

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Maria Adelaide Figueiredo Rodrigues

Avaliação e seleção de alternativas
intermodais no transporte de mercadorias
de longo curso - caso Português



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Maria Adelaide Figueiredo Rodrigues

Avaliação e seleção de alternativas
intermodais no transporte de mercadorias
de longo curso - caso Português

Tese de Mestrado
Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor José Manuel Henriques Telhada
Professora Maria Teresa Ribeiro Pereira

Outubro de 2012



Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desta dissertação, no entanto, gostaria de agradecer de uma forma muito especial às seguintes pessoas:

- Aos meus orientadores Professora Doutor José Telhada e a Professora Doutora Teresa Pereira pela sua amizade, orientação, encorajamento, acompanhamento e reuniões que resultaram no trabalho desenvolvido e apresentado nesta tese de mestrado.
- A empresa Garland por me ter facultado um conjunto de dados que me possibilitou testar o modelo.
- À empresa Duvalli pelo apoio concebido, e a todos os colegas que direta e indiretamente me apoiaram.
- Aos meus amigos que me encorajaram e apoiaram durante este período da minha vida.
- Aos meus pais e irmãos por todo o carinho, atenção e apoio dispensado e por estarem sempre presentes.
- Ao meu namorado, Luís, pela força transmitida e encorajamento para concluir esta etapa.





Resumo

Esta tese de mestrado apresenta os resultados de um modelo de apoio à tomada de decisão para o suporte de uma escolha de um determinado meio de transporte para a deslocação de mercadorias de longo curso.

O meio de transporte é visto como uma forma de deslocação de uma mercadoria de uma origem até um destino. Em qualquer operação de deslocação é necessário ter em atenção a carga transportada (quantidade, peso e valor), a distância a percorrer e o tempo de percurso.

Desde logo, começou-se por identificar e caracterizar os principais aspetos a ter em atenção na construção do modelo e na seleção de critérios.

Neste trabalho utilizou-se uma metodologia baseada num modelo multicritério, que tem como objetivo proporcionar uma abordagem sistemática a todo o processo de decisão, capaz de permitir selecionar, dentro de um conjunto de alternativas fornecidas, a mais vantajosa. Para isso, foram identificados os principais critérios, recorrendo a inquéritos e entrevistas, sendo que estes serviram de base para a avaliação de cada uma das alternativas dentro dos dois métodos que foram testados.

Identificados os critérios, foi necessário testá-los, identificando como cada um deles deveria ser medido e introduzi-los em dois diferentes modelos de apoio à tomada de decisão e perceber qual é melhor alternativa.

Uma vez que os critérios quantitativos foram tratados usando uma escala qualitativa, foi solicitada às empresas com que se costuma trabalhar, conhecendo já o seu nível de serviço, a apresentação de um orçamento com todas as despesas de envio incluídas (com cargas iguais) e tempo de transporte, de forma a perceber qual é o meio de transporte que, independentemente dos critérios, apresenta uma melhor solução, tendo-se assim conseguido testar a aplicabilidade do modelo multicritério com um caso real.

Por fim foi realizada uma avaliação da opção selecionada pelos modelos, de forma a perceber se modelos diferentes apresentam os mesmos resultados.

Palavras – Chave: Decisão Multicritério; Transporte de Mercadorias; Transporte Intermodal.





Abstract

This master thesis presents the results of a model to support decision making to support a choice of one medium / means of transport for the movement of goods over long distances.

The means of transport is seen as a form of movement of goods from a source to a destination. In any shift operation is necessary to take into account the payload (quantity, weight and value), distance traveled and travel time.

First, we started by identifying and characterizing key aspects to keep in mind in the presentation of the model and selection criteria.

In this study we used a methodology based on a multicriteria model, which aims to provide a systematic approach to the whole decision process, capable of allowing select, within a given set of alternatives, the most advantageous. For this, the main criteria were identified, using questionnaires and interviews, and these formed the basis for the assessment of each of the alternatives within the two models that were tested.

Identified criteria was necessary to test them, identifying how each will be measured and introduce them in two different models to support decision making and realize what is best carrier.

Once the quantitative criteria were treated using a ladder qualitative, was asked companies that normally work with, already knowing their level of service, presenting a budget with all shipping charges included (with equal loads) and time transport in order to realize what the means of transport, regardless of the criteria exhibits a better solution, and it was thus obtained test the applicability of multicriteria models with an actual case.

Finally an evaluation was made of the option selected by the models in order to understand whether different models show the same results.

Key - Words: Multicriteria Decision Making; Freight Transport, Intermodal Transportation





Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xiii
Índice de Quadros	xvii
Índice de equações.....	xix
Abreviaturas.....	xxi
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Enquadramento e motivação	1
1.2 - Objetivos.....	3
1.3 - Metodologia.....	4
1.4 - Estrutura do Documento	5
CAPÍTULO II – ESTADO DA ARTE DO SETOR DOS TRANSPORTES NA EU E EM PORTUGAL.....	7
2 - Transporte de mercadorias	7
2.1 - A logística do transporte de mercadorias na Europa	7
2.2 - Setor dos transportes em Portugal	11
2.2.1 - Transporte rodoviário.....	16
2.2.2 - Transporte ferroviário	18
2.2.3 - Transporte marítimo.....	20
2.3 – Análise ao setor dos transportes.....	23
2.4 – Conclusões	27
CAPÍTULO III – ESTADO DA ARTE DA INTERMODALIDADE E MODELOS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO.....	29
3. 1 - Intermodalidade	29



3.2 - Intermodalidade e os seus custos	33
3.3 - Programa Marco Polo II e a Intermodalidade.....	34
3.4 - Modelos desenvolvidos - intermodalidade	35
3.4.1 - Modelo intermodalidade	35
3.4.2 – Modelo – ITU (unidade de transporte intermodal)	37
3.4.3 - LAMBIT – Modelo de Análise de Localização para Terminais Intermodais.....	38
3.4.4 - DES (modelo de simulação de eventos discretos)	39
3.5 - Modelos de apoio á tomada de decisão	40
3.5.1 - Introdução	40
3.5.2 - Processo de apoio à tomada de decisão	41
3.5.3 - Problema de apoio à tomada de decisão	42
3.6 - Análise multicritério	44
3.6.1 - Classificação dos métodos multicritério	50
3.7 – Conclusões	75
CAPÍTULO IV – RECOLHA DE DADOS	77
4.1 - O sistema logístico Português.....	77
4.1 - Inquérito.....	79
4.1.1 - Resultado do inquérito	81
4.1.2 - Critérios do modelo.....	94
CAPÍTULO V – APLICAÇÃO DO MODELO.....	97
5.1 - Aplicação do modelo AHP	98
5.2 - Aplicação do modelo MMASITI.....	103
5.3 - Comparação dos métodos aplicados	116
CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES	121
REFERÊNCIAS	125
ANEXO A – MODELOS INTERMODALIDADE / MULTICRITÉRIO.....	137



Modelo/ Projeto – ITU (unidade de transporte Intermodal)	137
LAMBIT – Modelo de Análise de Localização para Terminais Intermodais.....	139
Modelo – DES (Modelo de simulação de eventos discretos).....	140
Método AHP	142
Método ELECTRE	145
Método PROMETHEE	148
ANEXO B – PLATAFORMAS LOGÍSTICAS PORTUGUESAS	149
Plataformas Urbanas	149
Plataformas Portuárias.....	151
Plataformas Transfronteiriças	156
Plataformas de carga aérea.....	162
ANEXO C - INQUÉRITO	165



Índice de Figuras

Figura 2.1 – Total de Mercadorias Transportadas na UE por modo de transporte, em 2010	9
Figura 2.2 – Taxa de variação homóloga 2009 - 2010 da totalidade de mercadorias transportadas, por modo de transporte, nos principais países da EU	10
Figura 2.3 – Dinâmicas territoriais de evolução na Europa	11
Figura 2.4 – Comércio internacional de mercadorias.....	12
Figura 2.5 – Comércio de mercadorias por países de origem e destino – 2010	13
Figura 2.6 – Quantidade de mercadorias transportadas por modo de transporte, em 2005 -2009.....	14
Figura 2.7 – Exportações por modo de Transporte	15
Figura 2.8 – Importações por modo de Transporte	15
Figura 2.9 – Toneladas transportadas em Portugal e na UE-27 por modo rodoviário, 2006-2009.....	16
Figura 2.10 – Distribuição das toneladas de mercadorias transportadas por modo rodoviário na UE27, 2009	17
Figura 2.11 – Rácio entre mercadorias carregadas e descarregadas nos principais países da UE27, 2009	18
Figura 2.12 – Rede ferroviária com serviços de mercadorias	19
Figura 2.13 – Embarcações de comércio nos portos nacionais, 2010.....	20
Figura 2.14 – Embarcações entradas nos portos, 2010.....	21
Figura 2.15 – Mercadorias movimentadas nos portos.....	21
Figura 2.16 – Mercadorias movimentadas nos portos, segundo tipo de tráfego, 2010 ..	22
Figura 2.17 – Setores mais Poluidores	23
Figura 2.18 – Critérios a considerar na escolha de um determinado modo de transporte	24
Figura 2.19 – Fatores para a determinação do preço de transporte	25
Figura 3. 1 – Alguns modos de transporte intermodal	30
Figura 3. 2 – Cadeia de transporte Intermodal	30
Figura 3. 3 – Evolução da Distribuição Modal de mercadorias na Europa.....	31
Figura 3. 4 – Sistema de transporte Intermodal.....	32
Figura 3. 5 – Sistema de transporte Intermodal.....	33

Figura 3. 6 – Modelo Intermodal.....	36
Figura 3. 7 – Modelo – LAMBIT	39
Figura 3. 8 – Passos necessário para o desenvolvimento do modelo de simulação	39
Figura 3. 9 – O processo – decisão.....	41
Figura 3. 10 – Modelo do tomada de decisão.....	41
Figura 3. 11 – O processo de tomada de decisão.....	43
Figura 3. 12 – Ciclo completo da resolução de problemas.....	43
Figura 3. 13 – Avaliação de alternativas	44
Figura 3. 14 – Etapas de uma análise multicritério	45
Figura 3. 15 – Vantagens da análise multicritério	46
Figura 3. 16 – Tomada de decisão multiatributo	47
Figura 3. 17 – Grandes Estratégias de Apoio Multicritério à Decisão	49
Figura 3. 18 – Estruturação e decomposição do problema no método AHP.....	52
Figura 3. 19 – Fluxograma do Procedimento Analítico do AHP	53
Figura 3. 20 – Distância das Alternativas à Solução Ideal e Anti Ideal	56
Figura 3. 21 – Matriz de Decisão	56
Figura 3. 22 – Normalização por vetor.....	57
Figura 3. 23 – Matriz dos Valores das Alternativas Normalizadas.....	60
Figura 3. 24 – Processo de solução do método ELECTRE.....	63
Figura 3. 25 – Fluxograma do processo iterativo do método MACBETH.....	67
Figura 3. 26 – Passos para a resolução de um problema recorrendo à metodologia MACBETH.....	68
Figura 3. 27 – Modelo multicritério em Análise	69
Figura 4.1 - Plataforma logística MOPTC (2006b).....	78
Figura 4.2 - Plataformas Logísticas Portuguesas MOPTC (2010)	79
Figura 4.3 – Empresas que responderam ao inquérito.....	81
Figura 4.4 - Atividade logística das empresas inquiridas.....	82
Figura 4.5 - Tipo de carga utilizada pelas empresas inquiridas.....	82
Figura 4.6 - Principais países Importadores e Exportadores	83
Figura 4.7 - Taxa de utilização de cada um dos diferentes meios de transporte	83
Figura 4.8 - Nível de serviços dos diferentes modos de transporte.....	84
Figura 4.9 - Vantagens da utilização dos diferentes modos de transporte	85
Figura 4.10 - Características essenciais para a seleção do local de embarque/ desembarque	86



Figura 4.11 - Fatores para o sucesso do transporte Intermodal	87
Figura 4.12 - Fatores permitiram aumentar a utilização do transporte ferroviário.....	89
Figura 4.13 - Critérios para aumentar a utilização do transporte marítimo.....	90
Figura 4.14 - Critérios para a utilização do transporte intermodal.....	91
Figura 4.15 - Fatores a selecionar na escolha de um modo de transporte	92
Figura 5. 1 – Peso global das alternativas	102
Figura 5. 2 – Alternativas candidatas à seleção.....	105
Figura 5. 3 – Critérios de análise.....	105
Figura 5. 4 – Definição de cumprimento dos prazos de entrega	106
Figura 5. 5 – Definição de Tarifa de transporte.....	106
Figura 5. 6 – Ordenação dos critérios por ordem de importância	107
Figura 5. 7 – Peso atribuído a cada um dos diferentes critérios	107
Figura 5. 8 – Definição do nível ‘neutro’	108
Figura 5. 9 – Definição do nível ‘melhor’	108
Figura 5. 10 – Definição do nível ‘ligeiramente melhor’	109
Figura 5. 11 – Valor atribuído ao nível muito melhor.....	109
Figura 5. 12 – Valor atribuído a cada um dos diferentes níveis	110
Figura 5. 13 – Níveis de atratividade.....	110
Figura 5. 14 – Definição de nível ‘neutro’ e ‘melhor’ para o critério cumprimentos dos prazos de entrega	111
Figura 5. 15 – Atribuição de valor e nível ao critério tarifa de transporte	111
Figura 5. 16 – Atribuição de valor e nível ao critério tempo de transporte.....	112
Figura 5. 17 – Atribuição de valor e nível ao critério cumprimento dos prazos de entrega	113
Figura 5. 18 – Atribuição de valor e nível ao critério nível de serviço	113
Figura 5. 19 – Resultados do modelo – melhor opção	114
Figura 5. 20 – Análise de robustez com variação do critério tempo de transporte	115
Figura 5. 21 – Análise de robustez com variação do critério nível de serviço.....	115
Figura A. 1 – Modelo/ Projeto – ITU (unidade de transporte Intermodal)	138
Figura A. 2 – Modelo – LAMBIT	139
Figura A. 3 – Passos necessário para o desenvolvimento do modelo de simulação	140
Figura A. 4 – Estruturação hierárquica do método AHP.....	142
Figura A. 5 – Representação de uma matriz.....	144
Figura B. 1 – Plataforma urbana de Maia/ Frofa.....	149



Figura B. 2 – Vias de acesso plataforma urbana da Maia/ Trofa	150
Figura B. 3 - Plataforma urbana de Poceirão.....	150
Figura B. 4 – Vias de acesso plataforma urbana do Poceirão	151
Figura B. 5 – Plataforma portuária de Leixões – Gatões/ Guifões e Gonçalves	151
Figura B. 6 – Vias de acesso plataforma portuária de Leixões Gatões/ Guifões e Gonçalves	152
Figura B. 7 – Plataforma de Aveiro.....	153
Figura B. 8 – Vias de acesso à plataforma portuária de Aveiro	153
Figura B. 9 – Plataforma portuária de Lisboa	154
Figura B. 10 – Vias de acesso à plataforma portuária da Bobadela/ Sobralinho	155
Figura B. 11 - Plataforma portuária de Sines	155
Figura B. 12 – Vias de acesso à plataforma portuária de Sines.....	156
Figura B. 13 – Plataforma transfronteiriça de Valença	157
Figura B. 14 – Vias de acesso à plataforma Transfronteiriça de Valença.....	157
Figura B. 15 – Plataforma transfronteiriça de Chaves.....	158
Figura B. 16 – Vias de acesso à plataforma Transfronteiriça de Chaves	158
Figura B. 17 – Plataforma transfronteiriça de Guarda.....	159
Figura B. 18 – Vias de acesso à plataforma Transfronteiriça da Guarda	159
Figura B. 19 – Plataforma transfronteiriças de Tunes	160
Figura B. 20 – Vias de acesso à plataforma Transfronteiriça de Tunes	161
Figura B. 21 – Plataforma transfronteiriça de Elvas/Caia	161
Figura B. 22 – Vias de acesso à plataforma Transfronteiriça de Elvas/Caia.....	162
Figura B. 23 – Plataforma de carga aérea – Porto	162
Figura B. 24 - Plataforma de carga aérea – Lisboa	163



Índice de Quadros

Quadro I – Mercadorias transportadas consoante o seu volume	26
Quadro II - Custo externo por Modo de Transporte (€1000t/km).....	36
Quadro III – Índice Randómico.....	55
Quadro IV – Exemplo da conversão de uma escala verbal em cardinal	59
Quadro V – Exemplo da conversão de uma escala verbal em cardinal.....	71
Quadro VI – Aspetos a alterar no transporte rodoviário	88
Quadro VII – Comparação das alternativas em função do critério tarifa de transporte .	98
Quadro VIII – Valor médio atribuído a cada alternativa em função do critério tarifa de transporte	98
Quadro IX – Comparação das alternativas em função do critério tempo de transporte .	99
Quadro X – Valor médio atribuído a cada alternativas em função do critério tempo de transporte	99
Quadro XI – Comparação das alternativas em função do critério cumprimento dos prazos de entrega	100
Quadro XII – Valor médio atribuído a cada alternativa em função do cumprimento dos prazos de entrega	100
Quadro XIII – Comparação das alternativas em função do critério nível de serviço...	100
Quadro XIV – Valor médio atribuído a cada alternativa em função do critério nível de serviço.....	101
Quadro XV – Quadro resumo da análise das alternativas e pesos dos diferentes critérios	101
Quadro XVI – Análise sensibilidade – hipótese 1.....	102
Quadro XVII – Análise sensibilidade – hipótese 2	102
Quadro XVIII – Escala utilizada no modelo MMASSITI.....	103
Quadro XIX – Escala Fundamental de Saaty	143





Índice de equações

(1) - Índice de concordância	54
(2) - Auto valor máximo.....	54
(3) - Razão de consistência.....	54
(4) - Cálculo na normalização por vetor.....	57
(5) - Cálculo dos pesos da matriz	57
(6) - Cálculo das soluções ideais positivas	58
(7) - Cálculo das soluções ideais negativas	58
(8) - Determinação da distância positiva ideal	58
(9) - Determinação da distância negativa ideal.....	58
(10) - Determinação da priorização	58
(11) - Determinação da medida de dominância de cada alternativa.....	60
(12) - Cálculo do fator onde existe ganho para função e onde a diferença é positiva....	60
(13) - Cálculo do fator onde existe ganho para função e onde a diferença é nula.....	60
(14) - Cálculo do fator onde existe ganho para função e onde a diferença é negativa ...	61
(15) - Cálculo do valor global de cada alternativa.....	62
(16) - Determinação do critério usual.....	64
(17) - Determinação do limiar de diferença.....	64
(18) - Determinação do limite de preferência.....	65
(19) - Determinação do Pseudocritério.....	65
(20) - Determinação da área de indiferença.....	65
(21) - Determinação do critério gaussiano	65
(22) - Determinação da agregação global.....	70
(23) - Taxa de cumprimento dos prazos de entrega.....	94
(24) - Tempo de transporte	95
(25) - Tarifa de transporte.....	96
(26) - Nível de serviço	96
(27) - Preço transporte intermodal.....	139
(28) - Índice concordância em que i é preferível a j	145
(29) - Índice concordância em que i é equivalente a j	145
(30) - Índice concordância em que j é preferível a i	145
(31) - Determinação da concordância positiva	145



(32) - Determinação da concordância nula.....	146
(33) - Determinação da concordância negativa	146
(34) - Determinação do rácio de concordância.....	146
(35) - Determinação da matriz de discordância.....	146
(36) - Classificação das alternativas	148



Abreviaturas

ADR – Transporte de mercadorias especiais

AHP – *Analytic Hierarchy process*

CE – Comunidade Europeia

DES - Modelo de simulação de eventos discretos

EU – União Europeia

GDM – Decisão em grupo

IC – Índice de Consistência

IMTT - Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres

INE – Instituto Nacional de Estatística

IR – Índice Randômico

ITU – Unidade de transporte intermodal

LAMBIT – Modelo de análise de localização para terminais intermodais

MACBETH – *Measuring attractiveness by a categorical based evaluation technique*

MCDA – Apoio à tomada de decisão multicritério

MMASSITI – Metodologia multicritério para a avaliação e seleção de sistemas de informação e tecnologias de informação

PIB – Produto Interno Bruto

PROMETHEE – *Preference ranking organization method for enrichment evaluation*

TI – Tecnologia de Informação

TODIM – Tomada de Decisão Interativa Multicritério

TOPSIS – *Technique for order preference by similarity to ideal solution*





CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1 - Enquadramento e motivação

Este trabalho surge na prossecução do Mestrado em Engenharia Industrial, especialidade de Logística e Distribuição, e resulta da experiência pessoal acumulada pela proponente ao longo do último ano no desempenho de funções de logística e transporte numa plataforma logística. Com a realização desta dissertação pretende-se conhecer a realidade Portuguesa do setor dos transportes de mercadorias e desenvolver um modelo multicritério que permita determinar, do ponto de vista do transportador ou do respetivo gestor, o “mix-ótimo” dos corredores logísticos, recorrendo à intermodalidade.

Após as últimas décadas de investimentos avultados em Portugal no domínio das infraestruturas de transporte de mercadorias e de apoio logístico, faz sentido investigar e estudar a congruência desses mesmos investimentos, face ao contexto económico e às expectativas em relação ao desenvolvimento da atividade de transporte de mercadorias. Por outro lado, é também relevante estudar os diversos atores do setor dos transportes de mercadorias, os fluxos movimentados em Portugal e as condições atuais para a escolha de uma distribuição mais eficiente dos transportes pelos diferentes modos. É pois sobre este último tipo de estudos que esta dissertação se enquadra.

O setor dos transportes gera 10% da riqueza da União Europeia no que diz respeito ao produto interno bruto (PIB) e emprega mais de dez milhões de pessoas (Europeia 2012). Assim, face a esta relevância económica, um país ou região sem um sistema de transporte eficaz, não se pode desenvolver adequadamente, pois este sistema é o elo de ligação entre a produção e o consumo, razão pela qual não se pode ignorar como funcionam, administrativa e operacionalmente, as técnicas aplicadas (que têm em conta as diferentes tarifas, prazos de entrega, qualidade de acondicionamento nas mercadorias) aos transportes modais (Hanaoka and Regmi 2011).

Em Portugal, o setor dos transportes é o maior consumidor de energia, com mais de 40% do total, ultrapassando todos os restantes setores de atividade económica sendo que este nível de consumo relativo tem apresentado uma tendência crescente, ao longo dos anos (Europeia 2007). Deste modo, verifica-se que, em 2009, havia uma repartição modal no transporte interno de mercadorias de 91.3% rodoviário, 5.3% marítimo e 3,4% ferroviário, contra os valores de 85.1%, 8.3% e 6.7%, respetivamente, no ano 2000

(IMTT 2012). Esta repartição e tendência é lesiva para o ambiente e geradora de dependência externa em energia, já que é precisamente o modo de transporte dominante, o modo rodoviário, também aquele que mais polui.

Tendo principalmente em conta a necessidade de mitigar o forte impacto negativo que os transportes incutem no ambiente, e simultaneamente o potenciamento da acessibilidade das empresas transportadoras à utilização de meios de transportes alternativos (ex: ferroviário), a UE tem vindo a impor, ao longo da última década, através de diretivas e regulamentação própria, a adoção de novas políticas que visam promover a competitividade e a intermodalidade (Santos *et al.* 2010). É disto exemplo, determinadas políticas e práticas que alguns estados membros comunitários têm vindo a implementar, tais como medidas de agravamento da tarifação do transporte rodoviário de mercadorias, o que resultará num agravamento dos seus custos, induzindo assim a transferência modal (Carrese and Tatarelli 2011, de Jong *et al.* 2004).

A eficiência da tomada de decisão no processo de avaliação e seleção do transporte modal ou intermodal consiste na escolha que, tanto quanto possível, ofereça melhores resultados, tanto em termos de custos logísticos mínimos, como no tempo de resposta e qualidade no serviço prestado ao cliente (Taylor *et al.* 2002).

Assim, é necessário investir na intermodalidade a fim de contribuir para um melhor aproveitamento dos recursos existentes devido à integração do transporte ferroviário, do transporte marítimo de curta distância, e do transporte fluvial na cadeia de abastecimento (Macharis *et al.* 2010). Neste contexto, refira-se, por exemplo, o programa "Marco Polo II", a decorrer no intervalo 2007-2013 que, precisamente, tem como propósito encontrar estratégias e políticas conducentes ao desvio do tráfego de mercadorias do modo rodoviário para modos mais amigos do ambiente (CE 2006).

A gestão do meio de transporte a utilizar pode ser definida como um processo de tomada de decisões que considera a variável modal num determinado sistema (Arnold *et al.* 2004). Decisões relacionadas com os diferentes meios de transporte são decisões complexas que procuram alcançar objetivos tangíveis, sendo que estes envolvem normalmente aspetos e interesses em conflito. Tudo isso complica o processo de escolha de caminhos e o uso de métodos auxiliares na escolha de alternativas, políticas, programas e meios de transporte (Qureshi *et al.* 2008, Tsung-Sheng 2008).

A tomada de decisão, deve procurar a opção que apresente o melhor desempenho, a melhor avaliação, o menor custo, a melhor qualidade, ou ainda, o melhor

acordo entre as expectativas do decisor e as suas disponibilidades em adotá-la (Qureshi *et al.* 2008, Tsung-Sheng 2008).

Os métodos multicritério constituem formas de modelar os processos de decisão, onde está em “jogo” uma decisão a ser tomada, os aspetos que podem afetar os resultados (restrições), os decisores e os próprios resultados. O seu grande objetivo é ajudar a analisar os dados no campo dos transportes e determinar a melhor estratégia de gestão do meio de transporte a utilizar (Arnold *et al.* 2004).

Em regra, a definição dos fatores decisoriais, a respetiva importância relativa e a classificação de cada uma das alternativas em cada um dos fatores, deverá envolver o trabalho de equipas multidisciplinares e/ou multidepartamentais no sentido de se obter o maior consenso possível neste processo de avaliação e seleção, tendo obviamente sempre como ponto de referência o cumprimento dos objetivos da respetiva empresa ou organização interessada.

1.2 - Objetivos

Este projeto visa caracterizar e analisar o atual estado do setor dos transportes de mercadorias em Portugal, no que respeita à escolha do modo de transporte e dos corredores logísticos usados, e desenvolver um modelo de apoio à decisão para a seleção do canal intermodal (ou unimodal), para o transporte de mercadorias de longo curso face a um conjunto de critérios a definir previamente. O modelo a desenvolver destina-se a operadores logísticos e irá ser usado como suporte à decisão operacional.

Como objetivos principais do projeto, propõe-se os seguintes:

1. Caracterizar o setor dos transportes de mercadorias de longo curso em Portugal, e analisar, em particular, as perceções e fatores de decisão que presidem à escolha do modo ou canal de transporte.
2. Desenvolver um modelo de apoio à decisão para a decisão e escolha da melhor solução intermodal do ponto de vista do gestor da operação.
3. Validar o modelo desenvolvido, aplicando-o a instâncias do problema num caso real de gestão numa empresa transportadora.
4. Analisar criticamente as condições de aplicabilidade do modelo, requisitos e conjunto de boas-práticas.

1.3 - Metodologia

A metodologia proposta consiste na caracterização do transporte intermodal e modelos de apoio à decisão usados no suporte as escolhas de transporte através da revisão da literatura na investigação que é realizada nesta área.

Para o desenvolvimento do modelo de apoio à decisão além do suporte bibliográfico, considera-se de crucial importância a promoção e execução de entrevistas e reuniões de trabalho com os diversos responsáveis da empresa selecionada para o estudo de caso.

De forma a perceber quais os critérios valorizados pelos agentes de transporte no que consiste à escolha de modos de transporte e soluções intermodais é elaborado um inquérito às principais empresas exportadoras/importadoras e agentes logísticos.

De seguida passa-se a descrever um pouco mais pormenorizadamente as tarefas envolvidas na prossecução de cada um dos objetivos propostos.

A informação que irá constituir a revisão bibliográfica desta dissertação vai ser consultada em revistas, bases de dados científicas, livros científicos, estatísticas sobre o setor dos transportes de mercadorias (INE, IMTT, Eurostat) e artigos publicados. Ao recorrer a estatísticas sobre o setor dos transportes vai ser possível caracterizá-lo, identificar os principais atores, corredores logísticos, e quantificar as saídas e volume por importações e exportações. As bases de dados, artigos e livros científicos irão permitir definir e caracterizar a logística intermodal e permitiram ainda determinar os principais eixos utilizados no transporte de mercadorias de longo curso. O estudo dos diferentes modelos de apoio à decisão, bem como a sua caracterização irá ser baseada em livros e artigos científicos, bases de dados científicas (consulta de modelos já existentes em formato informático e digital) e algumas revistas sobre programação linear e modelos multicritério.

Para a parte do estudo de caso, ou seja, os dados e informações necessárias para a caracterização e desenvolvimento do modelo de Apoio à Decisão irão ter três origens: a observação, a entrevista/ inquérito e a análise documental. Isto é, irão ser utilizados dados primários obtidos por observação direta (reuniões, inquéritos, entrevistas e visitas às indústrias com os diferentes modos de transporte) que irão permitir elaborar as alternativas e critérios e dados secundários obtidos por natureza documental que irão permitir recolher dados (preços por setor de transporte, normas de utilização, tempo de duração, acessibilidades, etc.). Os critérios e alternativas utilizadas no modelo terão

origem essencialmente nos inquéritos enviados a transitários e empresas importadoras/exportadoras e serão validados através de entrevistas.

Após desenvolver o modelo é necessário validá-lo. Neste sentido, irá ser aplicado a um caso prático, neste caso a uma empresa de transportes de mercadorias de longo curso, permitindo selecionar a melhor alternativa tendo como base um conjunto de critérios.

Para a sua aplicação serão necessários dados que serão obtidos por reunião, inquérito, entrevista e análise documental. Aplicado o modelo, será possível analisar criticamente os critérios de aplicabilidade, percebendo se realmente esses são os mais adequados. Para isso irá recorrer-se aos resultados obtidos através da aplicação do modelo.

1.4- Estrutura do Documento

O trabalho apresentado divide-se em seis capítulos. No presente capítulo foi feita a apresentação de todo o trabalho desenvolvido, contendo o enquadramento e motivação do tema em estudo, os objetivos que se pretendem ver alcançados no final do trabalho desenvolvido e a descrição da metodologia de ação a aplicar.

No capítulo II e III é apresentada a revisão bibliográfica que é a base que sustenta qualquer estudo científico. Assim, para o desenvolvimento deste trabalho, são estudados os seguintes temas: o transporte de mercadorias (diferentes meios de transporte e as suas principais características, a logística no setor dos transportes e a sua influência), intermodalidade (intermodalidade e os seus custos, programa Marco Polo II com a intermodalidade, e alguns modelos desenvolvidos recorrendo à intermodalidade). Por fim são estudados os modelos de apoio à tomada de decisão (análise multicritério e os seus diferentes modelos). Estes capítulos servem de base para todo o trabalho desenvolvido posteriormente.

Nos capítulos IV e V reporta-se o estudo de caso, onde consta uma caracterização do sistema logístico Português, de forma a perceber qual é a infraestrutura portuária mais utilizada numa determinada região. Depois é apresentado e estudado o inquérito enviado às empresas transitárias e importadoras/exportadoras, de forma a selecionar os critérios a incluir no modelo. Definidos os critérios é necessário testá-los em *software* de apoio à tomada de decisão. Para se testar os critérios recorre-se a dois diferentes *software*, sendo que os dados introduzidos são obtidos através de duas empresas. Foi solicitado a duas empresas transportadoras o orçamento para o transporte de uma carga



com as mesmas características e com o mesmo destino, de forma a perceber qual e solução mais viável (ir de transporte rodoviário apenas, ou então ir até ao porto de origem de transporte rodoviário e depois ir de transporte marítimo até ao porto de destino mais próximo.)

No capítulo VI são apresentadas as conclusões sobre todo o trabalho desenvolvido, e as considerações finais, recomendações e sugestões de trabalhos futuros.



CAPÍTULO II – ESTADO DA ARTE DO SETOR DOS TRANSPORTES NA EU E EM PORTUGAL

Neste capítulo irá ser apresentada a revisão do conhecimento científico relacionado com o tema em estudo, separado em duas vertentes distintas.

A primeira vertente consiste na análise e caracterização dos diferentes meios de transportes, deste a logística do setor dos transporte de mercadorias ao tipo de transporte mais utilizado quer na Europa quer em Portugal, a caracterização de cada meio de transporte e a quantidade importada e exportada por países de origem e destino, entre outros. Consiste ainda na identificação das principais plataformas logísticas (urbanas, portuárias, transfronteiriças) e portos logísticos portugueses e também dos principais países importadores e exportadores.

A segunda vertente diz respeito ao conhecimento e estudo do processo de apoio à tomada de decisão, dos diferentes métodos multicritério (tipos e classificação) e análise de modelos já desenvolvidos por diferentes autores. A aplicação desta segunda vertente irá permitir desenvolver um modelo para apoio à tomada de decisão tendo em conta os diferentes agentes logísticos a atuar em Portugal e na Europa.

2 - Transporte de mercadorias

2.1 - A logística do transporte de mercadorias na Europa

A logística tem assumido um papel cada vez mais relevante, enquanto parte da gestão da cadeia de abastecimento, tendo como objetivo satisfazer as necessidades de cada cliente, no local certo, no tempo previsto, e na quantidade adequada.

A logística desempenha um papel fundamental na garantia da mobilidade sustentável, contribuindo para que exista um ambiente mais limpo, e uma maior eficiência no setor dos transportes, quer de pessoas quer de mercadorias, e mais segurança no abastecimento energético, etc.

A política Europeia dos transportes tem sido caracterizada, ao longo dos últimos anos, pelo rápido crescimento do setor do transporte de mercadorias, o qual tem contribuído para a criação de um elevado número de postos de trabalho, um aumento do congestionamento de trânsito, acidentes, ruído, poluição e para um aumento da dependência de combustíveis fósseis (CE 2006).

Segundo a Comissão Europeia (CE), a logística tem vindo a assumir uma importância crescente na Europa, no âmbito das relações comerciais internacionais de mercadorias. Para melhorar a política de transportes, a logística Europeia pretende aumentar a eficiência de cada um dos diferentes modos de transporte e das respetivas combinações de forma a melhorar a sua utilização. Com a aplicação desta solução, será possível transportar mais quantidade de mercadoria com um número menor de veículos e meios de transporte, promovendo a interação entre os diferentes modos de transporte e diminuindo o congestionamento.

A utilização de diferentes modos de transporte, numa qualquer cadeia de transporte única, é um conceito contemporâneo que exige, acima de tudo, uma alteração das mentalidades.

Segundo a Comunidade Europeia (2006), a logística do transporte de mercadorias da União Europeia progrediu com um levantamento de necessidades, de onde se concluiu que era imprescindível atuar a diferentes níveis:

- Identificação dos principais componentes e elementos problemáticos e de possíveis soluções;
- Utilização de meios de transporte e infraestruturas de qualidade, quer através de uma boa gestão dos meios e infraestruturas existentes, quer construindo novas infraestruturas;
- Recurso a novas tecnologias da informação e de comunicação para verificação e gestão de todo o tráfego de mercadorias e de fluxos de informação e comunicação;
- Formação aos diferentes recursos humanos envolvidos;
- Melhoramento e monitorização do desempenho dos diferentes serviços logísticos, realizando alterações na gestão das redes logísticas e através do desenvolvimento de diferentes indicadores;
- Promoção e generalização das cadeias intermodais e multimodais;
- Análise e avaliação de dados estatísticos;
- Determinação de normas europeias de transporte comuns para as unidades de carregamento intermodais (plataformas e portos logísticos) no transporte intracomunitário.

Com as alterações apresentadas acima, em 2010, assistiu-se a uma ligeira retoma da economia em muitos países da União Europeia, situação que teve reflexo no setor

dos transportes Europeus, levando a alterações no que diz respeito à utilização dos diferentes modos de transporte, como se pode visualizar na Figura 2.1.

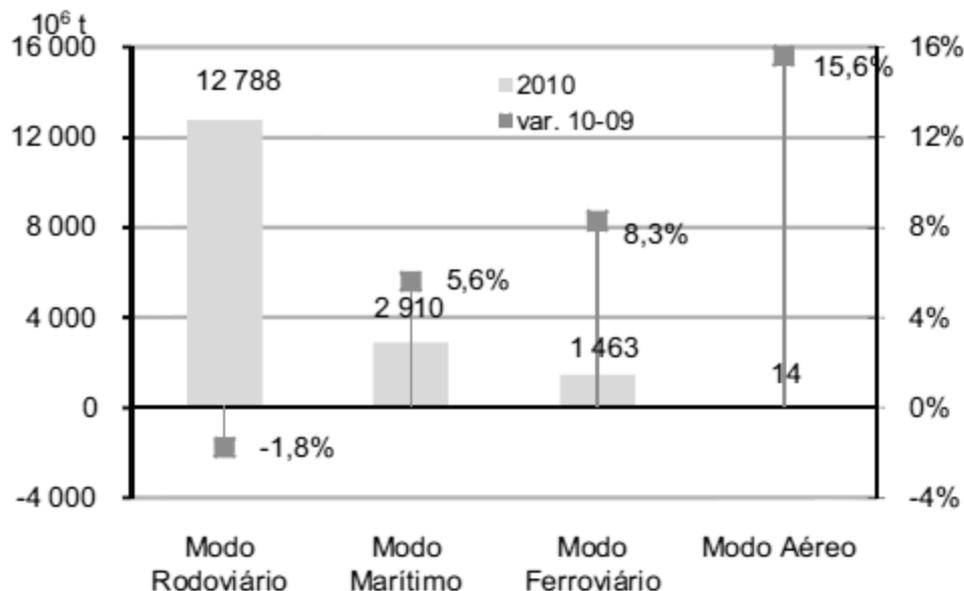


Figura 2.1 – Total de Mercadorias Transportadas na UE por modo de transporte, em 2010

Fonte: INE (2011)

Pela análise da Figura 2.1, pode concluir-se que, no que diz respeito ao transporte de mercadorias, o modo ferroviário apresentou um aumento em relação ao ano de 2009 de aproximadamente 8.3%, o modo aéreo aumentou 15.6%, o modo marítimo 5.6%, enquanto que o modo rodoviário registou um decréscimo de cerca de 1.8%. Apesar das variações apresentadas, o transporte rodoviário continua a ser, de longe, o modo mais utilizado em género e toneladas transportadas, seguido pelo marítimo, ferroviário e posteriormente o aéreo (residual). Comparativamente com o ano anterior (2009), pode observar-se uma estabilidade na importância relativa de cada um dos diferentes modos de transporte de mercadorias.

Se analisarmos o setor dos transportes de mercadorias nos países da União Europeia (Figura 2.2), verificam-se situações muito diversificadas. No transporte rodoviário de mercadorias, dos países com um maior volume de mercadorias transportadas destacam-se os decréscimos em Portugal (-14.2%), Holanda (-16.8%) e Espanha (-8.5%). Os países que verificaram um maior acréscimo deste modo de transporte foram a Finlândia (+13.5%) e a Polónia (+9.1%).

No transporte ferroviário, o crescimento mais considerável registou-se na Itália (49.1%), seguido da Suécia (21.4%), Áustria (16.6%) e Alemanha (14.1%). Os restantes países na União Europeia sofreram variações ligeiras.

No transporte marítimo de mercadorias, o crescimento mais significativo registou-se na Polónia (32%), seguido da Holanda (10%) e dos países do Báltico. Os restantes países na União Europeia sofreram pequenas variações. Todos estes dados foram obtidos a partir do Instituto Nacional de Estatística (2011).

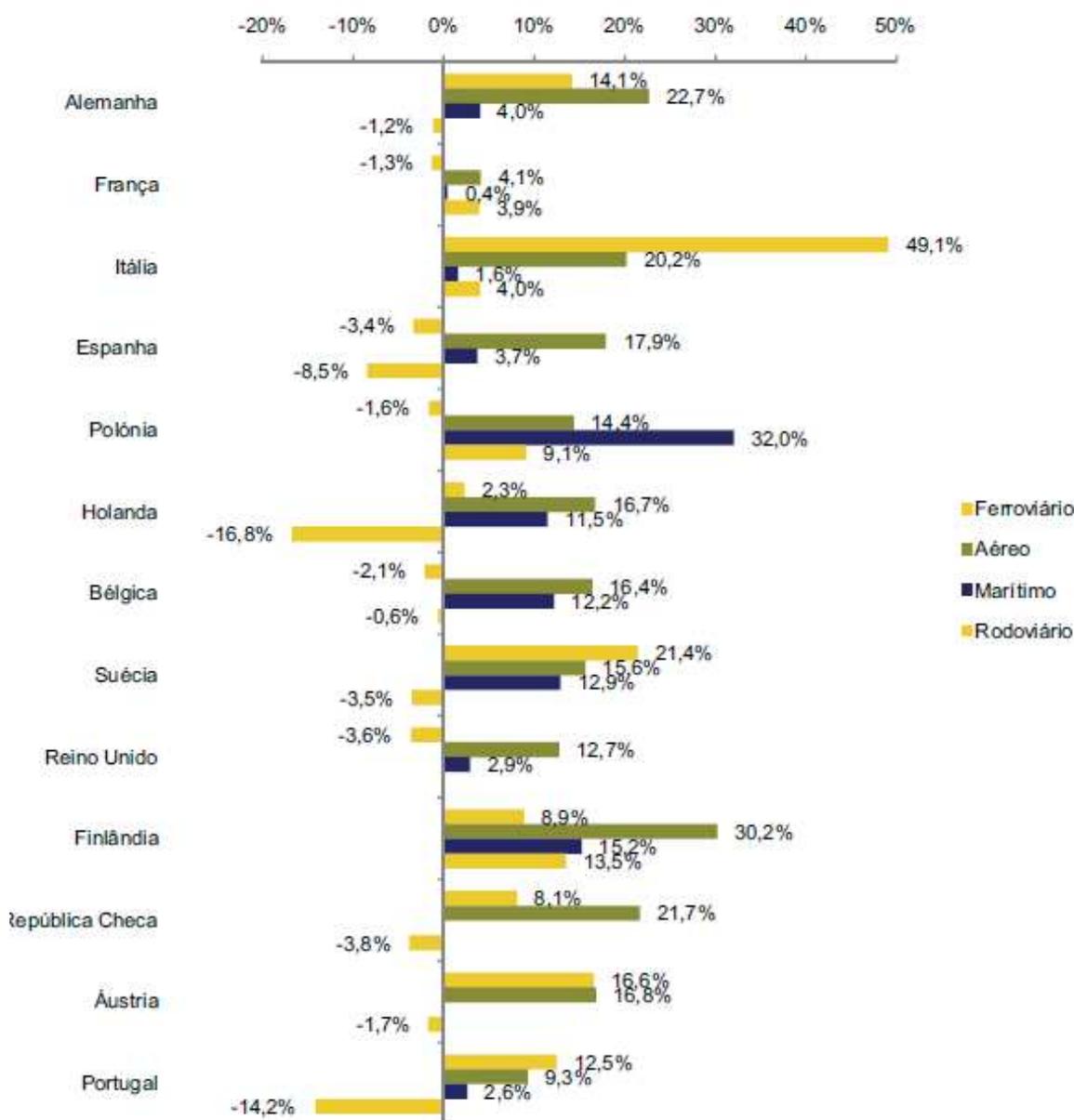


Figura 2.2 – Taxa de variação homóloga 2009 - 2010 da totalidade de mercadorias transportadas, por modo de transporte, nos principais países da EU

Fonte: INE (2011)

2.2 - Setor dos transportes em Portugal

O setor dos transportes é fundamental para o desenvolvimento da economia e do bem-estar da sociedade. O seu principal objetivo consiste na mobilidade que proporciona, que pode ser considerada como um dos requisitos essenciais para o exercício de uma atividade económica, e que permite o desenvolvimento de economias de escala em toda a União Europeia, como se pode visualizar na Figura 2.3 (Stead 2001, de Jong *et al.* 2004, Lindholm 2010).

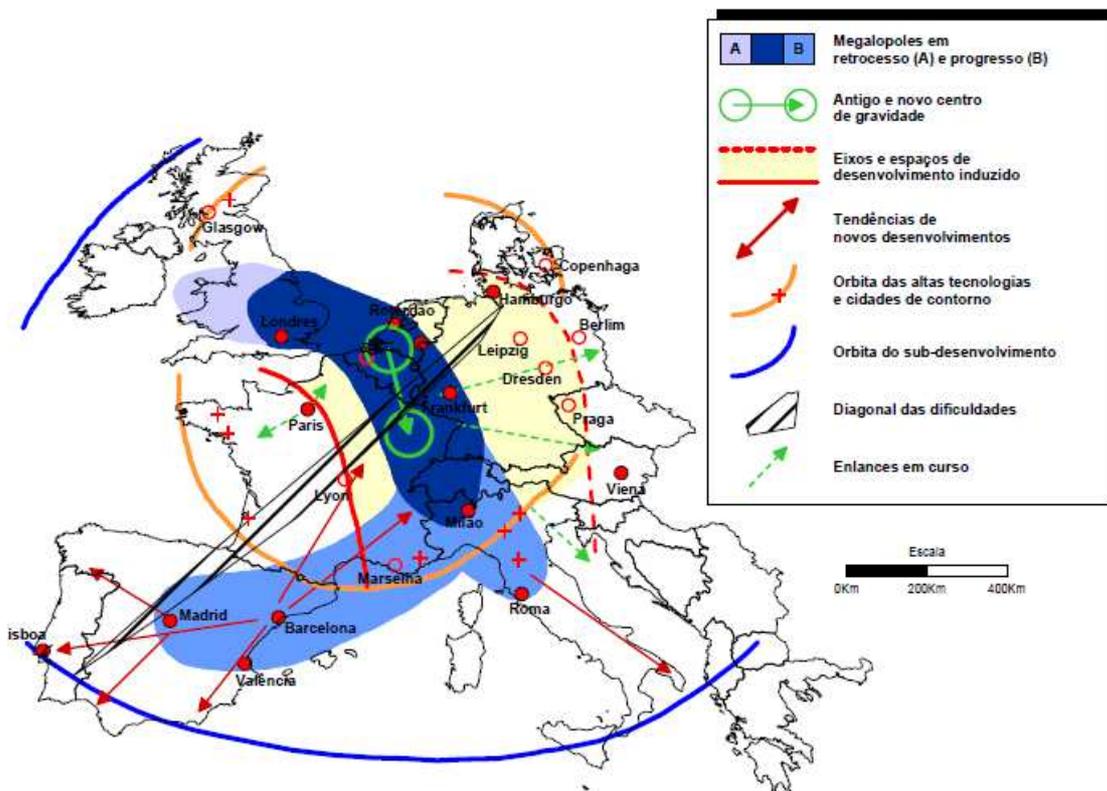


Figura 2.3 – Dinâmicas territoriais de evolução na Europa

Retirado de: Coutinho (2004)

Este setor permite a estruturação de redes complexas de distribuição entre os diversos produtores e consumidores existentes, separados entre distâncias espaciais, sendo reconhecido que a sua eficácia tem um impacto elevado sobre a produtividade e competitividade de uma qualquer nação, tal como sobre o crescimento do seu capital (Stead 2001, de Jong *et al.* 2004, Lindholm 2010).

O setor dos transportes tem uma elevada importância, pois no desenvolvimento da sua atividade envolve inúmeros agentes, nomeadamente:

- ✓ Operadores logísticos;
- ✓ Operadores intermodais;

- ✓ Operadores ferroviários, marítimos e rodoviários;
- ✓ Agentes de navegação;
- ✓ Entre outros...

Apesar do retrocesso que se tem verificado nos últimos anos na economia Portuguesa, e do aumento da inflação em 2010, o comércio internacional em Portugal aumentou ligeiramente, tal como pode ser visto através da evolução das transações comerciais (Figura 2.4).



Figura 2.4 – Comércio internacional de mercadorias

Adaptado de: INE (2011)

Até há pouco tempo atrás, Portugal importava mais mercadorias do estrangeiro do que o que exportava, ou seja, comprava-se mais do que o que se vendia, mas muito recentemente houve uma viragem, e pela primeira vez em 50 anos, passou a verificar-se o contrário. No entanto esta situação pode ser apenas temporária, sendo resultado da atual situação de contenção da despesa pública e sobretudo privada, e também do bom desempenho das exportações. Esta tendência faz com que o saldo da balança de mercadorias portuguesa se encontre deficitário, isto porque o valor das exportações não cobre o total do valor das importações.

Analisando a Figura 2.4, onde está representado o comércio internacional de mercadorias, pode concluir-se que as exportações sofreram um ligeiro aumento de 2009 para 2010, com um valor de aproximadamente 29 milhões de toneladas em 2010.

No que diz respeito às importações, estas diminuíram até ao ano de 2007, mantendo-se, desde esse ano, estagnadas, com um valor, em 2010, de quase 50 milhões de toneladas.

Os três principais mercados de destino das exportações portuguesas continuam a ser Espanha, Alemanha e França, que representaram 51,4% do valor total das exportações, situação que também se verifica nas importações como se pode verificar na Figura 2.5.

Comércio de mercadorias por países de destino ou origem - 2010

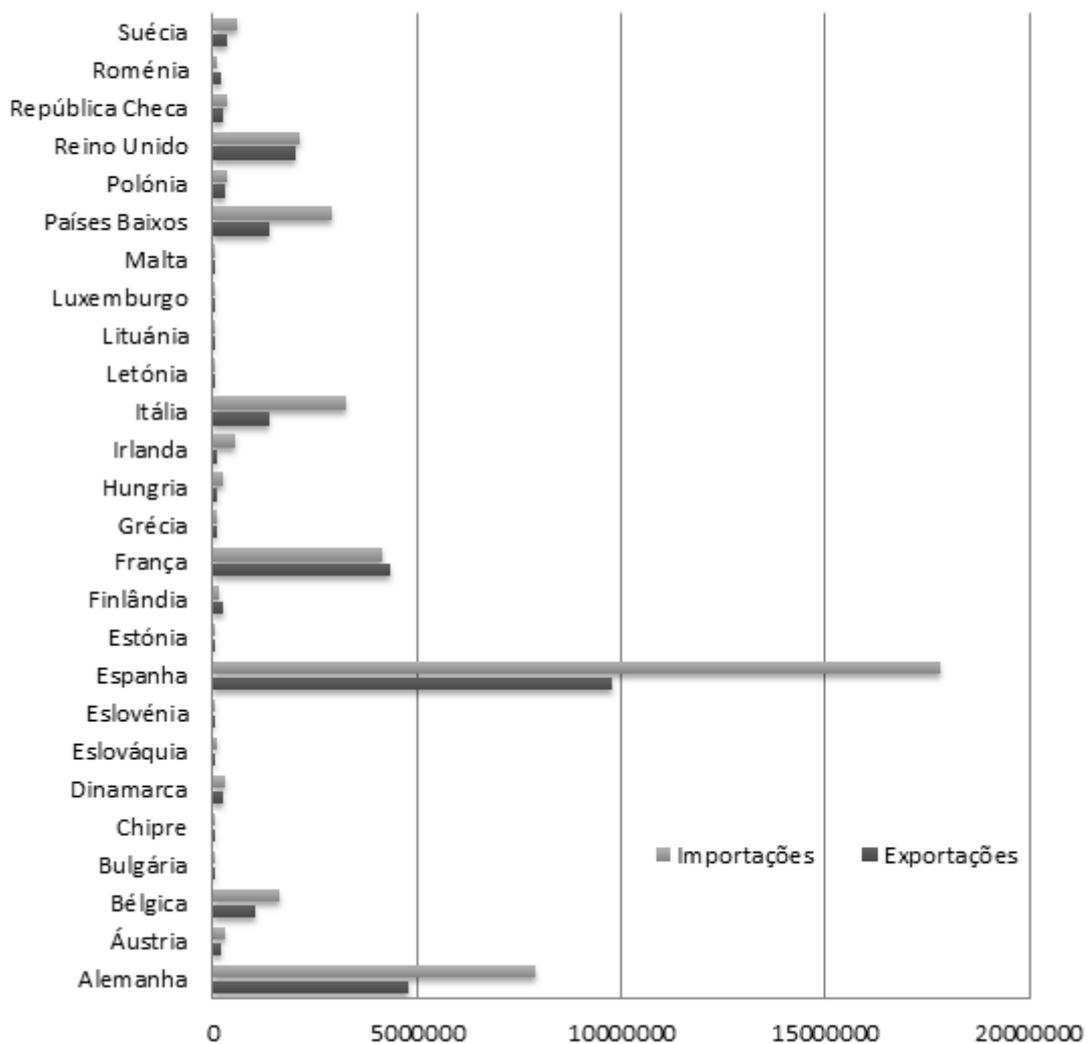


Figura 2.5 – Comércio de mercadorias por países de origem e destino – 2010

Retirado de: INE (2011)

A estrutura do comércio por classificação económica passou por diferentes modificações, em conjugação com o enquadramento externo e a conjuntura nacional.

