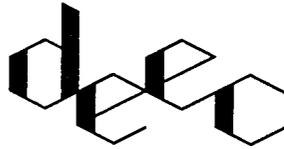


João Paulo da C. Carreira Germano

Ajuda a Decisão na Selecção  
Multicritério de Projectos

DEEC  
FEUP  
1995



**DEPARTAMENTO DE**  
**ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES**

**AJUDA À DECISÃO**  
**NA SELECÇÃO MULTICRITÉRIO**  
**DE PROJECTOS**

João Paulo da Conceição Carreira Germano

**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**UNIVERSIDADE DO PORTO**

Rua dos Bragas, 4099 Porto Codex – PORTUGAL

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO  
Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

**AJUDA À DECISÃO**  
**NA SELECÇÃO MULTICRITÉRIO**  
**DE PROJECTOS**

João Paulo da Conceição Carreira Germano

Licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

2002  
1009

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos  
do programa do curso de  
Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
(área de especialização de Sistemas de Energia)

Porto, Junho 1995

621.3(043) / GER 7 / ASU

UNIVERSIDADE DO PORTO
FACULDADE DE ENGENHARIA
ELECTROTÉCNICA
N.º 2927
ISSU
Data 8 / 6 / 1996

cat

v.º 2927

Dissertação realizada sob a supervisão de

Prof. Manuel António Cerqueira da Costa Matos

Professor Associado

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Dissertação realizada por

João Paulo da Conceição Carreira Germano

Projecto FAAD

INESC - Porto

Telef: 02-2094209 Fax: 02-2084172

e-mail: [jpg@alien.inescn.pt](mailto:jpg@alien.inescn.pt)

Dedico este trabalho  
aos meus pais e irmãos  
e à minha Helena.

## **Resumo**

Nesta dissertação é feita a abordagem do processo de ajuda à decisão na selecção de projectos, desde a fase de modelização do problema, passando pelas diversas metodologias existentes que tratam este tipo de problemas e, finalmente, referindo de um modo crítico as soluções fornecidas pelos modelos existentes.

As aplicações práticas desta matéria são muito variadas, como a escolha de projectos de investimento, os concursos públicos, a selecção de recursos humanos, etc. Esta preocupação com os aspectos práticos conduziu ao estudo de um problema de expansão de uma rede eléctrica de distribuição e ao estudo de um concurso público (fictício).

## **Abstract**

This report describes the process of decision help in project selection, from the modelling of the problem to the existent methodologies for treatment of this kind of problems. The solutions obtained by the existent methods are criticized.

The variety of applications on this subject ranges from choosing investment projects to public policy processes, personnel selection, etc. This concern about the practical applications led to the study of an electric network expansion planning and the study of a public policy process.

## Agradecimentos

Agradeço especialmente ao meu orientador, Professor Manuel Matos, o acompanhamento rigoroso e motivador na elaboração desta dissertação. Contribuiu em muitos aspectos, começando, inicialmente, por me mostrar o interesse do tema e acompanhado-me depois ao longo do período da tese, colaborando com novas ideias e apontando novos materiais. Foi um bom orientador e amigo.

Agradeço igualmente à Eng. Maria Teresa Ponce de Leão e aos meus colegas do grupo IDEIA o apoio na revisão do trabalho e noutros aspectos, permitindo o bom termo deste.

Gostaria de expressar a minha gratidão aos meus pais, irmãos e namorada pelas sugestões prestadas, a revisão do trabalho efectuada e a longa paciência que tiveram comigo.

Agradeço ainda ao INESC, instituição cujo apoio foi determinante em termos logísticos e financeiros para a realização do trabalho.

Esta dissertação só pôde ser realizada graças ao apoio da JNICT, no âmbito do Programa Ciência, que forneceu todos os meios necessários incluindo suporte financeiro (Bolsa de Mestrado BM/2750/92-IA).

## Índice

Índice	vii
1. Introdução	1
2. Formalização do Problema de Decisão	3
2.1. Termos Fundamentais .....	3
2.2. Modelo Formal .....	7
2.3. Matriz de Decisão.....	8
2.3.1. Breve Referência à Teoria dos Conjuntos Imprecisos.....	10
2.3.2. Aquisição de Dados .....	13
2.3.3. Resultados.....	14
2.4. Processamento .....	15
2.4.1. Quantificação e pesos de importância relativa .....	15
2.4.2. Normalização.....	17
Normalização vectorial .....	18
Transformação linear de escala.....	18
2.4.3. Agregação .....	20
Função de valor.....	20
Agregação por regras .....	21
2.5. O Agente de Decisão .....	22
Múltiplos agentes de decisão .....	22
Estrutura de preferências.....	23
2.6. O Contexto da Decisão: Problemas Típicos.....	24
2.7. Decisões Multiatributo: Questões Básicas .....	25
2.8. Conclusões.....	28
3. Metodologias	30
3.1. Introdução.....	30
3.2. Características Desejáveis das Metodologias .....	30
3.3. Métodos .....	31
3.3.1. Análise preliminar .....	31
Dominação .....	31
Métodos Conjuntivo e Disjuntivo.....	32

3.3.2.	Procedimentos Categóricos .....	33
	Maximin e Maximax.....	33
	Método Lexicográfico e Semiordem Lexicográfica .....	34
	Método de Atribuição Linear.....	35
3.3.3.	Métodos Baseados em Funções de Valor Aditivas.....	36
	Método Aditivo Simples.....	37
	TOPSIS .....	39
	LINMAP .....	40
3.3.4.	Métodos baseados em relações de subordinação .....	40
	ELECTRÉ I.....	41
	ELECTRÉ IV .....	42
	Os Métodos Promethee e Gaia.....	44
3.3.5.	Métodos baseados em julgamentos .....	45
	AHP .....	45
	MACBETH.....	47
3.3.6.	Métodos para dados imprecisos.....	48
	O Método de Baas e Kwakernaak.....	48
	O Método de Chen e Hwang.....	50
3.4.	Conclusões.....	51
4.	Novas Metodologias para Análise Preliminar .....	52
4.1.	Introdução.....	52
4.2.	Uma Variante do Método de Amplificações Sucessivas.....	52
4.2.1.	Conceito.....	52
4.2.2.	Procedimento .....	53
4.2.3.	Um Exemplo.....	54
4.2.4.	Conclusões.....	56
4.3.	O Método Conjuntivo Impreciso.....	56
4.3.1.	Introdução .....	57
4.3.2.	Limiares de Aceitação Imprecisa.....	58
	Atributos com Valores Imprecisos.....	59
4.3.3.	Agregação dos Graus de Aceitação Individuais .....	60
4.3.4.	Determinação das Alternativas Aceitáveis .....	61
4.3.5.	Exemplos .....	63
4.3.6.	Conclusões.....	68

5. O Processo Geral de Selecção	69
5.1. Introdução	69
5.2. Transparência nos Processos de Decisão	70
5.3. Diagramas dos processos	72
5.4. Fases Preparatórias	74
5.4.1. Estruturação das Comissões	74
5.4.2. Definição das Regras do Concurso	74
5.5. Fases de Avaliação das Propostas	78
5.5.1. Aceitação de Propostas	78
5.5.2. Avaliação de Propostas	78
5.6. Fases de Ordenação das Propostas	80
5.6.1. Escolha de Métodos de Agregação	80
5.6.2. Decisão Final da Entidade Competente para Autorizar Despesas	81
5.7. Selecção de Recursos Humanos	82
5.7.1. Aspectos gerais	82
5.7.2. Métodos e critérios de selecção	83
5.7.3. Classificação	83
5.8. Selecção de Alternativas	84
5.9. Conclusões	85
6. Casos de Estudo	86
6.1. Introdução	86
6.2. Selecção de Planos de Expansão de uma Rede Eléctrica de Distribuição	86
6.2.1. Análise de Dominação	87
6.2.2. Aplicação do Método Conjuntivo Impreciso	89
Estudo das Soluções Eficientes	89
Estudo de Todas as Alternativas, Representadas de Modo Rígido	90
Estudo de Todas as Alternativas, Representadas de Modo Impreciso	92
6.2.3. Utilização de Aglomeração Imprecisa	98
Análise Preliminar	98
Ajuda à Decisão	99
6.3. Processo de um Concurso Público Fictício	102

