersecções (total) (veículos*km/ano), custo do acidente do tipo j (assistência policial e médica) (€/acidente) e custo do acidente do tipo j (€/km/veículo) para diferentes tipos de vítimas relativo ao ano de 2010

| ACIDENTE COM FERIDOS LIGEIOS | |
|------------------------------|------------------|
| NAA1 [acidentes/ano] | 59 |
| TMDA [veículos/ano] | 10574 |
| l [km] | 177,5 |
| EA [veículos*km/ano] | 685063025 |
| TS1 [acidentes/veículo/km] | 8,612E-08 |
| ca1 [€/acidente] | 75,5 |
| <u>CA1 [€/km/veículo]</u> | <u>6,502E-06</u> |

| ACIDENTE COM FERIDOS GRAVES | |
|-----------------------------|------------------|
| NAA2 [acidentes/ano] | 10 |
| TMDA [veículos/ano] | 10574 |
| l [km] | 177,5 |
| EA [veículos*km/ano] | 685063025 |
| TS2 [acidentes/veículo/km] | 1,460E-08 |
| ca2 [€/acidente] | 263,5 |
| <u>CA2 [€/km/veículo]</u> | <u>3,846E-06</u> |

| ACIDENTE COM VITIMAS MORTAIS | |
|------------------------------|------------------|
| NAA3 [acidentes/ano] | 2 |
| TMDA [veículos/ano] | 10574 |
| l [km] | 177,5 |
| EA [veículos*km/ano] | 685063025 |
| TS3 [acidentes/veículo/km] | 2,919E-09 |
| ca3 [€/acidente] | 353,5 |
| <u>CA3 [€/km/veículo]</u> | <u>1,032E-06</u> |

No Quadro A7 apresenta-se o tráfego médio diário anual, a extensão da secção em análise, a exposição a acidentes nas secções e intersecções (total), a taxa de sinistralidade, o número de acidentes com vítimas por ano, o número de vítimas por ano, o número médio de vítimas por acidente e os custos da vítima para os diferentes tipos de vítimas.

Quadro A7 - Tráfego médio diário anual (veículos/ano), extensão da secção em análise (km), exposição a acidentes nas secções e intersecções (total) (veículos*km/ano), taxa de sinistralidade (acidentes/veículo/km), número de acidentes com vítimas por ano (acidentes/ano), número de vítimas por ano (vítimas/ano), número médio de vítimas por acidente (vítimas/acidente) e custos da vítima (€/vítima e €/km/veículo) para os diferentes tipos de vítimas relativo ao ano de 2010

| FERIDOS LIGEIOS | |
|---------------------------|----------------|
| TMDA [veículos/ano] | 10574 |
| l [km] | 177,5 |
| EA [veículos*km/ano] | 685063025 |
| TS [acidentes/veículo/km] | 1,036E-07 |
| NAA [acidentes/ano] | 71 |
| NV1 [vítimas/ano] | 88 |
| NMV1 [vítimas/acidente] | 1,239 |
| cv1 [€/vítima] | 40000 |
| CV1 [€/km/veículo] | 0,00514 |

| FERIDOS GRAVES | |
|---------------------------|----------------|
| TMDA [veículos/ano] | 10574 |
| l [km] | 177,5 |
| EA [veículos*km/ano] | 685063025 |
| TS [acidentes/veículo/km] | 1,036E-07 |
| NAA [acidentes/ano] | 71 |
| NV2 [vítimas/ano] | 15 |
| NMV2 [vítimas/acidente] | 0,211 |
| cv2 [€/vítima] | 90000 |
| CV2 [€/km/veículo] | 0,00197 |

| VÍTIMAS MORTAIS | |
|----------------------------|----------------|
| TMDA (veículos/ano): | 10574 |
| l (km): | 177,5 |
| EA (veículos*km/ano): | 685063025 |
| TS (acidentes/veículo/km): | 1,036E-07 |
| NAA (acidentes/ano): | 71 |
| NV3 (vítimas/ano): | 2 |
| NMV3 (vítimas/acidente): | 0,0282 |
| cv3 (€/vítima): | 500000 |
| CV3 (€/km/veículo): | 0,00146 |

No Quadro A8 apresenta-se o cálculo dos custos totais dos acidentes na Scutvias (A23).

Quadro A8 - Custos totais dos acidentes na Scutvias (A23) (€/km/veículo e €/km/dia) relativo ao ano de 2010

| | |
|--|-----------------------|
| TMDA [veículos/ano] | 10574 |
| CA1 [€/km/veículo] | 6,502E-06 |
| CA2 [€/km/veículo] | 3,846E-06 |
| CA3 [€/km/veículo] | 1,032E-06 |
| ΣCA [€/km/veículo] | 1,138E-05 |
| CV1 [€/km/veículo] | 0,00514 |
| CV2 [€/km/veículo] | 0,00197 |
| CV3 [€/km/veículo] | 0,00146 |
| ΣCV [€/km/veículo] | 0,00857 |
| <u>CA_Scutvias [€/km/veículo]</u> | <u>0,00858</u> |
| <u>CA_Scutvias [€/km/dia]</u> | <u>90,72</u> |

No Quadro A9 apresenta-se o cálculo dos custos do tempo de percurso para as diversas classes de veículos e diversos tipos de itinerários.