Do lado das exportações, há a destacar o aumento do peso dos combustíveis e lubrificantes, bem como de todo o material de transporte e acessórios necessários, enquanto os bens de consumo (bens secundários) diminuíram de interesse (INE 2011).

Nos últimos anos, tem-se presenciado uma relativa estabilidade nas quotas relativas ao transporte de mercadorias em Portugal nos diversos modos.

Atualmente, em Portugal, e no resto da Europa, o transporte rodoviário continua e ser o modo de transporte mais utilizado, isto porque apresenta um conjunto de vantagens comparativamente aos outros restantes modos, nomeadamente, a flexibilidade das rotas, os reduzidos tempos de entrega porta-a-porta, a frequência de serviços e a elevada fiabilidade (Johnstone and Karousakis 1999, Saari *et al.* 2007).

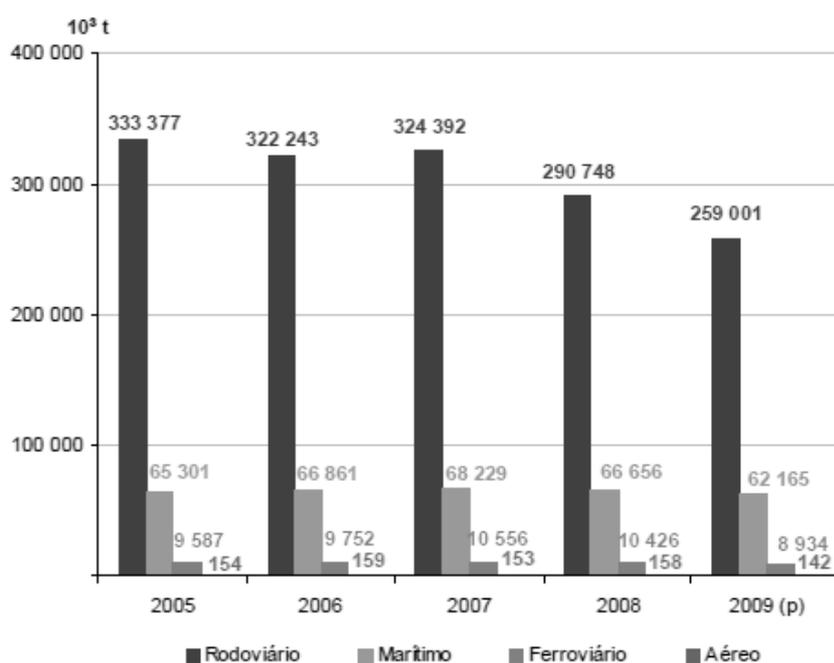


Figura 2.6 – Quantidade de mercadorias transportadas por modo de transporte, em 2005 -2009

Retirado de: IMTT (2012)

Na Figura 2.6 pode-se verificar essa mesma realidade. O modo de transporte rodoviário continua a ser o mais utilizado apesar de se encontrar em decréscimo desde 2007, devido à diminuição da balança comercial.

De acordo com os dados apresentados na Figura 2.7, sobre as exportações por modo de transporte, é possível concluir que o modo rodoviário foi o mais utilizado até ao ano de 2007. A partir dessa data, com a estagnação e diminuição do comércio internacional de mercadorias, por modo de transporte, e com a aplicação de diretivas e

normas europeias e nacionais (visando a redução da emissão de CO₂ e o princípio do poluidor-pagador por exemplo), o transporte marítimo tornou-se o mais utilizado, segundo os dados do IMTT.

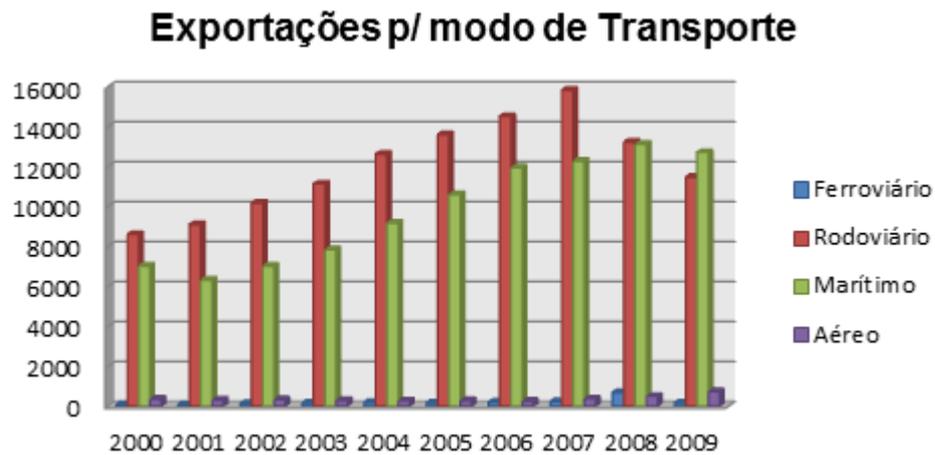


Figura 2.7 – Exportações por modo de Transporte

Adaptado de: IMTT (2010a)

No caso das importações por modo de transporte, é possível concluir que o transporte marítimo foi o mais utilizado, seguido do transporte rodoviário, como se pode verificar na Figura 2.8. Em 2009, aproximadamente 66.2% das importações foram efetuadas por transporte marítimo e aproximadamente 28% por transporte rodoviário, sendo que os restantes 5.8% foram importados por transporte ferroviário e aéreo.

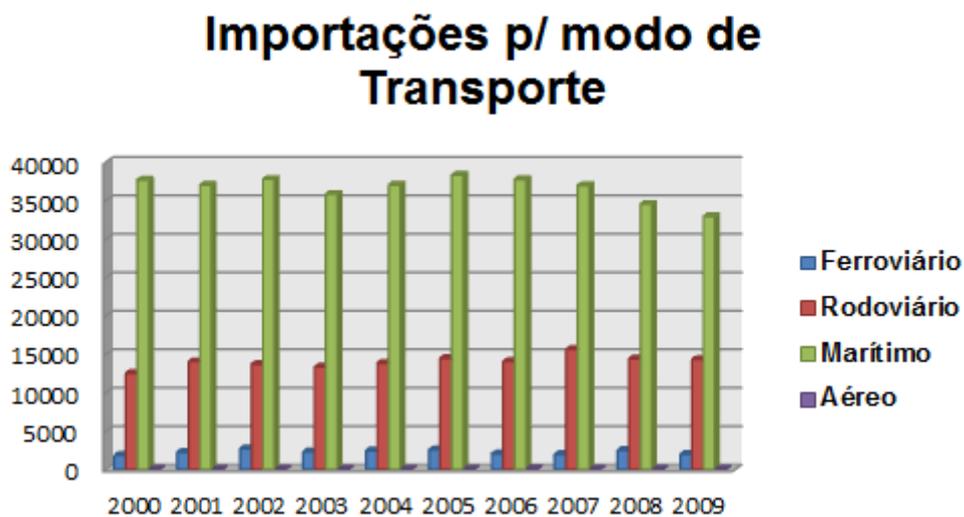


Figura 2.8 – Importações por modo de Transporte

Adaptado de: IMTT (2010b)

2.2.1 - Transporte rodoviário

Tanto em Portugal, como no resto da União Europeia, o transporte rodoviário continua a ser principal modo de transporte utilizado em termos de movimentações internas, em especial porque apresenta um conjunto de vantagens relativamente aos restantes meios de transporte, nomeadamente: cargas unitárias completas com uma única origem e diferentes pontos de destino; reduzidos tempos de entrega porta-a-porta; grande flexibilidade e frequência das rotas; elevada fiabilidade e qualidade; alta regularidade e rotatividade dos serviços prestados. No entanto, este meio de transporte também apresenta algumas desvantagens tais como os custos externos de congestionamento das infraestruturas, acidentes e poluição.

Segundo os dados apresentados pelo gráfico da Figura 2.9, em termos da atividade de transporte rodoviário de mercadorias relativas ao ano de 2009, foram registados 15 184 milhões de toneladas de mercadorias transportadas na UE27, valor que apresenta um decréscimo de 1,9 mil milhões de toneladas relativamente ao ano anterior. Em Portugal, o cenário foi idêntico, assistindo-se a uma quebra de 35 milhões de toneladas entre o ano de 2008 e 2009, na qual foram transportadas 259 milhões de toneladas de mercadorias por transporte rodoviário.

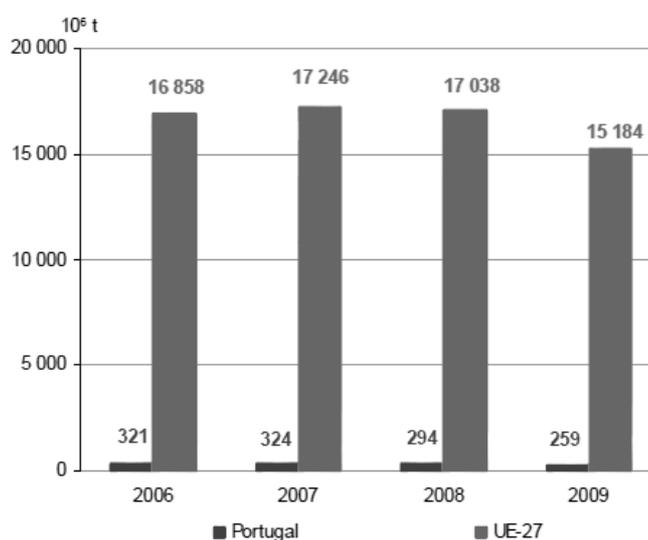


Figura 2.9 – Toneladas transportadas em Portugal e na UE-27 por modo rodoviário, 2006-2009

Retirado de: INE (2010)

No ano de 2009, a Alemanha, como principal mercado exportador da União Europeia, assumiu-se também como o primordial transportador de mercadorias por modo rodoviário, pertencendo-lhe 18.2% do total de mercadorias transportadas na UE27 (Figura 2.10).

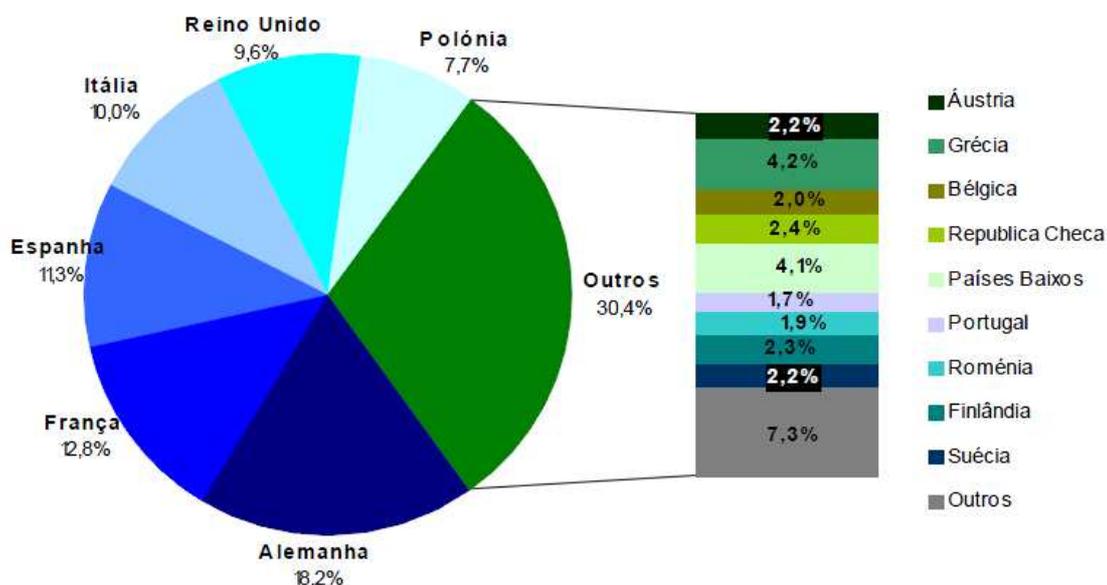


Figura 2.10 – Distribuição das toneladas de mercadorias transportadas por modo rodoviário na UE27, 2009

Retirado de: INE (2010)

A França, Espanha e Itália foram os outros países europeus que maior contributo ofereceu ao transporte total de mercadorias, por modo rodoviário, em 2009, com percentagens que se encontram sempre acima de 10%.

Na Figura 2.10, apresentada acima, verifica-se que no total de mercadorias transportadas em 2009, a participação de Portugal para situou-se em 1,7%.

Em relação ao rácio de mercadorias carregadas e descarregadas em 2009, a Alemanha como principal mercado exportador da União Europeia, evidenciou uma situação bastante boa, já que por cada 1357 toneladas de mercadorias carregadas, descarregou simplesmente 1000 toneladas. Mas a Bélgica foi o país que tem o rácio mais favorável (1428 toneladas carregadas por cada milhar descarregadas) como se pode verificar na Figura 2.11. Em oposição, Portugal e a França foram os países que, de entre os diversos países europeus com maior transporte rodoviário de mercadorias, registaram o menor rácio de mercadorias carregadas e descarregadas.

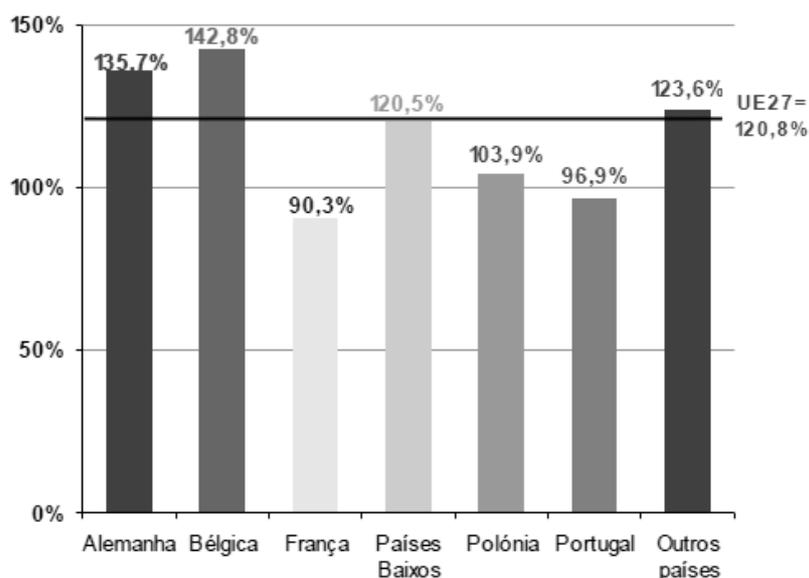


Figura 2.11 – Rácio entre mercadorias carregadas e descarregadas nos principais países da UE27, 2009

Retirado de: INE (2010)

2.2.2 - Transporte ferroviário

Com a Comunidade Económica Europeia (CEE), as trocas comerciais entre os diferentes países, que dela fazem parte, sofreram grande aumento de tráfego (Rodrigues 2001, Cole and Villa 2006). Desta forma, as empresas ficaram com a oportunidade de ter acesso a um mercado muito mais amplo e dinâmico que no passado. Este novo fato levou à procura de alguns meios de transporte de mercadorias, que anteriormente quase não eram utilizados.

O transporte ferroviário tem um papel primordial para a implementação da intermodalidade. No entanto, para que isso aconteça, este setor terá que sofrer uma grande reestruturação, quer no que se refere à modernização das infraestruturas, quer relativamente à gestão do negócio (caso da bitola) (Santos *et al.* 2010, Motraghi and Marinov 2012).

A grande prioridade do setor dos transportes para Portugal passa por assegurar as ligações ferroviárias necessárias, para o transporte de mercadorias, em linhas de bitola (diferença entre carris) europeia convencional ou alta velocidade do seu território e portos até à Europa.

A bitola (distância entre carris) é um dos desafios mais relevantes com que a ferrovia Portuguesa se depara atualmente. A Península Ibérica possui uma bitola

2.2.3 - Transporte marítimo

O transporte marítimo, por questões de custo, capacidade de transporte e impacto ambiental, é um modo que volta a ser novamente encarado como uma alternativa sustentável de transporte, através da utilização de navios de dimensões mais reduzidas com capacidade para fazer face à utilização dos transportes rodoviários (em termos de velocidade). No entanto, a flexibilidade do transporte marítimo é algo complexa, pois não poderá ser tido em conta a capacidade de entrega porta-a-porta ou, em alguns casos, a entrega no país de destino, pela dificuldade relativamente às vias marítimas e/ou fluviais e também, no próprio manuseamento das cargas. Assim, deve ser associado a opção da intermodalidade sempre que se fala da utilização deste modo de transporte. A transferência modal deve acontecer nos nós marítimos e fluviais, neste caso, nos portos (marítimos e fluviais).

No ano de 2010, verificou-se novamente um aumento na utilização deste modo de transporte. O movimento total de mercadorias nos portos nacionais teve um aumento de 6.9% face ao mesmo período homólogo e nas entradas das embarcações, com um acréscimo de 4.4%.

Em todos os portos nacionais existentes, verificou-se a entrada de 14 665 embarcações de comércio, podendo-se verificar através da Figura 2.13 a tendência de crescimento verificado deste 2006, interrompido apenas no ano de 2009.

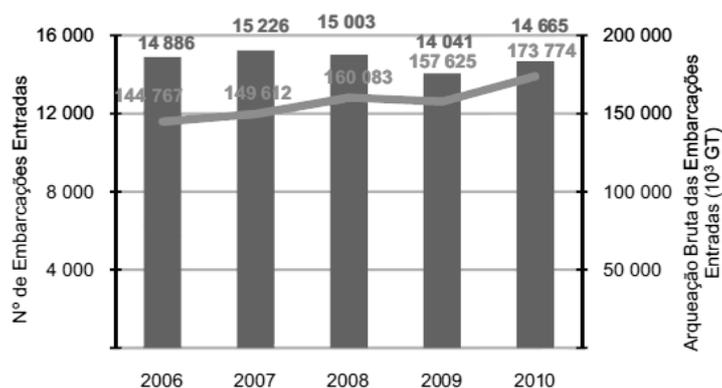


Figura 2.13 – Embarcações de comércio nos portos nacionais, 2010

Retirado de: INE (2011)

Da análise da Figura 2.14, é possível identificar que o porto de Lisboa é o que mais entradas registou, com aproximadamente 19.7%, seguindo-se o porto de Leixões com 17.3% do total de entradas em Portugal.

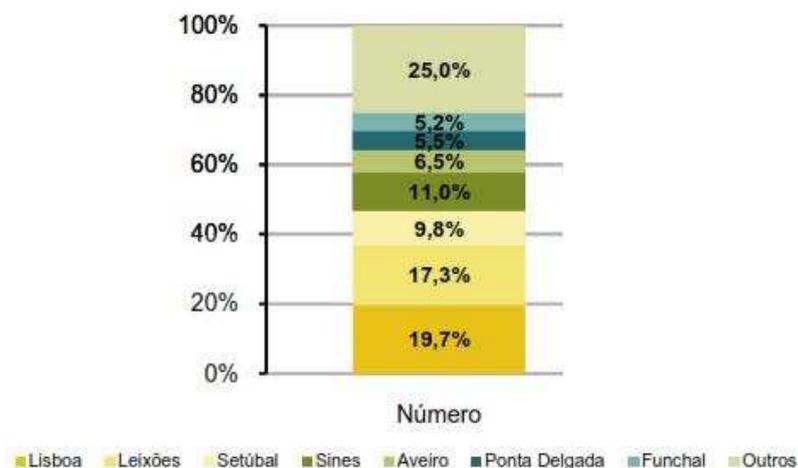


Figura 2.14 – Embarcações entradas nos portos, 2010

Retirado de: INE (2011)

Comparativamente com os três maiores portos nacionais, o porto de Lisboa registou a entrada de 2884 embarcações, respeitando um decréscimo de 4.7%, enquanto o porto de Sines registou um aumento 12.9% com a entrada de 1606 embarcações e o porto de Leixões com um acréscimo de 1.1% face a 2009, com a entrada de 2542 embarcações comerciais.

Analisando agora a Figura 2.15 é possível verificar o já mencionado, relativamente aos portos com maior movimentação, nomeadamente Lisboa, Leixões e Sines. O total de mercadorias movimentadas ao longo do ano de 2010 nos portos nacionais foi quantificado em cerca de 66 milhões de toneladas, o que significa um aumento de 6.9% relativamente ao ano de 2009.

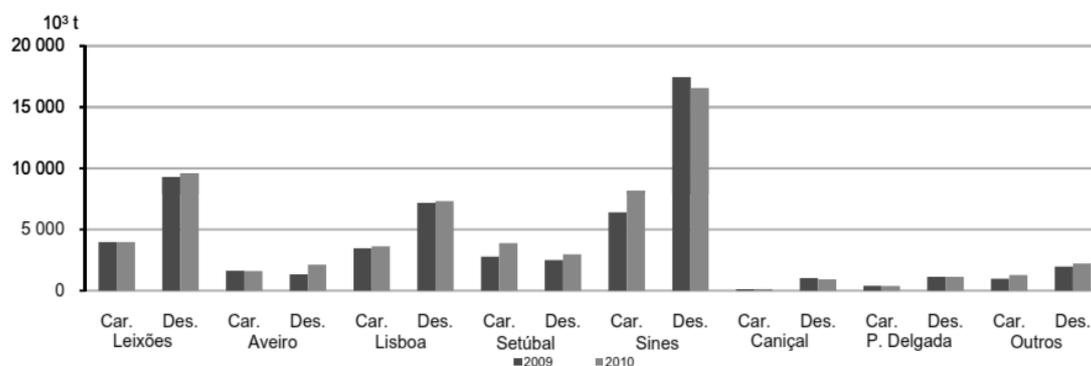


Figura 2.15 – Mercadorias movimentadas nos portos

Retirado de: INE (2011)

No que diz respeito ao tipo de tráfego (figura 2.16) verificado em cada porto nacional, poder-se-á verificar, mais uma vez, que os portos de Lisboa, Sines e Leixões representam uma taxa elevada, nomeadamente de 77.7% das mercadorias exportadas, sendo que o porto de Sines foi responsável por aproximadamente 40%, com cerca de 21 milhões de toneladas.

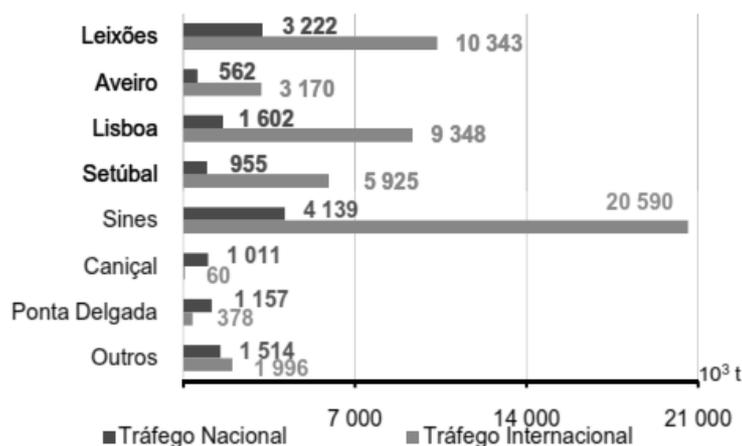


Figura 2.16 – Mercadorias movimentadas nos portos, segundo tipo de tráfego, 2010
Retirado de: INE (2011)

Segundo o INE, do total de mercadorias carregadas nos portos nacionais, a Europa foi o destino da maioria das mercadorias, com cerca de 8.2 milhões de toneladas, seguindo-se o continente Africano com 4.8 milhões de toneladas, correspondendo a cerca de 81.2% do total (Africa mais Europa).

Assim, para a União Europeia, os principais destinos foram os portos localizados no país vizinho Espanha, seguindo-se a Holanda e o Reino Unido, responsáveis pela receção de 4.5 milhões de toneladas (61.9% cujo destino é União Europeia). Para o continente Africano, Angola recebeu aproximadamente 1.2 milhões de toneladas, enquanto os EUA receberam 1.1 milhões de toneladas.

No entanto, Portugal enquanto país importador que é, foram descarregados nos portos nacionais cerca de 35.8 milhões de toneladas, sendo que 81.6% deste valor é assegurado por países europeus e africanos (15,8 e 10,6 milhões de toneladas respetivamente).

2.3 – Análise ao setor dos transportes

O setor dos transportes é o setor mais dependente de recursos energéticos não renováveis, sobretudo dos produtos petrolíferos e um dos responsáveis pelas emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e outros poluentes atmosféricos.

O setor dos transportes é um dos maiores responsáveis pelos problemas ambientais existentes na Europa, visto que a intensidade do transporte não para de aumentar. Pode-se verificar esta afirmação na Figura 2.17 (Johnstone and Karousakis 1999, Stead 2001).

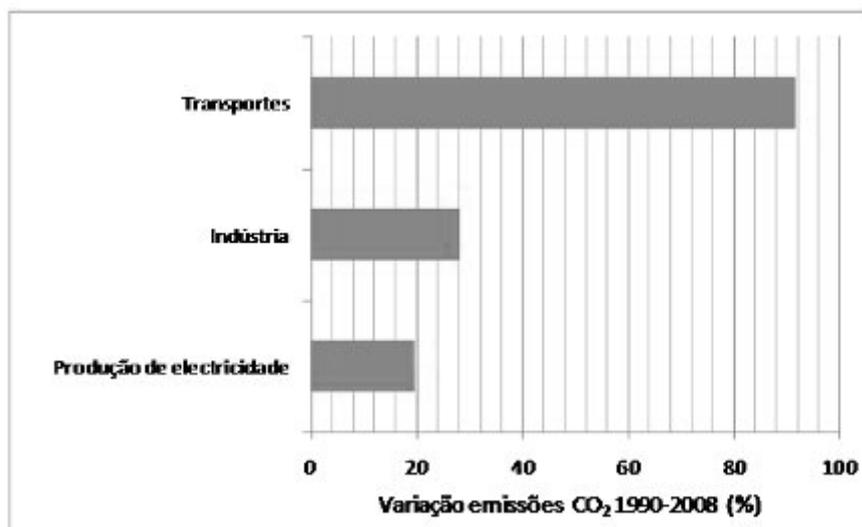


Figura 2.17 – Setores mais Poluidores

Retirado de: Quercus (2010)

Portugal assumiu um compromisso no âmbito do Protocolo de Quioto, sendo por isso urgente adotar medidas de diminuição das emissões poluentes, sem pôr em questão o desenvolvimento económico do país, sob pena da fatura no comércio de emissões ser inaceitável para o País no médio prazo.

Com a constante mudança que ocorre ao longo da cadeia de abastecimento, torna-se necessário estudar os diferentes modos de transporte, de forma a perceber o que melhor corresponde às necessidades (Rushton *et al.* 2000, Rushton *et al.* 2010, Brewer *et al.* 2001, Stead 2001).

Segundo Stead (2001) e Jong (2004) a seleção de um modo de transporte depende de uma variedade de características. Esses atributos podem ser medidos através

de um estudo das suas diferentes características operacionais, quanto à velocidade, fiabilidade, capacidade de transporte e frequência, disponibilidade, acondicionamento.

Segundo Rushton (2010) e Rushton *et al.* (2010), para a seleção do modo de transporte que melhor se adequa às necessidades, deve ter-se em conta os fatores operacionais, as prioridades, as características modais e os custos e níveis de serviços proporcionados (Figura 2.18).

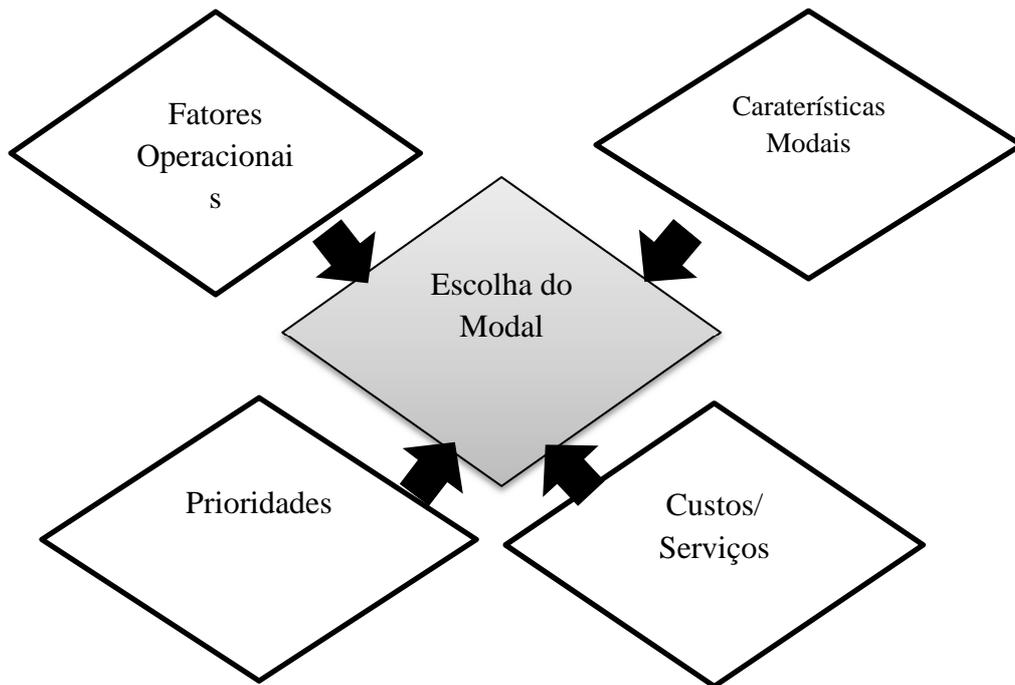


Figura 2.18 – Critérios a considerar na escolha de um determinado modo de transporte

Adaptado de: Rushton *et al.* (2000), Rushton *et al.* (2010).

Segundo Bowersox (2002) os custos de transporte são calculados tendo em conta fatores como a distância, o volume e a densidade da carga, a capacidade do transporte, a responsabilidade (Figura 2.19).

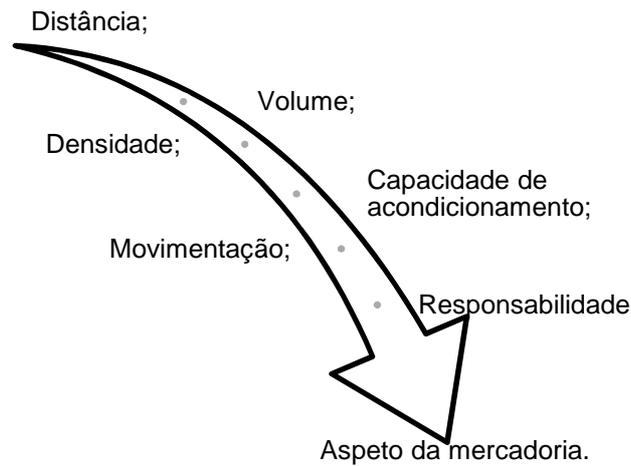


Figura 2.19 – Fatores para a determinação do preço de transporte
Adaptado de: Bowersox (2002)

Quando uma qualquer empresa quer transportar a sua mercadoria da origem até ao destino, tem que pensar nas condições de entrega, para isso precisa de responder aos seguintes pontos:

- Tipo de transporte a utilizar (rodoviária, marítima ou ferroviária);
- Distância a percorrer (permite quantificar o modo de transporte mais vantajoso);
- Tipo de carga;
- Prazo de entrega;
- Tipo de unitização a utilizar;
- Quantidade de mercadoria (carga completa ou carga parcial);
- Unidade/acondicionamento de mercadoria (perceber se é possível utilizar-se contentores por exemplo);
- Prioridades (urgente / não urgente);
- Valor da mercadoria.

Mas existem dois elementos que segundo Rushton são realmente os mais importantes para a escolha modal:

- Velocidade e tempo de entrega - por vezes este fator sobrepõe-se ao fator custo, devido essencialmente a pedidos urgentes, peças de reposição e satisfação de necessidades de clientes.

- Confiabilidade do serviço - por vezes, o que interessa realmente é que a mercadoria seja transportada de uma forma segura, sem correr qualquer risco de danificação/ contaminação ou até mesmo extravio.

Atualmente, as mercadorias são transportadas consoante o seu volume. No Quadro I podemos analisar esta situação.

Quadro I – Mercadorias transportadas consoante o seu volume

	Custas Distâncias	Médias Distâncias	Longas Distâncias	Muito Longas Distâncias
100T	Rodoviário	Rodoviário/ Ferroviário	Ferroviário/ Marítimo	Marítimo
20T	Rodoviário	Rodoviário	Rodoviário/ Ferroviário	Ferroviário/ Marítimo
Paletes	Rodoviário	Rodoviário	Rodoviário/ Ferroviário	Marítimo

Adaptado de: Rushton *et al.* (2000), Rushton *et al.* (2010)

Atualmente quase não existem barreiras relativas ao transporte de mercadorias visto que as principais barreiras comerciais encontradas na Europa, já foram superadas sendo:

- Barreiras fiscais - remoção do controlo aduaneiro através da introdução do documento único, e remoção do controlo de imigração e passaporte;
- Barreiras Técnicas - remoção de todas as barreiras ao comércio entre Estados membros, a livre circulação de mercadorias, capitais, e serviços;
- Barreiras fiscais - a aproximação dos impostos indiretos e consequente supressão dos controlos fiscais nas fronteiras;
- Acesso livre à Europa Central e países da Europa Ocidental.

Logo, a superação de algumas barreiras levou a que:

- As mercadorias podem ser compradas em qualquer lugar da comunidade Europeia;
- As barreiras aduaneiras foram praticamente abolidas;
- A documentação foi simplificada e padronizada;
- As restrições colocadas as operações de licenciamento de transporte foram removidas;

- Livre circulação de capitais.

Mas, atualmente na Europa ainda existem algumas restrições que provocam um grande impacto no transporte e na logística, essas restrições são:

- Questões ambientais;
- Imposto sobre combustível;
- Subsídio ferroviário.

A escolha do meio de transporte, atualmente, pretende alcançar uma entrega cada vez mais eficiente e rentável de mercadorias, de uma forma ambientalmente sustentável, a partir do seu ponto de origem até ao seu destino final (Brewer *et al.* 2001).

Na Europa, ao apostar na escolha do modo de transporte mais adequado, pretende-se:

- Reduzir o congestionamento do tráfego rodoviário e os acidentes deste modo de transporte;
- Reduzir a poluição ambiental e o ruído;
- Reduzir o consumo de recursos combustíveis fósseis escassos;
- Entre outros.

Mas para a escolha do transporte marítimo, segundo Rushton os fatores considerados cruciais são:

- Custo de transporte;
- Disponibilidade do serviço/ acomodação das mercadorias;
- Velocidade/ tempo de transporte e movimentação na plataforma/ porto logístico;
- Regularidade do serviço;
- Segurança das mercadorias.

2.4– Conclusões

A caracterização do setor dos transportes permitiu concluir que o meio de transporte mais utilizado continua a ser o transporte rodoviário, seguido pelo marítimo e só depois o ferroviário. Os principais parceiros de Portugal são a França, Holanda, Espanha, Alemanha e Itália. Os portos logísticos com maior movimento são o porto de Lisboa e Leixões. Em relação ao setor ferroviário pode concluir-se que este depara-se, atualmente, e com um desafio que pretende ver resolvido de forma a aumentar a sua



utilização que é a bitola. O fato de existirem bitolas diferentes e de Portugal só “poder” exportar e importar mercadoria para Espanha e vice-versa é um forte obstáculo para o desenvolvimento deste meio de transporte.

O setor dos transportes é um dos maiores responsáveis pelos problemas ambientais existentes na Europa, visto que a intensidade de transporte não deixa de aumentar. Para combater este problema, Portugal assumiu um compromisso no âmbito do protocolo de Quioto, de adaptar medidas urgentes de diminuição das emissões poluentes, sob pena da fatura no comércio de emissões ser inaceitável para o país a médio prazo.

Pode ainda concluir-se que quando uma empresa pretende importar ou exportar mercadoria precisa de ter em atenção um conjunto de fatores deste: a distância a percorrer, o tipo de mercadoria, prazo de entrega, unidade/acondicionamento de mercadoria e prioridades.

CAPÍTULO III – ESTADO DA ARTE DA INTERMODALIDADE E MODELOS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO

3.1 - Intermodalidade

A multiplicação dos pontos de origem e dos pontos de destinos do fluxo e da necessidade de gerir os processos que são cada vez mais impulsionados pelo tempo de produção e distribuição aumentou a importância da logística (Marletto 2007).

O setor do transporte de mercadorias evoluiu substancialmente na última década, e deparou-se com uma procura cada vez maior, de transporte que tenha as seguintes características: velocidade, confiabilidade, custos de transporte reduzido e serviços de valor acrescentado (Moreira *et al.* 1998).

Para minimizar os efeitos negativos que recaem sobre o meio ambiente é necessário desenvolver conceitos de transporte ecológicos, tais como transporte intermodal (Carrese and Tatarelli 2011).

O transporte intermodal de mercadorias tem cada vez mais importância devido a problemas de congestionamento rodoviário, às preocupações ambientais e de segurança do tráfego. O tráfego intermodal de mercadorias está a aumentar globalmente.

A elevada importância estratégica da velocidade e agilidade na cadeia de abastecimento está a forçar as empresas a reconsiderarem e alterarem os tradicionais e normais serviços de logística (Kim and Van Wee 2011, Nemoto and Horn 2001).

O transporte intermodal reflete a combinação entre, pelo menos, dois modos de transporte na cadeia de transporte como se pode verificar na Figura 3.1, sem qualquer manipulação dos produtos durante as transferências entre os modos de transporte, com a maior parte do caminho percorrido por ferrovia ou transporte marítimo, de forma a diminuir o transporte por via rodoviária. O objetivo seria só utilizar o transporte rodoviário quando não existisse outra alternativa. Quando se recorre à intermodalidade é necessário ter em conta dois aspetos principais: o tempo de entrega e o tipo de produto tratado (Carrese and Tatarelli 2011, Macharis and Bontekoning 2004).

A fim de promover o transporte intermodal torna-se necessário desenvolver ligações entre os diferentes modos de transporte, que incluem portos e plataformas logísticas e melhorar a eficiência dos serviços prestados, desde tempos, qualidade, preço entre outros. Com isto, é possível melhorar as ligações entre os diferentes modos de

transporte, como estradas, redes ferroviárias e redes marítimas (Hanaoka and Regmi 2011).

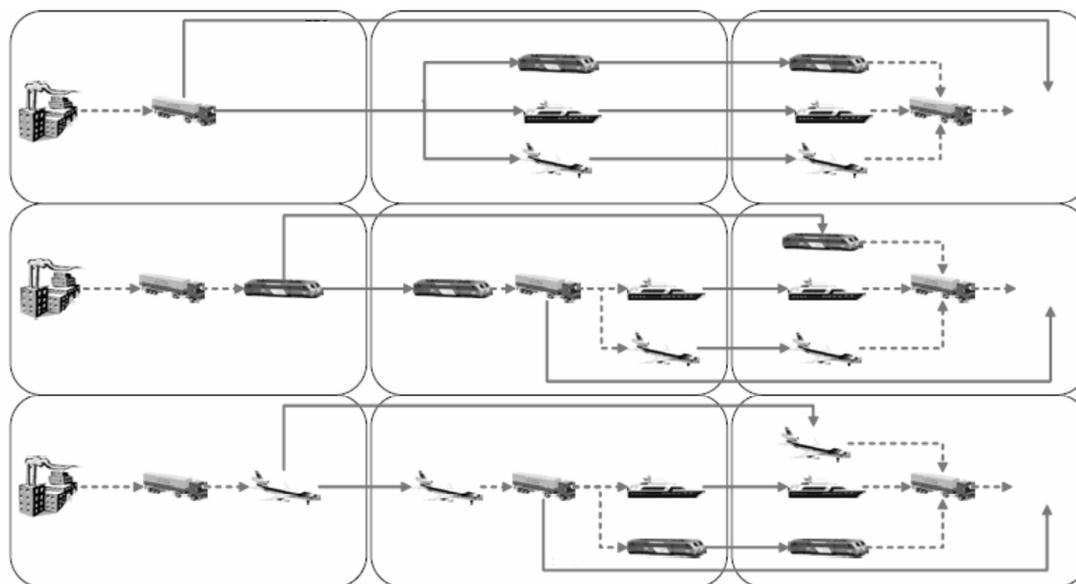


Figura 3. 1 – Alguns modos de transporte intermodal

Retirado de: Özceylan (2010)

Atualmente, dentro da intermodalidade, o transporte ferroviário/ rodoviário é considerado uma alternativa competitiva ao transporte rodoviário de mercadorias nos corredores europeus de média e longa distância (Figura 3.2). Isto, foi resultado do aumento da competitividade e da criação de serviços inovadores no transporte ferroviário bem como do seu desempenho em termos de custos internos e externos.

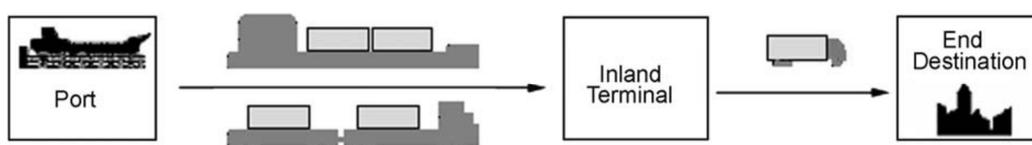
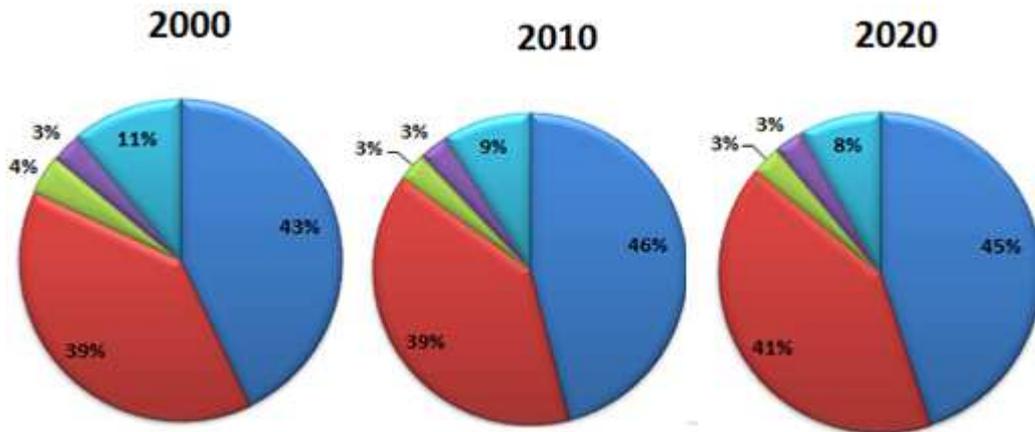


Figura 3. 2 – Cadeia de transporte Intermodal

Retirado de: Kim and Van Wee (2011)

Na Europa, o transporte intermodal de mercadorias tem sido considerado uma alternativa amiga do ambiente, diminuindo o transporte de mercadorias por modo rodoviário, passando a utilizar as redes ferroviárias e marítimas. Na figura 3.3 apresentada abaixo pode-se analisar a distribuição modal da Europa para os próximos anos.



Legenda:

- Transporte Rodoviário
- Transporte Marítimo
- Hidrovias
- Oleodutos
- Transporte Ferroviário

Figura 3. 3 – Evolução da Distribuição Modal de mercadorias na Europa
Retirado de: Goel (2008)

Segundo Flodén (2009) um sistema de transporte intermodal é visto como:

- Um sistema de transporte simplesmente;
- Um sistema que oferece um serviço de transporte para um determinado mercado;
- Um canal logístico, que acompanha o produto até ao seu destino final;
- Um sistema que permite reduzir o impacto ambiental no setor dos transportes;
- Um sistema que permite controlar a mercadoria em:
 - Tempo
 - e lugar.

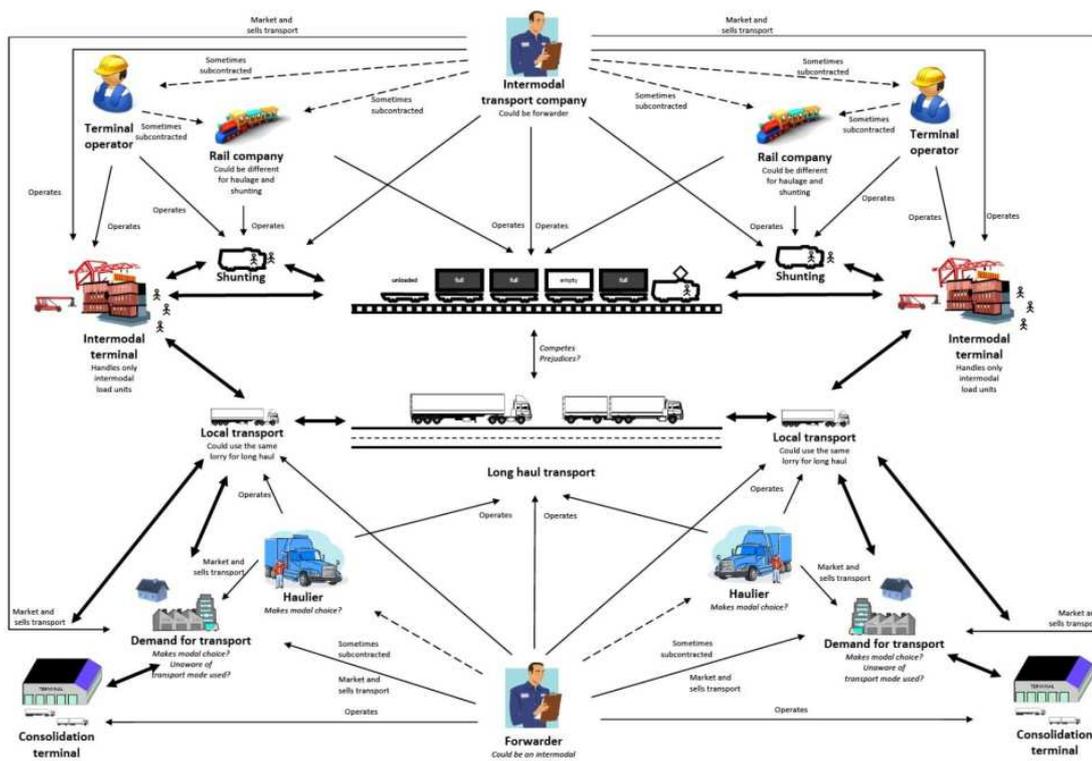


Figura 3. 4 – Sistema de transporte Intermodal

Retirado de: Flodén (2009)

Segundo Flodén (2009) as atividades desenvolvidas num sistema de transporte intermodal podem ser, ver figura 3.4:

- Comercializar/ Vender um serviço de transporte;
- Utilizado para fazer uma escolha modal;
- Para competir com outros sistemas de transporte;
- Para executar um transporte intermodal menos poluente.

O transporte rodoviário de mercadorias é o modo de transporte mais flexível, é normalmente operado e gerido pelo setor privado e em casos muito limitados, é que é regido pelo setor público. Este setor de transporte proporciona unidades de carga e descarga porta-a-porta, daí a sua fácil utilização.

Devido às preocupações ambientais e de congestionamento provocadas pelo transporte rodoviário, este tipo de transporte tem recebido uma elevada atenção nos últimos anos. A Bélgica foi um dos primeiros países da UE e intervir nesta realidade, criando novos projetos para terminais intermodais. Para além das preocupações ecológicas, o desenvolvimento do transporte intermodal é um elemento fundamental para o reforço dos portos Marítimos de curta e longa distância. Por um lado, leva ao

crescimento rápido do tráfego de contentores nos portos marítimo e, por outro, permite o transporte de mercadorias em maior quantidade e qualidade quer em curtas, quer em longas distâncias (Macharis 2000).

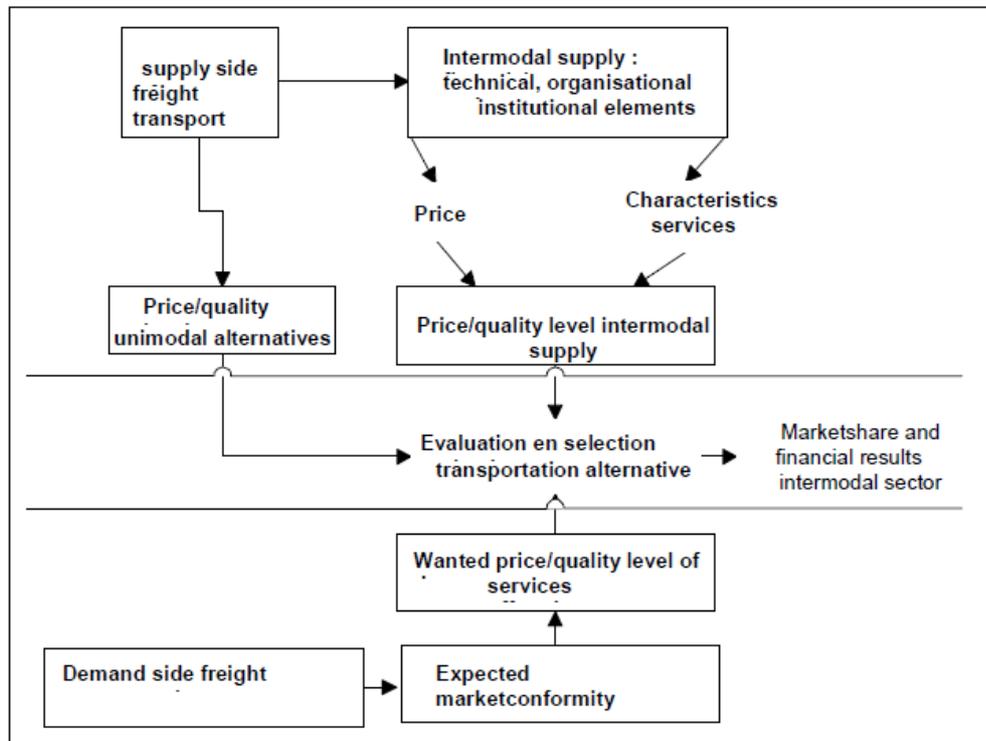


Figura 3. 5 – Sistema de transporte Intermodal

Retirado de: Macharis (2000)

A figura 3.5 representa o modelo desenvolvido por Macharis (2000) que representa os benefícios do sistema de transportes intermodal.