6.3.1. Introdução .....	102
6.3.2. Anúncio .....	102
6.3.3. Comissão de Análise (CAn) .....	103
6.3.4. Classificação das propostas .....	107
6.4. Conclusões.....	107
7. Conclusões	108
Referências	110
anexo A - Anúncios de Concursos	112
A.1. Concurso Onde é Feita Eliminação Preliminar .....	112
A.2. Concursos com Descrições Gerais dos Critérios de Adjudicação .....	113
A.3. Concursos com Descrições mais Pormenorizadas dos Critérios de Adjudicação .....	116
A.4. Modelo dos Anúncios de Concursos Públicos .....	119
anexo B - Função de Valor num Concurso para Recrutamento de Docentes	120

## 1. Introdução

O trabalho que levou à elaboração desta dissertação surgiu na sequência da disciplina de Metodologias de Ajuda à Decisão, do curso de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores. As questões levantadas pela selecção de projectos, entendida de forma alargada como se faz nesta dissertação, abrangendo também concursos públicos, são extremamente actuais e têm sido, muitas vezes, abordadas de forma voluntariosa, esquecendo a dimensão científica dos processos de decisão. A inclusão dos concursos públicos não é irrelevante para a conceptualização geral: as regras que estes devem observar, e a necessidade de transparência e justificação das decisões que lhes são inerentes, podem servir de guia para uma formalização geral do processo de escolha ou ordenação de alternativas. Uma parte da dissertação aborda especificamente estes tópicos, sendo de notar, no entanto, que não se restringiu o âmbito do trabalho à análise de concursos públicos. A teoria, as metodologias e os conceitos que se apresentam são úteis no contexto da Engenharia, na escolha de soluções quando há critérios múltiplos como no planeamento, na selecção de projectos a realizar (o que, não sendo concursos públicos, tem muitas vezes interesse público evidente - veja-se o caso das incineradoras) e até no âmbito Universitário (candidaturas a bolsas, escolha de planos de estudo, etc.). Os exemplos descritos no texto dão uma ideia destas aplicações, mas foi sobretudo no capítulo 6 que se mostrou a abordagem de ajuda à decisão num problema de Planeamento Plurianual de uma Rede de Distribuição de Energia Eléctrica.

Neste documento é feito um estudo aprofundado do processo global de ajuda à decisão multiatributo, desde a modelização dos problemas próprios dessa área, passando pelas abordagens e metodologias de tratamento existentes, até à interpretação e crítica das soluções que aquelas oferecem, tendo em vista a selecção de projectos. Houve sempre uma preocupação de conduzir o trabalho de modo a adequá-lo à selecção de projectos reais, onde, de algum modo, poderia ser aplicado o conhecimento adquirido.

O estudo inicial foi no sentido de analisar o processo completo de decisão, em todas as suas fases e com todas as suas técnicas, no intuito de proceder à sua formalização e de modo a poder enquadrar o resto da aprendizagem nesse ponto de vista. O resultado permitiu elaborar o capítulo 2, onde são igualmente descritos os conceitos teóricos relevantes para a compreensão dos problemas envolvidos.

Nesta área de interesse, são várias as metodologias existentes e técnicas inerentes. Foi feita uma recolha daquelas que pareciam mais importantes, polarizada para os problemas em causa, que resultou na descrição que se apresenta no capítulo 3. Em particular, são comentadas a transparência, a robustez, a eficiência, a simplicidade e a clareza dos vários métodos, características consideradas necessárias para os métodos serem incluídos em processos de decisão, públicos ou não. Esta revisão é seguida, no capítulo 4, pela descrição completa de novos métodos, adequados a "screening", desenvolvidos no decorrer do trabalho.

No capítulo 5, é dada relevância aos processos de selecção de projectos em geral, sendo dado ênfase particular aos concursos públicos, mas abordando também os processos de selecção de recursos humanos e a selecção de alternativas. Foi feita uma recolha da legislação mais recente e, quando necessário, adequado o estudo efectuado para a selecção de projectos aos aspectos jurídico-legais daquele tipo de processos particulares.

No capítulo 6, apresentam-se dois casos de estudo, analisados pormenorizadamente, exemplos de situações típicas onde é necessária ajuda à decisão na selecção de projectos, tendo sido comentadas as soluções obtidas e os métodos utilizados, à luz dos conceitos descritos ou introduzidos noutras partes do texto.

## 2. Formalização do Problema de Decisão

### 2.1. Termos Fundamentais

Na aproximação clássica aos problemas de decisão, cabia ao analista encontrar a solução ótima de um problema, utilizando as mais variadas técnicas, quer fossem métodos de programação matemática, quer fossem métodos empíricos, i.e., envolvendo a sua experiência anterior. Neste aspecto, o analista operacionalizava todo o processo, não havendo portanto lugar a uma decisão, no verdadeiro sentido da palavra. Quando muito, havia uma pré-decisão associada à maximização de um único critério, em geral o proveito resultante de uma dada solução escolhida. Esse critério único resultava de uma tentativa em geral economicista de agregar os múltiplos critérios do sistema. O agente de decisão, poderia, se tanto, aceitar ou rejeitar a solução proposta pelo analista.

Contudo, cada vez mais aparecem ambientes complexos, integrando problemas mal estruturados, onde estão em causa diferentes tipos de valores que influenciam o resultado final, impossíveis de satisfazer de modo igual. Aparecem nesta situação problemas onde se impõem factores ambientais, económicos, políticos e outros, representativos de diversos pontos de vista da sociedade. Neste contexto, deixa de fazer sentido encontrar a solução ótima e passa a haver necessidade de intervenção activa do agente de decisão, que se responsabilizará pela resposta a todas estas questões estratégicas e pela determinação das linhas de acção fundamentais a que o processo terá de obedecer, chegando à sua solução preferida por meio de uma racionalidade própria.

Nesse sentido, os problemas em causa neste estudo envolvem, geralmente, a interacção entre o coordenador técnico dos processos de decisão, designado analista, e o agente máximo na hierarquia desse processo, o agente de decisão (AD).

O analista elabora a formulação do problema agindo sempre sob directivas do AD, sendo contudo a sua função principal apoiar o AD na formulação dos problemas, na definição de critérios e nas suas escolhas. O AD terá de actuar sempre que houver lugar a escolhas entre hipóteses de decisão, normalmente designadas por alternativas (ou soluções admissíveis). Para proceder à escolha da(s) alternativa(s) preferida(s), utiliza critérios de avaliação das alternativas. A cada critério está associado um atributo que mede os níveis de satisfação desse critério em cada alternativa, e um objectivo que indica o sentido de aumento dessa satisfação. Cada atributo tem um nome ou etiqueta, descrição em linguagem natural do seu significado, e tem igualmente um valor medido numa dada unidade.

Como exemplo destes conceitos imagine-se que um dado organismo do estado pretende adjudicar a construção de uma infra-estrutura. Para isso efectua um concurso público e as várias alternativas correspondem às diversas propostas a concurso. Critérios possíveis que aquela entidade pública pode usar na avaliação das propostas são a *minimização do preço*, a *minimização do prazo de execução da obra*, etc. O atributo a utilizar para avaliar as alternativas, segundo o primeiro

critério, pode ter como nome *preço* e pode ter como unidade o *conto*, *milhares de contos*, etc. e o objectivo do critério é *minimizar* o valor do atributo. Já o atributo associado ao segundo critério pode ter como nome *prazo* e como unidade o *dia*, o *mês*, etc. e o objectivo do critério é a *minimização* do valor do atributo.

As decisões podem estar sujeitas a restrições, o que corresponde a haver uma dada gama de valores aceitáveis para um ou mais atributos, simples ou conjuntamente. A existência desta zona de valores admissíveis implica haver recusas liminares de alternativas fora dessa zona, o que não constitui qualquer tipo de decisão, a este nível. A utilização desta noção está patente, por exemplo, nas condições impostas num caderno de encargos (CE) de um concurso público. Neste tipo de concurso, é feita uma qualificação inicial das alternativas (referidas como candidatos - pessoas ou entidades) sendo eliminadas as que não satisfaçam essas condições.

Foi com base no CE do concurso para "Construção da Central Incineradora da Maia" (LIPOR II) que alguns candidatos preteridos contestaram a decisão da administração da LIPOR. Segundo esses candidatos estava em causa o limite mínimo para a quantidade de lixo a ser incinerado anualmente, que não estaria a ser satisfeito pelo consórcio vencedor, o que deveria impedir a proposta de ser considerada.