Quadro A9 - Custos do tempo de percurso (€/km/veículo) para as diversas classes de veículos e diversos tipos de itinerários relativo ao ano de 2010

| VEÍCULOS LIGEIOS DE PASSAGEIROS | | | VEÍCULOS COMERCIAIS LIGEIOS | | |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|
| CT1 [€/h] | 6,93 | | CT1 [€/h] | 6,93 | |
| CT2 [€/h] | 1,73 | | CT2 [€/h] | 1,73 | |
| TO11 | 1 | | TO21 | 1 | |
| TO12 | 1 | | TO22 | 0 | |
| | | | | | |
| Tipo de itinerário | Velocidade [km/h] | CTP1 [€/km/veículo] | Tipo de itinerário | Velocidade [km/h] | CTP2 [€/km/veículo] |
| EN, ER | 70 | <u>0,124</u> | EN, ER | 70 | <u>0,099</u> |
| IC | 80 | <u>0,108</u> | IC | 80 | <u>0,087</u> |
| IP | 90 | <u>0,096</u> | IP | 90 | <u>0,077</u> |
| AE | 120 | <u>0,072</u> | AE | 120 | <u>0,058</u> |

| VEÍCULOS PESADOS DE MERCADORIAS | | | VEÍCULOS PESADOS DE PASSAGEIROS | | |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------|
| CT1 [€/h] | 9,61 | | CT1 [€/h] | 9,61 | |
| CT2 [€/h] | 1,73 | | CT2 [€/h] | 1,73 | |
| TO31 | 1 | | TO41 | 1 | |
| TO32 | 0 | | TO42 | 23 | |
| | | | | | |
| Tipo de itinerário | Velocidade [km/h] | CTP3 [€/km/veículo] | Tipo de itinerário | Velocidade (km/h) | CTP4 [€/km/veículo] |
| EN, ER | 50 | <u>0,192</u> | EN, ER | 50 | <u>0,989</u> |
| IC | 60 | <u>0,160</u> | IC | 70 | <u>0,707</u> |
| IP | 80 | <u>0,120</u> | IP | 85 | <u>0,582</u> |
| AE | 100 | <u>0,096</u> | AE | 110 | <u>0,450</u> |

No Quadro A10 são apresentados os custos do tempo de percurso na Scutvias (A23).

Quadro A10 - Custos do tempo de percurso na Scutvias (A23) (€/km/veículo) para as diversas classes de veículos e diversos tipos de itinerários relativo ao ano de 2010

| | |
|--------------------------------|----------------------|
| TMDA [veiculos/ano] | 10574 |
| p1 [%/100] | 0,797 |
| p2 [%/100] | 0,065 |
| p3 [%/100] | 0,129 |
| p4 [%/100] | 0,009 |
| Tipo de itinerário: | AE |
| CTP1 [€/km/veículo] | 0,072 |
| CTP2 [€/km/veículo] | 0,058 |
| CTP3 [€/km/veículo] | 0,096 |
| CTP4 [€/km/veículo] | 0,450 |
| CTP_Scutvias [€/km/dia] | <u>822,30</u> |

No Quadro A11 apresenta-se os custos das portagens reais para as diferentes classes de veículos.

Quadro A11 - Portagens reais (€/km/veículo) para as diferentes classes de veículos relativas ao ano de 2010

| Classe de veículo | Portagem real [€/km/veículo] |
|-------------------|------------------------------|
| VLP | 0,075 |
| VCL | 0,075 |
| VPM | 0,185 |
| VPP | 0,130 |

No Quadro A12 apresenta-se o tráfego médio diário anual, a proporção dos diferentes tipos de veículos e os custos totais de portagem na Scutvias (A23).

Quadro A12 - Tráfego médio diário anual (veículos/ano), proporção dos diferentes tipos de veículos e custos totais de portagem (€/km/dia) na Scutvias (A23) relativos ao ano de 2010

| | |
|---|----------------------|
| TMDA [veículos/ano] | 10574 |
| p1 [%/100] | 0,7972 |
| p2 [%/100] | 0,0648 |
| p3 [%/100] | 0,1289 |
| p4 [%/100] | 0,0091 |
| <u>CPortagem_Scutvias [€/km/dia]</u> | <u>948,28</u> |

No Quadro A13 são apresentados os custos totais dos utentes das estradas na Scutvias (A23).

Quadro A13 - Custos totais dos utentes das estradas na Scutvias (A23) relativos ao ano de 2010

| Custos | CUE [€/km/dia] | CUE [%] |
|--------------|-------------------|----------------|
| COV | 2.613,90 € | 58,41% |
| CA | 90,72 € | 2,03% |
| CTP | 822,30 € | 18,37% |
| CP | 948,28 € | 21,19% |
| Total | 4.475,21 € | 100,00% |