3. 2 - Intermodalidade e os seus custos

O desempenho económico do sistema de transporte intermodal relaciona-se com os diferentes custos internos dos atores envolvidos. Para os operadores dos terminais intermodais, estes custos dependem da frequência de transporte, distância de entrega, volumes de transbordo nos terminais, e os preços dos consumos básicos gerais (pessoal, material e energia).

O desempenho ambiental do sistema de transporte intermodal de mercadorias refere-se aos custos dos impactos/danos à sociedade e ao meio ambiente que estes provocam: poluição do ar, ruído, trânsito, acidentes, congestionamento entre outros (Milan 2008).

- Ruído:

O ruído provocado pelas redes ferroviárias e marítimas depende, em parte, do seu peso, e velocidade, mas o seu custo pode ser considerado marginal pois passa apenas pela criação de barreiras de proteção de ruído ao longo das linhas.

Já o ruído provocado pelo transporte rodoviário é bem mais elevado, pois pode incluir o isolamento das zonas mais afetadas e a construção de algumas barreiras de proteção ao longo das vias rodoviárias.

- O consumo de energia e a poluição do ar

O transporte rodoviário normalmente utiliza combustível diesel, causando poluição do ar e impactos locais e globais (atmosfera).

A poluição do ar resulta numa má qualidade de vida das pessoas, problemas de saúde, e conseqüentes dificuldades da flora e fauna nas áreas afetadas.

- Acidentes de trânsito e congestionamento:

Atualmente, os transportes rodoviários são o principal modo de transporte resultante dos acidentes de trânsito que causam danos e perda de propriedade. Os acidentes de trânsito resultam em elevados custos, congestionamento e perda de vida.

Os acidentes de trânsito não provocam só congestionamento nas pessoas afetadas, mas também impõem atrasos a outros veículos que vão a passar, o que resulta numa conseqüente perda de tempo, levando muitas vezes às externalidades.

3.3 - Programa Marco Polo II e a Intermodalidade

Para que os objetivos do Programa Marco Polo II sejam atingidos, no que diz respeito à intermodalidade é necessário:

- Sustentar taxas de crescimento no setor dos transportes, permitindo esta forma manter a mobilidade no setor até 2050.
- Criação de uma rede básica eficiente de transporte, garantindo o desenvolvimento da intermodalidade no transporte interurbano de mercadorias.
- Reduzir as emissões de GEI em 60% até 2050, desenvolvendo um sistema de transporte eficiente e competitivo.
- Desenvolvimento e implementação de sistemas de propulsão e utilização de combustíveis sustentáveis.

- Otimizar o funcionamento da cadeia logística intermodal, promovendo a integração dos modos de transporte energeticamente mais eficazes.

As estratégias para que a União Europeia consiga atingir alguns dos objetivos propostos passa por:

- Desenvolvimento de um Espaço Único Europeu de Transportes – Eliminação das poucas barreiras ainda existentes entre os diferentes modos de transporte.
- Criação de uma Estratégica Europeia de Investigação, Inovação e Desenvolvimento no setor dos transportes.
- Desenvolvimento de uma rede de mobilidade Europeia, com uma visão comum e com recursos económicos suficientes (Polo 2011).

3.4 - Modelos desenvolvidos - intermodalidade

3.4.1 - Modelo intermodalidade

Na Europa, existem imensos modelos de previsão e simulação de modos de transporte, quer a nível nacional como regional, tendo sempre em atenção o tipo e modo de transporte. Estes modelos focam-se essencialmente nos transportes de longas distâncias, tendo como principal objetivo diminuir não só os tempos de entrega da mercadoria mas também as emissões daí a utilização da intermodalidade (de Jong *et al.* 2004).

Segundo Macharis, Mierlo e Bossche (2007) na Europa, o mercado de transportes intermodal é visto como um dos pilares de uma economia sustentável e como um sistema de mobilidade.

A mercadoria que necessita de ser transportada a partir de um carregador para um recetor é, primeiramente, transportada por camião até um terminal. Posteriormente pode ser transportada de modo marítimo ou ferroviário até outro terminal/ plataforma logística. Na figura 3.6 apresentada abaixo pode-se verificar esta situação (MacHaris *et al.* 2007):



Figura 3. 6 – Modelo Intermodal
Retirado de: MacHaris *et al.* (2007)

A introdução de tecnologias amigas do ambiente, como por exemplo, veículos elétricos, nas operações de transporte de curta distância resultaria numa melhoria ecológica no setor do transporte intermodal.

Uma avaliação aos custos externos de cada modo de transporte permitiu concluir que os custos do transporte rodoviário são aproximadamente o dobro do transporte ferroviário, ver quadro II, (MacHaris *et al.* 2007).

Quadro II - Custo externo por Modo de Transporte (€1000t/km)

Componentes	Rodoviário	Ferroviário	Marítimo
Acidentes	5.4	1.5	0
Ruído	2.1	3.5	0
Emissões Locais	7.9	3.8	3
Mudanças Climáticas	0.8	0.5	Marginal
Infraestruturas	2.5	2.9	1
Congestionamento	5.5	0.2	Marginal
Total	24.1	12.4	Max. 5

As alternativas para melhorar o sistema rodoviário passariam pela utilização de veículos elétricos. No entanto, os veículos elétricos têm limitações quando utilizados para transportes de longas distâncias. Desta forma, o transporte intermodal pode combinar os veículos elétricos para curtas distâncias e recorrer aos outros modos de transporte quando se pretende transporte de longa distância.

Estes veículos são adequados para a entrega de mercadorias porta-a-porta, nas zonas urbanas e cidades, permitindo uma menor poluição e provocando menos ruído.

Este tipo de veículos foi testado na Bélgica, onde cerca de 95% das mercadorias são entregues por serviços externos, sendo que apenas 5% é o cliente a transportar (transporte próprio). Foram feitos diferentes testes de forma a perceber qual era a frequência com que as baterias teriam que ser recarregadas, e chegou-se á conclusão que as baterias poderiam ser recarregadas apenas no final da manhã quando o camião voltasse ao terminal para efetuar nova carga.

Posteriormente, foi feita uma análise custo-benefício para perceber se compensava a utilização deste tipo de veículos. Nesta análise foram tidos em conta os seguintes custos:

- Custo da aquisição do veículo;
- Custo da energia;
- Custo de manutenção;
- Custo do ambiente - custo da qualidade do ar e os custos de efeito de estufa;
- E os custos das baterias (tendo em conta o tempo de vida dos diferentes tipos de bateria).

Permitindo concluir que o sistema de transporte elétrico é organizacionalmente e financiamento viável (MacHaris *et al.* 2007).

3.4.2 – Modelo – ITU (unidade de transporte intermodal)

A globalização da economia mundial levou a uma diminuição constante do custo de transporte a nível mundial. Um terminal deve ser capaz de garantir a suficiente concentração de tráfego, ter uma gestão independente utilizando para isso diversas técnicas disponíveis atualmente (Rizzoli *et al.* 2002).

A comunidade Europeia tem criado pressão para que seja investido e promovido a transporte intermodal como alternativa viável para o transporte rodoviário de longa distância.

Segundo Rizzoli (2002), foi desenvolvido um modelo em conjunto com a comunidade Europeia em que o objetivo do projeto passou pela simulação e posterior avaliação dos impactos produzidos pela adoção de tecnologias diferentes e por políticas de gestão para melhorar a performance dos terminais, aumentando assim a utilização do transporte ferroviário e marítimo e diminuindo a utilização do transporte rodoviário.

Este modelo foi desenvolvido em dois módulos distintos:

- Módulo de planeamento da rede modal de transporte, que irá permitir controlar todas as encomendas e prazos e locais de entrega.
- Módulo de simulação que permite que, após receber a encomenda o transitário faça uma simulação que irá permitir seleccionar os modos de transporte a utilizar. O desenvolvimento deste modelo apresentado pode ser consultado no anexo A.

3.4.3 - LAMBIT – Modelo de Análise de Localização para Terminais Intermodais

Segundo Macharis e Pekin (2009) a vantagem do transporte intermodal reside nos menores custos de transporte, como resultado das economias de escala, que são obtidos pelo fato de se utilizarem transportes de grandes capacidades.

Com o objetivo de alcançar as operações fiáveis e otimizar os processos de terminais, na Bélgica, foi desenvolvido o modelo LAMBIT.

O modelo de análise de localização para terminais intermodais belgas (LAMBIT), segundo Macharis and Pekin (2009), Macharis *et al.* (2011) é um modelo baseado em SIG, que é composto por diferentes redes de transporte, locais e terminais e os seus custos associados, ver figura 3.7.

O modelo começa a partir de um cenário de referência que inclui todos os terminais intermodais existentes e os preços atuais de mercado. Os modos de transporte considerados neste modelo são:

- Rodoviário;
- Ferroviário;
- Marítimo;
- E uma rede de transporte final.

O modelo desenvolvido compara alternativas de transporte usando, como base, os preços de cada modo de transporte do mercado atual.

Este modelo analisa diferentes cenários:

- A introdução de novos terminais e os efeitos que os subsídios provocam;
- Utilização de algoritmo para determinar o caminho mais curto;
- Cenário de Custos - Para cada um dos possíveis destinos é feito um cálculo, percebendo qual é o modo de transporte que apresenta um custo mais baixo, tendo em conta a oscilação dos preços do combustível.
- A internalização dos custos externos tendo em conta o efeito dos preços do combustível na quota modal (Macharis *et al.* 2010).

A construção e aplicabilidade deste modelo LAMBIT podem ser consultadas no anexo A.

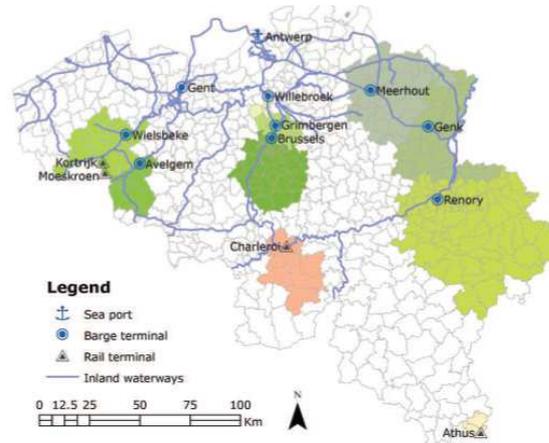


Figura 3. 7 – Modelo – LAMBIT
Retirado de: Macharis et al. (2011)

3.4.4 - DES (modelo de simulação de eventos discretos)

Segundo Silva *et al.* (2011) foi desenvolvido um modelo de simulação de eventos discretos (DES) com base numa ferramenta de apoio à tomada de decisão multicritério (MCDA) para a simulação e dimensionamento de um transporte marítimo de mercadorias. O grande objetivo do modelo é permitir analisar e escolher a melhor alternativa simulada, que permita incorporar todos os critérios de decisão (Silva *et al.* 2011).

Na Figura 3.8 apresentada pode visualizar-se os passos para desenvolvimento do modelo de simulação, encontrando-se, no anexo A, a explicação das etapas de construção:

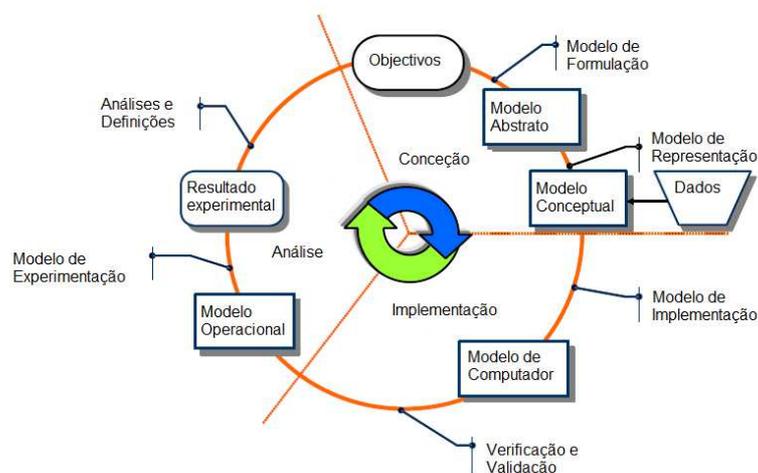


Figura 3. 8 – Passos necessário para o desenvolvimento do modelo de simulação
Retirado de: Brito et al. (2010)

3.5 - Modelos de apoio á tomada de decisão

De forma a alcançar um dos objetivos deste estudo - identificar os principais fatores e critérios e respetivas ponderações, que presidem atualmente à decisão relativa à escolha do modo e respetivos agentes de transporte de mercadorias, por parte das empresas transportadoras a operar em Portugal, foram realizadas diferentes pesquisas sobre metodologias de avaliação que trabalham variáveis qualitativas e as processam em diferentes recursos quantitativos.

Neste ponto irão ser identificadas teorias, métodos, e tipos de aplicações multicritério, bem como diferentes aplicações multicritério já desenvolvidas por diferentes Países Europeus.

3.5.1 - Introdução

Um dos componentes mais importantes da Logística é o setor dos transportes, logo para uma qualquer empresa consiga diminuir o seu custo logístico é necessário criar planos e prioridades estratégicas de transporte, e escolher o melhor modo de transporte (Özceylan 2010).

A seleção ótima de um determinado modo de transporte é um dos fatores mais importantes da cadeia de abastecimento e do planeamento logístico. A seleção de um modo de transporte é um processo complexo, multidimensional e um problema de decisão, em que os decisores têm que ter em conta um elevado número de critérios, tais como:

- Custo;
- Qualidade;
- Acessibilidade;
- Tempo de entrega;
- Segurança, entre outros.

Modelos de localização/seleção ou modelos de redes multimodais podem ser considerados essenciais para se realizar um planeamento adequado no transporte intermodal, permitindo determinar a localização ótima de um qualquer terminal ou plataforma. Estes sistemas consideram todos os tipos de transporte da região que se pretende tratar, produtos que utilizam, bem como a interação entre as diferentes mercadorias transportadas (Özceylan 2010, Goel 2008, Hanaoka and Regmi 2011).

3.5.2 - Processo de apoio à tomada de decisão

Atualmente, praticamente em todos os instantes, os seres humanos precisam tomar diferentes decisões. Decisões, que algumas vezes são simples, outras bem mais complexas, dependendo do contexto. Estas decisões envolvem distintos níveis de responsabilidade, podendo afetar apenas o decisor, os que o rodeiam, ou mesmo a organização como um todo. Esta necessidade nem sempre se expõe de forma explícita e geralmente envolve problemas específicos para cada situação. Este processo pode se visualizado na Figura 3.9 apresentada abaixo.

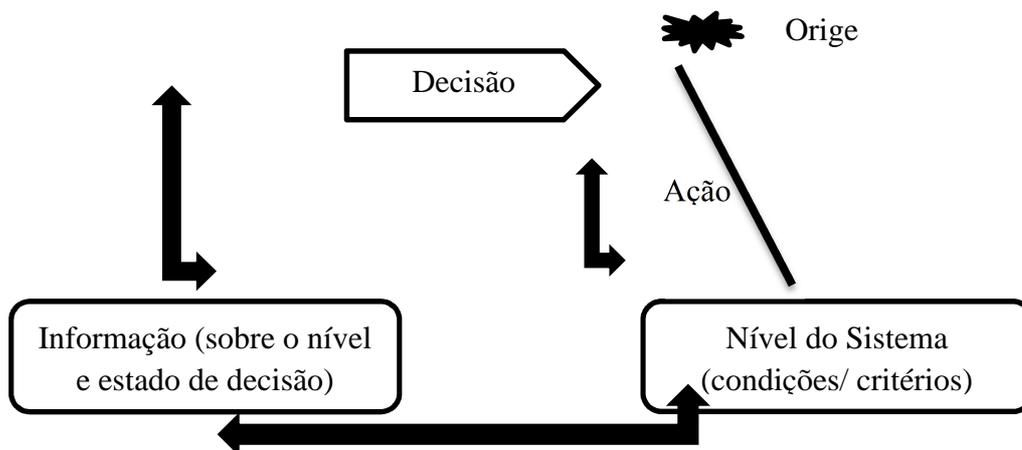


Figura 3. 9 – O processo – decisão

Retirado de: Macharis (2000)

O processo de decisão geralmente envolve dados incompletos e/ou imprecisos, múltiplos critérios e diferentes agentes de decisão como se pode verificar na Figura 3.10.

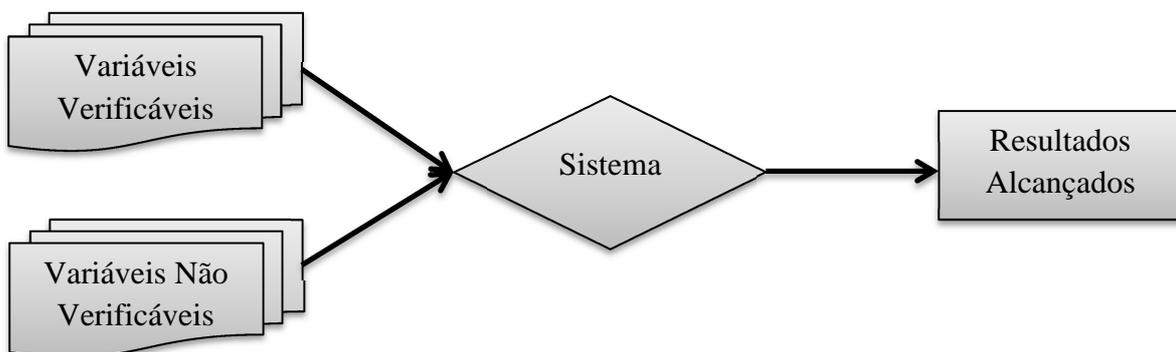


Figura 3. 10 – Modelo do tomada de decisão

Retirado de: Macharis (2000)

3.5.3 - Problema de apoio à tomada de decisão

Atualmente, tanto na nossa vida profissional como privada, existem problemas cuja resolução implica tomada de decisão complexa. De modo geral, tais decisões possuem pelo menos algumas das seguintes características (Gomes *et al.* 2002):

- Os critérios para a resolução do problema são em número de, pelo menos dois e conflituam entre si;
- Os critérios e as alternativas de solução não são claramente definidos e as consequências da escolha de determinada alternativa com relação a pelo menos um critério não são claramente compreendidas;
- Os critérios e alternativas devem, e podem, estar interligados, de tal forma que um critério parece refletir parcialmente outro critério, ao passo que a eficácia da escolha de uma alternativa depende de uma outra alternativa ter sido ou não também escolhida, no caso em que as alternativas não são mutuamente exclusivas.

A gestão do meio de transporte a utilizar pode ser definida como um processo de tomada de decisões que considera a variável modal num determinado sistema (Arnold *et al.* 2004).

Decisões relacionadas com os diferentes meios de transporte são decisões complexas que procuram alcançar objetivos tangíveis, sendo que, envolvem aspetos e os interesses em conflito. Tudo isso complica o processo de escolha de caminhos e o uso de métodos auxiliares na escolha de alternativas, políticas, programas e meios de transporte (Qureshi. *et al.* 2008, Tsung-Sheng 2008).

Um processo de apoio à tomada de decisão é um sistema aberto, na qual os componentes são os atores e os seus próprios valores, e as ações e as suas próprias características. O processo de apoio á tomado de decisão pode ser visto como um processo de interação com uma situação considerada "problemática" onde os seus elementos e suas relações emergem de forma caótica.

A tomada de decisão, deve procurar a opção que apresente o melhor desempenho, a melhor avaliação, o menor custo, a melhor qualidade, ou ainda, o melhor acordo entre as expetativas do decisor e as suas disponibilidades em adotá-la. Este processo pode ver visualizado na Figura 3.11(Qureshi. *et al.* 2008, Tsung-Sheng 2008, Özceylan 2010).

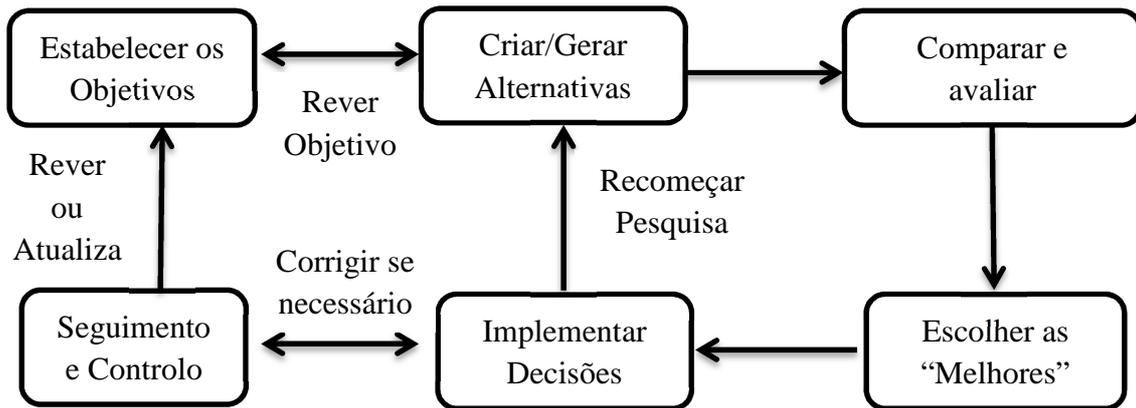


Figura 3. 11 – O processo de tomada de decisão

Adaptado de: Respício (2003)

O processo de tomada de decisão é constituído por diferentes fases pertencentes ao processo de decisão global de resolução de problemas. A Figura 3.12 representa essas fases.

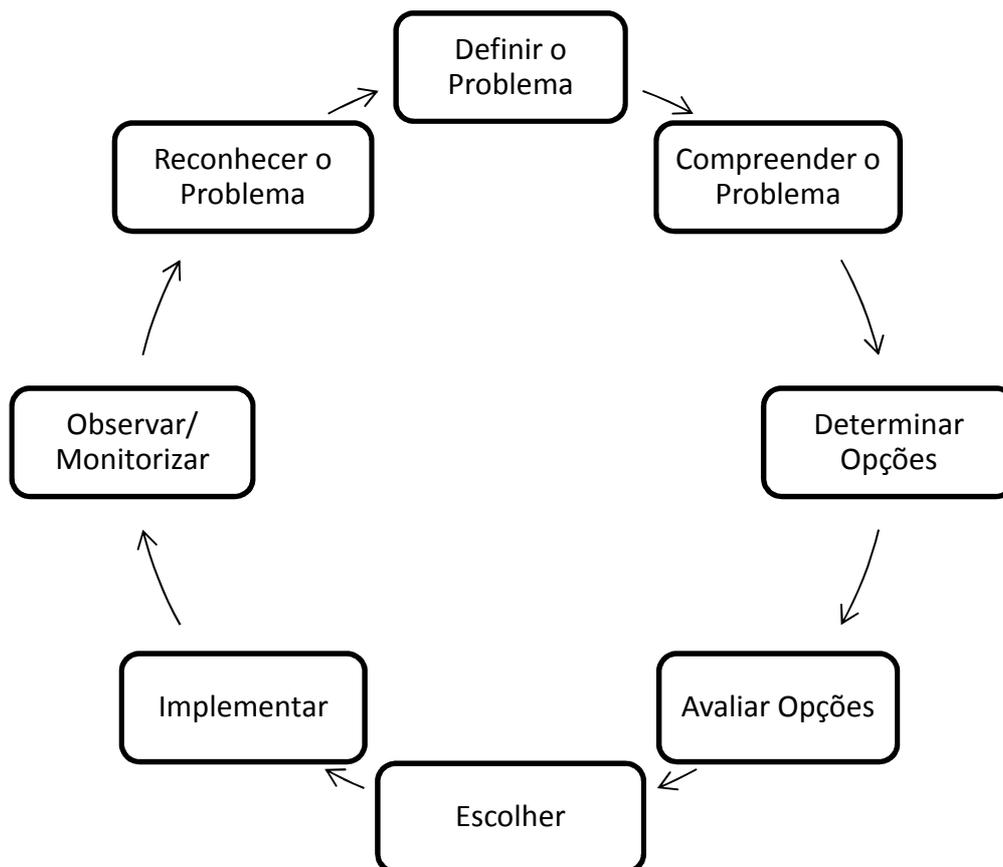


Figura 3. 12 – Ciclo completo da resolução de problemas.

 Adaptado de: Gomes *et al.* (2002)

3.6 - Análise multicritério

Os métodos multicritério constituem formas de modelar os processos de decisão, onde está em “jogo” uma decisão a ser tomada, os aspetos que podem afetar os resultados (restrições), os decisores e os próprios resultados. O seu grande objetivo, é ajudar a analisar os dados no campo dos transportes e determinar a melhor estratégia de gestão do meio de transporte a utilizar (Arnold *et al.* 2004).

O apoio à tomada de decisão multicritério permite apoiar e suportar, através de um conjunto variado de métodos e critérios a seleção de soluções alternativas, onde diferentes critérios de âmbitos completamente distintos e por vezes contraditórios (minimizar custos ou maximizar lucros) tem que ser considerados.

A característica principal de uma análise multicritério é auxiliar o decisor a escolher a melhor solução de entre um número reduzido de alternativas. O facto de abordar um número reduzido de alternativas não significa maior facilidade para o decisor, depende do problema em análise.

Os métodos multicritério conjugam aspetos objetivos (quantitativos) com subjetivos (qualitativos), ver Figura 3.13, possibilitando desta forma organizar os problemas com um elevado número de atributos (considerados critérios de avaliação) que são utilizados para apoiar a tomada de decisão (Carmo 2009).

		Alternatives					
		A^1	A^2	...	A^i	...	A^n
Criteria	1						
	2						
	...						
	j						
	...						
	q						

Figura 3. 13 – Avaliação de alternativas

Retirado de: Carmo (2009)

As etapas constituintes de uma análise multicritério são as que se indicam na Figura 3.14.

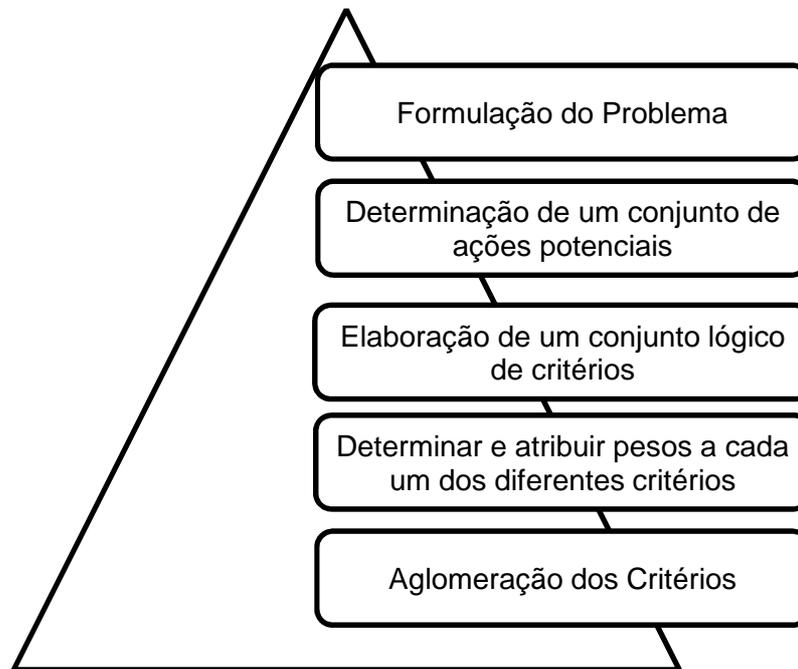


Figura 3. 14 – Etapas de uma análise multicritério

Adaptado de: Carmo (2009)

- Formulação do problema: corresponde aquilo que se pretende resolver na realidade;
- Determinação de um conjunto de ações potenciais - Conjunto de alternativas que retratem ao problema colocado;
- Elaboração de um conjunto lógico de critérios – enumerar um conjunto de critérios que iram permitir avaliar o problema em estudo. Para a elaboração dos critérios geralmente recorre-se a elementos estruturais que podem ser parâmetros e indicadores. Os parâmetros são constituídos por dados diretos e simples que devem estar na base da estrutura de construção. Os indicadores representam um conjunto de dados de natureza mais ampla.
- Determinar e atribuir pesos a cada um dos diferentes critérios – os pesos atribuídos a cada um dos critérios traduzem numericamente a sua importância. A modelação dos critérios pode ser realizada recorrendo á hierarquização de critérios, distribuição de pesos, regressão múltipla entre outras.
- Aglomeração dos critérios - consiste em agrupar, a matriz de avaliação com base num modelo matemático definido previamente, as avaliações dos diversos critérios para cada ação.

Um problema de decisão multicritério é um problema que envolve a análise e avaliação de diferentes alternativas e mais do que um critério de análise. Estes critérios devem ser analisados e avaliados dentro de um determinado contexto pelo fato de deterem inter-relações que podem ser palpáveis ou impalpáveis.

A Figura 3.15 apresenta as vantagens da utilização da análise multicritério nos sistemas de apoio á decisão (Gomes *et al.* 2002, Bowersox 2002).

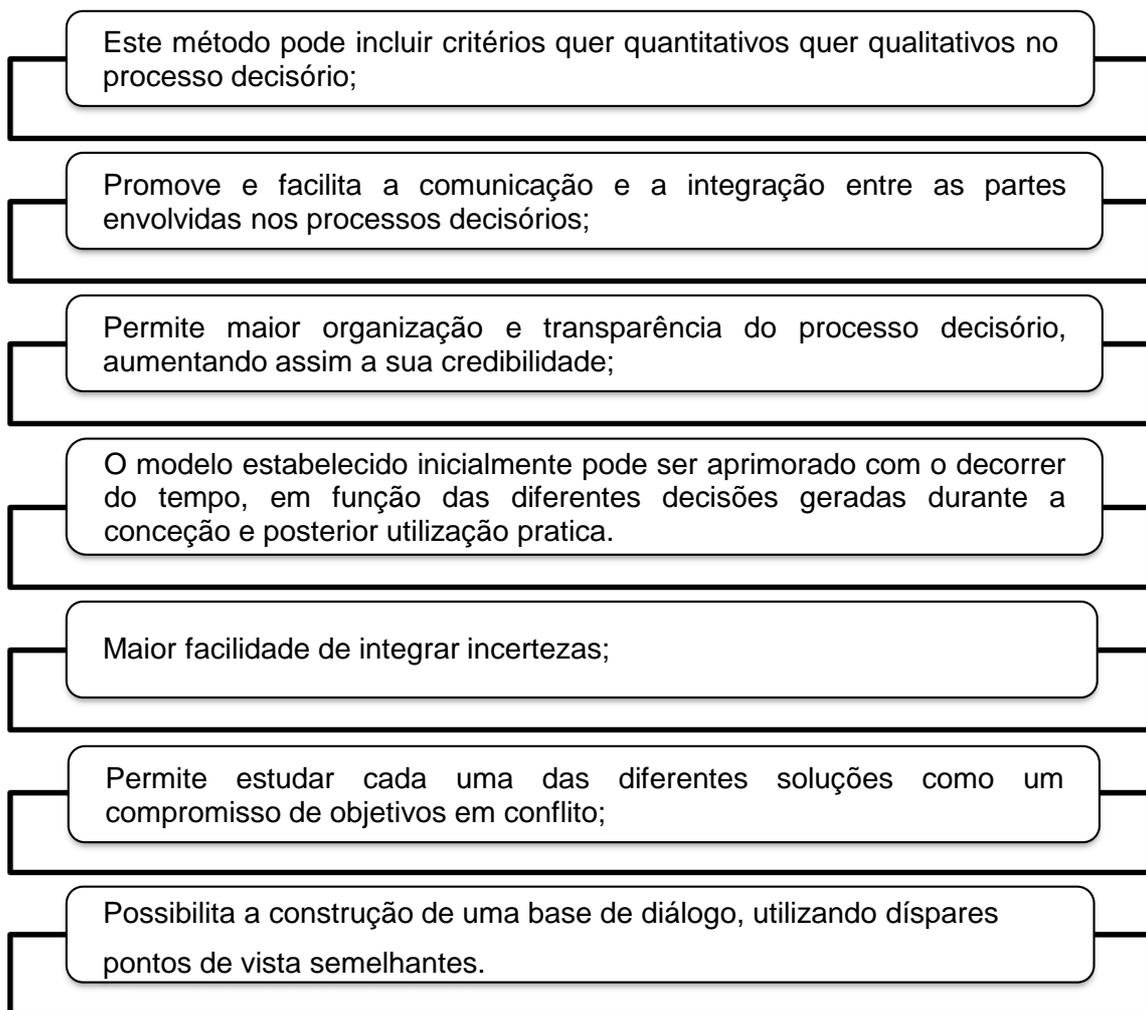


Figura 3. 15 – Vantagens da análise multicritério

Adaptado de: Bowersox (2002)

A tomada de decisão multicritério divide-se em dois tipos:

- Tomada de decisão multiobjetivo

Trata problemas que têm objetivos múltiplos, cujas alternativas podem adquirir um número ilimitado de valores. O grande objetivo de esta tomada de decisão é considerar uma função de maximização ou minimização com base em variáveis ou atributos considerados. Neste tipo de problemas não existe uma solução ótima que satisfaça completamente todos os objetivos ao mesmo tempo, e é usado quando se está perante:

- Problemas de conceção.
- O modelo é que gera as alternativas.
- Contextos contínuos.

- Tomada de decisão multiatributo

Neste tipo de problemas existe um conjunto de alternativas de decisão, formadas por um número geralmente pequeno de variáveis. A solução deste tipo de problemas consiste em encontrar a melhor alternativa tendo em conta apenas os seus atributos. A tomada de decisão multiatributo é usada quando se está perante:

- Problemas de seleção.
- Alternativas previamente definidas.
- Contextos discretos.

Na Figura 3.16 pode visualizar-se uma tomada de decisão multiatributo.

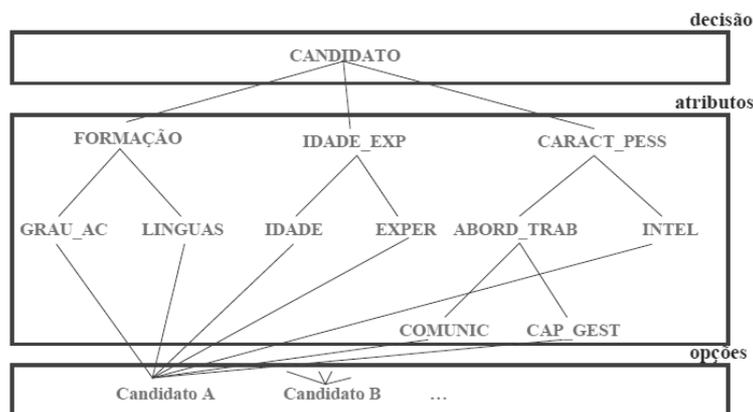


Figura 3. 16 – Tomada de decisão multiatributo

Retirado de: Jorge (2003)

Classificação dos problemas multicritério de acordo com o tipo de Problemática (Gomes *et al.* 2002, Pereira 2003):

- Problemática tipo α ($P\alpha$) - Escolha: tem como objetivo esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto tão restrito quanto possível, tendo em conta a escolha final de uma única ação. Esse conjunto irá conter as “melhores ações” ou as ações consideradas “satisfatórias”. O resultado esperado consiste em preparar um modelo simples, mas que:
 - Indique com a maior precisão e rigor uma escolha ou decisão a tomar;
 - Proponha a adaptação de uma determinada metodologia baseada num processo de seleção da melhor ação ajustada a uma possível utilização repetitiva ou mesmo automática.

- Problemática tipo β ($P\beta$) - Classificação: esta problemática tem como finalidade esclarecer a decisão por uma triagem resultante da alocação de cada ação a uma determinada categoria (ou a uma classe). As diferentes categorias são sempre definidas á priori com base em normas aplicáveis ou por um conjunto de ações pretendidas (ex: aceitar percurso, rejeitar ação, volta atrás para recolher mais informação etc...). Como resultado obtém-se uma triagem ou um procedimento de classificação / relações obtidas com base em exame/avaliação.

- Problemática tipo γ ($P\gamma$) - Ordenação: a finalidade desta problemática é esclarecer a decisão por uma escala obtida pelo agrupamento de todas as partes (principalmente as mais satisfatórias) das ações em classes de equivalência. Essas classes são definidas à priori e são ordenadas de modo completo ou parcial, conforme o que for pretendido. O resultado esperado e pretendido é, portanto, uma escala ou um procedimento de ordenação.

- Problemática tipo δ ($P\delta$) – Descrição ou cognição: tem como objetivo ajudar a esclarecer a decisão por uma descrição, utilizando linguagem apropriada, das ações e das suas consequências. O resultado obtém-se através de uma descrição ou de um procedimento cognitivo. Esta problemática difere das apresentadas anteriormente, porque começa e termina em si própria, apresentando uma exposição sistémica e formalizada as diferentes ações e dos seus próprios resultados qualitativas e quantitativas.

Um qualquer problema multicritério é constituído por:

- Um conjunto de ações A
- E por uma família consistente F de critérios em A ,

Onde o resultado esperado é:

- Delimitar um subconjunto de ações consideradas como sendo as mais vantajosas em F ;
- Dividir A em subconjuntos de acordo com os critérios definidos;
- Ordenar as ações de A de acordo com o grau (por exemplo ordenar da melhor ação para a pior)

Na Figura 3.17 é possível visualizar as grandes estratégias de apoio multicritério à decisão.

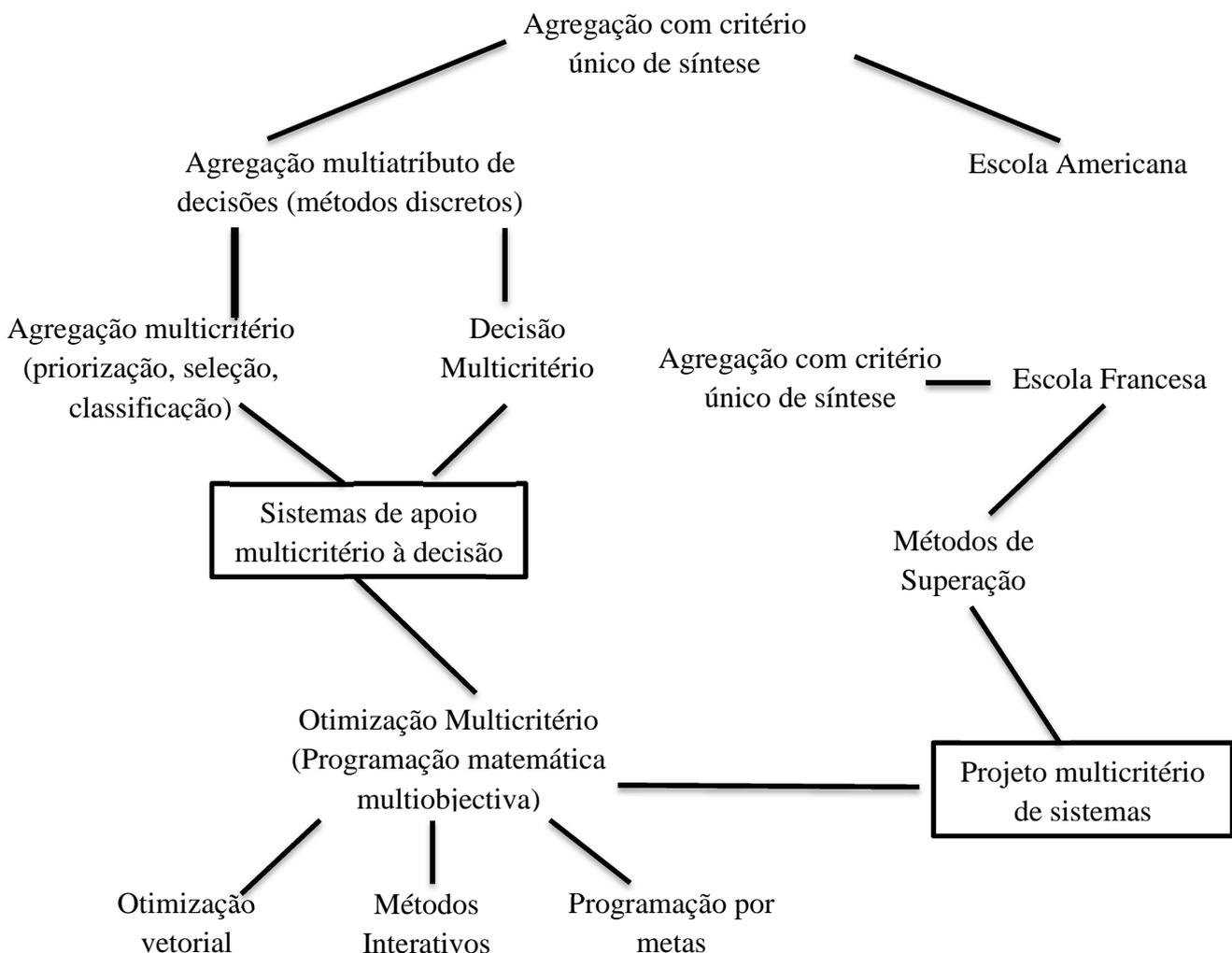


Figura 3. 17 – Grandes Estratégias de Apoio Multicritério à Decisão

Adaptado de: Gomes *et al.* (2002)

3.6.1 - Classificação dos métodos multicritério

Os métodos multicritério podem dividir-se em três grandes tipos:

- Estocásticos;
- *Fuzzy*;
- Determinísticos;

Os modelos estocásticos são constituídos por dados que representam probabilidades já geradas, de determinadas frequências relativas, que terão sido obtidas através de referências passadas. Neste modelo existe sempre as incertezas dos decisores. Estes modelos são utilizados para estudar as distribuições de determinados dados estatísticos, determinando o seu processo evolutivo, recorrendo a probabilidades relacionadas através de um conjunto de equações diferenciadas. Os modelos estocásticos consideram o conjunto de todos os possíveis cenários em simultâneo, em que cada um tem uma probabilidade de ocorrência associada e diferente (Bassanezi 2010).

Os modelos *Fuzzy* são modelos que também "trabalham" com a incerteza. Estes modelos permitem comparar vários tipos de subjetividade, dependendo da escolha das variáveis e dos parâmetros dos modelos a considerar. Estes modelos são formulados recorrendo a equações racionais e têm um tratamento matemático complexo. As soluções obtidas através deste modelo, normalmente, são menos complexas e exatas que as soluções obtidas através dos modelos determinísticos mas mais reais, pois têm em conta toda a subjetividade do caso em estudo (Bassanezi 2010, Oliveira 2004).

Os modelos determinísticos são constituídos pelos dados que representam a preferência dos decisores sem ter em conta a incerteza. Normalmente, este modelo é realizado através o cruzamento de dado numéricos e de escalas de valor, trabalhando com informações mais precisas e simplificadas. Os modelos determinísticos permitem determinar a solução ótima para cada um dos diferentes cenários em estudo. Desta forma este modelo é o mais utilizado dentro da análise multicritério. Dentro deste modelo existe um conjunto de diferentes modelos que foram desenvolvidos e são os mais utilizados segundo um elevado conjunto de autores. Alguns desses modelos são: AHP; ELECTRE I,II,III,IV; TOPSIS; PROMETHEE; TODIM (Bassanezi 2010).

3.6.1.1 - Método AHP

O método de análise hierárquica (AHP) foi desenvolvido pelo professor Thomas Saaty no ano de 1971. Este método foi aplicado pela primeira vez num estudo sobre o racionamento de energia para diferentes indústrias. Este método permite decompor uma qualquer situação complexa e não-estruturada nos seus diferentes componentes.

O método AHP é um método utilizado para simplificar a análise, perceção e avaliação de um problema de decisão, repartindo-o em níveis hierárquicos, começando pelos objetivos seguidos dos critérios, subcritérios e por fim no último nível as diferentes alternativas (Vidal *et al.* 2011, Dong *et al.* 2010).

O método AHP foi desenvolvido com o objetivo principal de apoiar os problemas de tomada de decisão com um elevado número de critérios. A sua principal vantagem é que permite decompor hierarquicamente o problema, permitindo estabelecer uma hierarquia de critérios e converter todas as avaliações subjetivas das diferentes importâncias em um conjunto de pontuações ou pesos de uma forma generalizada (Rossoni and Meireles 2011, Marchezetti *et al.* 2011, Macharis *et al.* 2004, Zheng *et al.* 2012, Chou *et al.* 2012). A metodologia deste modelo divide-se em três grandes fases:

- Estruturação ou decomposição do problema;
- Julgamentos comparativos;
- Calculo dos auto valores;
- Análise de prioridades e resultados.

Este método permite ao decisor primeiro estruturar ou decompor o problema em diferentes partes, dividindo essas mesmas partes em níveis hierárquicos, de forma a facilitar a sua compreensão, ver Figura 3.18 (Rossoni and Meireles 2011, Marchezetti *et al.* 2011).

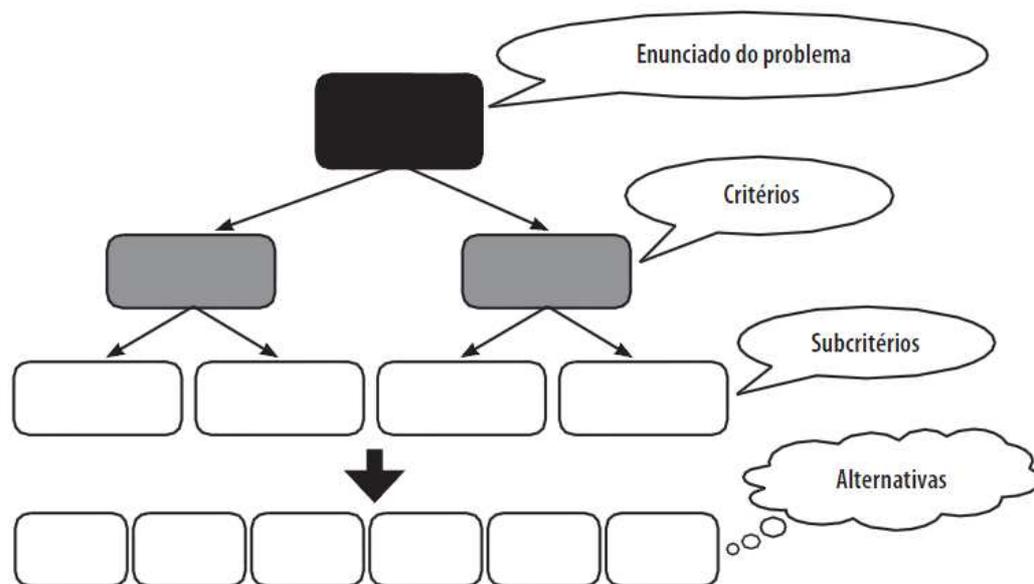


Figura 3. 18 – Estruturação e decomposição do problema no método AHP

Retirado de: Martins and Coelho (2011)

Segundo Saaty (2008) para se tomar uma decisão é necessário definir prioridades e decompor a decisão nos seguintes pontos:

- Definir o problema a estudar e o tipo de resultado a obter;
- Estruturar o problema por hierarquias, desde o objetivo principal aos objetivos elementares;
- Criar um conjunto de matrizes que permitam fazer comparações entre os diferentes elementos do problema;
- Criação de um conjunto de prioridades que permitam efetuar comparações entre os diferentes elementos do problema.

Um qualquer problema de análise de decisão pode ser dividido em diferentes etapas. No fluxograma apresentado abaixo, (Figura 3.19) é possível analisar e visualizar essas mesmas etapas (Costa and Belderrain 2009, Chou *et al.* 2012, Zheng *et al.* 2012).

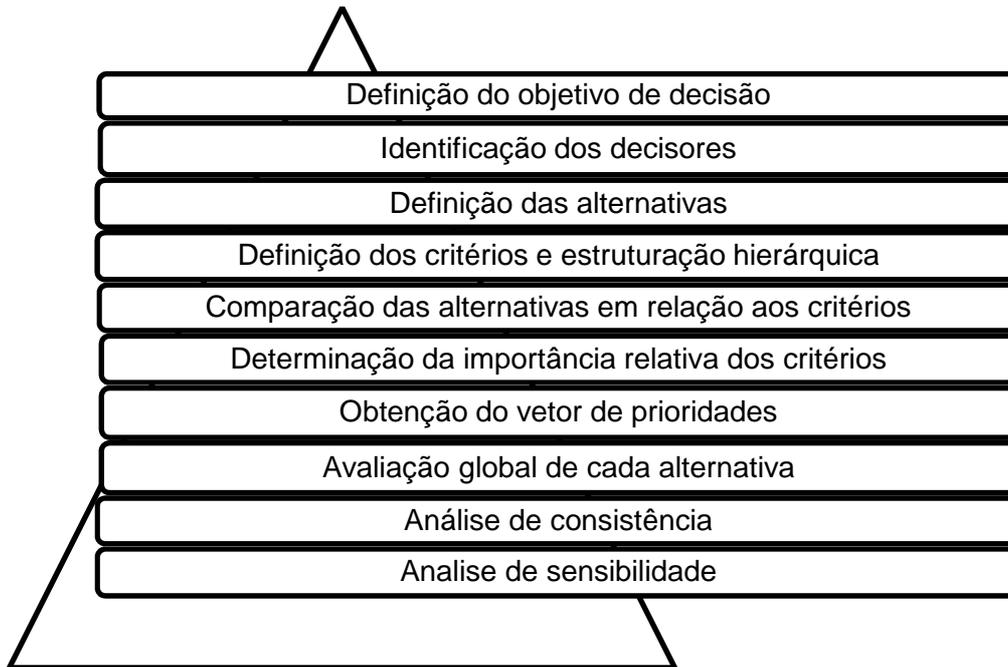


Figura 3. 19 – Fluxograma do Procedimento Analítico do AHP

Adaptado de: Costa and Belderrain (2009)

Elementos fundamentais do método AHP

Os vários elementos fundamentais do método AHP são:

Atributos e propriedades - um conjunto indeterminado de alternativas são comparados em relação a um conjunto finito de critérios.

Correlação Binária - para cada um dos critérios, duas alternativas são comparadas de forma binária, ou seja, um elemento, pode ser preferível ou mesmo indiferente ao outro.

Escala Fundamental - a cada um dos elementos é associado um valor de prioridade sobre os restantes elementos em uma escala numérica de números positivos e inteiros.

Hierarquia - o conjunto de elementos é ordenado por ordem de preferência e homogêneos nos seus devidos níveis hierárquicos (Costa *et al.* 2008). No anexo A, encontram-se explicados de uma forma mais pormenorizada os vários elementos do Método AHP e a sua forma de utilização.

Passos necessários para aplicação do método AHP

1 - Definir o problema que se pretende resolver e identificar todas as partes envolvidas.

2 - Decompor todo o problema em hierarquias, desde o topo (objetivo geral) até ao último nível (alternativas). Desde o topo até as extremidades, o modelo contém objetivos, critérios e subcritérios (todos os pontos de avaliação a considerar) e alternativas. Quanto menos critérios existirem mais fácil se torna a aplicação do modelo, isto porque quanto mais critérios tiverem menos importância tem cada um deles.