Em algumas circunstâncias, para ajudar o AD nas suas decisões, o analista poderá pedir ao AD para fazer comparações entre duas alternativas, através da utilização de valores de troca ou de compensação ("trade-offs"). Este tipo de comparações traduz-se pelo aumento da satisfação associada a alguns atributos à custa da diminuição da satisfação associada a outros, mantendo-se inalterável o nível de satisfação global do AD, ou seja, o AD é indiferente entre as duas alternativas. Pode aplicar-se este princípio na obtenção de relações entre atributos diferentes, no pressuposto que todos os outros atributos se mantêm ao mesmo nível (*cæteris paribus*).

Um analista poderia perguntar ao AD quanto este estaria disposto a aumentar o custo de uma nova fábrica, para diminuir para metade a indisponibilidade anual da fábrica. Neste caso, a diminuição da satisfação em relação ao custo teria de ser compensada globalmente pelo aumento de satisfação em relação à fiabilidade da fábrica. Para a relação ser efectivamente um valor de troca, o AD deverá ser indiferente entre a solução inicial (menor fiabilidade, menor custo) e a hipótese alternativa (maior fiabilidade, maior custo).

Este género de compensações, além de ajudarem o analista a modelizar as preferências do AD, permitem ainda que este aprofunde o conhecimento que possui sobre as relações existentes entre critérios. Contudo, um valor de compensação depende, normalmente, do instante da sua avaliação e dos valores que os atributos directamente relacionados com o seu cálculo apresentam, pelo que o uso de valores constantes deve ser encarado com muita cautela.

Exemplificando, é muito natural que, no exemplo anterior, o aumento de custo que o AD estaria disposto a suportar fosse diferente conforme o valor inicial do custo. Ou que fosse diferente daqui a um ano em relação ao que está disposto a suportar hoje.

No capítulo 3 serão apresentados métodos que partem do princípio que esses valores de compensação são constantes. Obviamente, a utilização desses métodos fica sujeita à confirmação destes pressupostos.

Em várias situações, o AD poderá ainda estabelecer metas ou níveis de aspiração, que são valores de referência para os atributos, que devem ser atingidos, ultrapassados ou não alcançados, conforme os casos o exigiam. Embora estas situações não sejam muito comuns no presente estudo, existem processos onde elas são comuns.

Por exemplo, uma empresa estabelece muitas vezes uma meta a ultrapassar para o lucro de um dado ano; um bom aluno pode querer ter uma classificação igual a 16 valores, numa disciplina, sob o risco de não obter uma bolsa. Por outro lado, em estudos de impacto ambiental, é desejável não ultrapassar determinados níveis de poluição.

A definição de metas indica que há forte variação de preferência na sua vizinhança: o aluno ficará possivelmente insatisfeito se tiver menos de 16 valores. Por outro lado, quase ficará indiferente entre ter 16 ou 17 valores. É um modelo de preferência com uma forma semelhante à de uma função em degrau, embora com uma transição menos abrupta, como pode ser visto na figura 1:

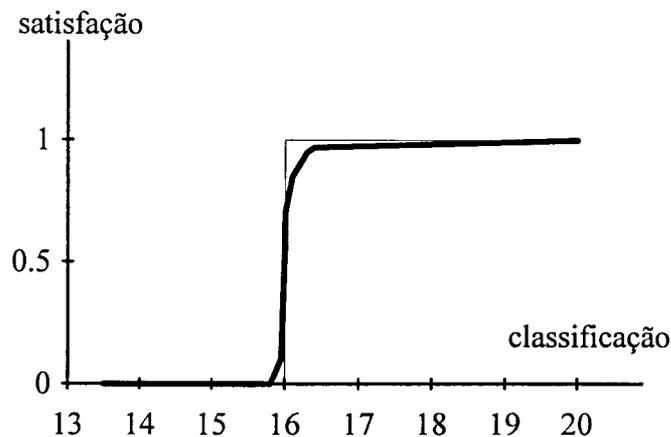


Figura 1 - Grau de satisfação associada à meta "ter 16 valores"

É frequente ocorrer alguma confusão entre os conceitos de meta e restrição. Uma meta corresponde a um valor para um atributo que representa praticamente plena satisfação para o AD. Entre a satisfação e a insatisfação totais, o grau de aceitação da alternativa por parte do AD poderá ter uma forma qualquer, inclusive a da figura 1. Corresponderá sempre, contudo, a uma curva monótona crescente. Por seu lado, uma restrição indica um valor abaixo, ou acima, do qual o AD rejeita uma alternativa.

A formalização até aqui apresentada surge na literatura da especialidade (Chankong et al., 1983; Goicoechea et al., 1982; Hwang et al., 1981; Roy et al., 1985; Saaty, 1986; Zeleny, 1982) para problemas multiatributo, situação onde o AD se confronta com um conjunto finito de alternativas com os vários atributos explicitamente definidos. É a situação mais vulgar na selecção de projectos, quer como alternativas de realização de um certo fim, quer como concorrentes a um determinado orçamento, quer ainda como propostas de realização de um plano já aprovado. A modelização deste género de situações será apresentada nas secções seguintes. Descrevem-se a seguir algumas situações que conduzem habitualmente a problemas multiatributo:

- Escolha de projectos de investigação e desenvolvimento (I&D). Tipicamente, neste tipo de projectos, os problemas multiatributo surgem devido ao grande número de ideias e propostas dos investigadores face aos recursos existentes.
- Escolha do local de implantação de estruturas de utilidade pública (hospitais, aeroportos, áreas verdes, escolas) ou de estruturas para serviços obnóxios em geral (incineradoras, para resíduos domésticos ou industriais, aterros sanitários). Os critérios utilizados nestas situações estão em geral relacionados com o custo, o impacto ambiental, o tipo e quantidade de população servida, etc.
- Escolha do local de implantação de uma instalação comercial ou industrial, tal como uma fábrica, um armazém, etc. Os critérios que um empresário pode utilizar para o efeito relacionam-se com o custo de instalação e exploração, a proximidade de infra-estruturas de comunicação, de administração ou de ensino, a população a servir, etc. Contudo, além dos critérios próprios, o empresário poderá estar sujeito a condicionantes de âmbito geral, relacionados com o impacto ambiental, a saúde pública, etc., que funcionarão, neste caso, principalmente, como restrições. O cumprimento destas restrições deverá ser julgado pelos organismos públicos competentes para o efeito.
- Adjudicação da construção de infra-estruturas que envolvem a definição de critérios relacionados com custos, prazos de execução, qualidade de materiais, capacidade técnica e financeira dos empreiteiros, experiência dos empreiteiros em construções semelhantes, etc.
- Aquisição de serviços ou bens (materiais ou humanos) por intermédio de concursos, públicos ou não. Enquadram-se nesta situação as compras efectuadas por uma instituição e o recrutamento de pessoal por parte desta.

Num outro contexto, existem os problemas multiobjectivo, também chamados problemas de programação matemática com objectivos múltiplos, optimização vectorial ou optimização multiobjectivo. Estes problemas são modelizados por um conjunto de equações que definem a zona das alternativas possíveis, habitualmente referidas como soluções admissíveis, em geral em número infinito, e em que os atributos estão implicitamente definidos por funções objectivo. Correspondem a situações geralmente bastante elaboradas, necessitando de processos de resolução que envolvem métodos matemáticos de optimização, não sendo preocupação deste estudo aprofundar esta matéria. Tal como acontecia nos problemas multiatributo, a minimização de custos é vulgar neste tipo de problemas. Neste caso, estão situações como as que se descrevem a seguir:

- Planeamento de sistemas de energia, tendo em conta restrições técnicas e físicas como a área populacional servida, e objectivos como minimizar custos de investimento, impacto ambiental ou custos de exploração e maximizar benefícios resultantes da exploração do sistema, etc.
- Planeamento e gestão da produção numa fábrica, onde se tenta conseguir a minimização dos custos, da utilização de matérias primas, dos atrasos em relação aos prazos de entrega aos clientes, etc., sujeita à capacidade de produção das linhas de montagem e outras restrições operacionais.
- Problemas estratégicos das empresas que envolvem vários objectivos e metas conflituosos, como sejam minimizar o custo, desenvolver novos produtos, servir

a comunidade, expandir a empresa, dar segurança de trabalho aos seus empregados, etc.