3 - Construção de uma matriz que permita a comparação entre elementos (coluna - linha).

4 - Efetuar julgamentos de forma a tornar as matrizes mais completas. Para que isto seja possível é necessário $n(n-1)/2$ julgamentos para uma qualquer matriz $n*n$, sendo que o n corresponde ao número de linhas e colunas.

5 - Determinar o índice de consistência (IC). Caso o IC não seja satisfatório é necessário refazer os julgamentos (Silva 2007, Zheng *et al.* 2012).

$$\text{Índice de Consistência} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

Para a determinação do Auto valor máximo, multiplica-se a matriz de julgamento pelo vetor coluna de prioridades, ou seja,

$$\lambda_{max} = \text{Média do vetor} \frac{Aw}{w} \quad (2)$$

Se o resultado do índice de consistência for menor do que 0,1 pode concluir-se que existe consistência, caso o índice seja superior é necessário refazer os julgamentos. Saaty (2008) sugere que quando se determinar o IC se determine também a razão de consistência que varia com o tamanho da amostra em estudo.

$$\text{Razão de consistência} = \frac{IC}{\text{Índice Randômico (IR)}} \quad (3)$$

Sendo o índice randômico visualizado através do seguinte quadro:

Quadro III – Índice Randómico

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

6 - Analisar o resultado das matrizes de forma a estabelecer prioridades, permitindo posteriormente comparar as alternativas e seleccionar a melhor opção. (Silva 2007, Zheng *et al.* 2012)

3.6.1.2 - Método TOPSIS

O método TOPSIS é uma metodologia multicritério na qual diversas alternativas são avaliadas segundo um conjunto de atributos de diferentes prioridades que são determinados por um indicador que deriva da combinação entre a aproximação a uma situação positiva (ideal) e o distanciamento de uma situação negativa (não ideal), auxiliando as diferentes tomadas de decisão.

E considerada como melhor alternativa, aquela que estiver mais próxima da solução positiva ideal e ao mesmo tempo mais distante da solução negativa ideal. A solução considerada como ideal positiva é composta por todos os valores que serão atingíveis advindos dos diferentes critérios ou benefícios, isto é, é a solução que representar uma alternativa composta pelas melhores pontuações atribuídas a cada critério, e a solução negativa ideal é a alternativa que apresentar as mais fracas ou mesmo as piores pontuações (Huang and Peng 2012, Behzadian *et al.* 2012).

A aplicação deste método baseia-se em duas matrizes distintas. A primeira é uma matriz de decisão, que é constituída pelas diversas alternativas, atributos e diferentes critérios. A segunda matriz é constituída pelos dados normalizados advindos da primeira matriz.

De forma a minimizar a distância entre a solução positiva ideal e maximizar a distância entre a solução negativa ideal recorre-se à técnica da distância Euclidiana, que tem como função minimizar a busca da raiz quadrada da soma das distâncias ao quadrado. (Markovic 2010, Hosseinzadeh Lotfi and Navidi 2011, Zamri and Abdullah 2012, Ding 2012, Ding 2011, Valladares 2011, G.R. Jahanshahloo 2006)

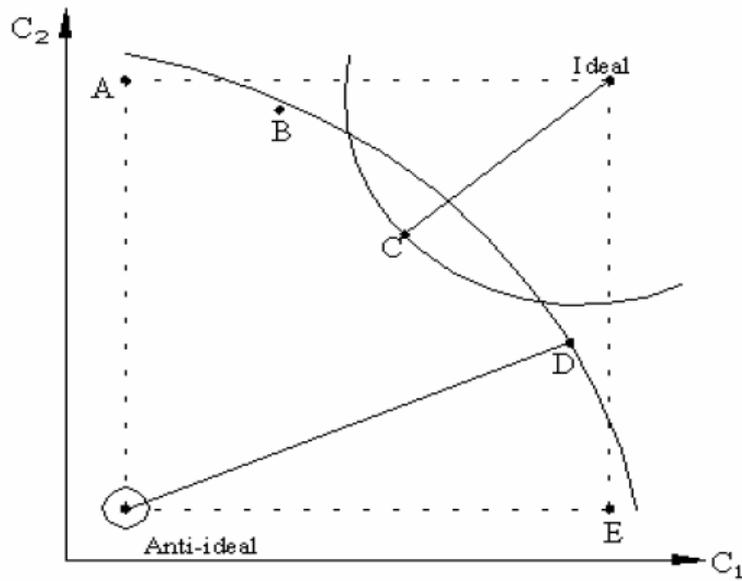


Figura 3. 20 – Distância das Alternativas à Solução Ideal e Anti Ideal

Retirado de: Valladares (2011)

Na figura 3.20 apresentada acima estão apresentadas cinco alternativas (A;B;C;D;E). Foram considerados pesos iguais para ambos os critérios, sendo que a alternativa C seria a que se encontra mais próxima do ideal, enquanto a alternativa D seria a que se encontra mais distante. (Valladares 2011, Markovic 2010)

Fases de execução do método

1 - Construção da matriz do problema ou matriz de decisão - Esta matriz contém todas as alternativas, os diferentes critérios selecionados e as respetivas avaliações , ver figura 3.21.

	C_1	C_2	...	C_n
A_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}
A_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}
A_m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mn}

Figura 3. 21 – Matriz de Decisão

Retirado de: G.R. Jahanshahloo (2006)

2 - Cálculo da matriz normalizada - a normalização pode ser realizada utilizando diferentes critérios (normalização por vetor e linear). A normalização linear resulta da divisão do valor atribuído a um critério, pelo máximo valor atribuído a esse mesmo

critério. A normalização por vetor resulta da divisão de cada critério por um modelo, isto é, a raiz quadrada da soma dos quadrados pertencentes a todas as alternativas. Para isso utiliza-se a seguinte equação (Markovic 2010, Hosseinzadeh Lotfi and Navidi 2011, Zamri and Abdullah 2012, Ding 2011, Valladares 2011, (Huang and Peng 2012):

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N x_{ij}^2}} \quad (4)$$

Sendo:

- N corresponde ao número de fontes de dados;
- x_{ij} Apresenta o j-ésimo critério para a i-ésima fonte de dados

	f_1	f_2	...	f_j	...	f_n
a_1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1j}	...	r_{1n}
a_2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2j}	...	r_{2n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a_i	r_{i1}	r_{i2}	...	r_{ij}	...	r_{in}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a_m	r_{m1}	r_{m2}	...	r_{mj}	...	r_{mn}
	(max min)	(max min)		(max min)		(max min)

Figura 3. 22 – Normalização por vetor

Retirado de: Markovic (2010)

3 - Atribuição dos respetivos pesos - a matriz já normalizada é multiplicada por pesos atribuídos a cada critério (coluna), que podem ser definidos por vários decisores, ver figura 3.22.. Para a atribuição dos respetivos pesos utiliza-se a seguinte equação:

$$v_{ij} = w_{ij} \times y_{ij} \quad (5)$$

Sendo:

- w_{ij} – Corresponde ao peso definido para cada um dos atributos ou critérios;

4 - Identificação da solução ideal, positiva e negativa - os piores e os melhores valores são selecionados de cada um dos diferentes critérios para permitir identificar as soluções ideais positivas e ideais negativas. Para identificar as soluções ideais positivas e

negativas utilizam-se as seguintes fórmulas (Markovic 2010, Hosseinzadeh Lotfi and Navidi 2011, Zamri and Abdullah 2012, Ding 2011, Valladares 2011):

$$S^+ = ((\max v_{ij} | j \in J), \min v_{ij} | j \in J'')) \tag{6}$$

$$S^- = ((\min v_{ij} | j \in J), \max v_{ij} | j \in J'')) \tag{7}$$

Sendo:

$I = 1, 2, 3, \dots, M$;

$j \in J$ – Está relacionado com os critérios de qualidade (benefícios)

$j \in J'$ - Está relacionado com os critérios de custo

5 - Determinação das distâncias entre a situação positiva ideal e cada uma das alternativas (Δ^+) e situação negativa ideal e cada uma das alternativas (Δ^-) - para cada uma das diferentes alternativas é calculada uma medida de separação em função das situações positivas e negativas, que podem ser determinadas utilizando as seguintes equações (Markovic 2010, Hosseinzadeh Lotfi and Navidi 2011, Zamri and Abdullah 2012, Ding 2011, Valladares 2011):

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^N (v_{ij} - s_j^+)^2}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, M \tag{8}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^N (v_{ij} - s_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, M \tag{9}$$

6 - Determinação da priorização (ϑ) para a posição ideal positiva - é calculada utilizando a fórmula 10:

$$\vartheta = \frac{[\Delta^-]}{[\Delta^- + \Delta^+]} \tag{10}$$

Após o cálculo da priorização das alternativas são comparadas com a solução positiva ideal e com a solução ideal negativa (Markovic 2010, Hosseinzadeh Lotfi and

Navidi 2011, Zamri and Abdullah 2012, Ding 2012, Ding 2011, Valladares 2011, Jahanshahloo 2006, Behzadian *et al.* 2012).

3.6.1.3 - Método TODIM

O método TODIM (tomada de decisão interativa multicritério) tem como base um conjunto de n alternativas a serem classificadas na presença de m critérios que podem ser qualitativos e quantitativos, sendo que um dos critérios irá ser considerado o critério de referência. Para se determinar o peso de cada um dos critérios, o método TODIM sugere que se utilize uma matriz de comparação com um número par de critérios ou então recorre-se a uma escala de classificação. Para se obter os pesos dos diferentes critérios, pode recorrer-se a três etapas distintas (Rangel *et al.* 2011, Costa *et al.* 2002, Silva *et al.* 2011, Gomes *et al.* 2009, Gomes and Rangel 2009):

- Os valores são adicionados ao longo de cada coluna da matriz correta;
- São calculados os inversos das somas;
- Cada um dos recíprocos são dividido pela soma dos recíprocos. Desta forma conseguirá chegar-se aos pesos dos critérios.

Após a determinação dos pesos é necessário estimar, para cada um dos critérios qualitativos c , a contribuição de cada uma das alternativas i , para o objetivo que foi associado ao critério. Quando se está perante escalas verbais, os julgamentos de valor são convertidos em valores numéricos. Um exemplo da conversão da escala verbal para numérica é apresentado no quadro IV:

Quadro IV – Exemplo da conversão de uma escala verbal em cardinal

Grau de Importância	Definição	Alternativa (i) x Critérios (c)
1	Muito pouca importância	Alternativa i – muito pouca importância para c
2	Pouca importância	Alternativa i – pouca importância para c
3	Alguma importância	Alternativa i – alguma importância para c
4	Grande Importância	Alternativa i – grande importância para c
5	Importância Absoluta	Alternativa i – absoluta importância para c

Retirado de: Costa *et al.* (2002)

Para que se possa utilizar o método TODIM é necessário que todos os valores relacionados com a avaliação das alternativas em função de cada critério sejam números e normalizados (Figura 3.23). Todas as avaliações efetuadas através de critérios qualitativos devem ser convertidas numa escala ordinal, permitindo obter uma matriz de avaliação das alternativas.

Alternativas	Critérios					
	C_1	C_2	...	C_j	...	C_m
A_1	P_{11}	P_{12}	...	P_{1j}	...	P_{1m}
A_2	P_{21}	P_{22}	...	P_{2j}	...	P_{2m}
...
A_i	P_{i1}	P_{i2}	...	P_{ij}	...	P_{im}
...
A_n	P_{n1}	P_{n2}	...	P_{nj}	...	P_{nm}

Figura 3. 23 – Matriz dos Valores das Alternativas Normalizadas
Retirado de: Autran Monteiro Gomes and Duncan Rangel (2009)

Determinados os pesos para cada um dos critérios, é necessário, agora, determinar a matriz de dominância parcial e a matriz de dominância final. Para isso é fundamental determinar a taxa de substituição wrc que é calculada através da divisão do peso do critério c pelo peso do critério de referência r . Ao determinar esta taxa irá ser possível trazer para uma mesma escala todas as medidas de comparação. Então, para determinar a medida da dominância de cada alternativa A_i , é necessário:

$$\delta(A_i, A_j) = \sum_{c=1}^m \phi_c(A_i, A_j) \forall (i, j) \tag{11}$$

Sendo:

$$\phi_c(A_i, A_j) = \begin{cases} \sqrt{\frac{w_{rc} (P_{ic} - P_{jc})}{\sum_{c=1}^m w_{rc}}} & se (P_{ic} - P_{jc}) > 0 \end{cases} \tag{12}$$

$$\phi_c(A_i, A_j) = 0 \quad se (P_{ic} - P_{jc}) = 0 \tag{13}$$

$$\phi_c(A_i, A_j) = \begin{cases} 0 & \text{se } (P_{ic} - P_{jc}) < 0 \\ \frac{1}{\theta} \sqrt{\frac{(\sum_{c=1}^m w_{rc}) (P_{ic} - P_{jc})}{w_{rc}}} & \text{se } (P_{ic} - P_{jc}) > 0 \end{cases} \quad (14)$$

Sendo:

- $\delta(A_i, A_j)$ – Corresponde à medida de dominância relativa da alternativa i sobre a alternativa j ;
- m – Corresponde ao número de critérios;
- c – Diz respeito a um qualquer critério, $c = 1, 2, 3, \dots, m$;
- w_{rc} - Corresponde à taxa de substituição do critério c pelo critério de referência r ;
- P_{ic} e P_{jc} – São os valores normalizados das alternativas i e j em relação ao critério c ;
- θ – Corresponde ao fator de atenuação de perdas.

O fator $\phi_c(A_i, A_j)$ apresenta o contributo do critério c à função $\delta(A_i, A_j)$, quando se pretende comparar as alternativas i e j . O valor correspondente à diferença entre P_{ic} e P_{jc} expõe diferentes situações para a função $\delta(A_i, A_j)$ e para cada uma delas. Para se obter o fator $\phi_c(A_i, A_j)$ deve utilizar-se uma diferente equação dependendo:

- Em situações em que existe ganho para a função e onde a diferença é positiva utiliza-se a equação 12;
- No caso de estar perante situações de equivalência, onde a diferença é nula, recorre-se à equação 13;
- No caso de se estar perante situações de perda, onde a diferença é negativa, recorre-se à equação 14.

Determinada a matriz de dominância final $\delta(A_i, A_j)$ através da soma das m matrizes de dominância parcial $\phi_c(A_i, A_j)$, pode concluir-se que ela está então normalizada. Recorre-se à Equação 15 para determinar o valor global de cada alternativa.

A disposição das diferentes alternativas resulta da ordenação dos seus valores globais. (Gomes and Rangel 2009).

$$\xi_i = \frac{\sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j) - \min \sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j)}{\max \sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j) - \min \sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j)}$$

O método TODIM permite ordenar todas as alternativas, tendo em conta as preferências dos decisores. Deve recorrer-se a uma análise de sensibilidade para avaliar as implicações caso seja necessário alterar o fator de atenuação de perdas, e também, dependendo da finalidade, do critério escolhido, dos pesos atribuídos aos diferentes critérios, ou mesmo da apreciação das alternativas.

3.6.1.4 - Método ELECTRE

O método ELECTRE tem como finalidade obter um subconjunto de diferentes alternativas, na qual as alternativas que pertencem a esse mesmo conjunto qualifiquem as que não pertencem. Permite desta forma reduzir o tamanho do conjunto das várias alternativas, tendo como base o conceito de dominância. Mas, para que isto seja possível, são utilizados dois diferentes índices:

- O índice de concordância - que permite medir a vantagem relativa de cada uma das alternativas sobre as restantes;

O índice de discordância - que permite medir a desvantagem relativa de cada uma das alternativas em relação as restantes (Bojković *et al.* 2010, Kaya and Kahraman 2011, Wu and Chen 2011, Murat Karacasu 2010).

O método ELECTRE pode ser aplicado em duas fases distintas, ou seja:

1º Fase - constrói-se a relação de ordenação, onde são comparadas par a par as diferentes alternativas;

2º fase - explora-se a relação de ordenação, onde se aplica uma formulação para resolver o problema. Na Figura 3.24 pode verificar-se um esquema do método ELECTRE.

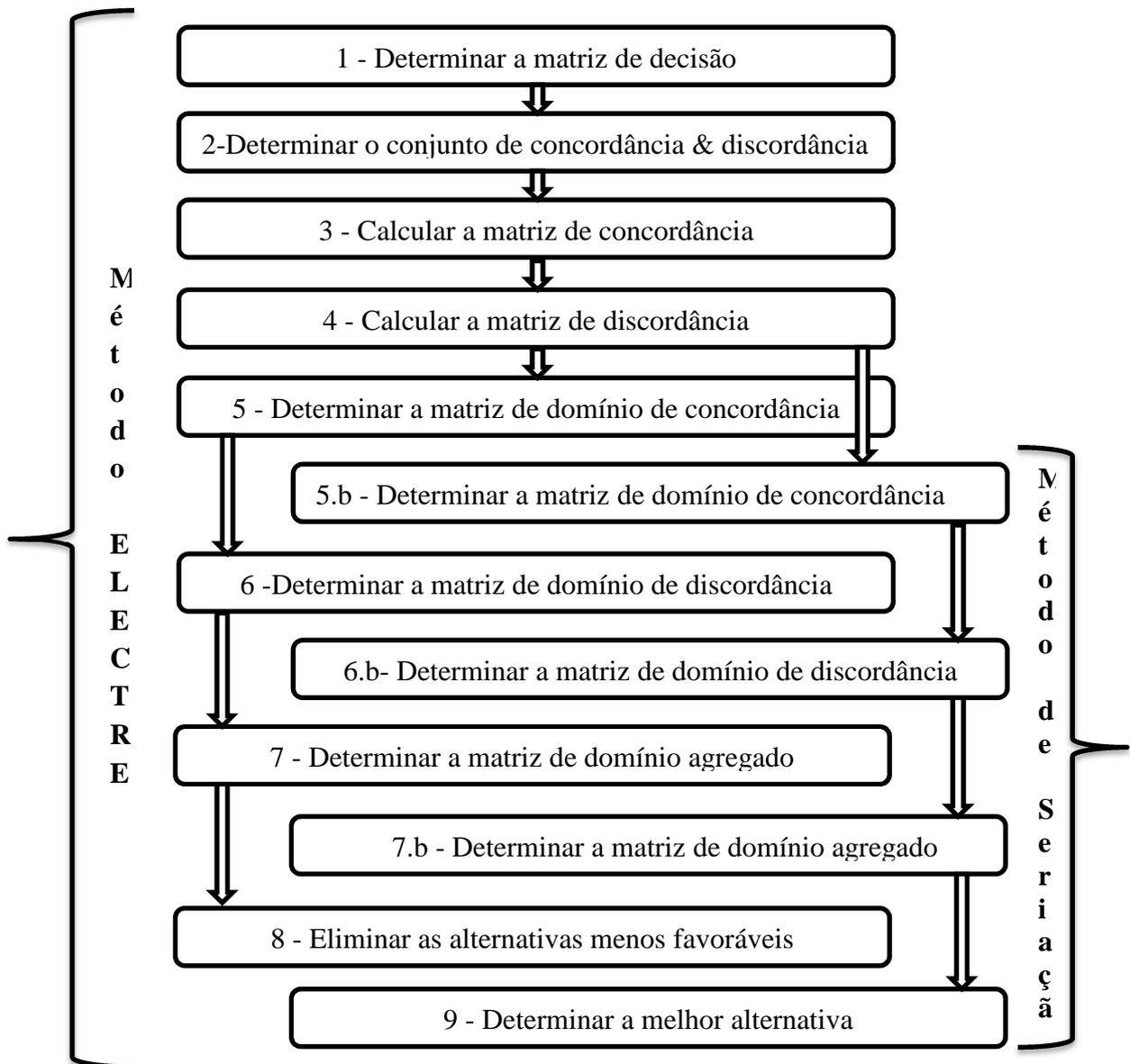


Figura 3. 24 – Processo de solução do método ELECTRE

Adaptado de: Wu and Chen (2009)

O objetivo deste método é separar, do conjunto total de alternativas identificadas, aquelas que são selecionadas na generalidade dos critérios de avaliação (Bojković *et al.* 2010, Huang and Chen 2005).

O método ELECTRE já sofreu alterações/ novos desenvolvimentos, que permitiram que este método tivesse em conta um conjunto de critérios que no modelo inicial não tinham, (os diferentes métodos podem ser consultados no anexo A).

3.6.1.5 - O método PROMETHEE

O método PROMETHEE tem como finalidade a construção de uma relação de categorização de valores. Para cada critério deve ser estabelecido um determinado peso p_j que irá aumentar consoante a importância de cada critério. Este método tem seis diferentes formas para serem utilizadas na escolha das preferências por parte do decisor, podendo variar a forma consoante o critério. Se o modo de preferência do decisor aumentar conforme a diferença de desempenho das diferentes alternativas para cada um dos critérios $[g_j(a) - g_j(b)]$, este pode circunscrever uma função $F(a,b)$ que alcance valores entre 0 e 1. (Qu *et al.* 2011, Macharis *et al.* 2004, Yilmaz and Dağdeviren 2011, Vetschera and de Almeida 2012, Hu and Chen 2011)

Se a diferença de desempenho de uma alternativa em relação a uma outra aumentarem então os valores aumentam; caso a diferença de desempenho seja igual ou inferior ao da outra, então assume o valor de 0, como se pode verificar nos pontos apresentados abaixo (Macharis *et al.* 2004, Costa and Almeida 2002, Hu and Chen 2011).

1 – Critério usual – não existem parâmetros a definir (Araújo and Almeida 2009, Costa and Almeida 2002):

$$\begin{aligned} g_j(a) - g_j(b) > 0 & \quad F(a,b) = 1 \\ g_j(a) - g_j(b) \leq 0 & \quad F(a,b) = 0 \end{aligned} \tag{16}$$

2 – Existe um limiar de diferença – aqui define-se o parâmetro q (ou seja, o limite de indiferença):

$$\begin{aligned} g_j(a) - g_j(b) > q & \quad F(a,b) = 1 \\ g_j(a) - g_j(b) \leq q & \quad F(a,b) = 0 \end{aligned} \tag{17}$$

3 – Limite de preferência – determina-se o parâmetro p (limite de preferência):

$$\begin{aligned}
 g_j(a) - g_j(b) > p & \quad F(a, b) = 1 \\
 g_j(a) - g_j(b) \leq p & \quad F(a, b) = \frac{g_j(a) - g_j(b)}{p} \\
 g_j(a) - g_j(b) \leq 0 & \quad F(a, b) = 0
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

4 – Pseudocritério – neste ponto são determinados os parâmetros q (limite de indiferença) e os limites p (limite de preferência) (Araújo and Almeida 2009, Vetschera and de Almeida 2012):

$$\begin{aligned}
 [g_j(a) - g_j(b)] > p & \quad F(a, b) = 1 \\
 q < [g_j(a) - g_j(b)] \leq p & \quad F(a, b) = \frac{1}{2} \\
 [g_j(a) - g_j(b)] \leq q & \quad F(a, b) = 0
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

5 – Área de indiferença - Neste ponto são definidos os parâmetros q (limite de indiferença) e os limites p (limite de preferência):

$$\begin{aligned}
 [g_j(a) - g_j(b)] > p & \quad F(a, b) = 1 \\
 q < [g_j(a) - g_j(b)] \leq p & \quad F(a, b) = \frac{([g_j(a) - g_j(b)] - q)}{p - q} \\
 [g_j(a) - g_j(b)] \leq q & \quad F(a, b) = 0
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

6 – Critério Gaussiano – Por último o desvio-padrão deve ser fixado:

$$\begin{aligned}
 g_j(a) - g_j(b) > 0 & \quad \text{Segue uma distribuição normal} \\
 g_j(a) - g_j(b) \leq 0 & \quad F(a, b) = 0
 \end{aligned}
 \tag{21}$$

As alternativas podem ser ordenadas de duas formas distintas:

- Ordem crescente – onde $\Phi^-(a) = \sum \pi(a, b)$ é denominado de fluxo de entrada, e representa a intensidade de preferência de todas as outras alternativas em relação a . Quanto menor for $\Phi^-(a)$ melhor será a alternativa em análise.

- Ordem decrescente – onde $\Phi^+(a) = \sum \pi(a, b)$ é denominado de fluxo de saída, e representa a intensidade de preferência de a em relação a todas as restantes alternativas. Quanto maior for $\Phi^+(a)$ melhor será a alternativa em análise. (Araújo and Almeida 2009)

Este método já sofreu cinco alterações, essas alterações podem ser consultadas no anexo A (Vetschera and de Almeida 2012, Hu and Chen 2011).

3.6.1.6 - Método MACBETH

O método MACBETH é uma metodologia de análise de decisão que permite avaliar diferentes opções equiparando-as de uma forma quantitativa em relação às suas diferenças de atratividade tendo como base um conjunto de critérios, ou seja, é uma ferramenta de apoio à tomada de decisão, que permite avaliar alternativas tendo em conta um conjunto de diferentes critérios. (Costa *et al.* 2005, Montignac *et al.* 2009, Clivillé *et al.* 2007)

Este método é composto por duas importantes fases:

- A estruturação;
- E a avaliação.

Aqui, os critérios de decisão - denominados de Ponto Vista - são quase sempre operacionalizados por indicadores, e a avaliação é feita através de avaliações entre alternativas aos pares, recorrendo a matrizes. As escalas que este método utiliza nos julgamentos e na avaliação podem ser obtidas recorrendo a coerência teórica ou semântica.

O método MACBETH cria a sua matriz de julgamentos através de uma abordagem interativa que requer apenas critérios qualitativos.

Este método distingue-se de todos os outros pelo facto de, apenas, requerer julgamentos qualitativos sobre as diferenças de atratividade entre os diferentes elementos, para gerar as pontuações para as devidas opções em cada um dos critérios e até mesmo para ponderar os critérios (Costa *et al.* 2005, Clivillé *et al.* 2007, Montignac *et al.* 2009). Na figura 3.25 é possível visualizar-se o processo iterativo do modelo MACBETH.

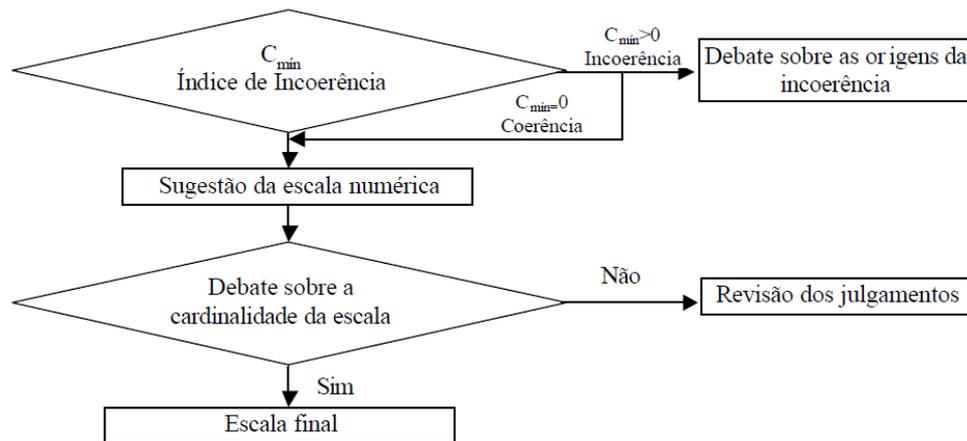


Figura 3. 25 – Fluxograma do processo iterativo do método MACBETH

Retirado de: Boas (2009)

No método MACBETH são introduzidas sete categorias semânticas de diferença de atratividade, sendo elas:

- Nula;
- Muito fraca;
- Fraca;
- Moderada;
- Forte;
- Muito forte;
- Extrema.

Para a resolução de problemas recorrendo a este método, são necessários quatro passos distintos, na imagem 3.26 abaixo pode-se ler esses passos.

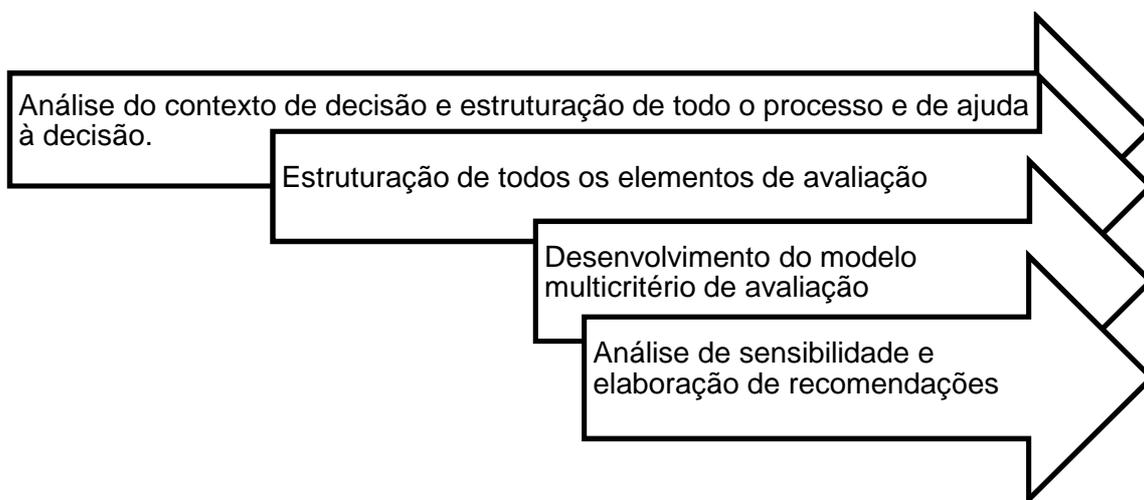


Figura 3. 26 – Passos para a resolução de um problema recorrendo à metodologia MACBETH

Retirado de: Costa (2006), Montignac *et al.* (2009)

3.6.1.7 - Método MMASSITI

Normalmente um processo de análise de decisão multicritério pode ser considerado um processo recursivo e é constituído por um conjunto de passos já numerados no ponto anterior.

O modelo MMASSITI (Metodologia Multicritério para a Avaliação e seleção de Sistemas de Informação/Tecnologias de Informação) pode ser adaptado para a avaliação de alternativas de transporte, isto porque tem em consideração os pontos numerados anteriormente. Esta fase do modelo pode ser considerada como o mais importante, isto porque condiciona todo o processo de decisão, logo, deve ser claro e perfeitamente compreendido pelo decisor/ decisores. A metodologia do modelo propõe uma nova e diferente abordagem ao processo de estruturação do problema e à respetiva recolha de informação, apresentando aos diferentes decisores um modelo conceptual que forme uma base de trabalho, incorpore o conhecimento dos diferentes decisores, facilitando assim a compreensão do problema, a recolha e até mesmo a sistematização da informação (Figura 3.27).

Este modelo tem como objetivo proporcionar aos decisores uma metodologia ADMC, que numa ferramenta útil, versátil e eficaz na diminuição da incerteza da tomada de decisão. Considerando que um sistema de transporte é composto por entidades que prestam diferentes serviços e por funcionalidades que garantem a independência dos critérios, considerou-se no modelo dois diferentes níveis:

- Adequação do sistema de transportes às exigências do decisor;
- Informação relacionada com os aspetos técnicos e funcionais dos sistemas de transporte em análise (Pereira 2003).

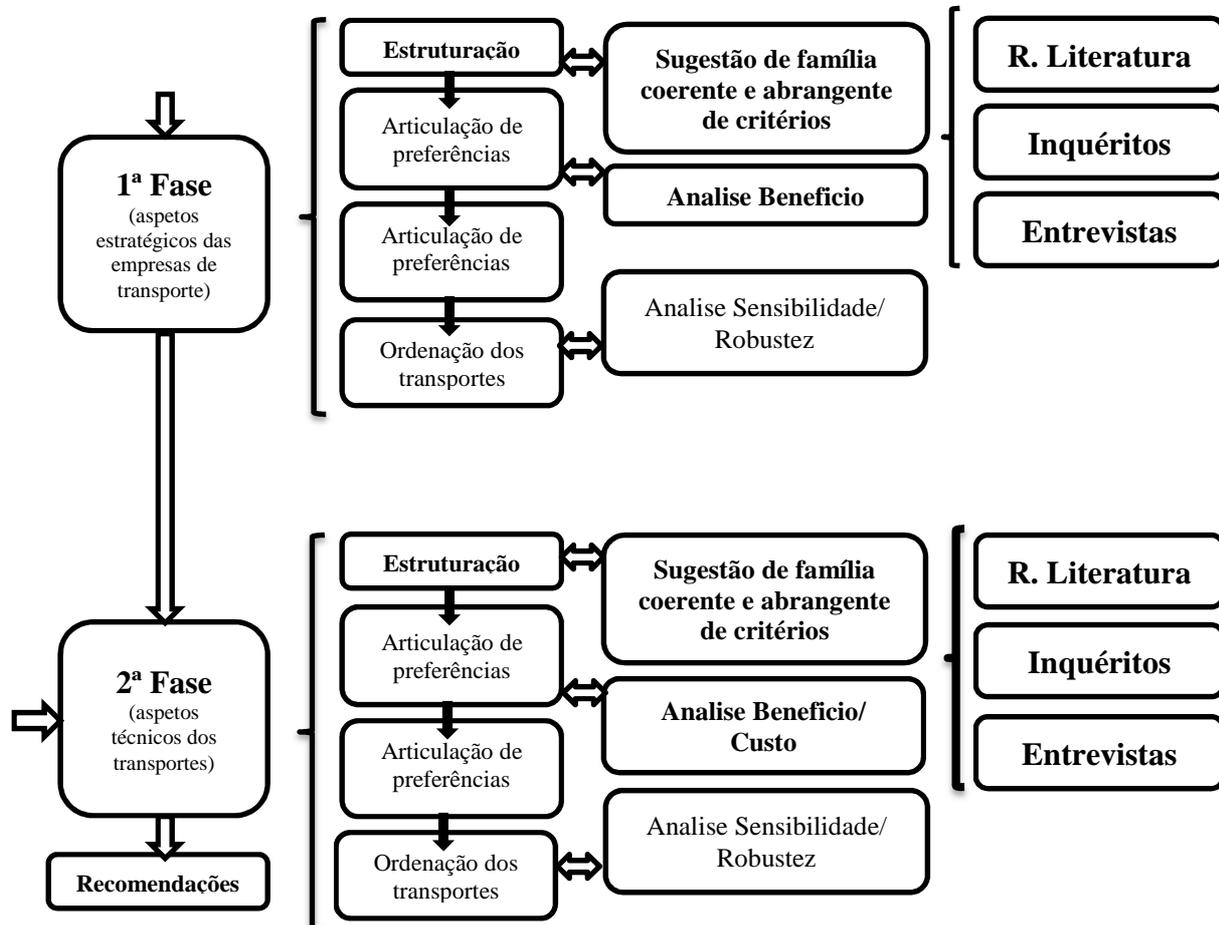


Figura 3. 27 – Modelo multicritério em Análise
Adaptado de: Pereira (2003)

Este modelo multicritério tem como objetivo facilitar a fase de estruturação de um problema, considerado como ponto de partida para a definição de uma família coesa e sólida de critérios a ter em consideração no processo de análise e seleção de um meio de transporte. Um dos pontos considerado como o mais difícil, e ao mesmo tempo um impulso para a metodologia desenvolvida, resulta do facto de cada empresa de transporte apresentar uma identidade organizada particular, logo a metodologia deve:

- "Forçar" uma análise cuidadosa do sistema de transporte e das diferentes empresas que o constituem, dos seus objetivos, recursos disponíveis, processos e relações com o meio envolvente.

- Ter em atenção a avaliação do impacto dos transportes com as estratégias e planeamento das cargas.

Na fase de estruturação do problema os decisores devem eleger/ modificar ou adicionar os critérios que consideram mais importantes para a realização da análise, construindo desta forma uma família coesa de critérios. Após construir a família de critérios e necessário valorizar cada um deles, recorrendo à técnica de amplitude de pesos. As diferentes alternativas são valorizadas em cada um dos critérios, usando-se para isso uma escala fixa continua, com uma correspondência a sete referências semânticas, que serão pré-definidas pelos decisores. Mas para isso é necessário que o modelo tenha a definição, para que não existam incertezas ou indecisões de interpretação por parte dos diferentes decisores, de dois níveis de referência: neutro e um melhor. Os dois níveis definidos são a base para a valorização das alternativas em cada um dos critérios.

A agregação global é feita pelo método aditivo recorrendo à equação:

$$v(a) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(x_i^a) \quad (1) \quad \text{com} \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \text{e} \quad w_i = (w_1, \dots, w_n) \in [0,1] \quad (22)$$

onde:

v_i é definido pelos decisores;

a é a alternativa em avaliação;

x_i^a é a quantificação no critério i

$v_i(x_i^a)$ é a função valor do critério;

w_i é o peso do critério (que será definido pelo procedimento da amplitude de pesos);

$v(a)$ é o valor global de a ;

n é o número de critérios.

O modelo MMASSITI permite efetuar duas análises possíveis:

- Benefício-custo, desagregando os critérios quantitativos, traduzidos em custo, dos qualitativos, traduzidos em benefício;
- Análise benefício com todos os critérios estudados como qualitativos, mas esta análise incorpora várias fases: valoração dos critérios, definição da escala, valoração de cada alternativa em cada critério.

A metodologia deste modelo é constituída por oito passos distintos, sendo eles:

1º Passo: definir a família coesa de critérios em consenso pela decisão em grupo (para fazer este passo é necessário fazer uma descrição completa do problema e especificar o âmbito de decisão);

2º Passo: investigar/ acrescentar e validar a descrição de cada um dos diferentes critérios pelo grupo de decisores até chegar a uma compreensão coesa;

3º Passo: criar/definir os níveis de referência, o "neutro" e o "melhor" que servem de base para a valorização das alternativas;

4º Passo: configurar o ranking de importância coletiva (peso) atribuído pelo grupo de decisores (GD) a cada critério de acordo com o procedimento - técnica de amplitude de pesos;

5º Passo: definir uma escala contínua com sete níveis de ligação significativa (muito pior, pior, pior um pouco, neutro, ligeiramente melhor, melhor e muito melhor por exemplo). Dois deles são considerados como os níveis de referência para avaliar cada alternativa dos diferentes critérios, sendo eles o nível neutro e o melhor. Esta escala de intervalo está completamente determinada pelo GD. É uma escala fixa que irá ser aplicada à avaliação de todas as alternativas sobre cada um dos diferentes critérios, em ambas as fases.

6º Passo: Definir o nível "neutro" e "melhor" para cada uma das alternativas de cada um dos critérios.

7º Passo: Avaliar cada uma das diferentes alternativas em função de cada critério. Para isso, primeiro o decisor deve estar ciente da informação atual sobre cada alternativa por critério, mesmo que a informação esteja incompleta. Para cada um dos critérios, deve atribuir-se um nível de referência para cada alternativa, tendo em consideração os dois níveis de referência (neutro e melhor), e atribuir um valor coletivo.

8º Passo: Realizar análise de sensibilidade e de robustez (Pereira 2003).

3.6.1.8 - Síntese dos principais modelos:

O Quadro V apresenta uma síntese dos diferentes modelos apresentados nas Secções anteriores.

Quadro V – Exemplo da conversão de uma escala verbal em cardinal

Método	Explicação
AHP (Analytic Hierarchy Process)	O modelo AHP tem como finalidade reduzir decisões que foram consideradas complexas dentro de um determinado

	<p>conjunto de comparações simples entre um conjunto de elementos pertencentes à hierarquia de decisão.</p> <p>Este método é constituído pelos seguintes passos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estruturar as decisões em uma hierarquia; • O decisor estabelece as suas preferências, comparando par a par os elementos de um nível da hierarquia em relação ao nível imediatamente superior; • Determinar o vetor de pesos para cada uma das diferentes matrizes; • Determinar a consistência das preferências em função do valor da razão de consistência; • Delimitar a importância relativa de cada das diferentes alternativas em relação ao objetivo principal.(Dong <i>et al.</i> 2010, Chou <i>et al.</i> 2012, Silva 2007, Marchezetti <i>et al.</i> 2011)
<p>MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique)</p>	<p>O método MACBETH é um modelo cuja abordagem requer apenas julgamentos qualitativos no que diz respeito a diferenças de valor, permitindo ao decisor/ decisores quantificar a importância relativa das diferentes opções. Este método permite medir o grau de preferência de um qualquer decisor sobre um determinado conjunto de alternativas, permitindo desta forma verificar a inconsistência nos juízos de valor.(Montignac <i>et al.</i> 2009, Clivillé <i>et al.</i> 2007, Costa 2006)</p>
<p>PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)</p>	<p>A abordagem deste método (PROMETHEE) constrói o grau de demasia entre cada um dos pares de ações ordenadas, tendo em conta as diferenças de pontuação que essas mesmas ações têm em função de cada um dos atributos/ alternativas. Este método normalmente é utilizado quando se pretende resolver um problema que tem um número finito de alternativas e diferentes critérios de decisão, que irão ser minimizados ou maximizados em função do objetivo pretendido pelo decisor. (Qu <i>et al.</i> 2011, Costa and Almeida 2002, Vetschera and de Almeida 2012, Hu and Chen 2011)Este método divide-se em:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • PROMETHEE I - a abordagem deste método consiste numa pré-ordem parcial das alternativas; • PROMETHEE II - com a aplicação deste método obtém-se uma pré-ordem total, tendo em atenção os fluxos de cada uma das diferentes alternativas;(Athawale and Chakraborty 2010) • PROMETHEE III;IV;V - estes métodos permitem uma abordagem mais sofisticada, tratando em particular problemas com componentes por exemplo. 																												
ELECTRE	<p>O método ELECTRE baseia-se em relações de superação para determinar a solução, que mesmo não sendo opima pode ser considerada como satisfatória. Esta abordagem tem como base três conceitos essenciais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concordância; • Discordância; • Valores limites. (Wu and Chen 2011, Wu and Chen 2009, Bojković <i>et al.</i> 2010) <p>O estabelecimento de relações utilizadas para a comparação de alternativas é realizado recorrendo a um intervalo de escala.</p> <p>Este método divide-se em:</p> <table border="1" data-bbox="528 1361 1372 1816"> <thead> <tr> <th>Modelo</th> <th>Tipo de problema</th> <th>Tipo de critério utilizado</th> <th>Peso utilizado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>Seleção</td> <td>Simples</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>Ordenação</td> <td>Simples</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>Ordenação</td> <td>Pseudo</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>Ordenação</td> <td>Pseudo</td> <td>Não</td> </tr> <tr> <td>IS</td> <td>Seleção</td> <td>Pseudo</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>TRI</td> <td>Classificação</td> <td>Pseudo</td> <td>Sim</td> </tr> </tbody> </table>	Modelo	Tipo de problema	Tipo de critério utilizado	Peso utilizado	I	Seleção	Simples	Sim	II	Ordenação	Simples	Sim	III	Ordenação	Pseudo	Sim	IV	Ordenação	Pseudo	Não	IS	Seleção	Pseudo	Sim	TRI	Classificação	Pseudo	Sim
Modelo	Tipo de problema	Tipo de critério utilizado	Peso utilizado																										
I	Seleção	Simples	Sim																										
II	Ordenação	Simples	Sim																										
III	Ordenação	Pseudo	Sim																										
IV	Ordenação	Pseudo	Não																										
IS	Seleção	Pseudo	Sim																										
TRI	Classificação	Pseudo	Sim																										
TODIM	<p>Este método distingue-se dos restantes métodos pelo facto de os demais métodos multicritério partirem de premissas de que a tomada de decisão decide recorrendo sempre a solução que corresponde ao máximo global de um determinado valor, e este</p>																												

	<p>não.</p> <p>Este método tem como objetivo avaliar sobre uma base multicritério, um conjunto de alternativas não tendo em conta o contexto em que estas se inserem.</p> <p>O método TODIM utiliza como termo de comparação pares de critérios, que possuem um determinado conjunto de recursos simples e corretos permitindo eliminar eventuais inconsistências advindas das comparações.</p>
<p>TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution),</p>	<p>O método TOPSIS permite fazer-se um tratamento quantitativo de um conjunto de variáveis qualitativas, recorrendo à similaridade com a solução ideal.</p> <p>De acordo com este método a melhor alternativa será sempre aquela que for a mais próxima da solução ideal positiva e mais distante da solução ideal negativa. Considera-se como solução ideal positiva aquela que maximiza os critérios considerados de benefício e minimiza os critérios considerados de custo. A solução ideal negativa maximiza os critérios de custo e minimiza os critérios de benefício.</p>
<p>MMASSITI (Metodologia Multicritério para a Avaliação e seleção de Sistemas de Informação/Tecnologias de Informação)</p>	<p>Este método multicritério apresenta aos decisores um modelo conceptual que permite formar uma base de trabalho, incorporando o conhecimento dos diferentes decisores, facilitando deste forma a compreensão do problema, e permite sistematizar toda a informação.</p> <p>Este método é constituído por oito passos distintos, sendo eles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definir critérios; • Validar e descrever cada um dos diferentes critérios; • Definir os níveis de referencia ('neutro' e 'melhor'); • Atribuição de pesos as alternativas; • Definir escala continua contendo sete níveis; • definir nível “neutro” e “melhor” para cada alternativa; • Avaliar as diferentes alternativas; • Analise sensibilidade.

3.7 – Conclusões

Para que um transporte intermodal funcione de forma eficiente é necessário: um sistema de transporte simples; um canal logístico que permita acompanhar o produto até ao cliente final; um sistema que permita reduzir o impacto ambiental no setor dos transportes e um sistema que permita controlar a mercadoria quer em tempo, quer em lugar.

O desempenho ambiental do sistema de transporte intermodal de mercadorias inclui os custos dos impactos/danos à sociedade e ao meio ambiente que estes provocam: poluição do ar, ruído, trânsito, acidentes, congestionamento entre outros.

Pode concluir-se que a eficiência da tomada de decisão no processo de avaliação e seleção do transporte intermodal consiste na escolha que, tanto quanto possível, ofereça os melhores resultados, tanto em termos de custos logísticos mínimos, como no tempo de resposta e qualidade no serviço prestado ao cliente.

Logo, é necessário melhorar a intermodalidade de forma a melhorar o rendimento dos recursos existentes devido à integração do transporte ferroviário, do transporte marítimo de curta distância, e do transporte fluvial na cadeia de abastecimento.

A tomada de decisão, deve procurar sempre a opção que apresente o melhor desempenho, a melhor avaliação, o menor custo, a melhor qualidade, ou ainda, o melhor acordo entre as expectativas do decisor e as suas disponibilidades em adotá-la.

Para a tomada de decisão multicritério existe um conjunto de modelos que foram estudados de forma a perceber a sua aplicabilidade e resultados que se pretendem obter com cada um deles.



CAPÍTULO IV – RECOLHA DE DADOS

Em diferentes ocasiões existem decisões difíceis de tomar, em que as suas próprias consequências são importantes e os seus resultados muito incertos.

Este trabalho aborda um tema que se foca na estrutura de um determinado processo de decisão, constituído por uma sequência de etapas onde o decisor, juntamente com os inquiridos, identificam as diversas alternativas existentes, e escolhem aquela(s) que apresentam um maior retorno para a organização que representam.

Assim, o método de pesquisa aplicado na abordagem deste tema foi desenvolvido tendo em consideração o seguinte conjunto de aspetos:

- Identificação e apresentação dos diferentes portos logísticos, portos secos, e plataformas logísticas portuguesas;
- Identificação dos diferentes fluxos, capacidades de carga e tipos de carga utilizados;
- Identificação dos principais polos de exportação e importação a considerar no modelo;
- Apresentação das principais tarifas de transporte.

4.1 - O sistema logístico Português

Com o aumento da concorrência, as empresas portuguesas sentem a necessidade de fomentar a sua eficiência ao longo de toda a cadeia de valor, diminuindo desta forma os seus custos logísticos. E, por outro lado, com o aumento das preocupações ambientais e da qualidade de vida das populações na Europa, o setor dos transportes tem registado uma diminuição no tráfego rodoviário por transferência para os restantes modos de transporte mais sustentáveis como foi referido anteriormente no ponto 1.2.1.

Tendo em consideração as atuais infraestruturas logísticas existentes na Europa, a situação de infraestruturização logística Portuguesa pode ser considerada deficitária, quer em termos qualitativos quer em termos quantitativos, devido ao forte desequilíbrio modal e territorial existente. Esta situação deve-se essencialmente à circunstância de que os pontos de carga mais importantes (aeroportos, portos logísticos, estações ferroviárias) apresentam dificuldades de tratamento de mercadorias por não apresentarem uma segunda linha que possibilite o desenvolvimento de funções

complementares que lhes permitisse a partilha de serviços comuns entre várias empresas, diminuindo desta forma os custos logísticos.

Ainda assim, atualmente têm-se assistido a um desenvolvimento das principais plataformas logísticas junto dos principais portos e áreas de destino das mercadorias, proporcionando grandes zonas de armazenagem, facilitando a gestão dos diferentes stocks e atividades de valor acrescentado, abrangendo operações de montagem, acondicionamento e etiquetagem dos produtos, de forma a ajustar as mercadorias as necessidades locais (MOPTC 2010). Este sistema está sucintamente ilustrado na Figura 4.1.

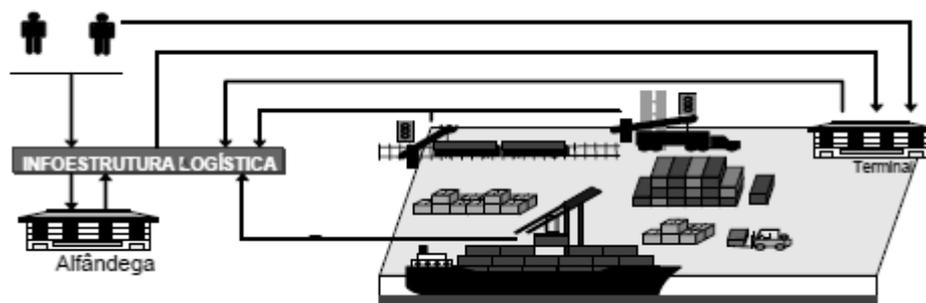


Figura 4.1 – Plataforma logística MOPTC (2006b)

Com o desenvolvimento e melhoramento do sistema logístico português pode-se obter:

- 1 - Ganhos ambientais e energéticos;
- 2 - Maior e melhor equilíbrio modal;
- 3 - Maior utilização e rentabilização de toda capacidade portuária e ferroviária;
- 4 - Ganhos de competitividade no mercado;
- 5 - Racionalização da atividade logística de forma a atrair novos agentes de mercado;
- 6 - Fomento da intermodalidade através da valorização das estruturas e desenvolvimento do transporte ferroviário;
- 7 - Em geral, uma contribuição para o desenvolvimento de toda a economia nacional (MOPTC 2010).

No Anexo B encontram-se descritas todas as plataformas urbanas, transfronteiriças, portuárias e aéreas Portuguesas, bem como as suas funcionalidades e vias de acesso. Este sistema está sucintamente ilustrado na Figura 4.2.

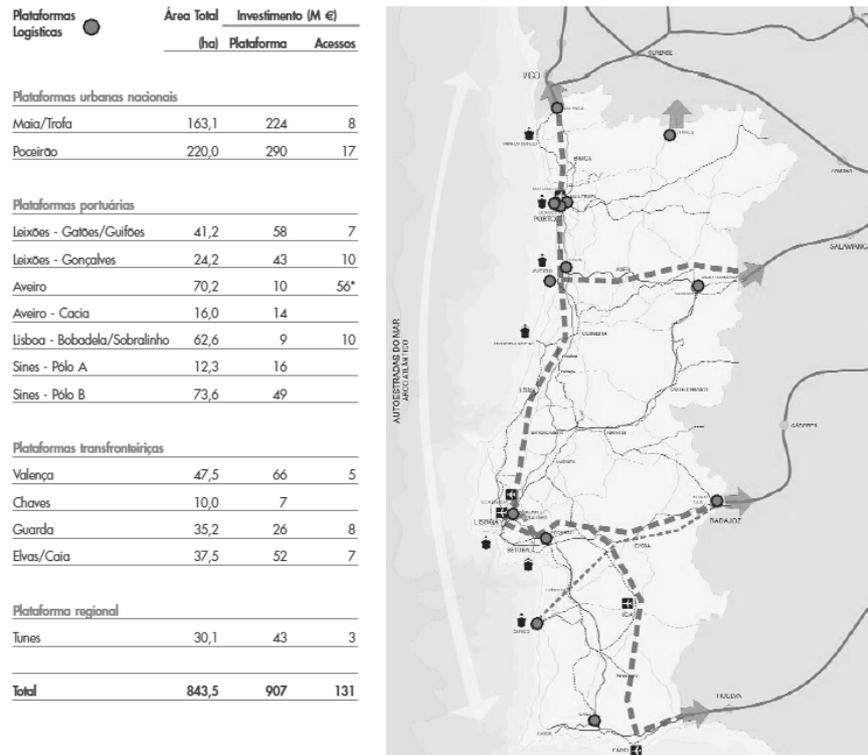


Figura 4.2 – Plataformas Logísticas Portuguesas MOPTC (2010)

4.1 - Inquérito

Introdução:

A escolha do modo de transporte a ser utilizado para o transporte de mercadorias é feito com base numa determinada avaliação preliminar do desempenho dos sistemas disponíveis. Neste sentido, foram utilizados dois métodos para a avaliação e seleção dos principais corredores logísticos.

A definição de um modelo a utilizar no transporte de mercadorias envolve um conjunto de decisões associadas à localização das plataformas logísticas, armazéns, centros de distribuição, dos diferentes pontos de abastecimento e dos mercados que se pretendem servir. Para isso é necessário ter em conta:

- As plataformas logísticas e os principais centros de distribuição para onde Portugal importa e exporta;
- A localização de cada uma das instalações;
- Os requisitos de abastecimento, transporte e armazenamento;
- Modos de transporte disponíveis;
- Custos associados à mão-de-obra, inventário, instalação e custos operacionais;

- Níveis de serviço;
- As capacidades das diferentes plataformas.

Analisando a lista apresentada pode deduzir-se que a quantidade “teórica” de dados a recolher e a introduzir no modelo de decisão e otimização seria muito elevada, tornando desta forma impossível a aplicação do modelo. Torna-se pois necessário agregar os diferentes dados em grupos, tendo-se o cuidado de não “perder” as características que se pretendem, simplificando desta forma todo o seu manuseio.

O modelo a desenvolver pretende determinar a melhor forma de transportar a mercadoria, quer de Portugal para um outro país, quer de um país importador para Portugal, tendo em conta a intermodalidade.

No problema de transporte em estudo são definidos critérios e atributos de escolha de um modo modal de transporte, tendo em conta um conjunto de critérios que irão ser concluídos e escolhidos através de um inquérito e de um conjunto de entrevistas.

O inquérito visa caracterizar o transporte intermodal, identificar os principais fatores e critérios e respetivas ponderações, que presidem atualmente à decisão relativa à escolha do modo e respetivos agentes de transporte de mercadorias por parte das empresas transportadoras a operar em Portugal. O inquérito é constituído por um conjunto de questões que se dividem em três diferentes partes:

1ª Parte - Conhecer e empresa inquirida, a sua atividade logística, as unidades de carga que utilizam, quem toma as decisões relacionadas com as soluções de transporte (cliente, operador, fornecedor...);

2ª Parte - Conhecer a realidade Portuguesa do Setor dos Transportes, ou seja, caracterizar os mercados de Importação e de Exportação, bem como a respetiva taxa de utilização dos diferentes meios de transporte (de forma a validar os dados já apresentados na caracterização do setor dos transportes);

3ª Parte – Conhecer as razões que levam à escolha de um modo de transporte em detrimento dos outros, isto é, perceber quais os critérios que levam a escolher um determinado modo de transporte.

A resposta ao inquérito tem uma duração média estimada de 15 minutos. O respetivo modelo (questionário) pode ser visualizado recorrendo ao link:

- <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?fromEmail=true&formkey=dE9MbndTdGRpaTVwV2VHZms0NzJVM2c6MQ>

Seleção dos inquiridos

Os *stackholder* que foram envolvidos no processo de decisão foram os seguintes:

- Agentes e operadores Logísticos;
- As maiores empresas exportadoras portuguesas;
- As maiores empresas importadoras portuguesas;
- Transitários.

O inquérito elaborado encontra-se no anexo C, e foram enviados 330 inquéritos a um conjunto dos referidos *stackholder* de acordo com a seguinte repartição (número de entidades):

- 30 transitários;
- 20 operadores logísticos;
- 134 empresas importadoras;
- 129 empresas exportadoras.

A maior parte destas entidades situam-se no norte do país.

Os inquéritos foram enviados por via eletrónica no início do mês de julho de 2012, mas como entretanto a taxa de respostas foi muito baixa, voltou-se a enviar no início de Setembro. No total foram recolhidos apenas 15 inquéritos com resposta válida, ou seja aproximadamente apenas 4% dos inquéritos enviados.

Na Seção seguinte reportam-se e discutem-se os resultados obtidos no inquérito.

4.1.1 - Resultado do inquérito

As empresas que responderam ao inquérito foram os 6 transitários e 9 empresas exportadoras/importadoras como se pode verificar na Figura 4.3.

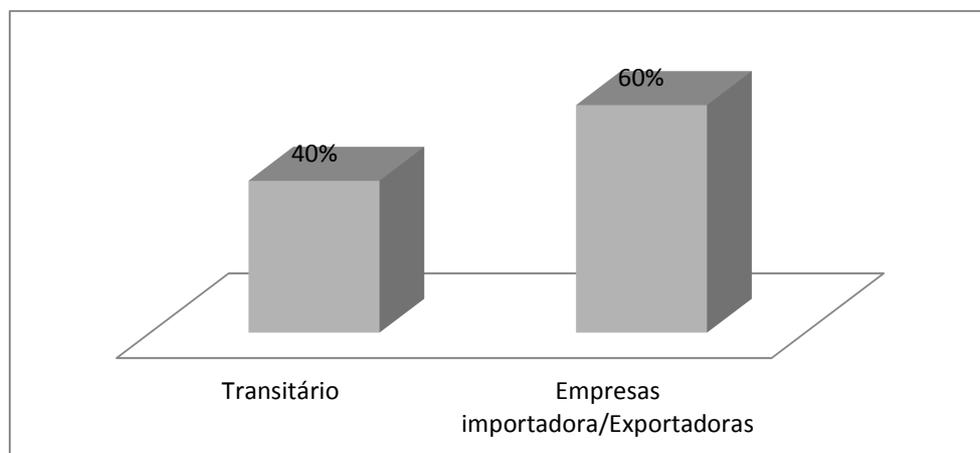


Figura 4.3 – Empresas que responderam ao inquérito

A atividade logística dos inquiridos (armazenagem/ transporte e distribuição) está dividida entre a própria empresa e a subcontratação (*Outsourcing*). No que diz respeito à armazenagem das mercadorias, aproximadamente 67% dos inquiridos respondeu que a sua atividade de armazenagem é feita através da própria empresa, enquanto 33% respondeu que a armazenagem é subcontratada.

Cerca de 33% do transporte e distribuição de mercadorias é realizado pelas próprias empresas dos inquiridos; as restantes 67% são realizadas através de subcontratação de serviços a empresas de transporte (Figura 4.4).

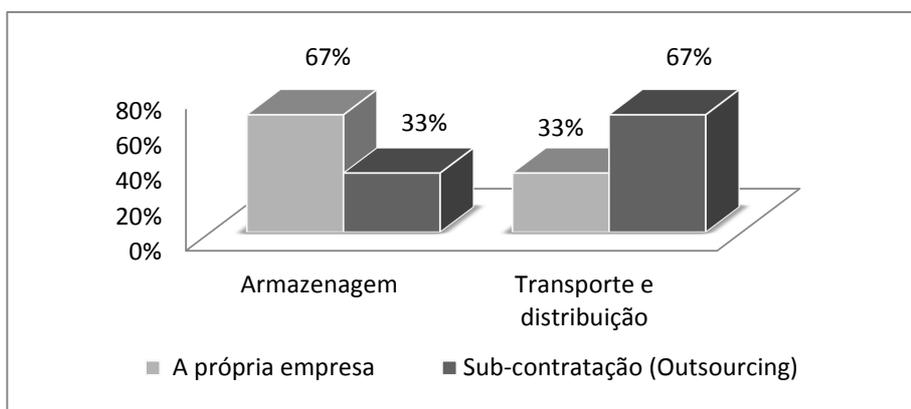


Figura 4.4 – Atividade logística das empresas inquiridas

Através da Figura 4.5 pode analisar-se e concluir-se qual o tipo de carga utilizado pelas empresas inquiridas. Assim, a unidade de carga mais utilizada pelas empresas inquiridas (que corresponde a 80% das unidades utilizadas) são contentores de 20 pés, paletes, contentores 40 pés, granel e ADR (transporte de mercadorias especiais).

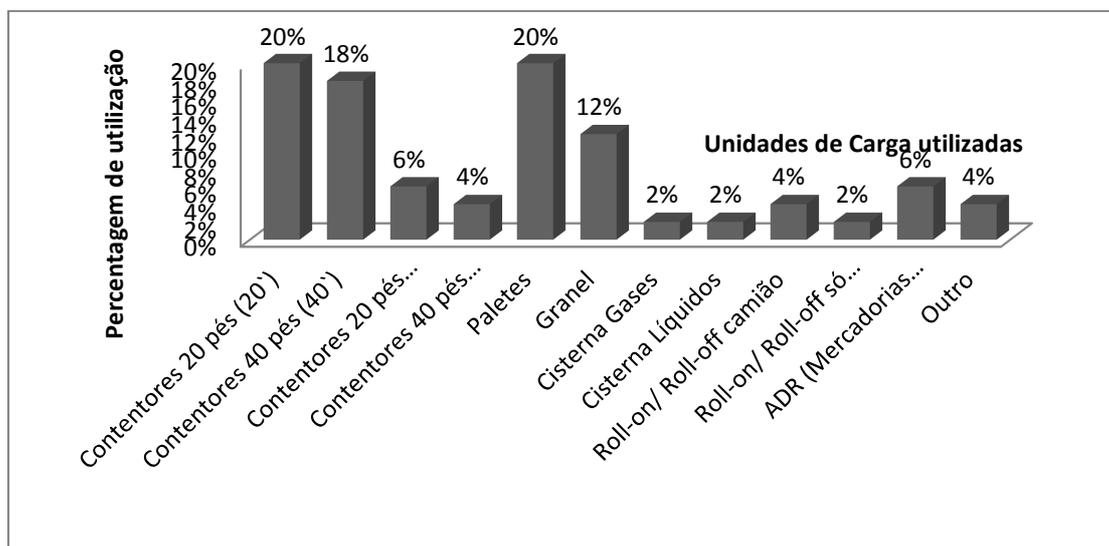


Figura 4.5 – Tipo de carga utilizada pelas empresas inquiridas

Os valores do gráfico da Figura 4.6 corroboram as estatísticas apresentadas anteriormente, no capítulo 1.2, relativamente aos principais países alvo das importações e exportações Portuguesas: Espanha, França, Alemanha, Itália e Holanda.

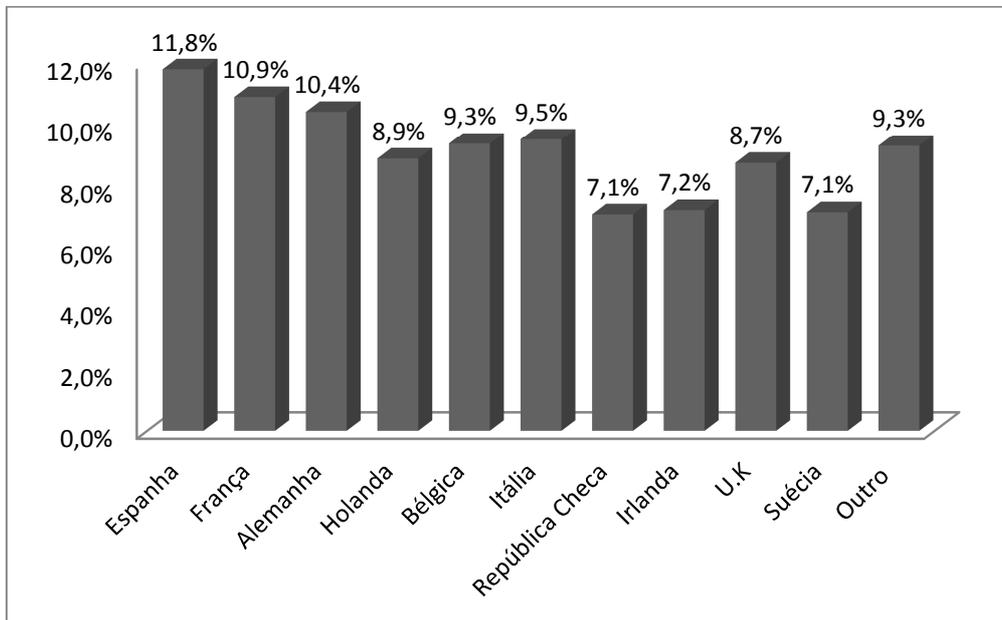


Figura 4.6 – Principais países Importadores e Exportadores

Pela Figura 4.7, pode concluir-se que o transporte rodoviário é o meio de transporte mais utilizado (pelas empresas inquiridas) com 50% da taxa de utilização, seguido do marítimo com 36% e só depois o ferroviário com 15% da utilização. O fato de estes valores serem bastante diferentes das estatísticas gerais Portuguesas, deve-se essencialmente ao fato de as respostas obtidas corresponderem a grandes empresas exportadoras que começam optar pelo transporte marítimo visto que este apresenta um custo mais reduzido.

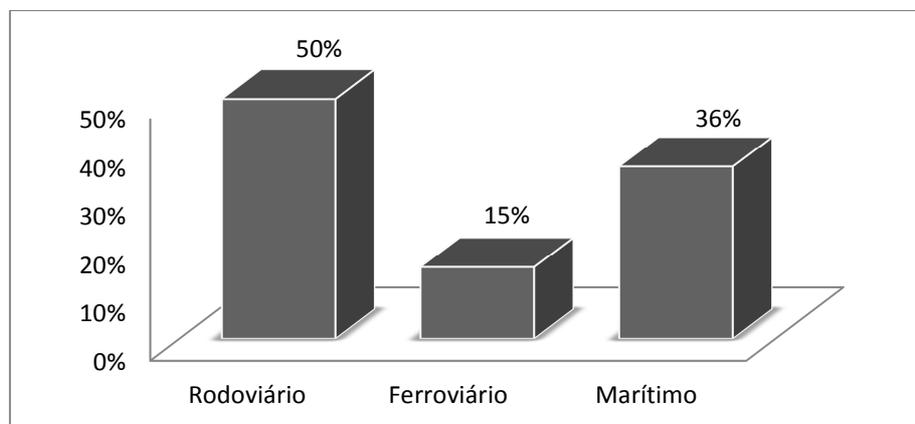


Figura 4.7 – Taxa de utilização de cada um dos diferentes meios de transporte

O nível de serviço de cada um dos diferentes modos de transporte pode ser definido como um indicador que permite medir a qualidade do serviço oferecido e prestado. Este indicador varia consoante o tipo de infraestruturas e equipamentos disponíveis, as acessibilidades (em relação ao tempo e à distância), a frequência do serviço, a confiabilidade (cumprimento dos prazos de entrega) entre outros aspetos.

Por exemplo, através do gráfico seguinte (Figura 4.8) pode ver-se que as empresas inquiridas consideram que o meio de transporte que apresenta um melhor nível de serviço é o rodoviário (40%), logo seguido do marítimo (35%), sendo que o modo ferroviário aparece um pouco mais abaixo (25%).

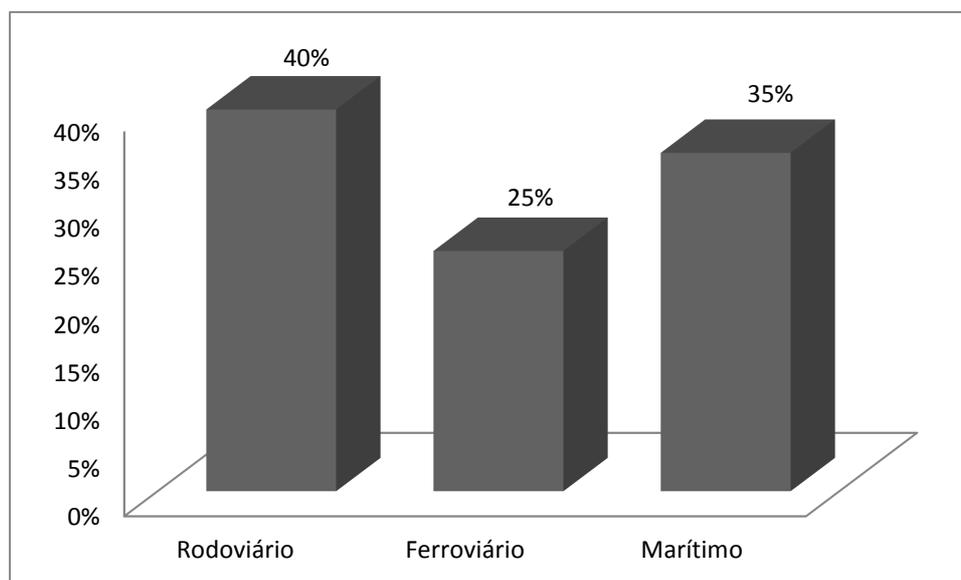


Figura 4.8 – Nível de serviços dos diferentes modos de transporte

Recorde-se que existe normalmente um conjunto mais ou menos vasto de variáveis (vantagens) que levam a que uma determinada empresa opte por um meio de transporte em restrição de um outro. Estas variáveis podem ser o custo associado ao meio de transporte, à frequência do serviço prestado, o tempo de trânsito (congestionamento, acidentes...), a flexibilidade quer de angariação quer intermodal, a fiabilidade do serviço prestado, o serviço que é disponibilizado ao cliente, o impacto ambiental (emissão de CO₂, políticas de coimas de poluidor-pagador), o risco que a própria mercadoria corre, entre outros.

Com base no gráfico da Figura 4.9, pode concluir-se que as razões principais que levam as empresas inquiridas a optar pelo meio de transporte rodoviário, para o transporte das suas mercadorias, são, por ordem decrescente: (1) o serviço prestado ao cliente, (2) o custo, (3) o tempo de trânsito, e (4) a fiabilidade do serviço prestado.

Em relação ao transporte ferroviário pode concluir-se que cerca de 35% dos inquiridos não utilizam este meio de transporte para movimentar as suas mercadorias. Os restantes consideram que as principais razões que os levam a optar por este meio de transporte são: (1) o custo, (2) a flexibilidade de angariação, (3) a fiabilidade do serviço, (4) o impacto ambiental e (5) o risco associado à mercadoria (danos, perdas, estragos).

Já relativamente à movimentação das suas mercadorias pelo modo marítimo, as empresas inquiridas consideram: (1) o custo, (2) a flexibilidade intermodal, (3) o serviço prestado ao cliente e (4) o tempo de trânsito.

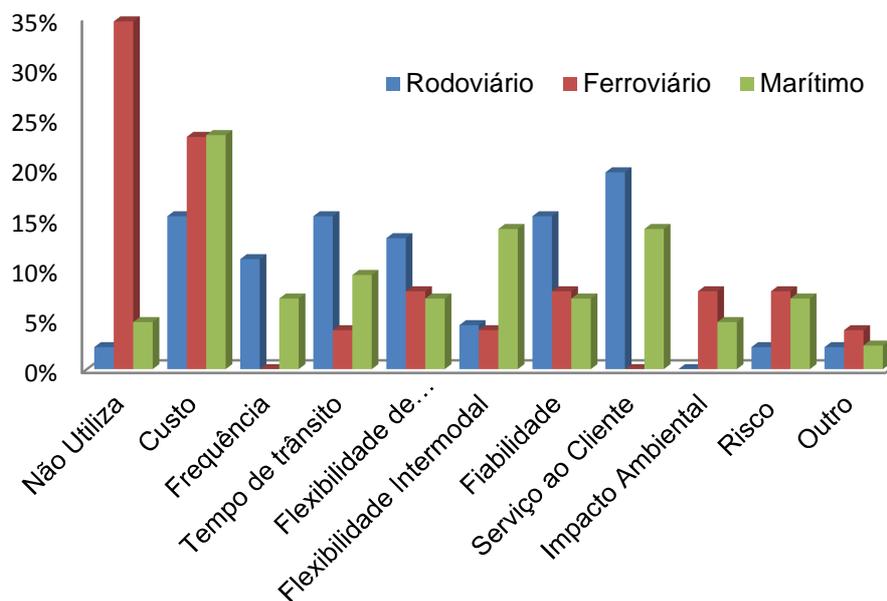


Figura 4.9 – Vantagens da utilização dos diferentes modos de transporte

Uma qualquer empresa, quando pretende selecionar um local de embarque ou desembarque da sua mercadoria, tem em conta determinadas características associadas aos corredores logísticos existentes. Essas características podem ser: a tarifa de transporte associada à deslocação da mercadoria até ao cliente intermédio e/ou final, a acessibilidade que os diferentes modos de transporte têm para a deslocação da mercadoria, o apoio que está disponível ao longo de todo o processo (desde o local de carga até ao local de descarga, permitindo perceber o estado da mercadoria e o local onde se encontra), e a existência de diferentes ligações entre os diferentes modos de transporte. As características que as empresas inquiridas consideram como mais importantes são por ordem de importância decrescente (Figura 4.10): (1) a tarifa de transporte, (2) a acessibilidade e (3) a existência de ligações rodoviárias.

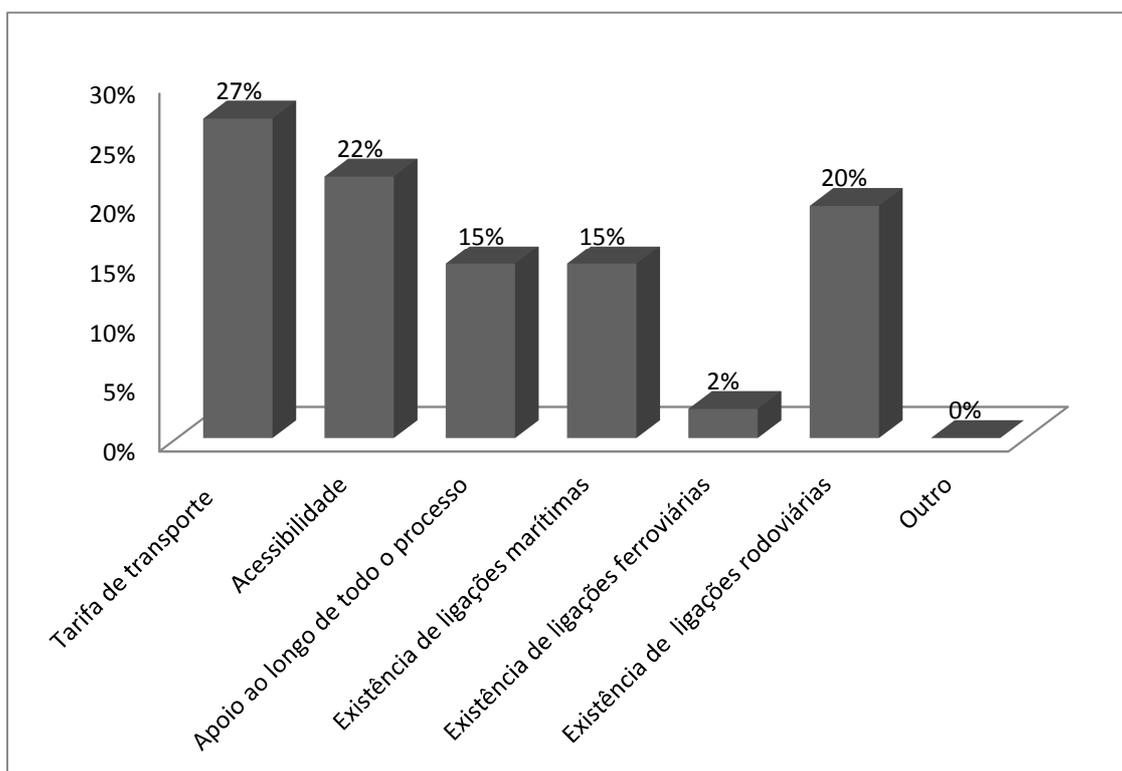


Figura 4.10 – Características essenciais para a seleção do local de embarque/ desembarque

Para que o sucesso no transporte intermodal seja garantido existe um conjunto de aspetos a considerar nos portos logísticos. Garantir o sucesso do transporte intermodal significa reduzir custos logísticos, diminuir o tempo de resposta ao cliente aumentando a frequência, maior confiabilidade e fiabilidade do serviço prestado, permitindo às próprias empresas tornarem-se mais competitivas (pelo facto de lhes permitir deslocar uma parte do tráfego rodoviário para outros modos de transporte, aumentando o tempo de resposta ao cliente).

Segundo as empresas inquiridas, os principais aspetos a considerar no sucesso do transporte intermodal (Figura 4.11) devem ser a operacionalidade dos portos (permitindo um serviço 24 horas por dia, todos os dias incluindo domingos e feriados), a acessibilidade (todos os portos devem ter acessibilidades para os diferentes modos de transporte) e a eficácia das instalações e locais de embarque (equipamentos materiais e humanos disponíveis de carga e descarga das mercadorias).

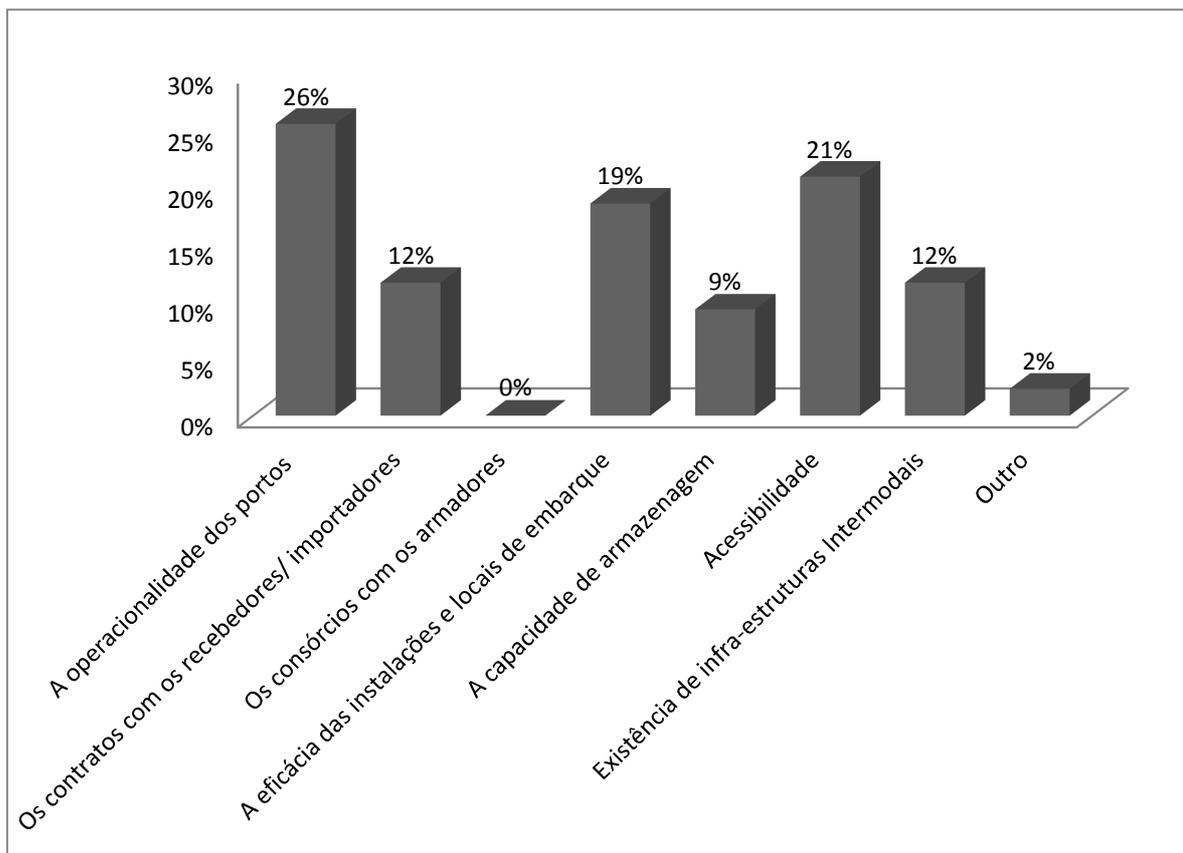


Figura 4.11 – Fatores para o sucesso do transporte Intermodal

O meio de transporte rodoviário é caro, muito poluente e gerador de dependência externa (petróleo), isto porque este transporte encontra-se apenas nas mãos de entidades privadas, este é o meio de transporte mais utilizado atualmente na Europa. Para reduzir a utilização deste modo de transporte e potenciar uma maior utilização das alternativas intermodais, menos poluentes, é reconhecidamente necessário proceder a um conjunto de alterações quer nacionais quer Europeias, conforme atestam as diversas diretivas e normas UE que se encontram descritas no capítulo III.

Ainda existe um conjunto de obstáculos, que levam as que as empresas ainda optem preferencialmente (às vezes sistematicamente) pelo modo rodoviário, em detrimento dos outros meios. Tome-se o exemplo de uma carga que tem de ser transportada da Holanda para Portugal. Se o transporte for feito por um camião, este percorre a sua rota sem obstáculos nem grande exigência de documentos. Já se a mercadoria vier em contentor, este é fiscalizado obrigatoriamente no porto. Por outro lado, o transporte rodoviário deveria cumprir a regulamentação (cuidados a ter no transportes de mercadorias perigosas, períodos de condução) que muitas vezes não são

cumpridas nem inspecionadas. Ou seja, é necessário “retirar” a intervenção do estado no processo de transporte marítimo, ou pelo menos atenuar.

Do Quadro VI pode concluir-se que as opções que as empresas inquiridas consideram ser as mais importantes para alterar a realidade deste modo de transporte são: melhorar as infraestruturas ferroviárias, aumentando a frequência de viagens e reduzindo o tempo de percurso das mercadorias, estabelecer políticas que permitam a criação de tarifas mais competitivas entre os restantes meios de transporte e a mudança para bitola europeia nas principais ligações ferroviárias Ibéricas.

Quadro VI – Aspetos a alterar no transporte rodoviário

Opções	Nº de Respostas	Peso %
Mudar para bitola europeia nas principais ligações ferroviárias Ibéricas	6	14%
Melhorar as infraestruturas ferroviárias, aumentando a frequência de viagens e reduzindo tempo de percurso	9	20%
Melhorar as infraestruturas e veículos short sea shipping (portos marítimos), aumentando a frequência de viagens e reduzindo o tempo de percurso	5	11%
"Liberalizar" os restantes modos de transporte (o transporte rodoviário é o único meio de transporte em que o Estado não está envolvido)	5	11%
Reforçar a manutenção das infraestruturas e plataformas logísticas, facilitando a utilização dos restantes modos de transporte	3	7%
Melhorar os acessos intermodais existentes	3	7%
Criar novos acessos intermodais	1	2%
Estabelecer políticas que permitam a criação de tarifas mais competitivas	9	20%
Outro	3	7%

As empresas do setor ferroviário não estão frequentemente em sintonia com os requisitos impostos pelos clientes, quer em termos de rapidez, credibilidade (muitas vezes não garantem a entrega no momento certo), custo ou até mesmo em termos de

especificações de serviço (informação ao cliente - inexistência de informação disponível sobre o paradeiro dos vagões e da carga por exemplo, distribuição entre outras).

Atualmente, sabe-se que o transporte ferroviário é um dos meios menos utilizados para o transporte de mercadorias. Para que esta realidade mude, existe um conjunto de fatores a ter em atenção. As empresas inquiridas consideram que esses fatores, os mais importantes, são (Figura 4.12): a criação de plataformas logísticas adequadas para as mercadorias, uma maior frequência do serviço, a redução das tarifas ferroviárias e um melhor acesso ferroviário a infraestruturas intermodais.

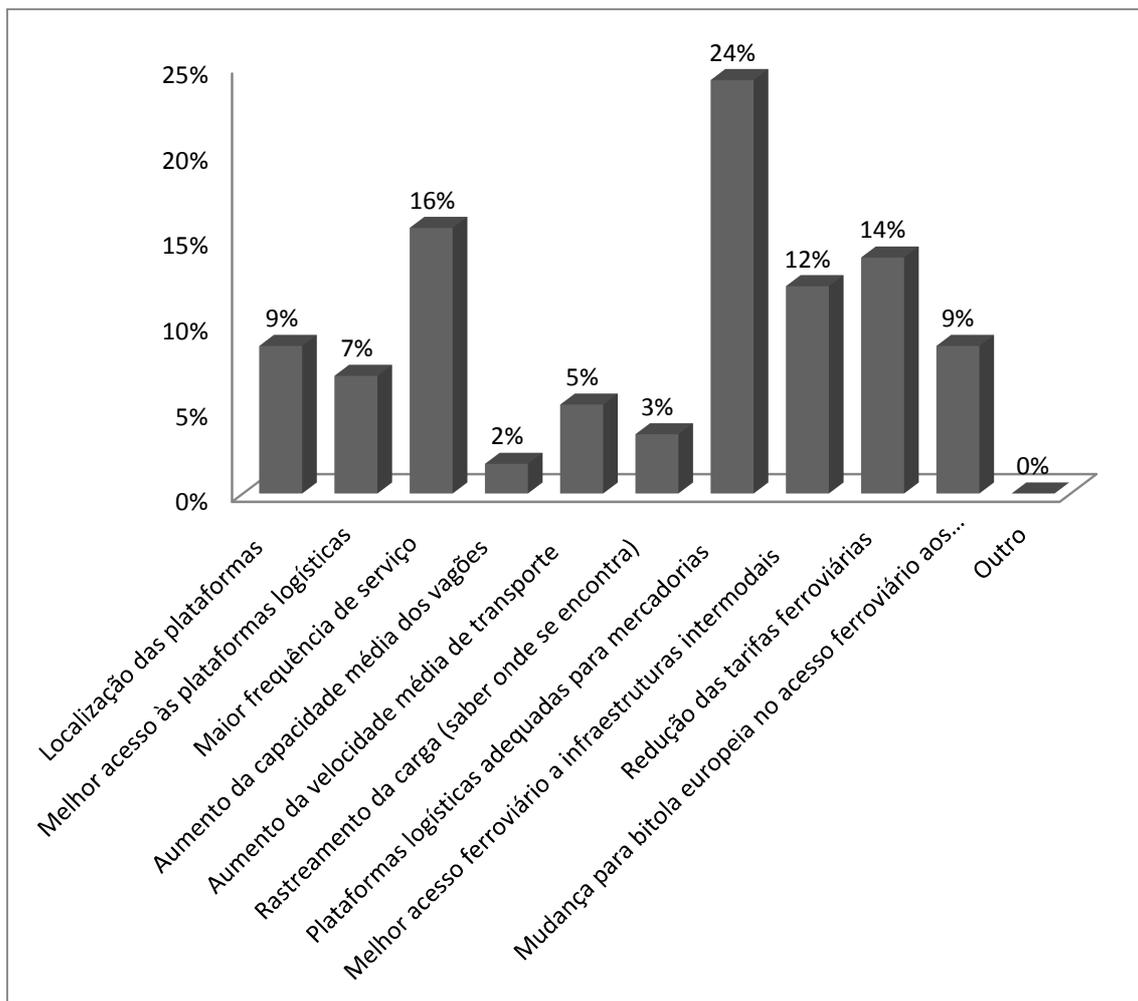


Figura 4.12 – Fatores permitiram aumentar a utilização do transporte ferroviário

Mas para que o serviço ferroviário seja garantido, tendo em conta os fatores apresentados acima, é necessário que a empresa ferroviária tenha em atenção o cumprimento de um conjunto de práticas, tais como:

- Horários bem definidos de partidas e chegadas;
- Serviços regulares e fiáveis;

- Horários de transporte adequados/convenientes aos clientes com quem trabalham;
- Fornecimento de informação ao cliente sobre a sua mercadoria;

Mas também é necessário algum cuidado por parte dos clientes que pretendem o serviço:

- Documentação apropriada e apresentada em tempo útil, indicando o tipo de mercadoria a transportar;
- Avisar empresa ferroviária dos atrasos ou alterações previstas o mais cedo possível;
- Entre outros;

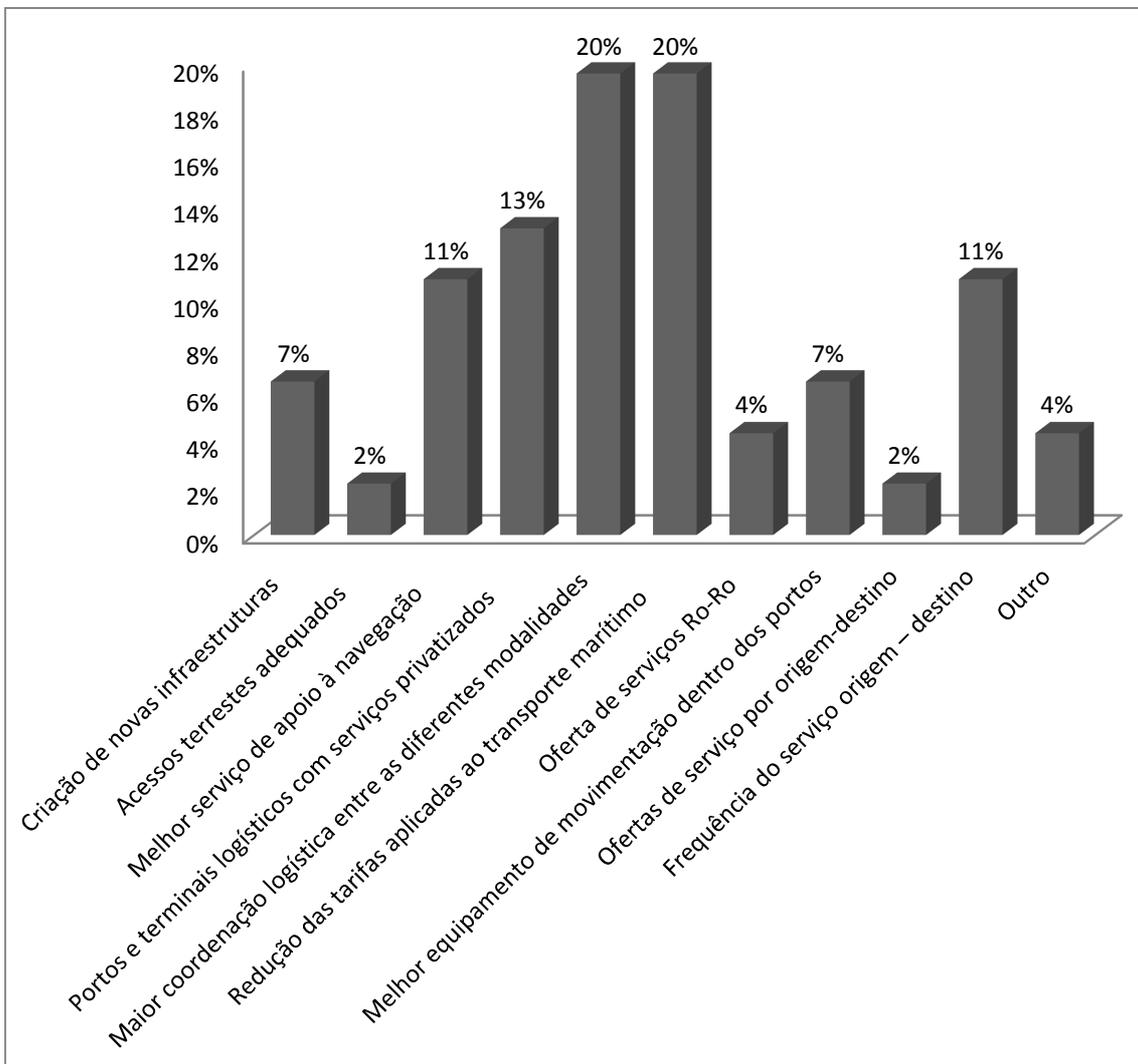


Figura 4.13 – Critérios para aumentar a utilização do transporte marítimo

Atualmente o modo de transporte marítimo ainda é um modo de transporte pouco utilizado pelas empresas Europeias e nacionais para o transporte das suas

mercadorias. Mas para que a sua percentagem de utilização aumente é necessário fazer determinadas alterações tendo em atenção um conjunto de fatores.

As empresas inquiridas consideraram como fatores essenciais (Figura 4.13) para o aumento da utilização do transporte marítimo a redução das tarifas aplicadas a este meio de transporte, a maior coordenação logística entre as diferentes modalidades (tendo em conta o serviço 24 horas por dia) de transporte e colocar portos e terminais logísticos com serviços privatizados (de forma a diminuir ou eliminar a intervenção das alfândegas, efetuar-se a rastreabilidade das cargas, flexibilidade dos agentes e abolição de sindicatos para os trabalhadores dos portos – reduzir greves e plenários).

A intermodalidade pode ser vista, assim, como uma solução para este problema, uma vez que se pode utilizar as infraestruturas existentes de uma forma mais adequada graças à integração dos diferentes modos de transporte. Mas para que o transporte intermodal seja mais utilizado, existem alguns aspetos a considerar, sendo eles: o custo, a flexibilidade, o serviço ao cliente e a fiabilidade. Estes aspetos podem ser visualizados no gráfico da Figura 4.14, onde constam as respostas das diferentes empresas inquiridas.

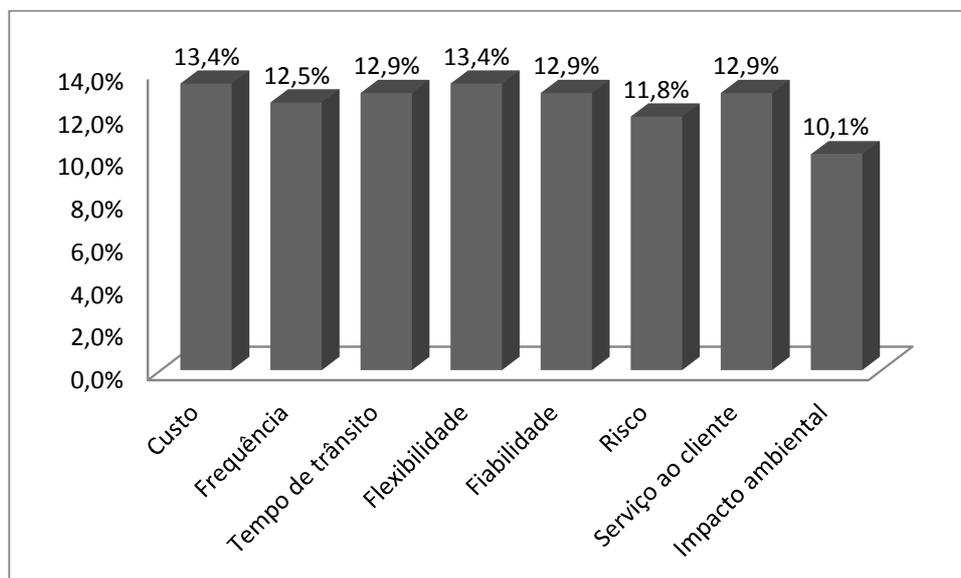


Figura 4.14 – Critérios para a utilização do transporte intermodal

Um decisor quando decide optar por um meio de transporte em detrimento de outro, tem em conta um determinado conjunto de critérios que considera serem os mais adequados para o transporte das suas mercadorias. Esses critérios podem ser as tarifas de transporte, o tempo, o tipo de produto transportado (tendo em conta os riscos e danos

que a mercadoria corre), o tempo disponível para entrega do produto ao cliente, a quantidade transportada, entre outros.

As empresas inquiridas consideram, segundo a (Figura 4.15) que os principais fatores que as levam a decidir qual o meio de transporte a utilizar são o cumprimento dos prazos de entrega, a tarifa de transporte, o tempo de transporte e o nível de serviço prestado.

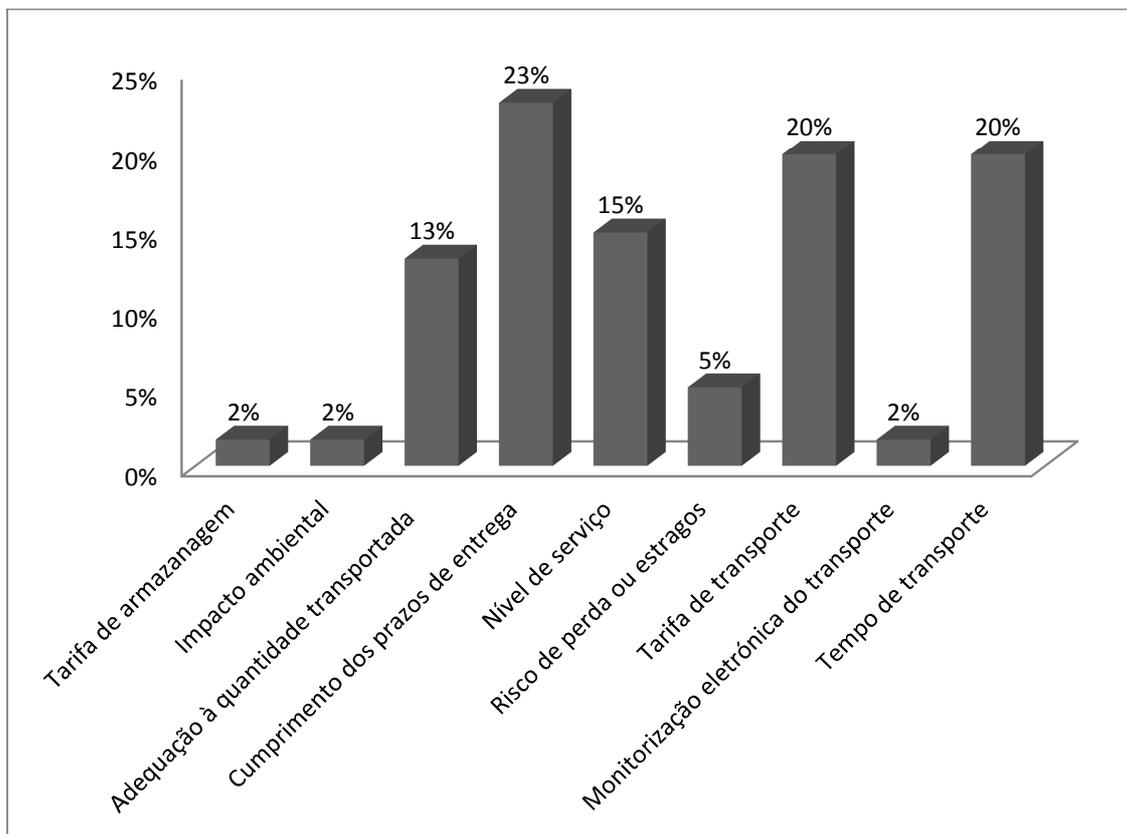


Figura 4.15 – Fatores a selecionar na escolha de um modo de transporte

O nível de serviço está diretamente relacionado com a disponibilidade do produto, o tempo de ciclo do produto, o cumprimento do prazo de entrega, as frequências de entrega, a flexibilidade do sistema de entrega e o sistema de informação disponível, entre outros.

O não cumprimento dos tempos de entrega pode ter custos indiretos associados pelo facto de a mercadoria não se encontrar disponível para a satisfação das necessidades dos clientes, a falta de mercadoria para reposição de stock ou mesmo para utilização na produção.

A oscilação da tarifa de transporte está associada normalmente a um maior tempo de transporte da mercadoria (maior tempo de resposta), à possibilidade de ocorrerem atrasos e danos à mercadoria e a um conjunto de perdas indiretas.

Uma vez que os critérios que foram selecionados pelas empresas inquiridas são de carácter quantitativo e qualitativo, irá recorrer-se a uma metodologia multicritério. Sendo que o decisor é confrontado com um número finito de alternativas e deve aplicar um conjunto de critérios (quantitativos e qualitativos) com um determinado peso, o processo de decisão consiste pois numa sequência de etapas em que se identifica as diferentes alternativas existentes, as suas consequências, escolhendo-se de seguida a alternativa que apresentar uma maior vantagem para a empresa.

Todo o processo de avaliação e seleção de um modo de transporte em que se recorre a opções intermodais pode ser dividido em restrições e alternativas, em que as restrições incluem os diferentes elementos temporais disponíveis, e as alternativas são comparadas pelas relações existentes entre custos e benefícios.

Os custos associados ao transporte podem ser subdivididos em diferentes custos:

- Custos internos: incluem custos com pessoal, aquisições e manutenções, energia (combustíveis), comunicações, seguros, taxas a pagar pela utilização das infraestruturas e impostos, entre outros;
- Custos externos incorrem sobre terceiros, relacionados com a atividade da empresa, como custos relacionados com acidentes, poluição atmosférica, ruído e alterações climáticas, entre outras.

Os fluxos de transporte são sempre condicionados pelos nós de origem e destino das mercadorias e pelas características de ligação existentes entre eles. Logo, existem três fatores que se destacam dos restantes que são a tipologia de carga utilizada, a frequência de transporte e a distância a percorrer com a mercadoria. Para que se possa estabelecer ligações entre os diferentes pontos de origem e destino é necessário:

- Perceber se o transporte é feito de forma direta da origem para o destino, sem que exista qualquer coordenação de transporte;
- Perceber se a carga entre a origem e o destino tem que "sofrer" alguma movimentação.

Após perceber como é realizado o transporte da mercadoria, é agora necessário analisar cada um dos critérios e perceber como cada um influencia a escolha do modo de transporte e como pode ser determinado.

4.1.2 - Critérios do modelo

Os critérios já determinados anteriormente através do inquérito apresentado, foram estimados com os seguintes pesos:

- Critério 1 – Cumprimentos dos prazos de entrega - 29%
- Critério 2 – Tarifa de Transporte – 26%
- Critério 3 – Tempo de Transporte – 26%
- Critério 4 – Nível de Serviço – 19%

Cumprimento dos prazos de entrega

Este critério de decisão pode ser facilmente quantificado pelo decisor recorrendo ao histórico da empresa transportadora, ou de uma forma quantitativa em que se determina o número de encomendas entregues num período estipulado de tempo sobre o total de encomendas realizadas nesse período.

Taxa de cumprimento dos prazos de entrega

$$= \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de encomendas entregues no período estipulado}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de encomendas realizadas}} \times 100 \quad (23)$$

Naturalmente, quanto maior for a taxa de cumprimento dos prazos de entrega, melhor é o serviço da transportadora. Pode ainda concluir-se, com base nas respostas do inquérito e na revisão bibliográfica apresentada, que, em geral, existe uma correlação positiva entre prazos mais curtos e taxas de cumprimento.