Em muitos casos, o tratamento de problemas multiobjectivo conduz à elaboração de uma lista de alternativas de decisão, que pode ter grande dimensão. Uma segunda fase de tratamento dessa lista, acaba por constituir um problema multiatributo como aqueles que se têm vindo a tratar.

## 2.2. Modelo Formal

O modelo formal de um problema de decisão multiatributo pode ser construído a partir do conjunto  $Z$  das  $na$  alternativas de decisão:

$$Z = \{z_1, \dots, z_{na}\} \quad (1)$$

em que  $z_i$ ,  $i = 1, \dots, na$  representa a alternativa  $i$ , descrita por  $nc$  valores (atributos), do seguinte modo:

$$z_i = [z_{i,1}, \dots, z_{i,nc}]^T \quad (2)$$

onde o valor de  $z_{i,j}$ ,  $i=1, \dots, na$  e  $j=1, \dots, nc$ , representa a avaliação da alternativa  $i$  segundo o critério  $j$ .

Na verdade,  $Z$  representa explicitamente o conjunto das soluções admissíveis nos problemas multiatributo, ao contrário da representação por equações existente nos problemas multiobjectivo, referidas atrás.

Supondo, sem perda de generalidade, que os objectivos para cada critério são de maximização, este tipo de problemas pode ser definido do modo seguinte:

$$\begin{aligned} & \text{"max"} \quad z_i \\ & \text{sub: } z_i \in Z \end{aligned} \quad (3)$$

Tal como foi atrás mencionado, estes problemas são mal determinados, i.e., não é possível, em geral, encontrar uma solução óptima dentro da zona admissível. Daí as aspas em "max", significando a impossibilidade (em princípio) de maximizar simultaneamente todos os atributos. Há, no entanto, excepções referentes aos seguintes dois casos particulares (onde, na realidade, existe um problema de optimização e não de decisão):

- Quando há efectivamente um óptimo em  $Z$ , ou seja, os critérios não são conflituosos.
- Quando  $nc=1$ , caso em que se tem um problema com uma solução trivial, o máximo do único atributo existente.

O modelo assim definido é representado na figura 2 por uma matriz de decisão  $MD$  com  $na$  linhas representando alternativas e  $nc$  colunas representando os atributos:



ser complementada com outras representações. Esses casos podem ser a análise do candidato segundo a sua apetência para o emprego proposto, ou a análise do projecto segundo a sua qualidade e exequibilidade, avaliados por peritos através de designações linguísticas (bom, suficiente, etc.). Isto significa que as representações que usam escalas qualitativas resultam da tentativa de descrever dados vagos ou imprecisos. Neste âmbito, a linguagem natural pode ser mais apropriada para a comunicação entre analistas/peritos e o AD do que correspondências mais ou menos arbitrárias a números. Expressões usuais utilizadas neste contexto incluem "a fiabilidade desta máquina é grande", "o custo do projecto é razoável", etc. Chen e Hwang (1992) descrevem as modelizações mais utilizadas para dados deste género. Contudo, estes dados são muitas vezes transformados mecanicamente em valores quantitativos, o que é questionável, por poder afectar o processo de decisão subsequente, pois torna esse dados mais facilmente operáveis mas reduz a informação disponível, podendo, inclusivamente, alterar o significado das declarações.

Nas representações ordinais, que apesar de numéricas não são quantitativas, o resultado são ordenações das alternativas, para cada atributo, por ordem crescente (ou decrescente) de preferência, ou prioridade.

Por exemplo  $z_{31,c} = 1^\circ$ ,  $z_{4,c} = 2^\circ$  e  $z_{22,c} = 3^\circ$  é uma representação da preferência do AD pela alternativa 31, no atributo  $c$ , sendo a alternativa 4 a sua segunda melhor e a alternativa 22 a terceira melhor.

Neste tipo de representações, nada indica a distância relativa entre uma alternativa e a outra, i.e., quanto melhor é a alternativa nº 31 em relação à nº 4, ou ainda se essa diferença é igual à que existe entre a alternativa nº 4 e a nº 22. Por isso, em rigor, não faz qualquer sentido praticar operações numéricas sobre estes atributos ordinais, i.e.,  $1^\circ + 3^\circ \neq 1 + 3$ .

As representações qualitativas associadas a expressões linguísticas, correspondem a escalas com um conjunto possível de valores associados a conceitos ou categorias. Por vezes, também é feita uma associação directa a valores numéricos, embora estes devam ser encarados como conceitos e não como números, sob o risco de se perder a semântica da representação.

Um exemplo ilustrativo deste último caso é a representação usada para a classificação de serviço na função pública. Neste caso, a avaliação qualitativa dos funcionários, segundo critérios como a *criatividade*, *iniciativa*, etc., pode tomar os valores principais 2, 4, 6, 8 e 10, e os valores intermédios 3, 5, 7 e 9, todos eles crescentes com a satisfação do critério. No caso específico do pessoal técnico superior, a avaliação segundo o critério *adaptação profissional* pode tomar os valores seguintes:

- Revela na prática resistência à mudança. Não consegue ultrapassar a rotina. (2)
- Nítidas dificuldades de adaptação a novas tarefas e situações. (4)
- Ajustamento satisfatório a novas tarefas, embora hesite perante situações menos frequentes. (6)
- Boa adaptação a novas tarefas e a situações pouco frequentes. (8)
- Excepcional adaptação à mudança. (10)

Os conceitos que constituem as escalas qualitativas podem também tentar reproduzir uma determinada incerteza, quer esta seja do tipo probabilístico, quer seja do tipo possibilístico. Nesse contexto, os atributos tomam valores associados a distribuições de probabilidade ou de possibilidade.

Ambientes probabilísticos típicos (para um dado atributo) são aqueles em que se conhecem dados históricos sobre esse atributo, o que permite derivar valores prováveis para este, em cada alternativa. Em relação aos ambientes possibilísticos, Chen e Hwang (1992) descrevem várias fontes para a imprecisão:

- Informação difícil de quantificar, definida de maneira subjectiva através de um julgamento humano, por exemplo, o julgamento sobre o conforto de um carro, a importância de um projecto para o desenvolvimento de uma região, etc.;
- Informação incompleta, na medida em que resulta de aparelhos de medição pouco precisos que geram valores aproximados dos reais;
- Informação não disponível, quando a obtenção de dados exactos leva a custos tão elevados que compensa estimar esses dados;
- Informação parcialmente ignorada, devido ao conhecimento incompleto de certos fenómenos.

Finalmente, as representações por intervalos são utilizadas quando a única informação existente acerca de um atributo se refere aos limites entre os quais o seu valor se deverá situar. Tipicamente, esta representação corresponde à formalização de expressões como "o preço deste edifício situa-se entre os 200 e os 250 milhões de escudos", o que pode ser indicado por [200, 250].

### 2.3.1. Breve Referência à Teoria dos Conjuntos Imprecisos

A Teoria dos Conjuntos Imprecisos permite modelizar a informação do tipo impreciso ou incerto, não probabilístico. Nesta teoria, extensão da teoria clássica dos conjuntos, considera-se que o grau de pertença de um elemento a um conjunto pode ter não só os tradicionais valores 0 ou 1, como qualquer valor intermédio, que indica que o elemento é parcialmente compatível com o conceito associado ao conjunto.

Definição: Conjunto impreciso

Um conjunto impreciso  $\tilde{A}$  é caracterizado por uma função de pertença  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  que indica, para cada um dos elementos  $x$  de um conjunto  $X$  de suporte, o grau de compatibilidade de  $x$  com o conceito associado a  $\tilde{A}$ :

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X\} \quad (4)$$

onde  $\mu_{\tilde{A}}: \mathfrak{X} \rightarrow [0, 1]$ .

Este tipo de representações é especialmente adequado para modelizar, com rigor, dados qualitativos e subjectivos tais como conceitos de "bom", "mau", "grande", "pequeno", "alto", etc.

Por exemplo, o conceito "alto" pode ser representado pelo conjunto impreciso  $\tilde{O}$ , cuja função de pertença se mostra a seguir. Como se pode ver, uma pessoa com menos de um metro de altura não é alta de modo algum. Se tiver 1,75 m, então é parcialmente alta (com um grau de 0.5). A partir de 1.9 m, pode ser considerada totalmente alta.