Tempo de transporte

O critério tempo é combinado com a distância percorrida e velocidade, que fazem com que o tempo do transporte de mercadorias varie consideravelmente. A consolidação da carga depende da distância a percorrer (quanto menor for a distância a percorrer, mais direto poderá ser o transporte), a urgência da carga (depende das necessidades dos clientes, porque existe uma tendência para o transporte direto), as características da mercadoria a transportar, a existência de capacidade ou não de armazenagem (muitas empresas se tiverem fluxos contínuos tentam fazer o stock em trânsito por não terem que pagar armazenagem), a existência de mais cargas ao longo de toda a rota a percorrer relacionada com o tempo médio gasto com o percurso desde a origem até ao destino, considerando o deslocamento porta a porta até ao cliente final.

Também está diretamente relacionado com a capacidade de cumprir os tempos (e prazos) de entrega previstos.

Logo, este critério é medido de uma forma quantitativa, em que se quantifica o tempo que vai desde a origem (T_o) até ao destino (T_d) incluindo a consolidação (C) (ato de acondicionar mercadorias diferentes de um ou vários clientes que contenham o mesmo destino, sendo tratadas como uma só mercadoria) e desconsolidação (D) (separação das mercadorias) da carga da mercadoria, tendo em conta o número de quilómetros que o meio de transporte tem que percorrer.

Por exemplo uma carga de mercadoria de uma empresa do Grande Porto que vai ser transportada para Barcelona pode fazer as seguintes etapas no seu percurso: (1^a) ponto de origem (empresa) até ao porto de Leixões (transporte rodoviário); (2^a) Leixões até ao porto de destino próximo de Barcelona (transporte marítimo); e (3^a) e depois recorre-se ao hinterland para a entrega da mercadoria no cliente final (transporte rodoviário), quem decide o meio de transporte a utilizar é o decisor (empresa).

$$\text{Tempo de transporte} = \sum C + T_o + T_d + D \quad (24)$$

Custo de Transporte/Tarifa de Transporte

O custo pode ver analisado de dois diferentes pontos de vista. Na perspetiva da empresa transportadora, os custos compreendem os custos médios totais de transporte (fixos, e variáveis) mais as taxas adicionais (impostos, portagens, seguros...). Mas existem mais alguns fatores a influenciar a tarifa de transporte, tais como: o tipo de incoterms sendo que a maior parte dos contratos é por FOB, os fluxos assimétricos também concorrem para a tarifa (por ex: os contentores tem que rodar, se os fluxos são só de saída, tem que transportar contentores vazios para satisfazer a procura, nestes casos os preços de vinda podem descer, enquanto que os de saída tem que comportar os custos de disponibilidade de contentores).

Já do ponto de vista do cliente, o custo tem apenas a ver com o transporte, ou seja, com a tarifa de transporte que inclui todos os custos num único valor).

Logo, este critério é constituído por um somatório de custos associados ao transporte da mercadoria, desde o custo de carga, transporte (onde a empresa transportadora inclui o custo por quilómetro e o custo por tonelada transportada, o custo das portagens, custos indiretos associados ao transporte tais como seguros, taxas e

impostos) e o custo de descarga da mercadoria no cliente final ou numa determinada plataforma logística. Também pode ser necessário armazenar a mercadoria em plataformas logísticas, para posterior distribuição, devendo pois estes custos de armazenagem e distribuição entrar também na tarifa. Ou seja:

Tarifa transporte

$$\begin{aligned} &= \sum \text{custos de carga} \\ &+ \sum \text{custos de transporte} + \sum \text{custos de descarga} \end{aligned} \quad (25)$$

Nível de serviço

Existem inúmeras definições de nível de serviço, mas segundo o descrito na revisão bibliográfica o nível de serviço pode ser considerado como a qualidade com que as mercadorias são geridas, a sua segurança e com o cumprimento dos requisitos dos clientes.

O critério nível de serviço pode ser determinado da forma quantitativa ou qualitativa. A forma qualitativa pode ser baseada no histórico da empresa ou no portfólio da mesma e em elementos qualificadores como por exemplo a certificação que possui. A análise quantitativa pode ser determinada dividindo o número de encomendas satisfeitas pelo total de encomendas, vezes 100 (%):

$$\text{Nível de Serviço} = \frac{\sum n^{\circ} \text{ de encomendas satisfeitas}}{\sum \text{total de encomendas}} \times 100 \quad (26)$$

O valor determinado pode ser convertido numa escala de, por exemplo, 1 a 5 em que o 1 corresponde a “muito mau” no cumprimento do tempo de entrega, e o 5 a “muito bom” no cumprimento do tempo de entrega, de acordo com o estabelecimento dos respetivos valores de fronteira (entre 0 e 100, do nível de serviço).

CAPÍTULO V – APLICAÇÃO DO MODELO

Neste capítulo é detalhada a aplicação do método considerado mais adequado para desenvolver um modelo de apoio à decisão para escolha do “mix-ótimo” dos corredores logísticos recorrendo à intermodalidade, passando pela escolha das modalidades que apresentarem melhores resultados.

Após explicar os critérios considerados como mais importantes pelas empresas inquiridas na escolha de um determinado meio de transporte, os quais foram considerados no modelo, optou-se por recolher dados e aplicar o modelo em duas ferramentas que implementam modelos multicritério, o AHP e o Mmassiti, o primeiro devido a ser um dos mais amplamente utilizados na literatura, o segundo pela sua simplicidade, por forma a poder validar o modelo e respetivos critérios e perceber como aplicá-lo.

O modelo foi aplicado na escolha de uma empresa transportadora para transportar a mercadoria deste a Zona Industrial da Arrifana em Santa Maria da Feira até à cidade de Birmingham no Reino Unido, por um decisor da empresa que pretende o serviço. Este transporte pode ser efetuado recorrendo ao transporte marítimo ou rodoviário, logo o decisor pediu cotações para os dois modos de transportes, correspondendo a um total de 5 alternativas, ou seja, $n=5$

As alternativas consideradas pelo decisor foram empresas com que este costuma trabalhar, sendo elas:

- GARLAND
- TRANSNATUR
- TRANSNAUTICA
- TORRESTIR
- ROGER

A empresa Garland foi a única que apresentou cotação para a carga ir por transporte Marítimo, as restantes transportadas apresentaram cotação para transporte rodoviário.

5.1 - Aplicação do modelo AHP

Um dos modelos aplicados ao problema em estudo é o método AHP, um dos mais amplamente utilizados na literatura científica - cujos fundamentos, vantagens e parâmetros de análise se encontra descritos no Capítulo II no ponto 3.4.1.1.

Uma vez que não se conseguiu arranjar o *software Expert Choice* que implementa o modelo AHP, recorreu-se a um suplemento do Excel para a aplicação deste modelo, começando por descrever as diferentes alternativas já identificadas, procedendo à avaliação entre elas consoante o critério em análise. Para se efetuar a avaliação entre alternativas recorreu-se ao Quadro XIX, onde está apresentada a escala fundamental deste método e a descrição de cada um dos diferentes valores que a constituem com o seu significado. Logo, o decisor tinha que atribuir um destes valores à alternativa em análise consoante o critério que se pretendia avaliar.

Posteriormente foi efetuada uma média que no final do modelo servirá para definir qual das cinco alternativas em análise que apresenta maior vantagem para a empresa decisora.

Começando pelo critério tarifa de transporte que foi o critério considerado como o mais importante pelo decisor, este, atribui-lhe valores às alternativas consoante as cotações apresentadas. No Quadro VII, apresentado abaixo, podemos analisar o que foi descrito.

Quadro VII – Comparação das alternativas em função do critério tarifa de transporte

	GARLAND	TRANSNATUR	TRANSNÁUTICA	TORRESTIR	RANGEL
GARLAND	1	1	2	5	5
TRANSNATUR	1	1	1	4	3
TRANSNÁUTICA	0,5	1	1	1	2
TORRESTIR	0,2	0,25	1	1	1
RANGEL	0,2	0,33	0,5	1	1
Total	2,9	3,58	5,5	12	12

Quadro VIII – Valor médio atribuído a cada alternativa em função do critério tarifa de transporte

	GARLAND	TRANSNATUR	TRANSNÁUTICA	TORRESTIR	RANGEL	Média
GARLAND	0,34	0,28	0,36	0,42	0,42	0,33
TRANSNATUR	0,34	0,28	0,18	0,33	0,25	0,27
TRANSNÁUTICA	0,17	0,28	0,18	0,08	0,17	0,21
TORRESTIR	0,07	0,07	0,18	0,08	0,08	0,11
RANGEL	0,07	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
Total	1	1	1	1	1	1

Consistência 1,97569925
 1,48914972
 0,91971034
 0,53522879
 0,45205949

CR= 0.086 OK
 <0,1

Após o decisor avaliar as alternativas umas em função das outras tendo como base o custo de transporte de cada uma das empresas, é determinada a consistência de cada uma das alternativas e posteriormente o índice de concordância (Quadro VIII) (como o $n=5$ então o rácio de concordância utilizado é de 1,12) que no caso do critério tarifa de transporte apresenta um índice de concordância de 0.086. Este índice para ser considerado aceitável deve ter um valor inferior a 0.1, logo no caso deste critério o índice de concordância à aceitável.

Aos restantes critérios foi também aplicado este procedimento, passando agora para o critério tempo de transporte/ tempo de trânsito (Quadros IX e X) em que a única empresa que apresenta um tempo de trânsito ligeiramente superior é a empresa GARLAND, isto porque a cotação que apresentou apesar de ser a que representa um custo mais baixo, tem um tempo de transporte ligeiramente superior.

Quadro IX – Comparação das alternativas em função do critério tempo de transporte

	TRANSNATUR	TRANSNÁUTICA	TORRESTIR	RANGEL	GARLAND
TRANSNATUR	1	1	1	1	2
TRANSNÁUTICA	1	1	1	1	2
TORRESTIR	1	1	1	1	2
RANGEL	1	1	1	1	2
GARLAND	0,5	0,5	0,5	0,5	1
Total	4,5	4,5	4,5	4,5	9

Quadro X – Valor médio atribuído a cada alternativas em função do critério tempo de transporte

	TRANSNATUR	TRANSNÁUTICA	TORRESTIR	RANGEL	GARLAND	Média
TRANSNATUR	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
TRANSNÁUTICA	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
TORRESTIR	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
RANGEL	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
GARLAND	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Total	1	1	1	1	1	1

No caso destes dois últimos critérios estudados (cumprimento dos prazos de entrega e nível de serviço), o decisor decidiu atribuir o mesmo valor a todas as

alternativas visto que no caso do cumprimento os prazos de entrega (Quadro XI e XII), quando é contratado o serviço é estipulado um prazo (com alguma margem) de entrega que normalmente é cumprido, podendo este ter sido excluído.

Quadro XI – Comparação das alternativas em função do critério cumprimento dos prazos de entrega

	TRANSNATUR	GARLAND	TRANSNÁUTICA	TORRESTIR	Rangel
TRANSNATUR	1	1	1	1	1
GARLAND	1	1	1	1	1
TRANSNÁUTICA	1	1	1	1	1
TORRESTIR	1	1	1	1	1
RANGEL	1	1	1	1	1
Total	5	5	5	5	5

Quadro XII – Valor médio atribuído a cada alternativa em função do cumprimento dos prazos de entrega

	TRANSNATUR	GARLAND	TRANSNÁUTICA	TORRESTIR	RANGEL	Média
TRANSNATUR	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
GARLAND	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
TRANSNÁUTICA	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
TORRESTIR	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
RANGEL	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Total	1	1	1	1	1	1

Quando ao critério nível de serviço (Quadros XIII e XIV) o decisor optou por considerá-lo como um elemento qualificador, ou seja, as empresas para que consigam competir entre si cumprem, normalmente, com os requisitos exigidos pelo cliente, apresentando níveis de serviço idênticos (e neste caso o decisor já conhece o nível de serviço de todas as alternativas, visto que trabalha com elas).

Quadro XIII – Comparação das alternativas em função do critério nível de serviço

	TRANSNATUR	GARLAND	TRANSNÁUTICA	TORRESTIR	RANGEL
TRANSNATUR	1	1	1	1	1
GARLAND	1	1	1	1	1
TRANSNÁUTICA	1	1	1	1	1
TORRESTIR	1	1	1	1	1
RANGEL	1	1	1	1	1
Total	5	5	5	5	5

Quadro XIV – Valor médio atribuído a cada alternativa em função do critério nível de serviço

	TRANSNATUR	GARLAND	TRANSNÁUTICA	TORRESTIR	RANGEL	Média
TRANSNATUR	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
GARLAND	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
TRANSNÁUTICA	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
TORRESTIR	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
RANGEL	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Total	1	1	1	1	1	1

Efetuada todas as comparações entre as alternativas dentro de cada um dos diferentes critérios é agora possível analisar qual é a melhor alternativa dentro dos pesos que foram atribuídos a cada um dos diferentes critérios em análise.

Pela análise do gráfico e quadro XV apresentados, pode concluir-se que a alternativa considera como a mais vantajosa para a empresa em estudo transportar a sua mercadoria é a transportadora TRANSNATUR, seguida da empresa transportadora GARLAND. Uma vez que os resultados apresentados encontram-se muito próximos foi necessário proceder à análise de sensibilidade.

Quadro XV – Quadro resumo da análise das alternativas e pesos dos diferentes critérios

	Tarifa de Transporte	Tempo de transporte	Cumprimento prazos de entrega	Nível de Serviço	Total
Peso	0,40	0,35	0,13	0,13	
TRANSNATUR	0,26	0,22	0,20	0,20	0,2336
GARLAND	0,33	0,11	0,20	0,20	0,2189
TRANSNÁUTICA	0,21	0,22	0,20	0,20	0,211
TORRESTIR	0,12	0,22	0,20	0,20	0,1754
RANGEL	0,08	0,22	0,20	0,20	0,1611

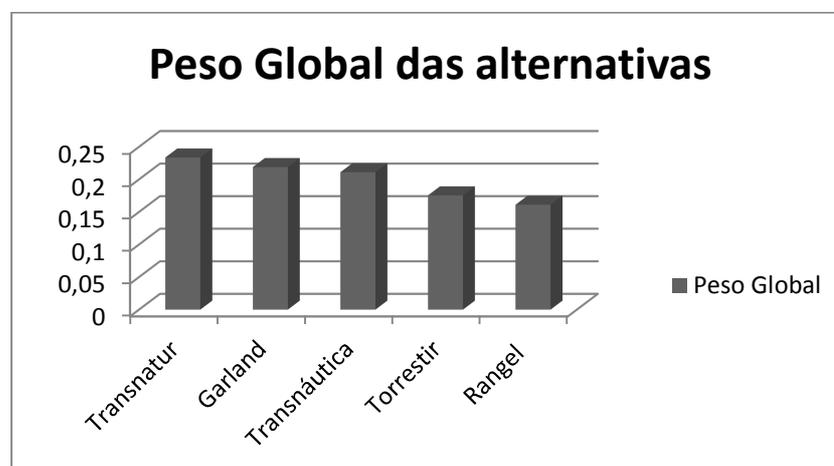


Figura 5. 1 – Peso global das alternativas

Nos quadros XVI e XVII pode analisar-se o resultado desta análise:

- 1ª Hipótese: Atribuir o mesmo peso a todos os critérios em análise – Quadro XVI

Quadro XVI – Análise sensibilidade – hipótese 1

	Tarifa de Transporte	Tempo de transporte	Cumprimento prazos de entrega	Nível de Serviço	Total
Peso	0,25	0,25	0,25	0,25	
TRANSNATUR	0,27	0,22	0,20	0,20	0,2227
GARLAND	0,33	0,11	0,20	0,20	0,2101
TRANSNÁUTICA	0,21	0,22	0,20	0,20	0,2083
TORRESTIR	0,11	0,22	0,20	0,20	0,1823
RANGEL	0,08	0,22	0,20	0,20	0,1766

- 2ª Hipótese: Atribuir os mesmos pesos aos dois critérios considerados pelo decisor como os mais importantes (tarifa de transporte e tempo de transporte) – Quadro XVII.

Quadro XVII – Análise sensibilidade – hipótese 2

	Tarifa de Transporte	Tempo de transporte	Cumprimento prazos de entrega	Nível de Serviço	Total
Peso	0,40	0,40	0,13	0,13	
TRANSNATUR	0,27	0,22	0,20	0,20	0,2623
GARLAND	0,33	0,11	0,20	0,20	0,1931
TRANSNÁUTICA	0,21	0,22	0,20	0,20	0,1742
TORRESTIR	0,11	0,22	0,20	0,20	0,1519
RANGEL	0,08	0,22	0,20	0,20	0,1384

Pela análise de sensibilidade efetuada pode concluir-se que mesmo variando os pesos atribuídos aos diferentes critérios, ou até mesmo com pesos iguais, a sua ordem mantém-se, isto é, contínua a ser a empresa transportadora TRANSNATUR a que apresenta um melhor resultado seguida pela empresa transportadora GARLAND.

5.2 - Aplicação do modelo MMASSITI

Um outro modelo aplicado ao problema de transporte em estudo é o método MMASSITI - cujos o modo de utilização, vantagens e parâmetros de análise e funcionamento se encontra descritos no Capítulo II, Secção 3.4.1.7. - Metodologia Multicritério para a Avaliação e seleção de Sistemas de Informação/Tecnologias de Informação (MMASSITI).

O método utilizado é uma metodologia multicritério que foi utilizada neste estudo com o objetivo de facilitar a seleção de uma das alternativas apresentadas em função de um conjunto de critérios definidos anteriormente através das empresas inquiridas recorrendo. A seleção é realizada recorrendo a uma escala contínua com sete referências semânticas que irá permitir atribuir um valor a cada alternativa em função do critério que está a ser avaliado. Permite ainda efetuar-se uma análise de sensibilidade, análise de robustez e gerar relatórios de dados.

A definição e atribuição de um valor relativo a cada um dos diferentes níveis de referência devem ser definidas pelo decisor de uma forma muito clara, tendo como base a valor de atratividade de passar de um nível para outro, tendo em conta a definição do nível "neutro" e "melhor" para cada uma das diferentes alternativas. Abaixo encontra-se apresentada a definição da escala utilizada como base no modelo a ser utilizado, esta escala pode sempre ser alterada pelo decisor.

Definição da Escala

Quando se está perante indicadores que são medidos de uma forma qualitativa (nível de serviço por exemplo) é necessário definir uma escala que permita estabelecer um determinado nível de importância, sendo que a escala definida para este modelo é a que se indica no Quadro XVIII.

Quadro XVIII – Escala utilizada no modelo MMASSITI

Escala/ Níveis	MUITO MELHOR	MELHOR	LIGEIRAMENTE MELHOR	NEUTRO	LIGEIRAMENTE PIOR	PIOR	MUITO PIOR
Limites De cada nível/ escala	100-81	80-31	De 30 a 1	0	De -1 a -30	De - 31 a -80	-100

A escala apresentada é constituída por um extremo, que corresponde a um valor máximo, ou seja, ao limite superior, que se denomina de "muito melhor" e um valor mínimo ou seja ao limite inferior, que se denomina de "muito pior", considerando ainda que é necessário definir o que corresponde a uma alternativa neutra e uma alternativa melhor. O nível "neutro" corresponde a zero, que neste caso irá dividir a escala a meio.

Logo, como se pode verificar no quadro XVIII apresentado acima, a escala divide-se em três níveis com valores superiores ao "neutro" (muito melhor, melhor e o ligeiramente melhor) e três escalas com valores inferiores (ligeiramente pior, pior e o muito pior).

- O nível neutro é aquele que é considerado como sendo o satisfatório/ razoável/ intermédio, ou seja, quando se esta perante um resultado igual a zero.
- O nível ligeiramente melhor apresenta uma escala com valores entre um (1) e trinta (30), e mostra um resultado positivo superior ao nível definido como neutro, mas encontram-se abaixo do nível considerado como melhor.
- O nível melhor apresenta uma escala entre trinta e um (31) e oitenta (80) e exhibe um resultado superior ao nível definido como ligeiramente melhor mas inferior ao nível muito melhor.
- O nível muito melhor pode ser definido como sendo considerado como o ideal para o decisor, sendo que a sua escala se encontra entre oitenta e um (81) e cem (100).
- O nível ligeiramente pior apresenta uma escala de menos um (-1) até menos trinta (-30), logo, a sua atratividade é negativa e é inferior ao nível considerado como neutro mas superior ao nível considerado como pior.
- O nível pior corresponde a uma escala entre menos trinta e um (-31) e menos oitenta (-80) em que a sua atratividade é negativa e desvia-se do nível considerado como razoável/intermédio definido pelo decisor.
- O nível muito pior corresponde a uma escala entre menos oitenta e um (-81) e menos cem (-100), e que o seu nível de atratividade é muito mau, está muito desviado do nível considerado como satisfatório.

Na aplicação do modelo MMASSITI, o primeiro passo passa por definir as alternativas de transporte, neste caso as alternativas seleccionadas, ou seja, as empresas transportadoras que podem prestar o serviço foram:

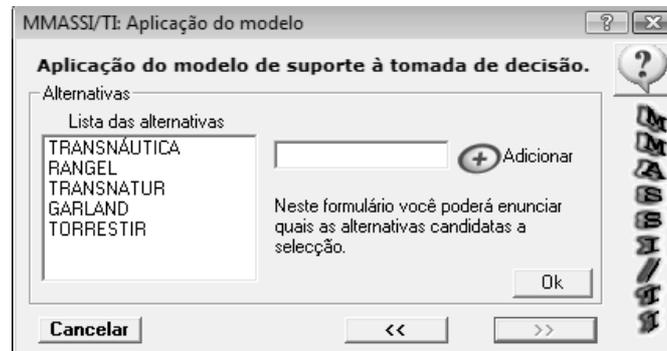


Figura 5. 2 – Alternativas candidatas à selecção

Seleccionadas as alternativas (Figura 5.2), é necessário definir quais os critérios que se pretendem medir, estes já foram identificados na Figura 4.22.

Identificados os quatros critérios (Figura 5.3) que se pretendem estudar de forma a seleccionar a empresa transportadora que apesente um melhor serviço, foi necessário operacionalizar os diferentes critérios. Aqui será associado um descritivo a cada um dos critérios que permita avaliar cada um (identificando como se pretende que cada um seja medido), de uma forma simplificada.

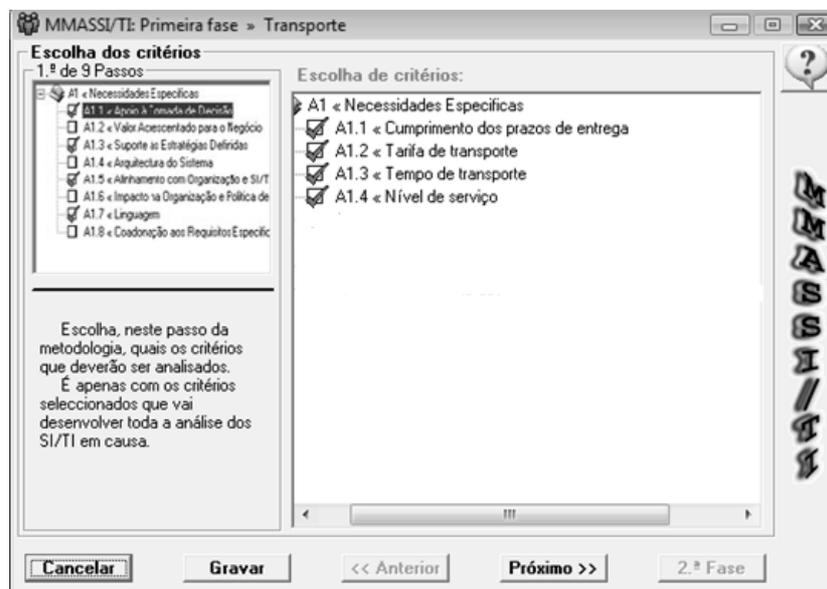


Figura 5. 3 – Critérios de análise

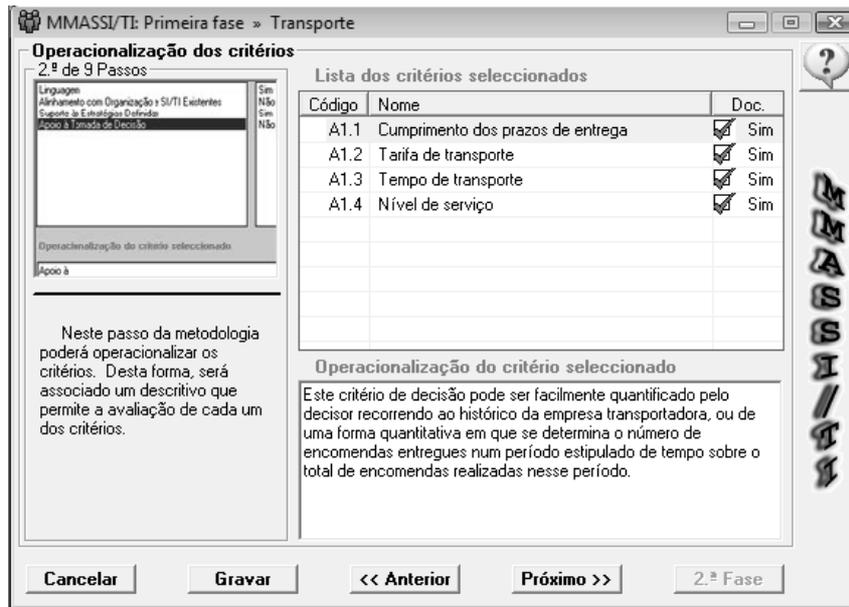


Figura 5. 4 – Definição de cumprimento dos prazos de entrega

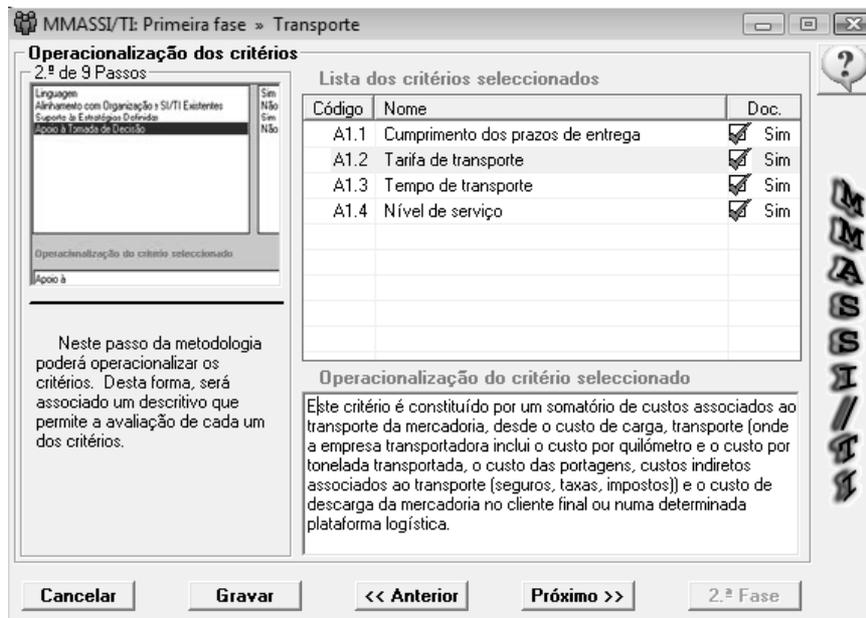


Figura 5. 5 – Definição de Tarifa de transporte

Definidos os critérios (Figura 5.4 e 5.5) é necessário atribuir um peso a cada um deles. Para isso começa-se por ordenar os critérios por ordem de importância (Figura 5.6) relativa (do mais importante para o menos importante) como se pode verificar e analisar na imagem apresentada abaixo. No caso da empresa que pretende transportar a sua mercadoria os critérios que considera como os mais importantes são a tarifa e transporte e o tempo de transporte, os restantes critérios costumam ser cumpridos de uma forma semelhante pelas empresas transportadoras.

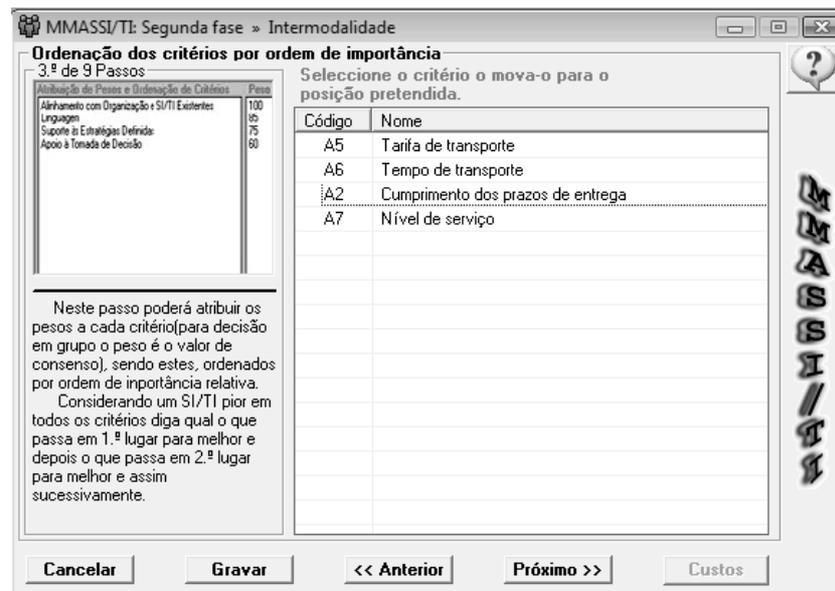


Figura 5. 6 – Ordenação dos critérios por ordem de importância

Ordenados os critérios é necessário agora atribuir um peso a cada um deles, sendo que o critério mais importante tem um peso de 100 que é atribuído automaticamente pelo software, logo os restantes critérios têm que ser comparados em relação ao mais importante. Por isso a tarifa de transporte tem um peso de 100, o tempo de transporte tem um peso de 90, cumprimento dos prazos de entrega tem um peso de 70 e ao nível de serviço foi-lhe atribuído um peso de 60 isto porque a empresa considera que este critério é um elemento quantificador, pois a empresa que não tiver um bom nível de serviço é logo excluída, não conseguindo competir com os restantes critérios. Na Figura 5.7 apresentada abaixo pode verificar-se o que foi descrito neste parágrafo:

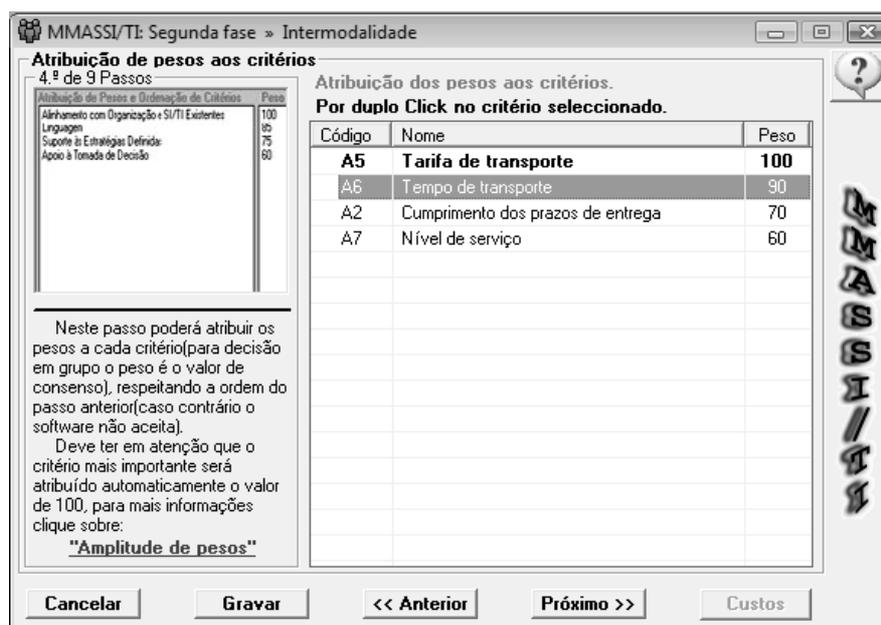


Figura 5. 7 – Peso atribuído a cada um dos diferentes critérios

Ordenados os critérios é necessário agora definir os níveis de análise do modelo. Os dois níveis considerados como os mais importantes neste modelo são o nível ‘neutro’ e o nível ‘melhor’, pois servem de suporte à definição dos restantes níveis. Logo, a empresa em estudo considerou que o a nível ‘neutro’ é aquele em que a empresa transportada efetua o serviço com um determinado custo padrão dentro do tempo norma estabelecido como se pode verificar na Figura 5.8. O nível ‘melhor’ é aquele em que a empresa transportadora efetua o serviço a um custo inferior dentro do prazo estabelecido ou com o mesmo prazo mas com um tempo de entrega inferior como se pode verificar na Figura 5.9.

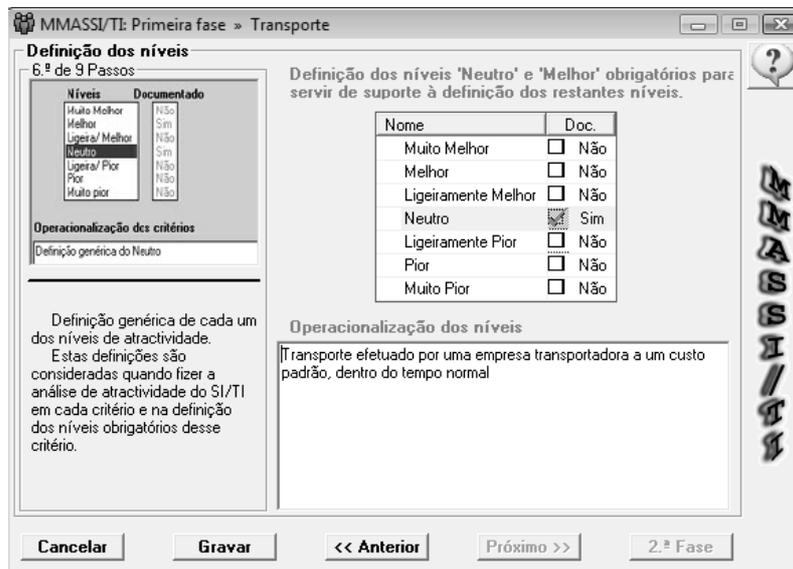


Figura 5. 8 – Definição do nível ‘neutro’

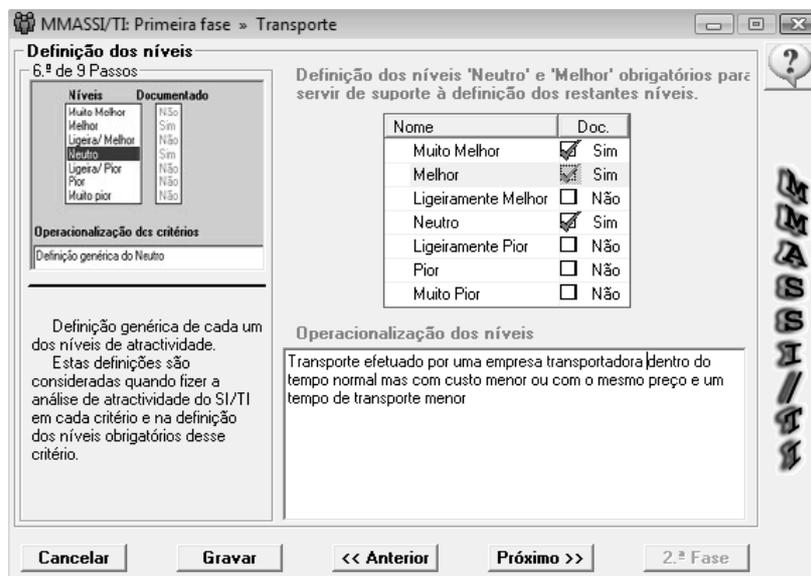


Figura 5. 9 – Definição do nível ‘melhor’

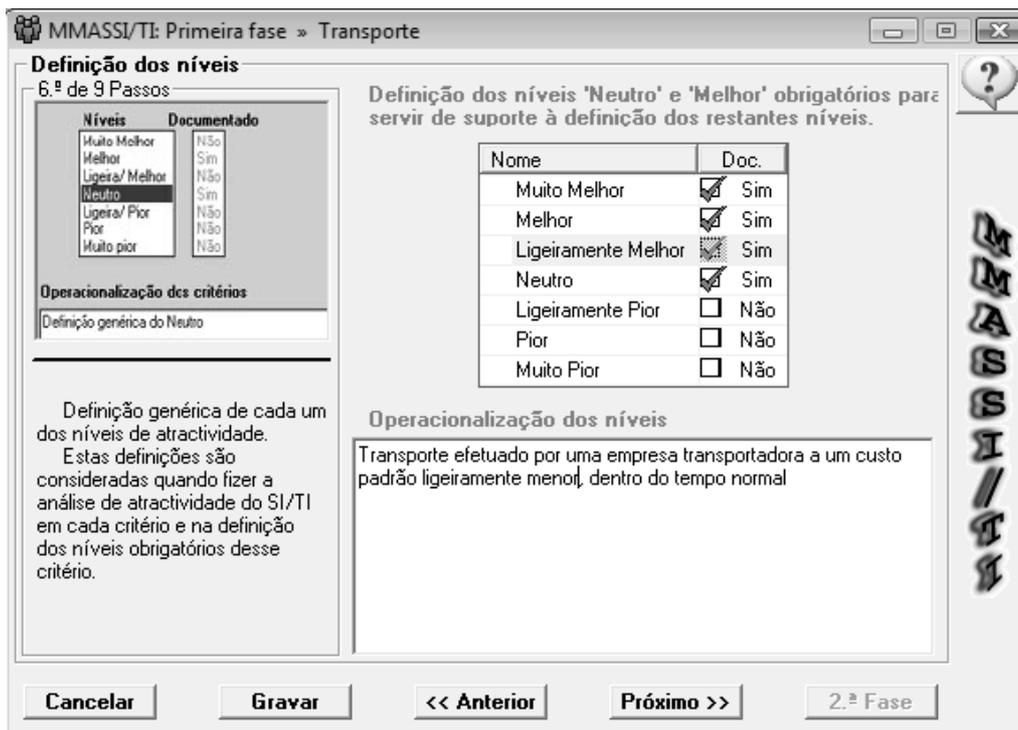


Figura 5. 10 – Definição do nível ‘ligeiramente melhor’

Definido cada um dos diferentes níveis é necessário escolher os limites de cada um dos níveis de atratividade. A definição da escala resulta da atratividade de uma alternativa passar de um nível de atratividade em relação ao Neutro tendo em conta a definição do nível Melhor. Logo o decisor da empresa considerou que o nível muito melhor era 100 como se pode verificar na Figura 5.11.

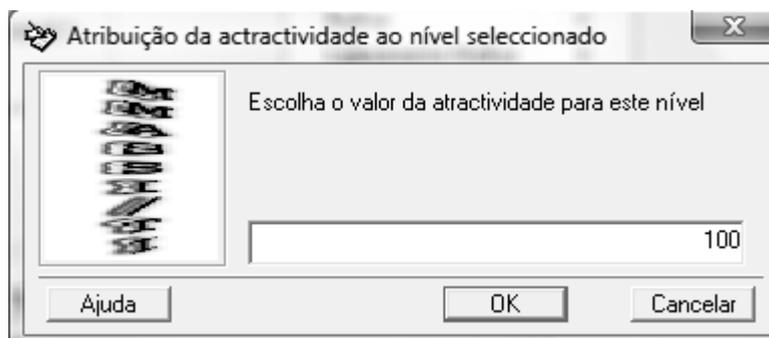


Figura 5. 11 – Valor atribuído ao nível muito melhor

Aos restantes níveis foram atribuídos os valores de (Figura 5.12):

- Muito melhor = 100
- Melhor = 80
- Ligeiramente melhor = 30
- Neutro = 0

- Ligeiramente pior = -30
- Pior = -80
- Muito Pior = -100

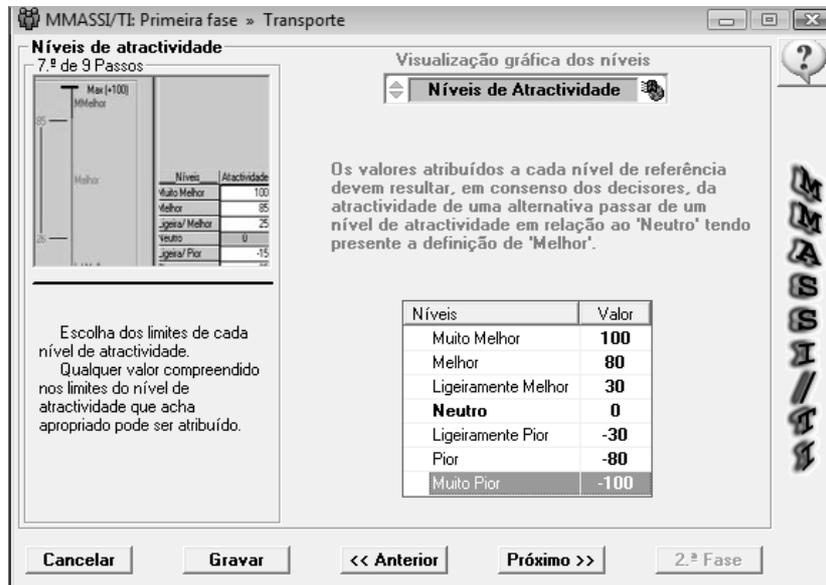


Figura 5. 12 – Valor atribuído a cada um dos diferentes níveis

Na Figura 5.13 pode verificar-se os valores limites que inferiores que superiores de cada um dos níveis. Isto significa que por exemplo o nível melhor compreende valores entre 31 e 80.

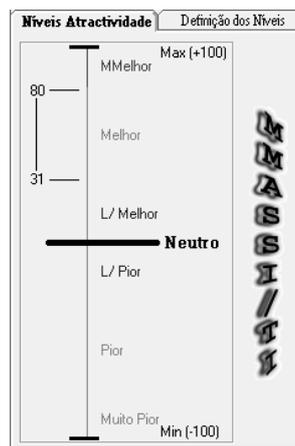


Figura 5. 13 – Níveis de atratividade

Definida a escala e os valores que a constituem é agora necessário avaliar cada um dos diferentes critérios. Para isso a primeira coisa a fazer é definir o que é considerado como nível 'neutro' e 'melhor'. Na Figura 5.14 apresentada abaixo pode-se visualizar o caso do critério – cumprimento dos prazos de entrega, em que o decisor

da empresa definir o nível neutro como sendo – o transporte efetuado por uma empresa transportadora em que a mercadoria é entregue no prazo estabelecido e o nível ‘melhor’ como sendo o transporte efetuado por uma empresa transportadora em que a mercadoria é entregue um dia antes do prazo estabelecido.

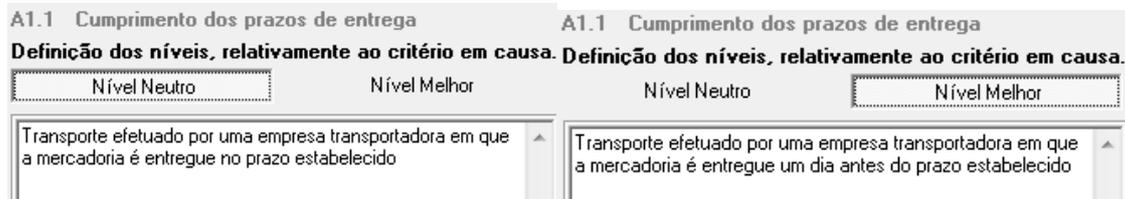


Figura 5. 14 – Definição de nível ‘neutro’ e ‘melhor’ para o critério cumprimentos dos prazos de entrega

Definidos os dois principais níveis (‘neutro’ e ‘melhor’ para cada um dos critérios, o próximo passo é analisar cada alternativa definida em função de cada um dos diferentes critérios.

Começando pelo critério tarifa de transporte o decisor da empresa optou por fazer uma lista pedindo as cotações as empresas transportadoras, sendo que as empresas RANGEL, TRANSNATUR, TRANSNAUTICA e TORRESTIR apresentaram a cotação para a mercadoria ser transportada por transporte rodoviário, a GARLAND apresentou cotação para transporte marítimo (sendo que aqui já vinham todos os custos incluídos), e depois tendo em atenção custo que considerou como custo padrão estabeleceu um nível e um valor a cada empresa, na Figura 5.15 podemos verificar os pesos atribuídos.

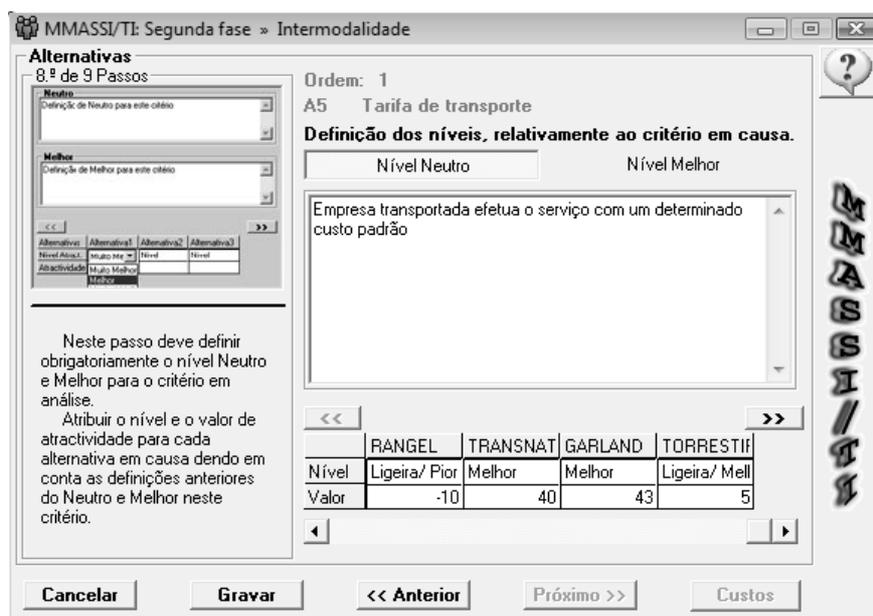


Figura 5. 15 – Atribuição de valor e nível ao critério tarifa de transporte

Analisando agora o critério tempo de transporte ou tempo de trânsito (Figura 5.16), as empresas transportadoras rodoviárias apresentaram um tempo de trânsito da mercadoria praticamente igual (aproximadamente 6 dias, por isso o decisor optou por atribuir o mesmo valor a todas estas empresas, no caso da empresa transportadora marítima o tempo de trânsito é ligeiramente superior, pode demorar aproximadamente mais um dia. Isso deve-se a um conjunto de fatores que dificultam atualmente o transporte marítimo, tais como: menor flexibilidade nos serviços aliados a frequentes congestionamentos nos portos portuários, o facto de normalmente ser necessário transbordo (mudar mercadoria para outros meios de transporte de forma a fazê-los chegar aos locais de consumo/utilização – cliente final) entre outros.

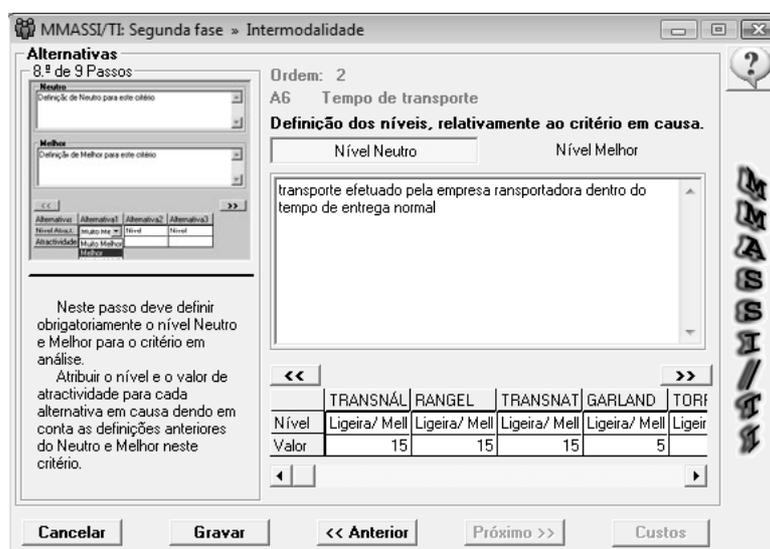


Figura 5. 16 – Atribuição de valor e nível ao critério tempo de transporte

O procedimento descrito anteriormente foi efetuado para os restantes critérios. No caso do critério cumprimento dos prazos de entrega (Figura 5.17), o decisor considerou este critério como menos importante que os apresentados anteriormente. Isto, porque normalmente os prazos de entrega estabelecidos são cumpridos pelas empresas, pois estas dão sempre uma previsão.

MMASI/TE: Segunda fase » Intermodalidade

Alternativas
8.º de 9 Passos

Neutro: Definição de Neutro para este critério

Melhor: Definição de Melhor para este critério

Ordem: 3
A2 Cumprimento dos prazos de entrega

Definição dos níveis, relativamente ao critério em causa.

Nível Neutro Nível Melhor

transporte efetuado por empresa transportadora em que a mercadoria cumpre o prazo de entrega previsto

Neste passo deve definir obrigatoriamente o nível Neutro e Melhor para o critério em análise.
Atribuir o nível e o valor de atractividade para cada alternativa em causa tendo em conta as definições anteriores do Neutro e Melhor neste critério.

	RANGEL	TRANSNAT	GARLAND	TORRESTIF
Nível	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
Valor	0	0	0	0

Buttons: Cancelar, Gravar, << Anterior, Próximo >>, Custos

Figura 5. 17 – Atribuição de valor e nível ao critério cumprimento dos prazos de entrega

O critério nível de serviço (Figura 5.18) foi considerado pelo decisor como elemento quantificador, pois a empresa que não tiver um bom nível de serviço logo excluída, não conseguindo competir com as restantes. Por isso o decisor optou por atribuir zero a todas as empresas, pois todas cumprem com o nível de serviço pretendido.

MMASI/TE: Primeira fase » Transporte

Alternativas
8.º de 9 Passos

Neutro: Definição de Neutro para este critério

Melhor: Definição de Melhor para este critério

Ordem: 4
A1.4 Nível de serviço

Definição dos níveis, relativamente ao critério em causa.

Nível Neutro Nível Melhor

Transporte efetuado por uma empresa transportadora obedecendo ao cumprimento dos requisitos dos clientes.

Neste passo deve definir obrigatoriamente o nível Neutro e Melhor para cada critério em análise.
Em seguida deve atribuir o nível e o valor de atractividade para cada alternativa em causa tendo em conta as definições anteriores do Neutro e Melhor neste critério.

	TRANSNAT	RANGEL	TORRESTIF	TRANSNAT
Nível	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
Valor	0	0	0	0

Buttons: Cancelar, Gravar, << Anterior, Próximo >>, 2.ª Fase

Figura 5. 18 – Atribuição de valor e nível ao critério nível de serviço

Atribuídos os pesos e valores a cada uma das diferentes alternativas em função dos critérios em análise pode, agora, concluir-se que as duas alternativas de transporte que foram selecionadas como as que apresentam um melhor serviço foram a transportadora TRANSNATUR e a GARLAND, como se pode verificar na imagem apresentada baixo.