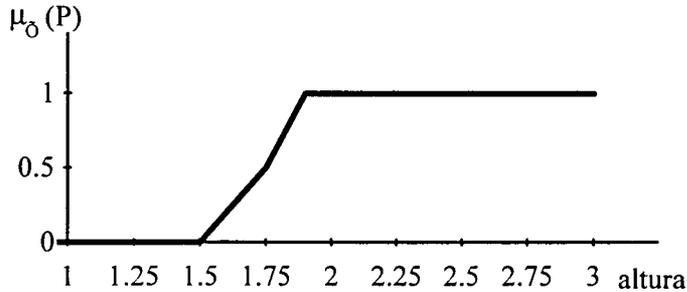


Figura 3 - O conceito "alto" como uma função de pertença da altura ao conjunto  $\tilde{O}$

Descrevem-se a seguir as principais operações sobre conjuntos imprecisos, na sua forma original (cf. Zadeh, 1978). Existem operadores alternativos aos que se apresentam, que podem ser vistos, por exemplo, em Zimmermann (1985). Repare-se que as operações indicadas são válidas para conjuntos rígidos.

### *Operações sobre conjuntos imprecisos*

#### Definição: Reunião

A reunião de dois conjuntos imprecisos,  $\tilde{A}$  e  $\tilde{B}$ , corresponde ao seguinte conjunto impreciso:

$$\tilde{A} \cup \tilde{B} = \{(x, \mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x)) \mid x \in X, \mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \max(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))\} \quad (5)$$

#### Definição: Intersecção

Dados dois conjuntos imprecisos,  $\tilde{A}$  e  $\tilde{B}$ , a sua intersecção dá origem ao seguinte conjunto impreciso:

$$\tilde{A} \cap \tilde{B} = \{(x, \mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x)) \mid x \in X, \mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))\} \quad (6)$$

#### Definição: Complemento de um conjunto impreciso

O complemento do conjunto impreciso  $\tilde{A}$  é definido da seguinte maneira:

$$C\tilde{A} = \{(x, \mu_{C\tilde{A}}(x)) \mid x \in X, \mu_{C\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x)\} \quad (7)$$

### Definição: Corte de nível $\alpha$ de um conjunto impreciso

O corte de nível  $\alpha$  do conjunto  $\tilde{A}$  é o conjunto  $A_\alpha$  dos elementos que pertencem a  $\tilde{A}$  com um grau de pertença maior ou igual a  $\alpha$ :

$$A_\alpha = \{(x \in X) \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \quad (8)$$

Das múltiplas formas que os conjuntos imprecisos podem tomar, as mais populares são as formas trapezoidal e triangular (contínuas ou discretas). Existem vantagens na utilização dessas formas, pois, de um modo geral, elas preservam-se após operações com conjuntos imprecisos. O exemplo seguinte mostra uma utilização de um conjunto impreciso com forma trapezoidal.

Durante o planeamento de uma rede eléctrica pretende-se classificar a carga BT numa dada área. A informação que permitirá prever essa carga tem uma componente qualitativa e vaga muito grande. A um engenheiro de planeamento pode ser fornecida informação como "Prevê-se que a população que aqui se vai instalar consuma com uma potência média entre 500 e 700 kW por cada área elementar. Contudo, há alguma possibilidade de ser construída uma zona industrial com alimentação MT, pelo que a média BT pode diminuir até aos 450 kW. Existe ainda a hipótese de se dar uma explosão da construção nessa área, o que aumentaria o referido valor para os 800 kW".

Uma maneira de representar essa carga é através de um número impreciso, tal como na figura 4. A área de estudo inclui 20 áreas elementares. Cada ponto da curva faz corresponder a uma dada carga a possibilidade de ela vir a ser realmente a carga BT total da área, ou seja, é o grau de pertença de cada valor da potência ao conjunto impreciso "carga total da área".

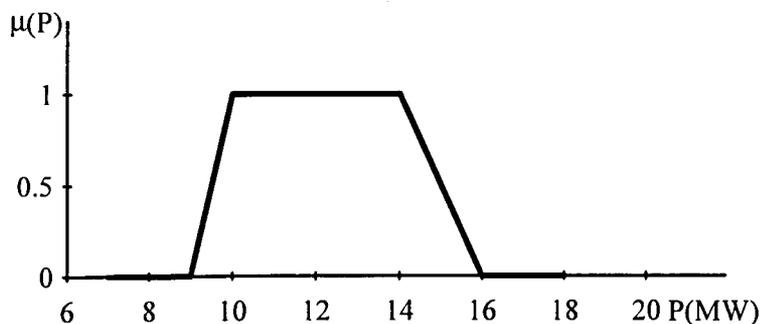


Figura 4 - Representação de uma carga imprecisa por um número trapezoidal

Chen e Hwang (1992) descrevem as representações mais utilizadas para modelizar conceitos imprecisos, devidas a vários autores. Apresentam também um método novo que, na fase de modelização, reúne algumas das características das outras representações por eles descritas, e que pretendem que seja uma sistematização para as modelizações de termos linguísticos em números imprecisos. Essencialmente, apresentam oito escalas diferentes, respectivamente com 2, 3, 5, 5, 6, 7, 9 e 11 valores imprecisos possíveis, representando diversos graus de intensidade dos valores de um atributo. As primeiras servem para modelizar avaliações linguísticas simples, as

últimas para avaliações mais pormenorizadas. Na figura seguinte mostram-se a escala com 2 valores e uma das escalas com 5 valores:

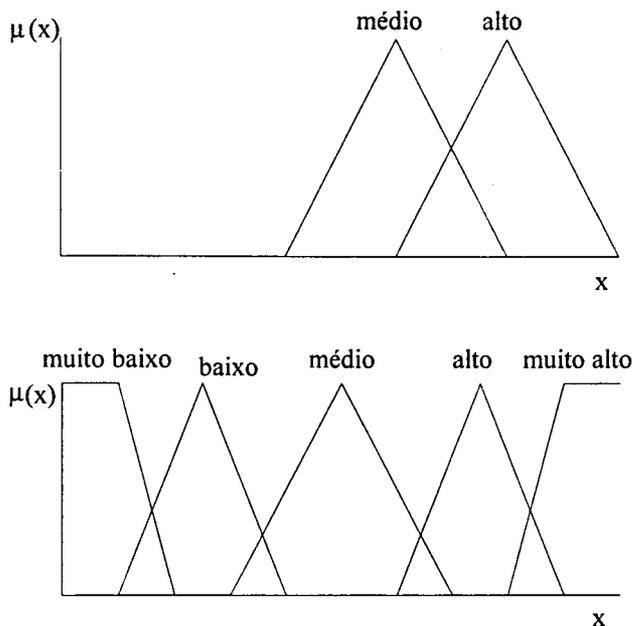


Figura 5 - Escalas possíveis para representar conceitos subjectivos

A figura mostra que um mesmo termo pode ter representações diferentes, conforme a escala, o que evidencia julgamentos diferentes em contextos diferentes, mesmo quando o AD utiliza o mesmo termo. Por outro lado, apesar de existirem duas escalas com 5 valores, os 5 termos linguísticos não são iguais nas duas escalas.

O processo de modelização consiste em analisar os termos utilizados pelo AD nos seus julgamentos dos valores dos atributos e encontrar a escala apropriada que contenha esses termos. É possível utilizar este método em muitas situações, tais como o julgamento sobre a fiabilidade de um aparelho ("muito fiável", "pouco fiável", etc.), o custo de um projecto ("barato", "extremamente caro", etc.). O número possível de valores, entre 2 e 11, está aproximadamente dentro da gama de julgamentos que um AD pode realizar, menor que a dezena, segundo Miller (1956).

### 2.3.2. Aquisição de Dados

Até aqui, fez-se referência às várias formas de representação dos atributos. Existe ainda outra divisão possível para os atributos da matriz de decisão, relacionada com a maneira como esses atributos são obtidos.

Por um lado, existem valores que são obtidos directamente (por exemplo, o custo de um projecto ou o prazo de execução do mesmo). Por outro, existem atributos cuja classificação advém de um julgamento. Encontram-se nesta classe os atributos mérito do projecto, satisfação de objectivos estratégicos, etc.

Alguns atributos são naturalmente directos e outros são naturalmente julgamentos. Em alguns casos, ambas as hipóteses são possíveis.

A classificação de um aluno pode resultar de um julgamento qualitativo (tendo em conta factores como a participação nas aulas, a aquisição de conhecimentos, etc.) ou ser directa (por exemplo, a média das classificações dos testes do período escolar).

No ensino secundário, a avaliação que é feita aos alunos tem estas duas componentes. Já no ensino superior, é utilizada mais frequentemente a avaliação directa de exames e trabalhos.

Certos casos existem em que a decisão entre usar atributos directos ou julgamentos é decidida por especialistas na área referente a esse atributo.

Isso acontece, por exemplo, em concursos públicos, onde a entidade pública contratante pode nomear um grupo técnico, responsável pela classificação nos critérios técnicos, que se pode ter, igualmente, a responsabilidade de pronunciar-se sobre o melhor tipo de classificação para esses critérios. Neste caso, os responsáveis pelo grupo técnico poderão decidir que, em certas situações, é possível conseguir os atributos directamente através de medições de grandezas, enquanto que noutras situações somente poderão ser elaborados pareceres (ou julgamentos).

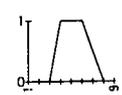
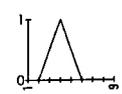
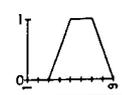
Em relação aos atributos determinados directamente, serão representados por valores numéricos. No outro tipo de situações, os atributos serão qualitativos, quer sob a forma ordinal, quer sob a forma de expressões linguísticas, quer ainda sob a forma de intervalos de valores.

### 2.3.3. Resultados

Após a classificação de cada alternativa relativamente a cada critério, pode construir-se a matriz *MD* representando os valores de todos os atributos. Esta representação pode incluir atributos só de um tipo ou de vários tipos. Eventualmente, pode haver problemas onde todos os tipos estão representados na matriz.

Mostra-se a seguir uma possibilidade para *MD*. O primeiro atributo das alternativas é quantitativo, o segundo é representado por números imprecisos, o terceiro por expressões linguísticas, o quarto por valores ordinais e o quinto por distribuições de probabilidade (neste caso, a distribuição normal).

Tabela 2 - Matriz de decisão com vários tipos de atributos

33.5		médio	2º	N (7; 0.1)
448.9		bom	1º	N (6; 1)
295.0		bom	3º	N (7; 1.5)

## 2.4. Processamento

Nas secções seguintes, abordam-se as transformações a que são sujeitos os dados obtidos. Qualquer dos processos indicados pode ser usado, ou não, numa situação específica. No entanto, para facilidade de exposição, supôs-se uma aplicação sequencial de todas as técnicas.

### 2.4.1. Quantificação e pesos de importância relativa

Uma vez obtida a matriz  $MD$ , que pode apresentar qualquer combinação de valores numéricos, ordinais e qualitativos, certos autores defendem a transformação dos valores dos atributos ordinais e qualitativos para representações quantitativas, com o propósito de se tornarem operáveis. O género de transformação a que o analista pode proceder depende do método que o AD deseje utilizar posteriormente para tratar os dados. Contudo, simultaneamente ao ganho em operacionalidade, há uma perda do significado inicial dos valores dos atributos.

Um exemplo de perda de significado é o da transformação de uma escala com expressões linguísticas para uma escala quantitativa, utilizada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, nos anos após o 25 de Abril. Nessa altura, os alunos eram classificados qualitativamente com A (alunos com capacidade demonstrada de extrapolação), B (alunos satisfazendo com segurança os objectivos da disciplina), C (alunos que satisfaziam os objectivos mínimos da disciplina) ou D (alunos reprovados). Mais tarde, por imperativos de concurso público envolvendo licenciados em várias universidades, o Ministério da Educação decretou a correspondência numérica a 18, 14, 10 ou reprovado, respectivamente. A agregação dos níveis, que podia ser feita com regras conduzindo a um perfil, foi substituída pela média dos valores atribuídos, com uma perda de informação razoável.

Assim, os elementos  $z_{i,j}$  podem ser transformados nos elementos  $y_{i,j}$ , através de uma operação de quantificação genérica *Quantif()*:

$$y_{i,j} = \text{Quantif}(z_{i,j})$$

Em Saaty (1986) encontra-se descrita uma escala desenvolvida para modelizar a intensidade da prioridade entre pares de elementos (critérios ou alternativas), sendo também usual a sua utilização na modelização da preferência ou da importância entre elementos. Essa escala possui cinco valores principais - 1, 3, 5, 7 e 9 - e quatro valores intermédios - 2, 4, 6 e 8, havendo uma correspondência biunívoca a valores linguísticos principais - igualmente preferível, preferência fraca, preferência forte, preferência indiscutível e preferência absoluta, respectivamente - e valores intermédios significando níveis de preferência intermédios. Por exemplo, se uma dada alternativa é *fortemente preferível* em relação a outra, segundo um determinado critério, então isso significa que a primeira é 5 vezes preferível em relação à segunda.

O processo usado por Saaty consiste na construção de uma matriz que inclui as referidas relações para todos os pares possíveis de elementos. Mostra-se a seguir uma matriz desse tipo, neste caso com as relações de prioridade entre as alternativas  $z_1$ ,  $z_2$  e  $z_3$ .

$$W = \begin{bmatrix} 1 & w_{1,2} & w_{1,3} \\ & 1 & \\ & & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

A coerência dos julgamentos exige, evidentemente, que  $w_{ij} = 1/w_{j,i}$ , mas também que  $w_{i,k} = w_{i,j} \cdot w_{j,k}$ . Habitualmente, esta segunda condição não é respeitada completamente, o que torna necessário um processo de ajustamento que produz uma matriz consistente, compatível com os julgamentos anteriores. O ajustamento pode ser feito a partir do cálculo dos valores próprios da matriz  $W$ , ou, mais simplesmente (embora de forma aproximada), a partir do seguinte procedimento, descrito através de um exemplo:

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1/2 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 6/11 & 4/7 & 3/6 \\ 3/11 & 2/7 & 2/6 \\ 2/11 & 1/7 & 1/6 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1.617 \\ 0.892 \\ 0.491 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0.539 \\ 0.297 \\ 0.164 \end{bmatrix}$$

A matriz inicial do exemplo é a matriz com as relações entre pares de elementos. Como se vê, a matriz não é coerente, senão deveria ser  $w_{1,3} = 4$ . O procedimento é iniciado com uma normalização da matriz, segundo cada coluna, que dá origem à segunda matriz. São depois somados os valores de cada linha, resultando a terceira matriz. Esta contém as prioridades das alternativas  $z_i$ . Depois de normalizadas, essas prioridades transformam-se nos valores  $w_i$  da última matriz. Com estes valores, é possível construir a matriz coerente, tendo em conta que  $w_{ij} = w_i/w_j$ .

Quando se trata de julgamentos de importância relativa entre critérios, os valores das prioridades constituem um conjunto de pesos normalizados, utilizável nos métodos que deles necessitem.

Bana e Costa et al. (1994) desenvolveram o método MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), onde apresentam uma escala semântica com três valores (ou categorias) fundamentais para exprimir a preferência - fraca, forte e extrema - e três valores intermédios - muito fraca, moderada e muito forte. Esta escala difere da de Saaty nos seguintes pontos:

- Os valores exprimem *diferenças* de preferência, enquanto na escala de Saaty significavam *relações* entre preferências. Segundo os seus autores, isso permitiu a existência de uma quantificação para valores numéricos negativos, o que pode levar a uma escala bipolar, enquanto a escala de Saaty é sempre monopolar (sendo o 0 o limite natural). Assim, enquanto nesta se modelizava o conceito de prioridade, na escala bipolar podem-se modelizar conceitos opostos como atracção e repulsa, desejável e indesejável, etc.
- Na escala de Saaty a quantificação é feita por meio da associação arbitrária de *um e um só valor numérico, fixado a priori*, a cada expressão linguística. No

método MACBETH, cada categoria é associada a *um intervalo não fixado a priori*.

- O MACBETH produz um índice de incoerência que fornece sugestões para mudar os julgamentos incoerentes. O AHP não apresenta essa capacidade de aprendizagem, embora se possa calcular um índice de incoerência que dá uma ideia da qualidade global dos julgamentos e pode levar a rejeitar a matriz.