Sendo que:

- À Transportadora TRANSNATUR foi-lhe atribuído um valor global de 16.74;
- À Transportadora GARLAND foi-lhe atribuído um valor global de 16.12;
- À Transportadora RANGEL foi-lhe atribuído um valor global de 1.09;
- À Transportadora TORRESTIR foi-lhe atribuído um valor global de 5.78.

Uma vez que a empresa TRANSNATUR apresenta um valor global ligeiramente superior (Figura 5.19), em relação à empresa GARLAND o decisor optou pelo transporte rodoviário, recorrendo à empresa TRANSNATUR. Caso o resultado do software fosse diferentes, a empresa GARLAND apresentasse um valor global ligeiramente superior o decisor voltava a optar pelo transporte rodoviário, isto porque atualmente este transporte trás um conjunto de vantagens comparativamente com o transporte marítimo.

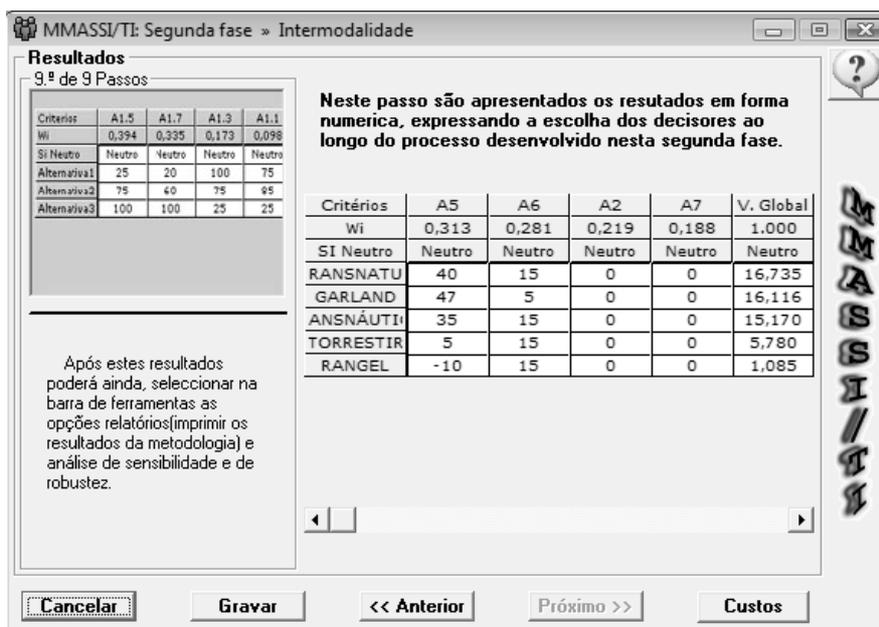


Figura 5. 19 – Resultados do modelo – melhor opção

Uma vez que o valor global das alternativas TRANSNAUTR, GARLAND e TRANSNAUTICA se encontram muito próximos, foi realizada uma análise sensibilidade e robustez, variando o peso dos critérios (Figura 5.20).



Figura 5. 20 – Análise de robustez com variação do critério tempo de transporte



Figura 5. 21 – Análise de robustez com variação do critério nível de serviço

Pela análise da robustez efetuada pode concluir-se que, independentemente do peso atribuído a cada um dos diferentes critérios, ou seja, seja qual for a variação efetuada a ordem continua a mesma. Logo, a empresa TRANSNATUR é a empresa que continua a apresentar melhores resultados.

5.3 - Comparação dos métodos aplicados

O modelo foi aplicado em dois métodos que apesar de serem diferentes permitem tirar as mesmas conclusões. O MMASITI que implementa uma metodologia multicritério que foi criada com o intuito de selecionar sistemas e tecnologias de informação, mas foi aplicada ao modelo de transportes em estudo e permitiu concluir que pode ser aplicado a qualquer problema multicritério (que seja constituído por um conjunto de critérios e alternativas).

O método AHP é uma metodologia bastante utilizada pelos decisores em problemas relacionadas com o transporte. Neste caso foi utilizado com o objetivo de perceber se os dois modelos, apesar de totalmente diferentes, permitem chegar ao mesmo resultado.

Pode então concluir-se, por análise dos resultados dos dois métodos, que a alternativa mais vantajosa para a empresa em estudo é a mesma ou seja a empresa transportadora TRANSNATUR seguida pela empresa transportadora GARLAND. Pode ainda concluir-se que se só existisse o critério tarifa e transporte em estudo provavelmente a empresa transportadora mais vantajosa para o decisor não seria a TRANSNATUR mas sim a GARLAND, visto que esta transportadora foi a que apresentou uma cotação mais baixa. Como existe um outro critério que o decisor também considerou como bastante importante, o tempo de transporte/ tempo de trânsito, permitiu validar a opção rodoviária, visto que o transporte rodoviário tem um tempo de trânsito ligeiramente inferior (aproximadamente 2 dias). Como a empresa pretende entregar a mercadoria o mais rápido possível aos seus clientes de forma a satisfazer as suas necessidades, optaria logo para o transporte mais rápido, visto que a diferença e preços era ligeiramente superior. Os outros dois critérios considerados no modelo (cumprimento dos prazos de entrega e nível de serviço) foram pouco valorizados pelo decisor, isto porque o decisor já trabalhou com as diferentes alternativas e conhece o seu nível de serviço, logo, foi-lhes atribuído sempre o mesmo valor visto que todas as alternativas cumprem com estes dois critérios de mesma forma.

De forma a validar o critério considerado como o mais importante no modelo aplicado pelo decisor – tarifa de transporte, foi solicitado a duas empresas, uma ligada ao setor do transporte rodoviário (rodoviário- intermodal e multimodal) e a uma empresa ligada ao transporte marítimo a cotação para uma carga, com as mesmas características e

com o mesmo local de origem e destino. Com esta análise irá ser possível perceber se apenas com este critério pode ser criado um mix-otimo no transporte de mercadorias.

Logo, na cotação que irá ser proposta, a mercadoria tem origem em Vila do Conde, passando pelo porto de Leixões e depois segue com destino as cidades inglesas de Birmingham, Nottinfham e Sheffield.

A proposta apresentada diz respeito a um frete para contentores de 40DV e de 40PW, onde os contentores de 40DV tem uma capacidade máxima de 25 paletes (1,20x0,8m europaletes) que ocupam aproximadamente 67m³ de interior, e os contentores de 40PW têm uma capacidade máxima de 30 paletes (1,20x0,8m europaletes) que ocupam aproximadamente 79m³ de interior.

O preço de um frete marítimo engloba um conjunto de custos associados a todo o processo de transporte, desde o valor do fretamento do navio, combustível consumido, equipa de tripulação, equipamentos necessários para a movimentação da mercadoria e até mesmo para o transporte (contentores por exemplo), custos portuários (custo da escala do navio, taxa portuária, equipa de estiva...), custos indiretos (custos administrativos, seguros, impostos, taxas entre outros).

O custo de:

- Transporte – Vila do Conde (transporte rodoviário até porto de Leixões) + Despesas no Porto de Leixões

$$\sum \text{Custos para contentores de 40DV ou 40PW} = 514 \text{ Euros}$$

- Leixões/Sheffield via porto de Teesport (transporte marítimo)

$$\sum \text{Custos para contentores de 40DV} = 1312,25 \text{ Euros}$$

$$\sum \text{Custos para contentores de 40PW} = 1373,68 \text{ Euros}$$

- Leixões/Birmingham ou Nottingham via porto de Teesport (transporte marítimo)

$$\sum \text{Custos para contentores de 40DV} = 1383,52 \text{ Euros}$$

$$\sum \text{Custos para contentores de 40PW} = 1444,95 \text{ Euros}$$

O valor do frete de transporte marítimo foi apresentado pela empresa A, com saídas semanais, com um tempo de transporte de aproximadamente 8 dias.

O preço de um frete rodoviário engloba um conjunto de custos associados a todo o processo de transporte, desde o valor do combustível consumido, motoristas, equipamentos necessários para a movimentação da mercadoria e até mesmo para o transporte (contentores por exemplo) custos indiretos (custos administrativos, seguros, impostos, taxas entre outros).

O custo de:

- Transporte – Vila do Conde via cidade de Sheffield (transporte rodoviário)

$$\sum \text{Custos para contentores de 40'DV ou 40PW} = 2850 \text{ Euros}$$

- Transporte – Vila do Conde via cidade de Nottingham (transporte rodoviário)

$$\sum \text{Custos para contentores de 40'DV ou 40PW} = 2800 \text{ Euros}$$

- Transporte – Vila do Conde via cidade de Birmingham (transporte rodoviário)

$$\sum \text{Custos para contentores de 40'DV ou 40PW} = 2750 \text{ Euros}$$

O valor do frete de transporte rodoviário foi apresentado pela empresa B, com saídas quase diárias, com um tempo de transporte de aproximadamente 6 dias.

Após analisar as duas cotações apresentadas quer pela empresa rodoviária quer pela empresa marítima, em que os percursos e características da mercadoria são as mesmas, é possível concluir que:

- No caso do transporte para o percurso Via do Conde até ao porto/cidade de Birmingham por modo marítimo teria um custo global de 1958€ enquanto se a mesma mercadoria fosse transportada por modo de transporte rodoviário teria um custo total de 2750€.
- No caso do transporte para o percurso Via do Conde até ao porto/cidade de Sheffield por modo marítimo teria um custo global de 1887€ enquanto se a mesma mercadoria fosse transportada por modo de transporte rodoviário teria um custo total de 2850€.

Olhando apenas para os custos apresentados poderia dizer-se que o transporte marítimo é o mais vantajoso pois apresenta um custo inferior (aproximadamente 30%



menos) permitindo validar os dados apresentados nos modelos testados, mas é necessário ter em conta na decisão, que no caso do transporte marítimo, seria necessário contratar um outro meio de transporte para deslocar a mercadoria deste o porto logístico até ao cliente final, o fato do prazo de entrega ser ligeiramente superior, isto pode colocar em questão a satisfação das necessidades dos clientes, mas existe a vantagem de as empresas que tiverem fluxos continuados poderem fazer o *stock* em transito, não tendo que pagar armazenagem.

Logo, a solução poderia passar por recorrer a uma solução intermodal, ou seja, transportar a mercadoria até ao porto por transporte marítimo e depois utilizar o modo rodoviário para deslocar a carga até ao cliente, mas esta decisão depende sempre do tipo de mercadoria, da empresa, do decisor entre outros aspetos.



CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES

Para dar resposta ao primeiro objetivo, realizou-se a caracterização do setor dos transportes, a qual permitiu concluir que o meio de transporte mais utilizado continua a ser o transporte rodoviário, seguido pelo marítimo e só depois o ferroviário. Os principais parceiros de Portugal são a França, Holanda, Espanha, Alemanha e Itália. Os portos logísticos com maior movimento são o porto de Lisboa e Leixões. Em relação ao setor ferroviário pode concluir-se que este depara-se atualmente com um desafio que pretende ver resolvido, de forma a aumentar a sua utilização em transporte de mercadorias que é a possibilidade de utilização também da bitola europeia, o que permite alargar e aumentar a eficiência deste modo de transporte além Espanha nas exportações e importações de mercadoria de e para mercados europeus.

Outro objetivo foi perceber como as preocupações por uma logística verde influencia a escolha do modo de transporte e da intermodalidade e modalidade. Assim, a caracterização da utilização de soluções intermodais e multimodais foi realizada. O setor dos transportes é um dos maiores responsáveis pelos problemas ambientais existentes na Europa, visto que a intensidade de transporte não para de aumentar. Para combater este problema, Portugal assumiu um compromisso no âmbito do protocolo de Quioto, de adaptar medidas urgentes de diminuição das emissões poluentes, sob pena da fatura no comércio de emissões ser inaceitável para o país a médio prazo.

Para dar resposta ao objetivo principal, i.e. perceber quais os critérios utilizados pelos agentes logísticos para a escolha do modo de transportes e qual a razão que leva ou pode levar, ao aumento da utilização de soluções intermodais, realizamos um inquérito o qual pretendia dar também resposta aos objetivos secundários definidos nesta dissertação. O inquérito foi enviado a um conjunto dos referidos tendo sido repartido por diferentes empresas, desde transitários, operadores logísticos, e empresas exportadoras/importadoras, do que resultaram apenas 15 respostas. Com a realização deste inquérito foi possível perceber, de uma forma empírica, visto que a amostra não é significativa, a taxa de utilização de cada um dos diferentes meios de transporte e das soluções intermodais e as razões inerentes à mesma. Isto é, para as empresas inquiridas os meios de transporte que utilizam com maior frequência são o transporte rodoviário e o transporte marítimo com 50% e 36%, respetivamente. Os principais aspetos a considerar no sucesso do transporte intermodal pelos inquiridos foram: operacionalidade dos portos (permitindo um serviço 24 horas por dia, todos os dias

incluindo domingos e feriados), a acessibilidade (todos os portos devem ter acessibilidades para os diferentes modos de transporte) e a eficácia das instalações e locais de embarque (equipamentos materiais e humanos disponíveis de carga e descarga das mercadorias). O inquérito permitiu ainda identificar os critérios que levam à escolha de um modo de transporte, sendo eles o cumprimento dos prazos de entrega, tarifa de transporte, tempo de transporte e o nível de serviço. Os restantes critérios impacto ambiental, tarifa de armazenagem, riscos de perdas ou estrados entre outros não foram considerados.

Uma vez que os critérios que foram selecionados pelas empresas inquiridas são de carácter quantitativo e qualitativo, recorreu-se à aplicação de uma metodologia multicritério.

Após identificados os critérios considerados como mais importantes pelas empresas inquiridas na escolha de um determinado meio de transporte, optou-se por recolher dados e aplicar estes critérios em dois modelos já existentes de forma a poder validar os critérios e perceber a sua importância e como aplicá-los. Os modelos foram aplicados na escolha de uma empresa transportadora para transportar a mercadoria desta Zona Industrial da Arrifana em Santa Maria da Feira até à cidade de Birmingham no Reino Unido, por um decisor. Este transporte pode ser efetuado recorrendo ao transporte marítimo ou rodoviário, logo foram incluídas os dois modos de transportes, correspondendo a um total de 5 alternativas. Os métodos aplicados foram o AHP e o MMASITI, tendo sido escolhidos pela sua simplicidade. O decisor após identificar as alternativas atribui os respetivos pesos a cada um dos diferentes critérios consoante a importância relativa, sendo que o peso atribuído a cada um dos critérios depende do decisor, da empresa, do tipo de produto a transportar. Pode verificar-se que, por análise dos resultados dos dois modelos, as primeiras alternativas mais vantajosas são as mesmas (pela mesma ordem), o que reforça a confiança nas escolhas sugeridas e, com algum grau de confiança, sugere que os critérios utilizados nos dois modelos são provavelmente os mais indicados.

Se o decisor considerasse apenas o fator custo para o transporte desta mercadoria, a empresa marítima seria a selecionada, visto que apresentaria um custo mais baixo. Contudo, existe um conjunto de fatores que influenciam indiretamente esta decisão, desde a dependência dos portos portuários (dependentes de greves dos estivadores por exemplo), à interferência do estado, entre outros. Foi então possível concluir que, quando o custo do transporte rodoviário e marítimo estão próximos, os

decisores normalmente optam pelo transporte rodoviário, não dando ênfase à contribuição para o ambiente verde.

Existe um outro fator considerado como muito importante pelo decisor, que é o tempo de trânsito/transporte. Este fator está dependente de um conjunto de aspetos que são condicionados pelo tipo de carga, pela empresa, pelas características da mercadoria, pois muitas empresas que tiverem fluxos continuados tentam fazer stocks em trânsito para não terem que pagar armazenagem, pela existência de mais cargas ao longo de toda a rota a percorrer relacionada com o tempo médio gasto com o percurso desde a origem até ao destino, considerando o deslocamento porta-a-porta até ao cliente final. Este critério fez com que o decisor atribuísse um valor superior à opção rodoviária em vez da marítima, isto porque o transporte marítimo tinha um tempo de ciclo ligeiramente superior (2 dias).

Em relação ao critério nível de serviço que está diretamente relacionado com a disponibilidade do produto, o tempo de ciclo do produto, o cumprimento do prazo de entrega, as frequências de entrega, a flexibilidade do sistema de entrega e o sistema de informação disponível, entre outros, foi considerado como um elemento qualificador, isto porque pressupõe-se que todas as empresas consideradas cumpram com estes requisitos.

O critério cumprimento dos tempos de entrega também foi considerado como um elemento qualificar pelo decisor, visto que todas as empresas normalmente cumprem com os prazos de entrega.

Pode então concluir-se que o critério custo assume um papel preponderante na escolha da solução de transporte, mas para validar o critério considerado como o mais importante no modelo aplicado pelo decisor – tarifa de transporte, foi solicitado a duas empresas, uma ligada ao setor do transporte rodoviário (rodoviário- intermodal e multimodal) e a uma empresa ligada ao transporte marítimo a cotação para uma carga, com as mesmas características e com o mesmo local de origem e destino. Com esta análise foi possível perceber que apenas com este critério pode ser criado um mix-ótimo no transporte de mercadorias.

Na cotação proposta, a mercadoria tem origem em Vila do Conde, passando pelo porto de Leixões e depois segue com destino as cidades inglesas de Birmingham, Nottinfham e Sheffield. Com as duas cotações foi possível verificar que o custo do transporte marítimo apresenta valores mais reduzidos (de aproximadamente 30%) , mas o decisor optou pelo transporte rodoviário, pelo fato de ter um tempo de trânsito inferior

e porque este meio de transporte entrega a mercadoria no cliente diretamente, sem ser necessário o transbordo da mercadoria.

Da análise aos diferentes pontos deste trabalho pode concluir-se que, apesar de terem sido selecionados um conjunto de critérios para a determinação de um modo de transporte, o critério tarifa de transporte acaba por ser o fator decisor.

Sugestões para trabalhos futuros

- Efetuar mais “simulações” de problemas relacionados com transportes, de forma a validar os modelos existentes e perceber quais os aspetos mais importantes a incluir no modelo a desenvolver;
- Determinar uma metodologia que permita trabalhar com uma amostra mais significativa (maior) de forma a validar os critérios selecionados, permitindo refinar o modelo;
- Validar os fatores a considerar no modelo de forma a obter o mix-ótimo.



REFERÊNCIAS

- Araújo, A. G. d. and Almeida, A. T. d. (2009) 'Decision making in the selection of the investments in oil and gas: an application using the promethee method', 16available: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2009000400004&script=sci_arttext [accessed 12/03/2012].
- Arnold, P., Peeters, D. and Thomas, I. (2004) 'Modelling a rail/road intermodal transportation system', *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(3), 255-270.
- Athawale, V. M. and Chakraborty, S. (2010) 'Facility Location Selection using PROMETHEE II Method', in *Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dhaka,, Bangladesh*.
- Autran Monteiro Gomes, L. F. and Duncan Rangel, L. s. A. (2009) 'An application of the TODIM method to the multicriteria rental evaluation of residential properties', *European Journal of Operational Research*, 193(1), 204-211.
- Bassanezi, R. C. (2010) 'Uma Introdução à Biomatemática', [online], available: <http://posmat.ufabc.edu.br/inverno/images/stories/notas/minicursoufabc.pdf> [accessed 02/03/2012].
- Behzadian, M., Khanmohammadi Otaghsara, S., Yazdani, M. and Ignatius, J. (2012) 'A state-of the-art survey of TOPSIS applications', *Expert Systems with Applications*, 39(17), 13051-13069.
- Boas, C. d. L. V. (2009) *Análise da aplicação de métodos multicritérios de apoio à decisão (MMAD) na gestão de recursos hídricos*, unpublished thesis UNB/FACH.
- Bojković, N., Anić, I. and Pejčić-Tarle, S. (2010) 'One solution for cross-country transport-sustainability evaluation using a modified ELECTRE method', *Ecological Economics*, 69(5), 1176-1186.
- Bowersox, M. B. C., David J. Closs (2002) *Supply Chain Logistic Management*, [online], available: <http://books.google.pt/books> [accessed 02/04/2012].
- Brewer, A., Button, K. and Hensher, D. (2001) *Handbook of Logistics and Supply-chain Management (Handbooks in Transport)*, PERGAMON.

- Brito, T. B., Silva, R. C. d. S., Botter, R. C., Pereira, N. N. and Medina, A. C. (2010) 'Discrete event simulation combined with multi-criteria decision analysis applied to steel plant logistics system planning', *Winter Simulation Conference; University of Sao Paulo - Department of Logistics Systems Engineering*.
- Caramia, M. and Guerriero, F. (2009) 'A heuristic approach to long-haul freight transportation with multiple objective functions', *Omega*, 37(3), 600-614.
- Carmo, B. B. T. d. (2009) *Proposta de modelo para seleção de fornecedores e otimização do transporte na cadeia produtiva do biodiesel com base em critérios de sustentabilidade*, unpublished thesis Universidade Federal Do Ceará.
- Carrese, S. and Tatarelli, L. (2011) 'Optimizing the stacking of the Intermodal Transport Units in an inland terminal: an heuristic procedure', *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 20(0), 994-1003.
- Chou, Y.-C., Sun, C.-C. and Yen, H.-Y. (2012) 'Evaluating the criteria for human resource for science and technology (HRST) based on an integrated fuzzy AHP and fuzzy DEMATEL approach', *Applied Soft Computing*, 12(1), 64-71.
- Clivillé, V., Berrah, L. and Mauris, G. (2007) 'Quantitative expression and aggregation of performance measurements based on the MACBETH multi-criteria method', *International Journal of Production Economics*, 105(1), 171-189.
- Cole, S. and Villa, A. (2006) 'Intermodalidade no transporte de carga: Portos e Hinterland, transporte marítimo, incluindo o de curta distância', [online], available: <http://rta-atn.eu/wp-content/uploads/2012/01/Intermodalidade-no-transportes-carga-2006.pdf> [accessed 19/03/2012].
- Costa, A. P. C. S. and Almeida, A. T. d. (2002) 'Modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método PROMETHEE', 6, 201-214, available: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v9n2/a07v09n2.pdf> [accessed 20/07/2012].
- Costa, A. P. C. S., Almeida, A. T. d. and Gomes, L. F. A. M. (2002) 'Priorities Assignment for Information Systems Based on Todim Multicriteria Method', available: <http://proceedings.informingscience.org/IS2002Proceedings/papers/Costa118Prior.pdf> [accessed 14/08/2012].



- Costa, C. A. B. e. (2006) 'Como utilizar a metodologia MACBETH para ajudar a avaliar opções e a alocar recursos: conceitos e casos', [online], available: http://web.ist.utl.pt/carlosbana/bin/help/papers/CAGECE23_3_06CarlosBanaeCosta.pdf [accessed 19/05/2012].
- Costa, C. A. B. e., Corte, J.-M. d. and Vansnick, J.-C. (2005) 'A Multiple Criteria Decision Support System', [online], available: <http://www.m-macbeth.com/en/downloads.html> [accessed 17/08/2012].
- Costa, J. F. d. S., Rodrigues, M. d. M. and Felipe, A. P. M. (2008) 'Utilização do método de análise hierárquica (AHP) para escolha de interface telefônica', available: www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_074_525_10732.pdf [accessed 22/03/2012].
- Costa, T. C. d. and Belderrain, M. C. N. (2009) 'Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão', available: <http://www.bibl.ita.br/xvencita/MEC20.pdf> [accessed 29/05/2012].
- Coutinho, D. J. E. (2004) 'MODELO TERRITORIAL DE ESPANHA Actualização do Plano de Infra-Estruturas (PDI) e Novos Desenvolvimentos', [online], available: http://www.dpp.pt/Lists/Pesquisa%20Avanada/Attachments/1281/modelo_territorial_espanha.pdf [accessed 02/06/2012].
- de Jong, G., Gunn, H. and Ben-Akiva, M. (2004) 'A meta-model for passenger and freight transport in Europe', *Transport Policy*, 11(4), 329-344.
- Ding, J.-F. (2011) 'An integrated fuzzy Topsis method for ranking alternatives and its application', *Journal of Marine Science and Technology*, 19, 341-352.
- Ding, J.-F. (2012) 'An integrated fuzzy Topsis method for ranking alternatives and its application', *Journal of Marine Science and Technology*, 19, 341-352.
- Dong, Y., Zhang, G., Hong, W.-C. and Xu, Y. (2010) 'Consensus models for AHP group decision making under row geometric mean prioritization method', *Decision Support Systems*, 49(3), 281-289.



- Europeias, C. d. C. (2006) 'Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões - A logística do transporte de mercadorias na Europa – chave da mobilidade sustentável', available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0336:FIN:PT:PDF> [accessed 02/08/2012].
- Flodén, J. (2009) 'A systems view of the intermodal transport system',
- Freitas, A. L. P., Rubim, A. V. and Manhães, N. R. C. (2004) 'Emprego do método ELECTRE III na seleção de equipamentos', available: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep0602_1760.pdf [accessed 02/08/2012].
- G.R. Jahanshahloo, F. H. L., M. Izadikhah (2006) 'Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data', *Applied Mathematics and Computation*, 1544-1551.
- Goel, A. (2008) 'A Roadmap for Sustainable Freight Transport',
- Gomes, L. F. A. M., Gomes, C. F. S. and Almeida, A. T. d. (2002) *Tomada de Decisão Gerencial - Enfoque Multicritério*, Editora Atlas S.A.
- Gomes, L. F. A. M., Rangel, L. A. D. and Maranhão, F. J. C. (2009) 'Multicriteria analysis of natural gas destination in Brazil: An application of the TODIM method', *Mathematical and Computer Modelling*, 50(1-2), 92-100.
- Hanaoka, S. and Regmi, M. B. (2011) 'Promoting intermodal freight transport through the development of dry ports in Asia: An environmental perspective', *IATSS Research*, 35(1), 16-23.
- Hatami-Marbini, A. and Tavana, M. (2011) 'An extension of the Electre I method for group decision-making under a fuzzy environment', *Omega*, 39(4), 373-386.
- Hosseinzadeh Lotfi, R. F. and Navidi, N. (2011) 'Ranking Efficient Units in DEA by Using TOPSIS Method', *Applied Mathematical Sciences*, 5, 805-815.
- Hu, Y.-C. and Chen, C.-J. (2011) 'A PROMETHEE-based classification method using concordance and discordance relations and its application to bankruptcy prediction', *Information Sciences*, 181(22), 4959-4968.



- Huang, J.-H. and Peng, K.-H. (2012) 'Fuzzy Rasch model in TOPSIS: A new approach for generating fuzzy numbers to assess the competitiveness of the tourism industries in Asian countries', *Tourism Management*, 33(2), 456-465.
- Huang, W.-C. and Chen, C.-H. (2005) 'Using the ELECTRE II method to apply and analyze the differentiation theory', *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 2237 - 2249.
- IMTT (2012) 'Tráfego interno de Mercadorias por modos', [online], available: <http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Observatorio/Estatisticas/Mercadorias/Paginas/Mercadorias.aspx> [accessed 23/03/2012].
- IMTT, I. d. M. e. d. T. T. (2010a) 'TRÁFEGO INTERNACIONAL DE MERCADORIAS POR MODOS - EXPORTAÇÃO', [online], available: http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Observatorio/Estatisticas/Mercadorias/Documents/Trafegointernacionalmerc_Export2000_2009_Nov2010.pdf [accessed 11/05/2012].
- IMTT, I. d. M. e. d. T. T. (2010b) 'TRÁFEGO INTERNACIONAL DE MERCADORIAS POR MODOS - IMPORTAÇÃO', [online], available: http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Observatorio/Estatisticas/Mercadorias/Documents/Trafegointernacionalmerc_Import2000_2009_Nov2010.pdf [accessed 13/03/2012].
- INE, Instituto Nacional de Estatística (2011) *Anuário Estatístico de Portugal 2010*.
- INE, Instituto Nacional de Estatística (2010) 'Transporte Rodoviário de Mercadorias em Portugal e na UE27 – 2006/2009', [online], available: [accessed
- INE, Instituto Nacional de Estatística (2011) *Estatísticas dos Transportes 2010*, Edição 2011 ed.
- Johnstone, N. and Karousakis, K. (1999) 'Economic incentives to reduce pollution from road transport: the case for vehicle characteristics taxes', *Transport Policy*, 6(2), 99-108.
- Jorge, A. (2003) 'Decisão multi-critério - baseada em conhecimento qualitativo vs. quantitativo', [online], available: [accessed 25/05/2012].



- Kaya, T. and Kahraman, C. (2011) 'An integrated fuzzy AHP–ELECTRE methodology for environmental impact assessment', *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8553-8562.
- Kim, N. S. and Van Wee, B. (2011) 'The relative importance of factors that influence the break-even distance of intermodal freight transport systems', *Journal of Transport Geography*, 19(4), 859-875.
- L.P, I. d. M. e. d. T. T. (2010) 'TRÁFEGO INTERNACIONAL DE MERCADORIAS POR MODOS - EXPORTAÇÃO', [online], available: http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Observatorio/Estatisticas/Mercadorias/Documents/Trafegointernacionalmerc_Export2000_2009_Nov2010.pdf [accessed 02/03/2012].
- Laurence Turcksina, A. B., Cathy Macharisa (2011) 'A combined AHP-PROMETHEE approach for selecting the most appropriate policy scenario to stimulate a clean vehicle fleet', *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 954–965.
- Lindholm, M. (2010) 'A sustainable perspective on urban freight transport: Factors affecting local authorities in the planning procedures', *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 6205-6216.
- Macharis, C. (2000) 'Hybrid Modeling: System Dynamics combined with Multicriteria Analysis',
- Macharis, C. and Bontekoning, Y. M. (2004) 'Opportunities for OR in intermodal freight transport research: A review', *European Journal of Operational Research*, 153(2), 400-416.
- MacHaris, C., Mierlo, J. V. and Bossche, P. V. D. (2007) 'Combining Intermodal Transport With Electric Vehicles: Towards More Sustainable Solutions',
- Macharis, C. and Pekin, E. (2009) 'Assessing policy measures for the stimulation of intermodal transport: a GIS-based policy analysis', *Journal of Transport Geography*, 17(6), 500-508.
- Macharis, C., Pekin, E. and Rietveld, P. (2011) 'Location Analysis Model for Belgian Intermodal Terminals: towards an integration of the modal choice variables', *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 20(0), 79-89.



- Macharis, C., Springael, J., Brucker, K. D. and Verbeke, A. (2004) 'PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP', 307-317.
- Macharis, C., Van Hoeck, E., Pekin, E. and van Lier, T. (2010) 'A decision analysis framework for intermodal transport: Comparing fuel price increases and the internalisation of external costs', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(7), 550-561.
- Marchezetti, A. L., Kaviski, E. and Braga, M. C. B. (2011) 'Application of the AHP method to the hierarchy determination of municipal solid waste treatment alternatives', *Ambiente construído*, 11available: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212011000200012&script=sci_arttext [accessed 01/07/2012].
- Marins, C. S., Souza, D. d. O. and Barros, M. d. S. (2009) 'O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso', available: <http://www.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf> [accessed 09/06/2012].
- Markovic, Z. (2010) 'Modification of Topsis method for solving of multicriteria tasks', *Yugoslav Journal of Operations Research*, 20, 117-143.
- Marletto, G. (2007) 'Crossing the alps: three transport policy options', *Centro Ricerche Economiche Nord Sud*.
- Martins, F. G. and Coelho, L. d. S. (2011) 'Aplicação do método de análise hierárquica do processo para o planejamento de ordens de manutenção em dutovias', available: <http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&ved=0CCoQFjAC&url=http%3A%2F%2Frevista.feb.unesp.br> [accessed 07/07/2012].
- Marzouk, M. M. (2011) 'ELECTRE III model for value engineering applications', *Automation in Construction*, 20(5), 596-600.
- Milan, J. (2008) 'An assessment of the performance of the European long intermodal freight trains (LIFTS)', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(10), 1326-1339.

- Montazer, G. A., Saremi, H. Q. and Ramezani, M. (2009) 'Design a new mixed expert decision aiding system using fuzzy ELECTRE III method for vendor selection', *Expert Systems with Applications*, 36(8), 10837-10847.
- Montignac, F., Noirot, I. and Chaudourne, S. (2009) 'Multi-criteria evaluation of on-board hydrogen storage technologies using the MACBETH approach', *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(10), 4561-4568.
- MOPTC, M. d. O. P. T. e. C. (2006a) 'Orientações Estratégicas - Setor Ferroviário', available: <http://www.moptc.pt/tempfiles/20080116172325.pdf> [accessed 12/06/2012].
- MOPTC, M. d. O. P. T. e. C. (2006b) 'Portugal Logístico', [online], available: http://www.antram.pt/cache/get_bin.aspx?404
<http://www.antram.pt/cache/bin/XPQsSrAXX151035Yv5YeCdXIZKU.pdf>
[accessed 14/04/2012].
- MOPTC, M. d. O. P. T. e. C. (2010) 'Portugal Logístico -Rede Nacional das Plataformas Logísticas', [online], available: <http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/PlataformasLogisticas/Documents/Rede%20Plataformas%20logisticas.pdf> [accessed 17/04/2012].
- Moreira, M. D., Ribeiro, R. A. and Declercq, E. (1998) 'Optimal Location of Intermodal Terminals in Europe: an Evaluation Model',
- Mota, C. M. d. M. and Almeida, A. T. d. (2007) 'Método multicritério ELECTRE IV-H para priorização de atividades em projetos', *Revista Brasileira de Pesquisa Operacional*,
- Motraghi, A. and Marinov, M. V. (2012) 'Analysis of urban freight by rail using event based simulation', *Simulation Modelling Practice and Theory*, 25(0), 73-89.
- Murat Karacasu, T. A. (2010) 'Electre Approach for modeling Public Decision making behavior on Transportation Project Selection Process', available: <http://intranet.imet.gr/Portals/0/UsefulDocuments/documents/03182.pdf>
[accessed 27/05/2012].
- Nemoto, T. and Horn, B. (2001) 'Intermodal Logistics Policies in the EU, the U.S. and Japan', *Institute for Transport Policy Studies*.



- Oliveira, R. L. M. D. (2004) *Modelo NEURO-FUZZY para escolha modal no transporte de cargas*, unpublished thesis Instituto Militar de Engenharia.
- Pereira, M. T. R. (2003) *Metodologia Multicritério para Avaliação e Selecção de Sistemas Informáticos ao Nível Industrial*, unpublished thesis
- Polo, P. I. E.-P. M. (2011) 'A Intermodalidade no ponto de vista dos agentes"', in Aveiro,
- Qu, S., Li, H. and Guo, X. (2011) 'Application of Interval-PROMETHEE Method for Decision Making in Investing', *The Tenth International Symposium on Operations Research and Its Applications*, 28-31.
- Quercus (2010) 'Protocolo de Quioto: Quercus avalia prestação portuguesa no primeiro ano do período 2008-12', [online], available: <http://nатурlink.sapo.pt/article.aspx?menuid=20&cid=18483&bl=1> [accessed 25/06/2012].
- Qureshi.M.N, Pradeep, K. and Dinesh, K. (2008) *Colection of Transportation Company: An Analytic Network Process (ANP) Approach*, translated by University of Mumbai.
- Rangel, L. A. D., Gomes, L. F. A. M. and Cardoso, F. P. (2011) 'An application of the TODIM method to the evaluation of Broadband Internet plans', 31available: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-74382011000200003&script=sci_arttext [accessed 15/05/2012].
- Renato Teixeira da Silva, N. B., Christian Augusto Guimarães Vargas Carneiro (2011) 'Utilizando o método TODIM para avaliar as melhores empresas para trabalhar', *Independent Journal of a Management & Production*, 2.
- Respício, A. L. d. C. C. (2003) 'Apoio à Tomada de Decisão no Planeamento e Escalonamento da Produção',
- Rizzoli, A. E., Fornara, N. and Gambardella, L. M. (2002) 'A simulation tool for combined rail/road transport in intermodal terminals', *Mathematics and Computers in Simulation*, 59(1-3), 57-71.



- Rodrigues, R. F. (2001) 'Mudança de Bitola - Imperativo Nacional', [online], available: <http://socgeografia-lisboa.planetaclix.pt/transportes/BIBITOLA2.pdf> [accessed 24/05/2012].
- ROSSONI, C. and MEIRELES, M. (2011) 'Decisão Multicritério: uma análise dos resultados obtidos pelos métodos T-ODA e AHP', *SIMPOI*,
- Rushton, A., Croucher, P. and Baker, P. (2000) *The Handbook of Logistics and Distribution Management*, Kogan Page Limited.
- Rushton, A., Croucher, P. and Baker, P. (2010) *The Handbook of Logistics & Distribution Management*, 4th ed., Kogan Page Limited.
- Saari, A., Lettenmeier, M., Pusenius, K. and Hakkarainen, E. (2007) 'Influence of vehicle type and road category on natural resource consumption in road transport', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(1), 23-32.
- Saaty, T. L. (2008) *Decision making with the analytic hierarchy process*, [online], available: http://colorado.edu/geography/leyk/geog_5113/readings/saaty_2008.pdf [accessed 27/03/2012].
- Santos, J., Furtado, A. and Marques, R. C. (2010) 'Reform and regulation of the Portuguese rail setor. What has failed?', *Utilities Policy*, 18(2), 94-102.
- Silva, D. M. R. e. (2007) 'Aplicação do Método AHP para Avaliação de Projetos Industriais', available: http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/10385/10385_1.PDF [accessed 30/03/2012].
- Silva, M. R. and Cunha, C. B. (2007) 'A genetic algorithm for the problem of configuring a hub-and-spoke network for a LTL trucking company in Brazil', 747-758.
- Silva, R. C. d. S., Brito, T. B., Botter, R. C. and Pereira, N. N. (2011) 'Modeling of a Closed-Loop Maritime Transportation System with Discrete Event Simulation and Multi-Criteria Decision Analysis', *World Congress on Engineering and Computer Science*, II.
- Silva, R. T., Brandalise, N. and Carneiro, C. A. G. V. (2011) 'Utilizando o método TODIM para avaliar as melhores empresas para trabalhar', *Independent Journal of a Management & Production*, 2.



- Silva, R. T. d., Brandalise, N. and Carneiro, C. A. G. V. (2011) 'Utilizando o método TODIM para avaliar as melhores empresas para trabalhar', *Independent Journal of a Management & Production*, 2.
- Stead, D. (2001) 'Transport intensity in Europe — indicators and trends', *Transport Policy*, 8(1), 29-46.
- Tsung-Sheng, C. (2008) 'Best routes selection in international intermodal networks', *Computers & Operations Research*, 35(9), 2877-2891.
- Valladares, C. F. G. (2011) *O processo para seleção de gestores de fundos de investimento utilizando o método multicritério Topsis*, unpublished thesis Faculdade de Economia e Finanças IBMEC.
- Vetschera, R. and de Almeida, A. T. (2012) 'A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems', *Computers & Operations Research*, 39(5), 1010-1020.
- Vidal, L.-A., Marle, F. and Bocquet, J.-C. (2011) 'Using a Delphi process and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate the complexity of projects', *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5388-5405.
- Wu, M.-C. and Chen, T.-Y. (2009) 'The ELECTRE Multicriteria Analysis Approach Based on Intuitionistic Fuzzy Sets', available: <http://research.cgu.edu.tw/ezfiles/14/1014/img/652/98-B-021.pdf> [accessed 28/07/2012].
- Wu, M.-C. and Chen, T.-Y. (2011) 'The ELECTRE multicriteria analysis approach based on Atanassov's intuitionistic fuzzy sets', *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12318-12327.
- Yilmaz, B. and Dağdeviren, M. (2011) 'A combined approach for equipment selection: F-PROMETHEE method and zero-one goal programming', *Expert Systems with Applications*, 38(9), 11641-11650.
- Zamri, N. and Abdullah, L. (2012) 'TOPSIS Method for Ranking Causes of Road Accidents', available: <http://www.taibahu.edu.sa/iccit/allICCItpapers/pdf/p1-abdullah.pdf> [accessed 02/07/2012].



Zheng, G., Zhu, N., Tian, Z., Chen, Y. and Sun, B. (2012) 'Application of a trapezoidal fuzzy AHP method for work safety evaluation and early warning rating of hot and humid environments', *Safety Science*, 50(2), 228-239.

Zuffo, A. C., Reis, L. F. R. d., Santos, R. F. d. and Chaudhry, F. H. (2002) 'Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento de Recursos Hídricos', *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 81-102.

Zuffo, A. C., Reis, L. F. R. d., Santos, R. F. d. and Chaudhry, F. H. (2004) 'Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento de Recursos Hídricos', 81-102, available:
http://www.abrh.org.br/novo/arquivos/artigos/v7/v7n1/v71_07aplicacaofinal.pdf [accessed 17/07/2012].

Özceylan, E. (2010) 'A Decision Support System to Compare the Transportation Modes in Logistics'.

ANEXO A – MODELOS INTERMODALIDADE / MULTICRITÉRIO

Modelo/ Projeto – ITU (unidade de transporte Intermodal)

Um terminal intermodal pode ser considerado como um nó de uma rede, em que as origens e destinos são a cadeia de abastecimento. Dai, o modelo proposto neste projeto passou pela simulação de diferentes situações, como por exemplo a mercadoria sair de uma plataforma/ porto no transporte ferroviário ou marítimo e depois na plataforma logística ser transferido para o transporte rodoviário e este leva até ao cliente final. Ao fazer-se diferentes simulações, conseguiu-se criar diferentes alternativas para o transporte das mercadorias, tendo em atenção os tempos necessários para a transferência da mercadoria de um modo de transporte para outro.

A modelação de todo o processo leva a que existam três aspetos essenciais a ter em conta no transporte intermodal: (Rizzoli *et al.* 2002).

- Carga nas plataformas/ portos logísticos;
- Descarga nas plataformas/ portos logísticos;
- E o armazenamento.

Para o desenvolvimento do modelo foram tidas em conta as seguintes características: (Rizzoli *et al.* 2002).

- Tempo de entrega;
- Características da mercadoria;
- Condições de carga/descarga/ armazenamento das plataformas logísticas;
- Qualidade do modo de transporte;
- Sistema FIFO.

A criação deste modelo permitiu definir uma estrutura base e depois á medida que se iam fazendo diferentes simulações, eram selecionadas alternativas que permitiram avaliar o impacto das infraestruturas existentes. Com o conjunto de simulações efetuadas, conseguiu-se determinar o tempo medio de: (Rizzoli *et al.* 2002).

- Transferência de mercadorias;
- E transporte de cada modo de transporte;
- Tempo necessário para armazenagem.

As soluções intermodais são fundamentais para se conseguir prestar o melhor serviço ao cliente, tendo em conta o tempo, o custo, confiabilidade, e os corredores operacionais necessários. As soluções de transporte têm que ser de fácil implementação, flexíveis, confiáveis, transparentes e eficientes, de forma a proporcionar o melhor resultado. (Caramia and Guerriero 2009)

O modelo desenvolvido teve como objetivo realizar o planeamento para um conjunto de transportes de mercadorias desde a sua origem ao seu destino, respeitando um conjunto de limitações relacionadas com as rotas e tipos de carga.

O operador logístico teve que otimizar as rotas, tendo em conta as alternativas disponíveis e as limitações, dividindo assim o modelo em dois níveis de planeamento: (Caramia and Guerriero 2009)

- Design das redes, permitindo definir o melhor conjunto de serviços de transporte e logística;
- Programação do transporte, ou seja, seleccionar o modo de transporte a utilizar e as rotas que este vai percorrer.

Os aspetos a ter em conta do problema de roteamento de veículos foram: (Caramia and Guerriero 2009)

- Definir janelas temporais (duração das viagens; mudança de motoristas)
- Criação de rotas alternativas;
- Definição do transporte tendo em conta o tipo de mercadoria transportada;
- Custo e capacidade de cada um veículos por modo de transporte.

A finalidade do modelo desenvolvido foi minimizar o custo operacional de transporte, maximizando o índice de transporte (utilização máxima da capacidade do veículo).

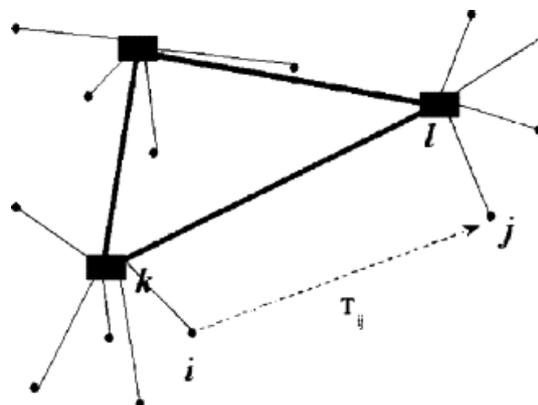


Figura A. 1 – Modelo/ Projeto – ITU (unidade de transporte Intermodal)

Adaptado de: (Silva and Cunha 2007)

LAMBIT – Modelo de Análise de Localização para Terminais Intermodais

Construção do Modelo:

O custo do transporte intermodal neste modelo é calculado tendo em conta o custo de colocar a mercadoria do Porto de Antuérpia no transporte marítimo ou ferroviário, mais o custo do transporte rodoviário que vai deste a plataforma/ terminal até ao destino final, não esquecendo os custos fixos e variáveis associados. (Macharis and Pekin 2009)

A fórmula apresentada abaixo explica o cálculo do transporte intermodal:

$$TI = PH + TH + MH$$

(27)

Legenda:

TI - Preço do transporte intermodal;

PH - Preço do transporte rodoviário;

TH - Preço de manuseamento do terminal;

MH - Preço do transporte marítimo ou rodoviário.

O total dos custos de transporte intermodal é obtido somando todos estes custos fixos e variáveis em função do mercado existente. (Macharis *et al.* 2010)

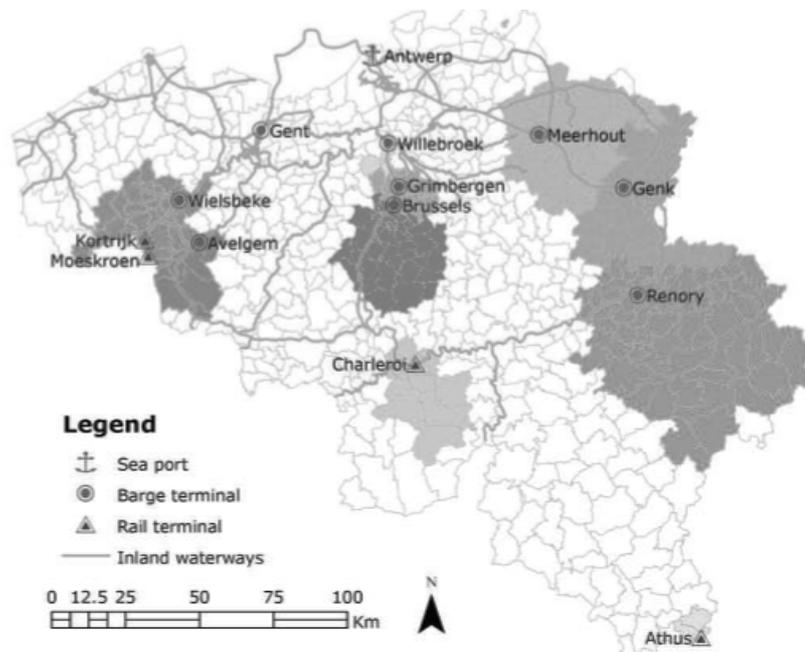


Figura A. 2 – Modelo – LAMBIT

Retirado de: (Macharis *et al.* 2011)

Porém, este modelo não tem em conta algumas variáveis que podem influenciar a escolha modal, como a confiabilidade, qualidade do serviço prestado, tempo e frequência do meio de transporte. O âmbito geográfico do modelo também pode ser alargado, de forma a incorporar outros terminais. (Macharis and Pekin 2009)

Modelo – DES (Modelo de simulação de eventos discretos)

Segundo Silva *et al.* (2011) foi desenvolvido um modelo de simulação de eventos discretos (DES) com base numa ferramenta de apoio à tomada de decisão multicritério (MCDA) para a simulação e dimensionamento de um transporte marítimo de mercadorias. O grande objetivo do modelo é permitir analisar e escolher a melhor alternativa simulada, que permita incorporar todos os critérios de decisão (Silva *et al.* 2011).

Na Figura A.3 pode visualizar-se os passos para desenvolvimento do modelo de simulação,

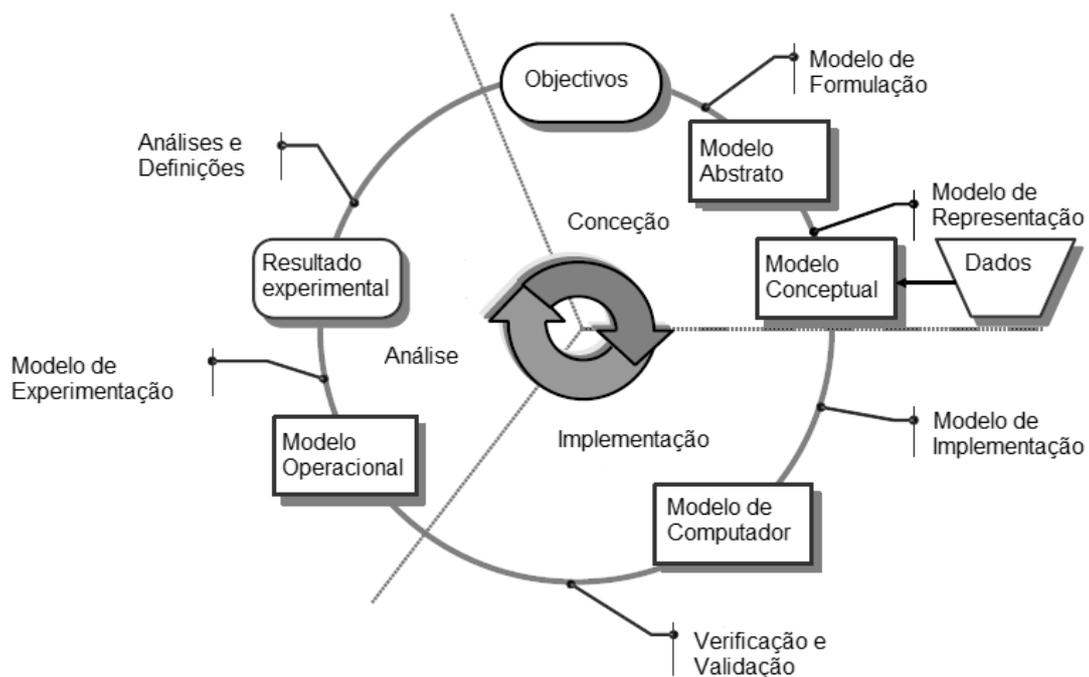


Figura A. 3 – Passos necessário para o desenvolvimento do modelo de simulação

Retirado de: (Brito *et al.* 2010)

O desenvolvimento do modelo de simulação baseou-se em três etapas principais:

- Conceção - definição do sistema e dos objetivos a analisar, bem como a forma de recorrer de dados para modelação;
- Execução - preparação de todo o modelo, bem como a sua modelação, verificação de resultados e validação.
- Análise - esta fase é composta por diferentes simulações, análise de sensibilidade e por fim análise de resultados (Brito *et al.* 2010, Silva *et al.* 2011).

Segundo Silva *et al.* (2011) a análise de decisão multicritério tem as seguintes grandes vantagens: (Brito *et al.* 2010)

- Manutenção da unidade do problema;
- Permite compreender a complexidade do problema;
- Possibilita criar uma relação de interdependência;
- Permite criar critérios de mensuração e preferência;
- Permite a manutenção da coerência;
- Síntese;
- Avaliação dos trade-offs;
- Permite chegar a um consenso sobre as decisões a tomar.