Em relação às escalas associadas a distribuições de probabilidade, a quantificação pode ser feita para cada tipo de distribuição (normal, poisson, etc.) através do valor médio, da variância, etc.

Para as escalas incluindo incerteza possibilística, o estudo realizado em Chen e Hwang (1992) mostra que, em geral, não há quantificação dos valores dos atributos, pois estes são sujeitos a operações da aritmética dos números imprecisos. Esse estudo refere mesmo que existem métodos que só tratam números imprecisos, necessitando os dados quantitativos, portanto, de serem sujeitos à operação inversa de *Quantif()*. Finalmente, Chen e Hwang descrevem um método próprio, contendo uma fase de quantificação dos valores imprecisos dos atributos e ao qual já foi feita referência na secção 2.3.1., a propósito da modelização de expressões linguísticas. Os pormenores do método estão descritos no capítulo 3.

#### 2.4.2. Normalização

A normalização surge por necessidade de relacionamento de escalas e por razões numéricas em problemas de grande dimensão.

Em relação ao primeiro caso, alguns métodos necessitam de comparar atributos correspondentes a escalas com diferentes unidades de valor, com diferentes limites, com objectivos inversos ou ainda uma mistura destas três situações. A intenção desta harmonização é permitir que as unidades de medida dos atributos deixem de ter dimensão. É possível, depois, comparar os atributos resultantes de maneira conveniente, agregar os vários atributos de uma alternativa num único valor que a represente, etc.

Por exemplo, pode haver necessidade de comparar os atributos relativos ao *preço* de um avião (expressos em milhões de contos) com os atributos relativos ao *alcance* do mesmo avião (expressos em quilómetros), ou a *fiabilidade* (que se pretende maximizar) com o *preço* (a minimizar).

No segundo caso, a normalização, ao trazer todos os valores para a mesma ordem de grandeza, evita problemas numéricos graves, resultantes de divisões por números grandes, diferenças muito menores que os valores originais, etc., habituais em problemas de grande dimensão.

A grande desvantagem da normalização consiste na perda da semântica do problema, exactamente devido à eliminação das unidades dos atributos.

Tal como foi feito para a quantificação, os valores  $y_{i,j}$  então obtidos podem nesta fase ser transformados através de uma operação genérica *Normaliz()*:

$$x_{i,j} = \text{Normaliz}(y_{i,j})$$

de onde resultam os valores  $x_{i,j}$ .

Descrevem-se, a seguir, os processos mais frequentes de normalização.

### Normalização vectorial

Esta transformação passa pela divisão de cada coluna de **MD** pela sua norma, de modo que cada novo valor vale:

$$x_{i,j} = \frac{y_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{na} y_{i,j}^2}} \quad (10)$$

Nesta transformação, existe proporcionalidade entre os valores originais e os transformados mas o mínimo e o máximo para as escalas normalizadas não são iguais em todos os critérios.

### Transformação linear de escala

Neste caso, para um critério de benefício, em que a preferência do AD cresce com  $y_{i,j}$ ,  $x_{i,j}$  vem igual a:

$$x_{i,j} = \frac{y_{i,j}}{y_{max,j}}, \quad y_{max,j} = \max_i y_{i,j} \quad (11)$$

Como se pode verificar, neste tipo de transformação existe proporcionalidade entre os valores originais e os transformados, tal como na normalização vectorial. Além disso, escalas para diferentes critérios têm o mesmo máximo, igual a 1, mas podem ter mínimos diferentes.

Para o caso de um critério de custo, em que a preferência do AD decresce com  $y_{i,j}$ , tem-se:

$$x_{i,j} = 1 - \frac{y_{i,j}}{y_{max,j}} \quad (12)$$

Neste caso, o mínimo valor dos atributos para todos os critérios é 0 mas o máximo varia para cada critério. Se forem utilizados simultaneamente critérios de custo e benefício e se se desejar os limites superiores iguais a 1 para os dois tipos de critérios, pode modificar-se a transformação referente ao critério de custo para:

$$x_{i,j} = \frac{y_{min,j}}{y_{i,j}}, \quad y_{min,j} = \min_i y_{i,j} \quad (13)$$

Se forem pretendidas escalas de 0 a 1 para os dois tipos de critérios, as transformações para os critérios benefício e custo passam a ser respectivamente:

$$x_{i,j} = \frac{y_{i,j} - y_{min,j}}{y_{max,j} - y_{min,j}} \quad (14)$$

$$x_{i,j} = \frac{y_{max,j} - y_{i,j}}{y_{max,j} - y_{min,j}} \quad (15)$$

A seguir, mostra-se uma tabela com um resumo das características dos tipos de normalização descritos:

Tabela 3 - Características dos tipos de normalização

Tipo de normalização	Critério	Fórmula de transformação	$x_{i,j}$ proporcional a $y_{i,j}$	Domínio de $x_{i,j}$
Normalização Vectorial	benefício	$x_{i,j} = \frac{y_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{na} y_{i,j}^2}}$	Sim	$\left[ \frac{y_{min,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{na} y_{i,j}^2}}, \frac{y_{max,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{na} y_{i,j}^2}} \right]$
	custo			
Transformação Linear de Escala	benefício	$x_{i,j} = \frac{y_{i,j}}{y_{max,j}}$	Sim	$\left[ \frac{y_{min,j}}{y_{max,j}}, 1 \right]$
	custo	$x_{i,j} = 1 - \frac{y_{i,j}}{y_{max,j}}$	Não	$\left[ 0, 1 - \frac{y_{min,j}}{y_{max,j}} \right]$
	custo	$x_{i,j} = \frac{y_{min,j}}{y_{i,j}}$	Não	$\left[ \frac{y_{min,j}}{y_{max,j}}, 1 \right]$
	benefício	$x_{i,j} = \frac{y_{i,j} - y_{min,j}}{y_{max,j} - y_{min,j}}$	Não	$[0, 1]$
	custo	$x_{i,j} = \frac{y_{max,j} - y_{i,j}}{y_{max,j} - y_{min,j}}$	Não	$[0, 1]$

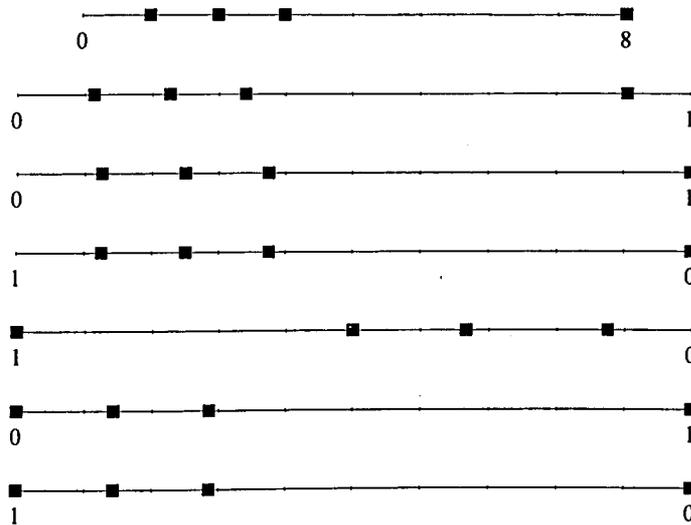


Figura 6 - Mudanças de escala, utilizando os diversos tipos de transformações

O exemplo na figura 6 mostra as mudanças de escala verificadas para os valores 1, 2, 3 e 8, utilizando todas as transformações descritas, pela ordem em que aparecem na tabela anterior:

Alguns métodos de ajuda à decisão efectuam a normalização das matrizes de decisão. Entre esses métodos contam-se, por exemplo, o ELECTRE I, o Maximin e o Maximax (veja-se o capítulo 3), cujo funcionamento depende da uniformização das escalas.

Por outro lado, se os atributos forem representados por distribuições probabilísticas, consideram-se naturalmente normalizados, visto a gama de variação para os seus valores corresponder ao intervalo [0, 1].

### 2.4.3. Agregação

O processo de agregação consiste em avaliar uma alternativa a partir dos valores individuais dos seus atributos. São possíveis dois tipos de agregação.