As variáveis que foram tidas em conta para o desenvolvimento do modelo de simulação foram: (Brito *et al.* 2010, Silva *et al.* 2011)

- Frota - os meios de transporte disponíveis;
- Capacidades de cada modo de transporte;
- Características da mercadoria a transportar;
- Períodos de entrega - tempo de espera.
- Custos anuais de combustível;
- Emissões dos diferentes modos de transporte.

O processo de decisão foi realizado com base na atribuição de pesos a cada critério de decisão descrito anteriormente. A ordem de importância dos critérios foi definida por cooperação e por unanimidade pelo grupo de decisores. Para cada critério foram criados 10 cenários diferentes, ou seja, foram efetuadas diferentes simulações, permitindo posteriormente escolher o cenário mais adequado. (Brito *et al.* 2010)

A aplicação desta metodologia combinada (simulação com modelo de tomada de decisão multicritério) foi eficaz, permitindo concluir que fazendo pequenas

modificações na simulação, este modelo pode ser aplicado em diversos sistemas logísticos relacionados com o setor dos transportes (Silva *et al.* 2011).

Os autores concluem que ao aplicar o modelo de simulação recorrendo ao apoio á decisão multicritério conseguiu criar diferentes cenários permitindo posteriormente escolher o melhor, reduzindo a possibilidade de erro. Porém, considera que é necessário realizar uma análise de sensibilidade nos critérios de decisão que aplicou de forma a testar a robustez do modelo (Brito *et al.* 2010, Silva *et al.* 2011).

Segundo Silva *et al.* (2011) esta ferramenta de análise (DES + MCDA) permitiu basear a seleção das alternativas num conjunto de critérios quantitativos (Brito *et al.* 2010, Silva *et al.* 2011).

Método AHP

Estrutura Hierárquica do Problema

No método em estudo o problema é estruturado em diferentes níveis hierárquicos, o que permite uma maior e melhor compreensão e avaliação do problema. Para que esta metodologia possa ser aplicada é preciso que as alternativas e os critérios permitam ser estruturados de uma forma hierárquica, sendo que o primeiro nível pertence ao objetivo geral do problema, o segundo aos critérios e o terceiro as alternativas.

Esta estruturação permite ao decisor a visualização de todo o sistema e dos seus componentes, bem como as restrições que estes componentes implicam sobre todo o problema em estudo. (Marins *et al.* 2009, Özceylan 2010)

A principal vantagem do método AHP é dividir o problema geral (aquele que se pertence resolver) em avaliações de menor importância, mantendo os problemas de menor importância também na decisão global.

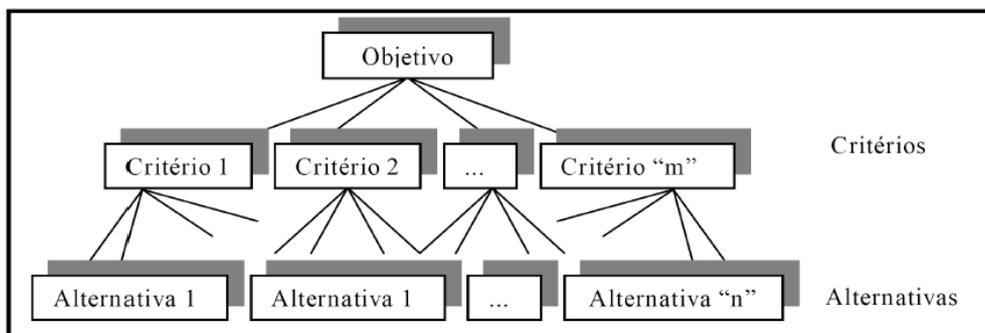


Figura A. 4 – Estruturação hierárquica do método AHP

Retirado de: (Marins *et al.* 2009)

Escala Fundamental de Saaty

O método AHP permite estabelecer um vetor de pesos que expressa a importância relativa dos diferentes elementos. O primeiro ponto é medir o grau de importância de um elemento correspondente a um determinado nível e comparar com o elemento do nível inferior, utilizando para isso o processo de comparação par-a-par que é realizado pelo decisor.

A comparação par-a-par das diferentes alternativas é feita recorrendo a uma escala linear própria, que tem uma variação de 1 a 9, como se pode ver na quadro apresentada abaixo.

Quadro XIX – Escala Fundamental de Saaty

Grau de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades colaboram da mesma forma para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em relação à outra.
5	Grande importância ou essencial	A experiência e o julgamento beneficiam muito uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito favorecida em relação à outra; a sua dominação de importância pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A certeza favorece uma atividade em função da outra com o grau de convicção mais elevado.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de combinação entre duas definições.
Recíprocos dos valores acima de	Se a atividade i toma uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada	Uma denominação razoável.

zero	com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i.	
Racionais	Razões resultantes da escala	Se a firmeza tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, somente será para completar a matriz.

(Özceylan 2010, Costa *et al.* 2008, Turcksina 2011)

O julgamento permite obter a resposta a duas perguntas sendo elas:

- Qual dos dois elementos é considerado o mais importante tendo como base um conjunto de critérios de nível superior;
- E com que intensidade é que se verifica, usando para isso a Escala de Saaty apresentada acima.

O elemento considerado como mais importante na comparação é sempre usado como um valor inteiro da escala e o elemento menos importante é usado como o inverso dessa unidade.

No caso de se estar perante uma situação em que o elemento linha tem uma menor importância do que o elemento coluna da matriz, está-se perante um valor recíproco na posição a que correspondem. Na figura apresentada abaixo é possível visualizar o preenchimento de uma matriz de julgamentos de acordo com o método descrito. (Silva 2007, Özceylan 2010, Costa *et al.* 2008)

Matriz A

<i>Iluminação</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>A</i>	1	5	6	7
<i>B</i>	1/5	1	4	6
<i>C</i>	1/6	1/4	1	4
<i>D</i>	1/7	1/6	1/4	1

Figura A. 5 – Representação de uma matriz

Retirado de: (Silva 2007)

Na matriz apresentada é possível verificar que na diagonal está sempre um 1, isto porque um elemento tem igual importância a ele mesmo.

Para o preenchimento dos restantes elementos da matriz são realizados julgamentos de forma a determinar a intensidade da importância de acordo com os

valores da figura A.5 que contém toda a escala de comparações a ser utilizada no desenvolvimento do método. A parte inferior esquerda da matriz é preenchida colocando os valores recíprocos da parte superior direita correspondente.

Sobre a matriz apresentada anteriormente pode concluir-se que todos os elementos-linha são mais dominantes do que os elementos- coluna, isto porque todas as posições contêm números superiores a 1. Então pode dizer-se que A é 5 vezes mais dominante do que B, 6 vezes mais dominante do que C e 7 vezes mais dominante do que D. (Silva 2007)

Método ELECTRE

O Método ELECTRE I

O ELECTRE I tem como objetivo decidir quais os sistemas que são preferidos pela maior parte dos critérios e não provoquem níveis de descontentamento para qualquer um dos diferentes critérios analisados, sendo por isso considerado um método de exclusão sequencial. (Wu and Chen 2011) Logo, $\alpha(1), \alpha(2), \dots, \alpha(i)$ são definidos como sendo os pesos que foram atribuídos para todos os diferentes critérios (assumindo que os pesos dos critérios não mudam) e também para todas as k alternativas. (Zuffo *et al.* 2002, Hatami-Marbini and Tavana 2011, Bojković *et al.* 2010)

A concordância entre duas alternativas i e j é a dimensão do número de critérios na qual a ação i é escolhida à ação j ($i P j$) ou igual ($i = j$). O índice de concordância pode ser representado em três subconjuntos, como se pode verificar abaixo: (Zuffo *et al.* 2002, Hatami-Marbini and Tavana 2011, Bojković *et al.* 2010)

$$I^+ = I^+(i, j) - \{K \in I: i > j\} \quad i \text{ é preferível a } j; \quad (28)$$

$$I^= = I^=(i, j) - \{K \in I: i = j\} \quad i \text{ é equivalente a } j; \quad (29)$$

$$I^- = I^-(i, j) - \{K \in I: i < j\} \quad j \text{ é preferível a } i; \quad (30)$$

Desta forma:

$$W^+ = \sum_{i \in I^+} \alpha_i \quad (31)$$

$$W^+ = \sum_{i \in I^+} \alpha_i \quad (32)$$

$$W^- = \sum_{i \in I^-} \alpha_i \quad (33)$$

O método ELECTRE II

O método ELECTRE II - é um aperfeiçoamento do ELECTRE I e consiste numa ordenação de alternativas de acordo com as decisões tomadas, ou seja, permite escolher os sistemas que são seleccionados pela maior parte dos critérios e que não transponham um determinado nível de desconforto. As oposições e predileções são avaliadas por duas medidas consideradas diferenciadas: a de discordância e a de concordância. (Wu and Chen 2011, Zuffo *et al.* 2004, Huang and Chen 2005)

Este método faz uma ordenação a um determinado conjunto de alternativas, que irá satisfazer:

- O teste de Concordância - O valor da concordância é superior a um determinado nível de aceitabilidade;
- O teste da discordância - a valor a discordância é inferior a um nível máximo aceitável de discordância.

Pode então concluir-se que a concordância entre dois diferentes planos de ação i e j corresponde à dimensão dos pesos w de um número de planos de ação na qual o critério i é escolhido ao critério j , e é determinado pela seguinte equação: (Zuffo *et al.* 2002, Huang and Chen 2005)

$$c(i, j) = \frac{W^+ + W^-}{W^+ + W^- + W^-} (i, j) \quad (34)$$

Para se determinar a matriz de discordância é necessário fixar cada um dos critérios dentro de uma determinada escala, definida anteriormente pelo índice de discordância, e é calculado pela equação: (Zuffo *et al.* 2002)

$$d(i, j) = \frac{\max[z(i, k) - z(j, k)]}{R^*} \quad (35)$$

O método ELECTRE III

O método ELECTRE III tem como finalidade resolver problemas de classificação ordenada, isto é, dado um conjunto $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ de alternativas que foram avaliadas em função de uma família de diferentes critérios $F = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$ este determina uma disposição de preferência entre as alternativas. Para o desenvolvimento deste método são necessárias três etapas distintas:

Construir relações de subordinação – para cada um dos pares de alternativas (a, b) , é necessário saber a intensidade com que se pode afirmar que a subordina b (acontece quando a é igual ou melhor do que b).

Ordenação das alternativas – A partir o índice de credibilidade constrói-se um conjunto de relações e subordinação. Para isso recorre-se a planos de corte $\lambda_k = \in [0,1]$ e a um limite de discriminação $s(\lambda) = \alpha' + \beta' \lambda_k$

Apos determinar a matriz de subordinação determina-se:

- A eficácia de a (número de alternativas que a subordina);
- A fraqueza de a (número de alternativas que subordinam a);
- A qualificação de a (que consiste na eficácia de a – a fraqueza de a)

Determinada a qualificação, é necessário selecionar a ou as melhores e piores alternativas, esta operação é repetida até que todas as alternativas sejam classificadas (operação de destilação).

Construir uma preordenação de interseção - ao construirmos esta preordenação conhece-se as incomparabilidades entre as diferentes alternativas, quando existem. Para isso existem três diferentes hipóteses:

- a é considerado melhor do que b
- a é equivalente a b
- a e b são incomparáveis. (Freitas *et al.* 2004, Montazer *et al.* 2009, Marzouk 2011)

O método ELECTRE IV

O método ELECTRE IV é utilizado essencialmente em problemas em que não se pode introduzir qualquer ponderação nos diferentes critérios, nem mesmo a considerada ordenação deles. Neste tipo de problemas não se determina os índices de concordância nem de discordância. Logo, as relações de subclassificação são instituídas por referência direta às alternativas. (Mota and Almeida 2007)

Este modelo foi desenvolvido com o propósito de apoiar todo o processo de priorização de atividades em projetos, sendo essencialmente utilizado em casos em que não se considera os pesos dos critérios. O método ELECTRE IV é muito "rígido" e não oferece muita interação com o decisor. (Mota and Almeida 2007)

Método PROMETHEE

Os diferentes métodos PROMETHEE

PROMETHEE I - Aqui todas as alternativas são comparadas entre si aos pares, de forma a permitir efetuar comparações de pré-ordem. Posteriormente é necessário calcular a força e fraqueza de cada uma das diferentes alternativas, recorrendo a adições simples. (Costa and Almeida 2002, Araújo and Almeida 2009)

PROMETHEE II - A operação básica deste método é a ordenação das alternativas. Este método classifica as alternativas, estabelecendo uma ordem decrescente do fluxo líquido - $F(a) = F^+(a) - F^-(b)$,

(36)

Permitindo desta forma determinar uma ordem completa entre as diferentes alternativas.

PROMETHEE III E IV - Estes dois métodos foram desenvolvidos com o objetivo de permitirem tratar problemas que tenham decisões mais complexas, ou seja, que contenham um componente estocástico.

PROMETHEE V - Para a utilização deste método é necessário utilizar-se primeiro os anteriores, isto porque primeiro é necessário estabelecer uma ordem completa entre as diferentes alternativas (PROMETHEE II). Só depois de ordenadas é que é possível introduzir restrições, que serão identificadas no problema em estudo de forma a integrar uma filosofia de otimização interna.

PROMETHEE VI - Este método só é utilizado quando o decisor acha que não está apto ou então, não quer definir precisamente os pesos para cada um dos critérios. Quanto se esta perante esta situação são especificados intervalos de possíveis valores, em vez de um valor fixo para cada um dos pesos. (Costa and Almeida 2002, Araújo and Almeida 2009, Athawale and Chakraborty 2010)

ANEXO B – PLATAFORMAS LOGÍSTICAS PORTUGUESAS

Plataformas Urbanas

Maia/Trofa - A plataforma urbana nacional da Maia/Trofa é uma plataforma multimodal (rodoviária e ferroviária) de apoio à área metropolitana do Porto e ao Porto de Leixões. (MOPTC 2006b)

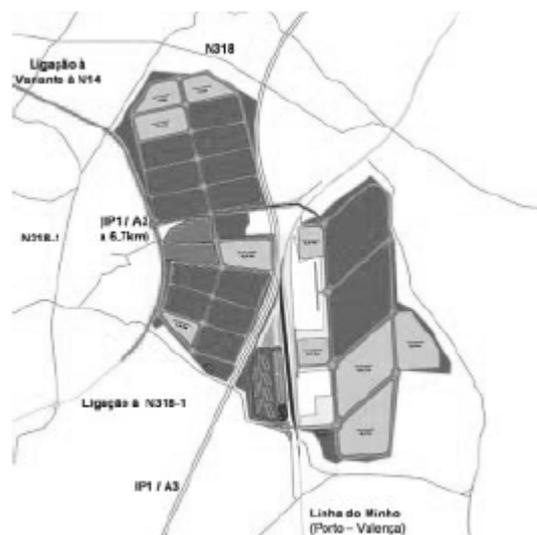


Figura B. 1 – Plataforma urbana de Maia/ Trofa

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Principais Funcionalidades da plataforma urbana da Maia/Trofa

- Área logística multifunções
- Área logística especializada
- Área logística de transformação
- Área logística monocliente
- Terminal intermodal rodoviário- ferroviário/ ferroviário – rodoviário
- Serviço informático de apoio a empresas e veículos (MOPTC 2006b)

Vias de acesso



Figura B. 2 – Vias de acesso plataforma urbana da Maia/ Trofa

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Poceirão

A plataforma urbana nacional do Poceirão é uma plataforma multimodal (rodoviária e ferroviária) de apoio à área metropolitana de Lisboa e aos portos de Lisboa e Setúbal. (MOPTC 2006b)



Figura B. 3 - Plataforma urbana de Poceirão

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Principais Funcionalidades plataforma urbana de Poceirão

- Área logística multifunções
- Área logística especializada
- Área logística de transformação
- Área logística monocliente
- Terminal intermodal rodoviário- ferroviário/ ferroviário – rodoviário/ferroviário - férroviário
- Serviço informatico de apoio a empresas e veiculos (MOPTC 2006b)

Vias de acesso



Figura B. 4 – Vias de acesso plataforma urbana do Poceirão

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Plataformas Portuárias

Leixões – Gatões/ Guifões e Gonçalves

A plataforma portuária de Leixões é uma plataforma especialmente vocacionada para o apoio logístico ao porto de Leixões, atuando de uma forma conjunta com a plataforma da Maia/Trofa como um dos maiores centros de distribuição multimodal na Região Norte. (MOPTC 2006b)

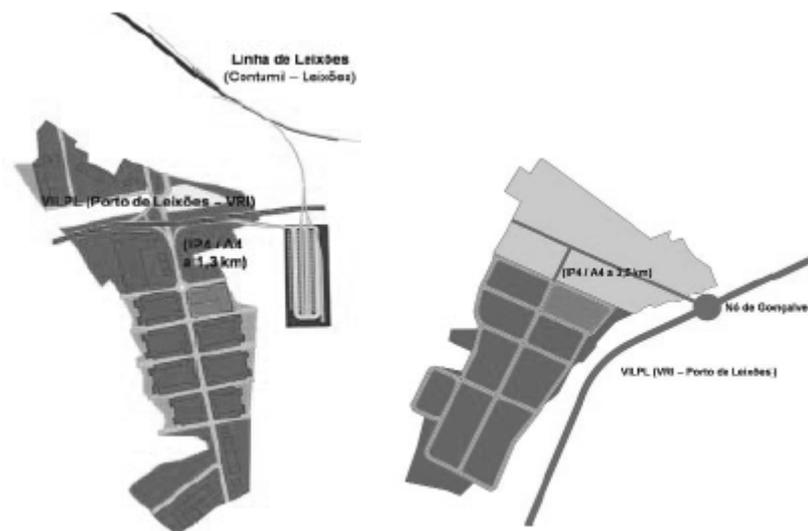


Figura B. 5 – Plataforma portuária de Leixões – Gatões/ Guifões e Gonçalves

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Principais Funcionalidades plataforma portuária de Leixões Gatões/ Guifões e Gonçalves

- Área logística multifunções
- Área logística especializada
- Área logística de transformação
- Área logística monocliente
- Terminal intermodal rodoviário- ferroviário/ ferroviário – rodoviário/ferroviário – ferroviário
- Terminal intermodal marítimo- ferroviário e marítimo – rodoviário
- Serviço informático de apoio a empresas e veículos (MOPTC 2006b)

Vias de acesso



Figura B. 6 – Vias de acesso plataforma portuária de Leixões Gatões/ Guifões e Gonçalves

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Aveiro (Porto de Aveiro e Cacia)

A plataforma multimodal (marítima, rodoviária e ferroviária) situada em Aveiro é uma plataforma especialmente vocacionada para o apoio a atividade logística do porto de Aveiro. (MOPTC 2006b)

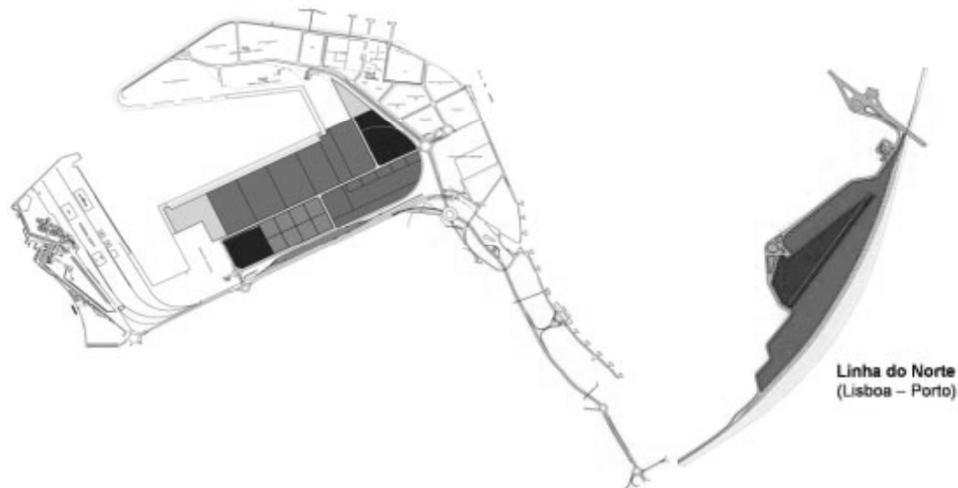


Figura B. 7 – Plataforma de Aveiro
Retirado de: (MOPTC 2006b)

Principais Funcionalidades da plataforma portuária de Aveiro

- Área logística multifunções
- Área logística especializada
- Área logística de transformação
- Área logística monocliente
- Terminal intermodal rodoviário- ferroviário/ ferroviário – rodoviário/ferroviário – férroviário
- Terminal intermodal marítimo- ferroviário
- Serviço informatico de apoio a empresas e veiculos (MOPTC 2006b)

Vias de acesso

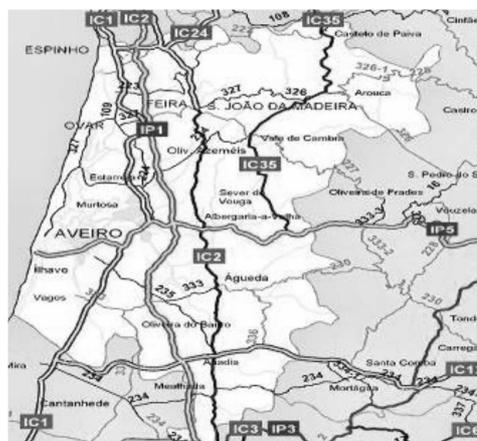


Figura B. 8 – Vias de acesso à plataforma portuária de Aveiro
Retirado de: (MOPTC 2006b)

Bobadela / Sobralinho

A plataforma multimodal (marítima, rodoviária e ferroviária) da Bobadela/Sobralinho é polinucleada de apoio ao porto de Lisboa e a toda a região do Vale do Tejo. (MOPTC 2006b)



Figura B. 9 – Plataforma portuária de Lisboa

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Principais Funcionalidades Plataforma portuária da Bobadela/ Sobralinho

- Área logística multifunções
- Área logística monocliente
- Terminal intermodal rodoviário- ferroviário/ ferroviário – rodoviário
- Terminal intermodal marítimo- ferroviário
- Serviço informático de apoio a empresas e veículos (MOPTC 2006b)

Vias de acesso



Figura B. 10 – Vias de acesso à plataforma portuária da Bobadela/ Sobralinho

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Sines

A plataforma portuária de Sines é uma plataforma multimodal (marítima, ferroviária e rodoviária) de apoio a todo o porto de Sines. Permite abastecer toda a região através da prestação de serviços de logística as diferentes empresas localizadas na zona. (MOPTC 2006b)

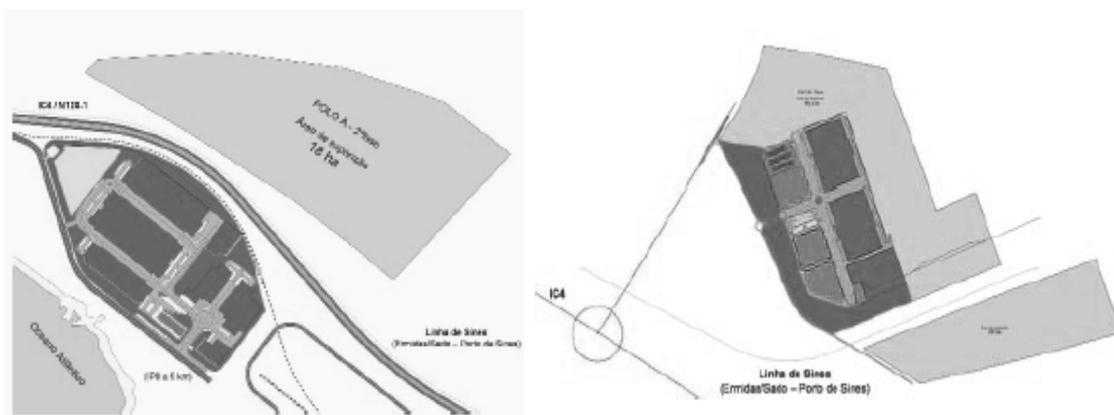


Figura B. 11 - Plataforma portuária de Sines

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Principais Funcionalidades da plataforma portuária de Sines

- Área logística multifunções
- Área logística de transformação
- Área logística monocliente
- Terminal intermodal rodoviário- ferroviário/ ferroviário – rodoviário
- Terminal intermodal marítimo- ferroviário
- Serviço informático de apoio a empresas e veículos (MOPTC 2006b)

Vias de acesso



Figura B. 12 – Vias de acesso à plataforma portuária de Sines

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Plataformas Transfronteiriças

Valença

A plataforma Transfronteiriça de Valença é uma plataforma multimodal (ferroviária e rodoviária) de apoio a toda a região norte e ao sul da Galiza. (MOPTC 2006b)

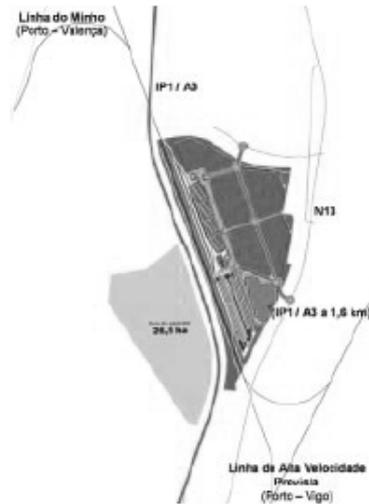


Figura B. 13 – Plataforma transfronteiriça de Valença
Retirado de: (MOPTC 2006b)

Principais Funcionalidades da plataforma transfronteiriça de Valença

- Área logística multifunções
- Área logística de transformação
- Área logística monocliente
- Terminal intermodal rodoviário- ferroviário
- Terminal intermodal ferroviário - ferroviário
- Serviço informático de apoio a empresas e veículos (MOPTC 2006b)

Vias de acesso



Figura B. 14 – Vias de acesso à plataforma Transfronteiriça de Valença
Retirado de: (MOPTC 2006b)

Chaves

A plataforma Transfronteiriça de Chaves é apenas um centro de transportes que serve de apoio a todo o parque empresarial de Chaves e de suporte ao sul da Galiza. (MOPTC 2006b)



Figura B. 15 – Plataforma transfronteiriça de Chaves
Retirado de: (MOPTC 2006b)

Principais Funcionalidades da plataforma transfronteiriça de Chaves

- Área logística multifunções
- Área logística de transformação
- Serviço informático de apoio a empresas e veículos (MOPTC 2006b)

Vias de acesso

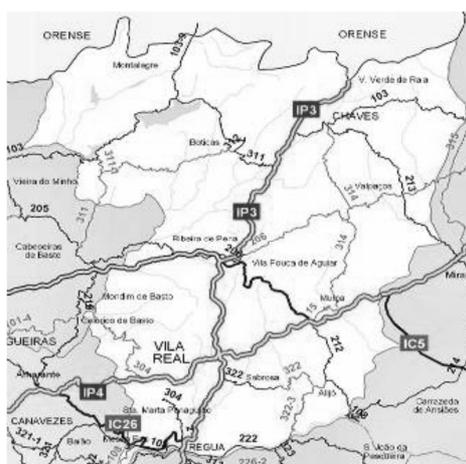


Figura B. 16 – Vias de acesso à plataforma Transfronteiriça de Chaves
Retirado de: (MOPTC 2006b)

Guarda

A plataforma Transfronteiriça da Guarda serve como *interland* dos portos de Leixões, Aveiro e Figueira da Foz com o objetivo de responder à atividade económica das regiões da Beira Alta e Beira Baixa. (MOPTC 2006b)



Figura B. 17 – Plataforma transfronteiriça de Guarda

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Principais Funcionalidades da plataforma transfronteiriça de Guarda

- Área logística multifunções
- Área logística de transformação
- Terminal intermodal rodoviário - ferroviário
- Serviço informático de apoio a empresas e veiculos (MOPTC 2006b)

Vias de acesso

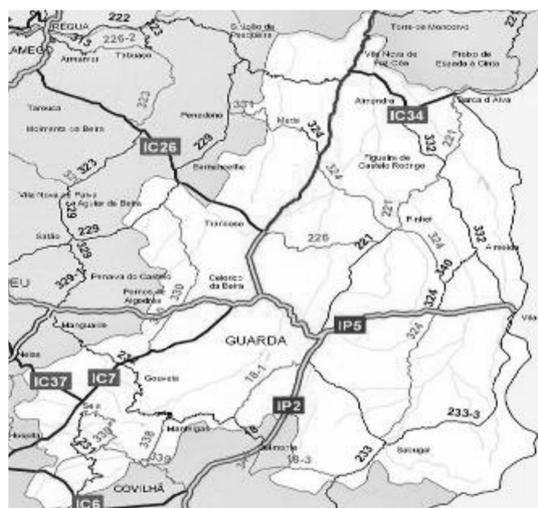


Figura B. 18 – Vias de acesso à plataforma Transfronteiriça da Guarda

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Tunes

A plataforma Transfronteiriça de Tunes (plataforma regional) é uma plataforma multimodal (ferroviária e rodoviária) que apoia a atividade logística da região do sul e Algarve. (MOPTC 2006b)

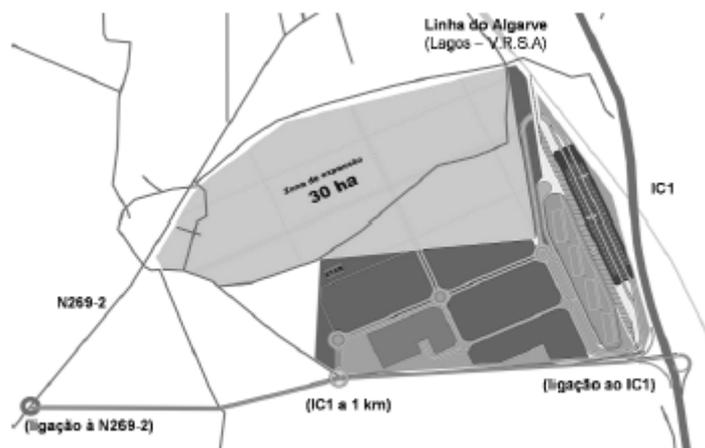


Figura B. 19 – Plataforma transfronteiriças de Tunes

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Principais Funcionalidades da Plataforma transfronteiriças de Tunes

- Área logística multifunções
- Área logística especializada
- Área logística de transformação
- Terminal intermodal rodoviário - ferroviário
- Serviço informático de apoio a empresas e veículos (MOPTC 2006b)

Vias de acesso



Figura B. 20 – Vias de acesso à plataforma Transfronteiriça de Tunes

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Elvas/Caia

A plataforma Transfronteiriça de Elvas/Caia tem como função apoiar a atividade logística dos portos de Lisboa, Setúbal e Sines e apoiar a atividade económica da região do Alentejo. (MOPTC 2006b)

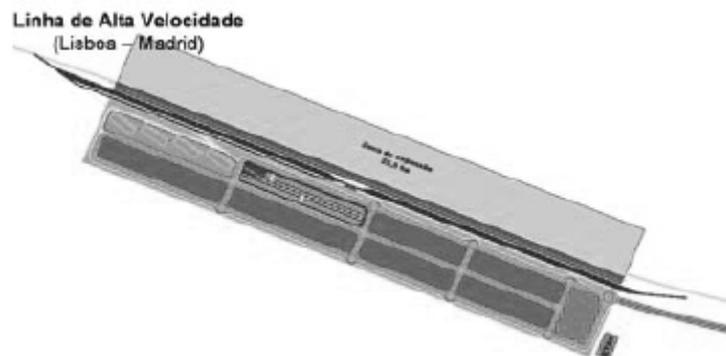


Figura B. 21 – Plataforma transfronteiriça de Elvas/Caia

Retirado de: (MOPTC 2006b)

Principais Funcionalidades da Plataforma transfronteiriça de Elvas/Caia

- Área logística multifunções
- Área logística especializada

- Área logística de transformação
- Terminal intermodal rodoviário – ferroviário
- Terminal intermodal ferroviário - ferroviário
- Serviço informático de apoio a empresas e veículos (MOPTC 2006b)

Vias de acesso

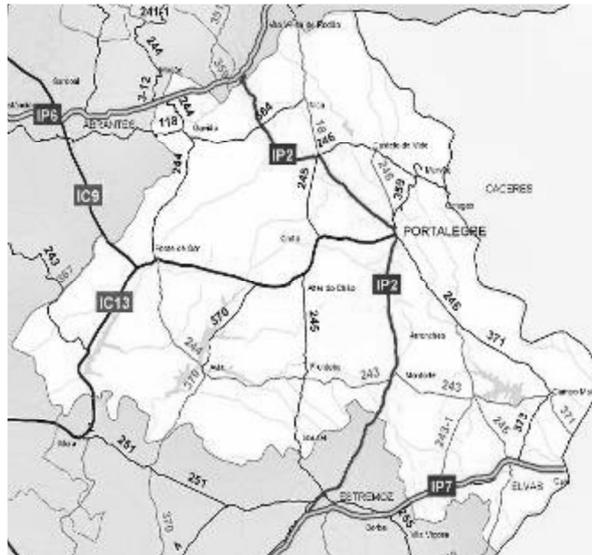


Figura B. 22 – Vias de acesso à plataforma Transfronteira de Elvas/Caia
Retirado de: (MOPTC 2006b)

Plataformas de carga aérea

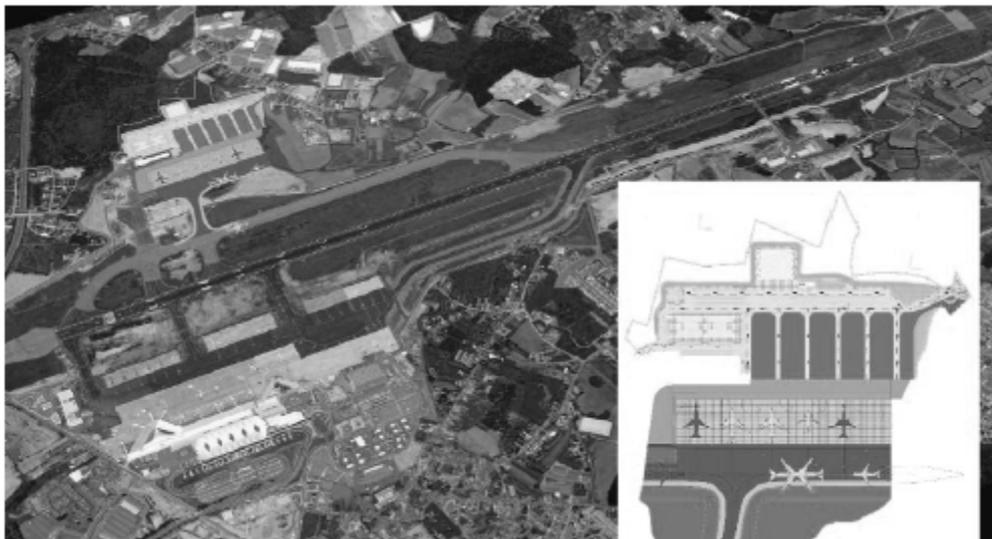


Figura B. 23 – Plataforma de carga aérea – Porto

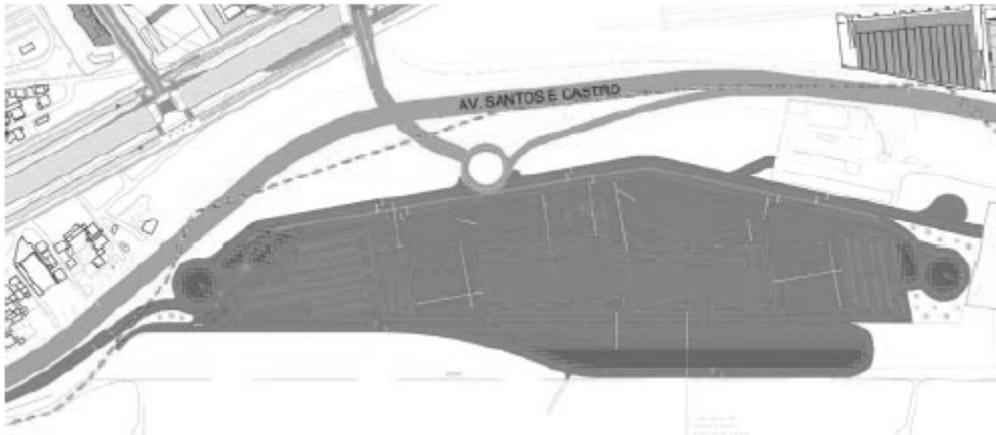


Figura B. 24 - Plataforma de carga aérea – Lisboa





ANEXO C - INQUÉRITO

Inquérito - Identificação e seleção dos critérios considerados mais importantes para a escolha de um modo de transporte de Mercadorias

Enquadramento:

Este trabalho surge na prossecução de uma dissertação do Mestrado em Engenharia Industrial na especialidade de Logística e Distribuição, que está a ser desenvolvido na Universidade do Minho.

Com a realização deste inquérito pretende-se conhecer a realidade Portuguesa do setor dos transportes de mercadorias e desenvolver um modelo de apoio à decisão para a escolha do “mix-ótimo“ dos corredores logísticos recorrendo-se à intermodalidade.

Objetivos:

O inquérito visa caracterizar o transporte intermodal, identificar os principais fatores e critérios e respetivas ponderações, que presidem atualmente à decisão relativa à escolha do modo e respetivos agentes de transporte de mercadorias por parte das empresas transportadoras a operar em Portugal.

Garante-se a confidencialidade dos dados obtidos. Estes serão tratados de forma agregada e os resultados serão divulgados a quem responder ao inquérito (obrigatório colocar email).

Tempo estimado de resposta 15 minutos.



1 - Empresa *

2 - Morada e Código postal *

3 - Ramo de actividade *

4 - CAE *

5 - Cargo ocupado pelo inquirido *

6 - Correio eletrónico *

7 - Quem realiza a atividade logística da sua empresa? *

	A própria empresa	Sub-contratação (Outsourcing)
Armazenagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Transporte e distribuição	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Armazenagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Transporte e distribuição	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8 - Qual é a unidade de carga que costuma utilizar habitualmente na sua actividade? *

Selecione a unidade de carga que costuma utilizar

- Contentores 20 pés (20')
- Contentores 40 pés (40')
- Contentores pés (20') Frigorífico
- Contentores pés (40') Frigorífico
- Paletes
- Granel
- Cisterna Gases
- Cisterna Líquidos
- Roll-on/ Roll-off camião
- Roll-on/ Roll-off só atrelado
- ADR (Mercadorias Especiais)
- Outro

8.1 - Se seleccionou Outro, indique qual(s)**9 - Quem decide normalmente a solução de transporte a utilizar? ***

- Fornecedor de carga
- Cliente de carga
- Operador
- Outro

9.1 - Se seleccionou Outro, indique qual(s)**10 - Quem decide normalmente o agente (Logística/transporte)? ***

- Fornecedor de carga
- Cliente de carga
- Operador
- Outro

10.1 - Se seleccionou Outro, indique qual(s)

Conhecer a realidade Portuguesa do Setor dos Transportes

As questões apresentadas abaixo irão permitir caraterizar os mercados de Importação e de Exportação, bem como a respetiva taxa de utilização dos diferentes Meios de Transporte.

11 - Qual é o modo ou modos de transporte que a empresa utiliza ? *

Atribua uma gama de percentagem (em relação à totalidade dos serviços)

	Nunca	0% - 20%	20% - 50%	50% - 80%	80% - 100%
Rodoviário	<input type="radio"/>				
Ferroviário	<input type="radio"/>				
Marítimo	<input type="radio"/>				

12 - Quais são os mercados de EXPORTAÇÃO com que trabalha habitualmente, e quais são as respetivas taxas de utilização RODOVIÁRIA? *

Atribua uma gama de percentagem (em relação à totalidade dos serviços)

	Nunca	0% - 20%	20% - 50%	50% - 80%	80% - 100%
Espanha	<input type="radio"/>				
França	<input type="radio"/>				
Alemanha	<input type="radio"/>				
Holanda	<input type="radio"/>				
Bélgica	<input type="radio"/>				
Itália	<input type="radio"/>				
República Checa	<input type="radio"/>				
Irlanda	<input type="radio"/>				
U.K	<input type="radio"/>				
Suécia	<input type="radio"/>				
Outro	<input type="radio"/>				

12.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)

**13 - Quais são os mercados de EXPORTAÇÃO com que trabalha habitualmente, e quais são as respetivas taxas de utilização FERROVIÁRIO? ***

Atribua uma gama de percentagem (em relação à totalidade dos serviços)

	Nunca	0% - 20%	20% - 50%	50% - 80%	80% - 100%
Espanha	<input type="radio"/>				
França	<input type="radio"/>				
Alemanha	<input type="radio"/>				
Holanda	<input type="radio"/>				
Bélgica	<input type="radio"/>				
Itália	<input type="radio"/>				
República Checa	<input type="radio"/>				
Irlanda	<input type="radio"/>				
U.K	<input type="radio"/>				
Suécia	<input type="radio"/>				
Outro	<input type="radio"/>				

13.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)**14 - Quais são os mercados de EXPORTAÇÃO com que trabalha habitualmente, e quais são as respetivas taxas de utilização MARÍTIMO? ***

Atribua uma gama de percentagem (em relação à totalidade dos serviços)

	Nunca	0% - 20%	20% - 50%	50% - 80%	80% - 100%
Espanha	<input type="radio"/>				
França	<input type="radio"/>				
Alemanha	<input type="radio"/>				
Holanda	<input type="radio"/>				
Bélgica	<input type="radio"/>				
Itália	<input type="radio"/>				
República Checa	<input type="radio"/>				
Irlanda	<input type="radio"/>				
U.K	<input type="radio"/>				
Suécia	<input type="radio"/>				
Outro	<input type="radio"/>				

14.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)

15 - Quais são os mercados de IMPORTAÇÃO com que trabalha habitualmente, e quais são as respetivas taxas de utilização RODOVIÁRIO? *

Atribua uma gama de percentagem (em relação à totalidade dos serviços)

	Nunca	0% - 20%	20% - 50%	50% - 80%	80% - 100%
Espanha	<input type="radio"/>				
França	<input type="radio"/>				
Alemanha	<input type="radio"/>				
Holanda	<input type="radio"/>				
Bélgica	<input type="radio"/>				
Itália	<input type="radio"/>				
República Checa	<input type="radio"/>				
Irlanda	<input type="radio"/>				
U.K	<input type="radio"/>				
Suécia	<input type="radio"/>				
Outro	<input type="radio"/>				

15.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)

16 - Quais são os mercados de IMPORTAÇÃO com que trabalha habitualmente, e quais são as respetivas taxas de utilização FERROVIÁRIO? *

Atribua uma gama de percentagem (em relação à totalidade dos serviços)

	Nunca	0% - 20%	20% - 50%	50% - 80%	80% - 100%
Espanha	<input type="radio"/>				
França	<input type="radio"/>				
Alemanha	<input type="radio"/>				
Holanda	<input type="radio"/>				
Bélgica	<input type="radio"/>				
Itália	<input type="radio"/>				
República Checa	<input type="radio"/>				
Irlanda	<input type="radio"/>				
U.K	<input type="radio"/>				
Suécia	<input type="radio"/>				
Outro	<input type="radio"/>				

16.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)

17 - Quais são os mercados de IMPORTAÇÃO com que trabalha habitualmente, e quais são as respetivas taxas de utilização MARÍTIMO? *

Atribua uma gama de percentagem (em relação à totalidade dos serviços)

	Nunca	0% - 20%	20% - 50%	50% - 80%	80% - 100%
Espanha	<input type="radio"/>				
França	<input type="radio"/>				
Alemanha	<input type="radio"/>				
Holanda	<input type="radio"/>				
Bélgica	<input type="radio"/>				
Itália	<input type="radio"/>				
República Checa	<input type="radio"/>				
Irlanda	<input type="radio"/>				
U.K	<input type="radio"/>				
Suécia	<input type="radio"/>				
Outro	<input type="radio"/>				

17.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)
18 - Na generalidade, como classifica o nível de serviço por modo de transporte utilizado? *

	Muito Mau	Mau	Razoável	Bom	Excelente
Rodoviário	<input type="radio"/>				
Ferroviário	<input type="radio"/>				
Marítimo	<input type="radio"/>				

Razões que levam à escolha de um modo de Transporte

As questões seguintes visam perceber quais os critérios que o levam a escolher um determinado modo de transporte, atualmente.

19 - Quais são as razões que atualmente o levam a escolher o modo RODOVIÁRIO para o transporte de mercadorias? *

Seleccione as 4 principais razões

- Não utiliza
- CUSTO (preço total por carregamento/serviço)
- FREQUÊNCIA (frequência média por serviço de transporte)
- TEMPO DE TRÂNSITO (tempo de transporte total por serviço incluindo esperas e cargas/ descargas)
- FLEXIBILIDADE DE ANGARIAÇÃO (antecedência mínima para organizar serviço, planeamento etc.)
- FLEXIBILIDADE INTERMODAL (facilidade de acesso as plataformas, armazenagem etc.)
- FIABILIDADE (grau de cumprimento das janelas temporais prometidas)
- SERVIÇO AO CLIENTE (eficácia e eficiência do serviço)
- IMPACTO AMBIENTAL (emissões CO₂, ruído, entre outras externalidades)
- Outro

19.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)

20 - Quais são as razões que atualmente o levam a escolher o modo FERROVIÁRIO para o transporte de mercadorias? *

Selecione as 4 principais razões

- Não utiliza
- CUSTO (preço total por carregamento/serviço)
- FREQUÊNCIA (frequência média por serviço de transporte)
- TEMPO DE TRÂNSITO (tempo de transporte total por serviço incluindo esperas e cargas/ descargas)
- FLEXIBILIDADE DE ANGARIAÇÃO (antecedência mínima para organizar serviço, planeamento etc.)
- FLEXIBILIDADE INTERMODAL (facilidade de acesso as plataformas, armazenagem etc.)
- FIABILIDADE (grau de cumprimento das janelas temporais prometidas)
- RISCO (probabilidade de ocorrerem perdas ou estragos das mercadorias)
- SERVIÇO AO CLIENTE (eficácia e eficiência do serviço)
- IMPACTO AMBIENTAL (emissões CO2, ruído, entre outras externalidades)
- Outro

20.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)

21 - Quais são as razões que atualmente o levam a escolher o modo MARÍTIMO para o transporte de mercadorias? *

Selecione as 4 principais razões

- Não utiliza
- CUSTO (preço total por carregamento/serviço)
- FREQUÊNCIA (frequência média por serviço de transporte)
- TEMPO DE TRÂNSITO (tempo de transporte total por serviço incluindo esperas e cargas/ descargas)
- FLEXIBILIDADE DE ANGARIAÇÃO (antecedência mínima para organizar serviço, planeamento etc.)
- FLEXIBILIDADE INTERMODAL (facilidade de acesso as plataformas, armazenagem etc.)
- FIABILIDADE (grau de cumprimento das janelas temporais prometidas)
- RISCO (probabilidade de ocorrerem perdas ou estragos das mercadorias)
- SERVIÇO AO CLIENTE (eficácia e eficiência do serviço)
- Outro

21.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)

Identificação dos fatores e ponderações necessárias para a seleção de um modo de transporte

As questões apresentadas de seguida irão permitir identificar os principais fatores e critérios, e respetivas ponderações necessárias para a escolha do modo e respetivos agentes de transporte de mercadorias.

22 - Quais são as características dos corredores logísticos de transporte que considera mais importantes para selecionar os locais de embarque/ desembarque? *

Selecione as 3 principais características.

- Tarifa de transporte
- Acessibilidade
- Apoio ao longo de todo o processo
- Existência de ligações marítimas
- Existência de ligações ferroviárias
- Existência de ligações rodoviárias
- Outro

22.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)

23 - Quais são os aspetos que considera mais importantes nos portos logísticos para garantir o sucesso do transporte intermodal? *

Selecione os 3 principais aspetos.

- A operacionalidade dos portos
- Os contratos com os recebedores/ importadores
- Os consórcios com os armadores
- A eficácia das instalações e locais de embarque
- A capacidade de armazenagem
- Acessibilidade
- Existência de infra-estruturas Intermodais
- Outro

23.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)

24 - Atualmente, o transporte RODOVIÁRIO é o meio de transporte mais utilizado na Europa. Na sua opinião, quais são as ações que contribuiriam para reduzir a utilização deste modo de transporte e potenciar uma maior utilização das alternativas intermodais? *

Indique as 3 principais ações.

- Mudar para bitola europeia nas principais ligações ferroviárias Ibéricas
- Melhorar as infraestruturas ferroviárias, aumentando a frequência de viagens e reduzindo tempo de percurso
- Melhorar as infraestruturas e veículos short sea shipping (portos marítimos), aumentando a frequência de viagens e reduzindo o tempo de percurso
- "Liberalizar" os restantes modos de transporte (o transporte rodoviário é o único meio de transporte em que o Estado não está envolvido)
- Reforçar a manutenção das infraestruturas e plataformas logísticas, facilitando a utilização dos restantes modos de transporte
- Melhorar os acessos intermodais existentes
- Criar novos acessos intermodais
- Estabelecer políticas que permitam a criação de tarifas mais competitivas
- Outro

24.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)

25 - Para que o modo de transporte FERROVIÁRIO especificamente, seja mais utilizado no futuro, quais são os fatores que considera essenciais? *

Indique os 4 principais fatores.

- Plataformas logísticas adequadas para mercadorias
- Localização das plataformas
- Melhor acesso às plataformas logísticas
- Maior frequência de serviço
- Aumento da capacidade média dos vagões
- Melhor acesso ferroviário a infraestruturas intermodais
- Aumento da velocidade média de transporte
- Rastreamento da carga (saber onde se encontra)
- Redução das tarifas ferroviárias
- Mudança para bitola europeia no acesso ferroviário aos portos
- Outro

25.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)

26 - Para que o modo de transporte MARÍTIMO especificamente, seja mais utilizado, quais são os fatores que considera essenciais? *

Indique os 4 principais fatores.

- Portos e terminais logísticos com serviços privatizados
- Maior coordenação logística entre as diferentes modalidades
- Acessos terrestres adequados
- Melhor serviço de apoio à navegação
- Redução das tarifas aplicadas ao transporte marítimo
- Criação de novas infraestruturas
- Oferta de serviços Ro-Ro
- Ofertas de serviço por origem-destino
- Frequência do serviço origem – destino
- Rastreamento da Carga
- Outro

26.1 - Se selecionou Outro, indique qual(s)

27 - Se atualmente não usa opções de transporte intermodais, o que o levaria a utilizar este meio de transporte? *

Indique a importância

	Nada Importante	Pouco Importante	Importante	Muito Importante	Extremamente Importante
Custo	<input type="radio"/>				
Frequência	<input type="radio"/>				
Tempo de trânsito	<input type="radio"/>				
Flexibilidade	<input type="radio"/>				
Fiabilidade	<input type="radio"/>				
Risco	<input type="radio"/>				
Serviço ao cliente	<input type="radio"/>				
Impacto ambiental	<input type="radio"/>				



28 - Quais os 4 fatores que considera mais importantes na escolha de modo de transporte? *

Indique os 4 principais fatores

- Adequação à quantidade transportada
- Impacto ambiental
- Cumprimento dos prazos de entrega
- Nível de serviço
- Risco de perda ou estragos
- Tarifa de armazenagem
- Tarifa de transporte
- Monitorização eletrónica do transporte
- Tempo de transporte