#### Função de valor

O método mais frequente de agregação conduzindo a uma ordem total das alternativas, baseia-se na construção de uma função de valor multiatributo, que faz corresponder a cada alternativa  $z_i$  um número real, de tal forma que:

$$z_i \succeq z_k \Leftrightarrow v(z_i) \geq v(z_k) \quad (16)$$

A função de valor pode ter as formas mais diversas. Se forem verificadas certas condições (Keeney et Raiffa, 1976) de independência em relação às preferências e de aditividade, pode usar-se a forma popular:

$$v(z_i) = \sum_{j=1}^{nc} w_j \cdot z_{i,j} \quad (17)$$

onde  $w_j$  ( $j = 1, \dots, nc$ ) são os pesos de importância relativa dos critérios (incluindo factores de escala).

Obviamente, a expressão (17) só pode ser usada se forem verificadas as condições de aplicabilidade, o que nem sempre acontece, devido à atracção que a simplicidade do método exerce.

A obtenção dos parâmetros  $w_j$  segue também regras que podem ser vistas em (Keeney et Raiffa, 1976), embora seja mais frequente o pedido directo dos valores ao AD, ou o recurso a processos como o de Saaty (ver secção 2.4.1.).

Chen et Hwang (1992) e Zimmermann (1987) descrevem variados métodos, próprios de ambientes imprecisos, em que o processo de agregação das alternativas se traduz em fórmulas com operações sobre números imprecisos ou operações sobre valores numéricos (resultando estes da quantificação de números imprecisos), usando conceitos semelhantes aos descritos nos parágrafos anteriores.

### Agregação por regras

Este segundo tipo consiste na utilização de regras para produzir avaliações globais a partir de resultados parciais. Um caso clássico deste tipo de agregação é o utilizado pelo método ELECTRE IV, onde a existência, ou não, de uma relação de subordinação forte entre duas alternativas, decorre da seguinte regra:

$$z_a SF z_b \text{ sse} \\ (\sim z_{b,i} P z_{a,i}, \forall i) \wedge \left[ \#(i: z_{b,i} Q z_{a,i}) \leq \#(j: z_{a,j} P z_{b,j} \vee z_{a,j} Q z_{b,j}) \right] \quad (18)$$

onde  $P$  e  $Q$  significam preferência forte e fraca, respectivamente. Esta regra indica que para existir uma relação de subordinação forte de  $z_a$  sobre  $z_b$ , é necessário que não exista preferência forte de  $z_b$  sobre  $z_a$  em nenhum dos critérios e que o número de critérios onde haja preferência fraca de  $z_b$  sobre  $z_a$  seja menor que o número de critérios onde haja preferência fraca ou forte de  $z_a$  sobre  $z_b$ . Neste momento não são importantes os significados de preferência fraca e forte, que são explicados em local próprio (ver secção 2.5.).

Em geral, portanto, a agregação por regras pode fornecer pré-ordens ou ordenações globais das alternativas, mas também pode fornecer um valor agregado, que neste caso não resulta da aplicação de uma fórmula, mas da verificação de certas condições.

O segundo tipo de agregação pode ser sempre usado, i.e., é sempre possível estabelecer regras para tratar os valores dos atributos, quer estes sejam quantitativos, ordinais ou qualitativos.

Já em relação à agregação por fórmula, só pode ser utilizada se os valores dos atributos forem operáveis, ou seja, valores numéricos ou números imprecisos. Portanto, antes da agregação, poder-se-á ter que proceder a uma transformação dos atributos, com vista à sua operacionalização. Eventualmente, depois da agregação, pode transformar-se o resultado para o tipo inicial. Contudo é discutível a utilização da quantificação sobre certo tipo de atributos, para agregar os seus valores posteriormente.

Por exemplo, se um aluno tiver Muito Bom (valor 5) numa disciplina e Muito Fraco (valor 1) noutra disciplina, isso não significa que esse aluno deva ser avaliado globalmente com um Satisfaz (valor 3), só porque a média numérica entre 1 e 5 é 3. Isto pode estar errado pois o que aqui se tem é um aluno que é muito bom em certos assuntos e mau noutros.

Uma solução possível para a agregação dos valores de atributos, para os quais é discutível a quantificação, é a agregação por regras. Se necessária, a quantificação poderia ser realizada, mas somente após a agregação.

Por exemplo, um aluno com seis disciplinas poderia ter uma classificação de Muito Bom, desde que tivesse Muito Bom a pelo menos quatro destas. Nas restantes duas, não poderia ter menos que Bom.

## 2.5. O Agente de Decisão

A importância do AD no desenvolvimento dos processos de decisão só tem vindo a ser reconhecida recentemente. Esta evolução deve-se sobretudo ao reconhecimento da existência de situações não operacionalizáveis, onde realmente é necessário encontrar compromissos, pois não existem soluções óptimas, devido à conflitualidade dos critérios, o que implica julgamentos que só o AD pode fazer.

Cabe ao analista estruturar a informação em moldes compreensíveis ao AD, tendo a preocupação de não ultrapassar a quantidade máxima de informação processável pelo AD e maximizar o aspecto semântico dessa informação. A limitação da quantidade de informação tem que ver, por exemplo, com o número máximo de alternativas que um AD pode analisar simultaneamente, tipicamente menor que a dezena (Miller, 1956). Para ultrapassar esta dificuldade, podem utilizar-se técnicas preliminares de eliminação de alternativas (conhecidas na literatura inglesa como técnicas de "screening"), ou procedimentos de aproximação gradual da solução preferida. Em relação ao aspecto semântico, o ambiente em que se processa a relação entre o analista e o AD deverá fomentar a comunicação entre as duas partes, impondo-se definir antecipadamente regras que a propiciem, por exemplo, através da clarificação de terminologia ambígua. Este modo de relacionamento entre o AD, o analista e o problema, tem vindo a designar-se por "ajuda à decisão", ou, mais formalmente, "ajuda multicritério à decisão", para realçar o facto de que o processo se baseia na identificação dos critérios relevantes para a tomada da decisão.

Em resumo, pode dizer-se que o analista ajuda o AD a modelizar um problema, modelização essa que deverá clarificar a visão que o AD tem do problema, permitindo-lhe definir as suas linhas de acção e, em conformidade, proceder às suas decisões.

### Múltiplos agentes de decisão

É importante referir que o conjunto AD-analista nem sempre tem a mesma composição. A equipa de análise (também pode ser um só analista) pode ser constituída com o intuito de abordar todos os aspectos, ou critérios, do problema. Em problemas mais complexos, podem existir comissões dedicadas a um ou alguns aspectos particulares, por exemplo uma comissão somente para os critérios económicos, outra para os técnicos, etc. Já ao nível das decisões, a composição da equipa pode tomar uma das seguintes estruturas possíveis:

- Um único elemento ou uma equipa actuando em sintonia;
- Vários elementos com interesses não coincidentes.

A existência de vários elementos com interesses distintos é uma situação que levanta o problema da decisão em grupo. Hwang e Yoon (1981) referem na sua compilação que é possível fazer a média aritmética das preferências dos vários AD ou também uma média pesada de acordo com a influência de cada AD no grupo. Tendo como base o resumo de Matos (1988), pode dividir-se esta problemática essencialmente nos seguintes casos:

- Conflitos na selecção dos critérios de decisão;
- Conflitos nas preferências uma vez obtido acordo sobre os critérios a utilizar, tanto ao nível da importância a conferir a cada critério como no que respeita à definição operacional dos atributos;
- Caso semelhante ao segundo, sendo contudo uma questão de entendimentos diferentes de um interesse comum e não uma defesa de interesses diferentes, por parte dos AD.

### Estrutura de preferências

Os julgamentos de valor efectuados pelo AD dependem da estrutura de preferências deste. A base da modelização desta estrutura é, em muitos casos, o axioma de ordem da teoria clássica da decisão, apresentada por Van Neumann, cujos detalhes podem ser vistos em (Keeney et Raiffa, 1976):

#### O axioma de ordem

##### • Estrutura de preferências

Dadas duas alternativas  $z_a$  e  $z_b$ , ou  $z_a$  é estritamente preferida a  $z_b$  ( $z_a \succ z_b$  ou  $z_a P z_b$ ), ou  $z_b$  é estritamente preferida a  $z_a$  ( $z_b \succ z_a$  ou  $z_b P z_a$ ), ou o AD é indiferente entre as duas ( $z_a \sim z_b$  ou  $z_a I z_b$ ):

$$\forall a, b, \quad z_a \succeq z_b \vee z_b \succeq z_a \quad (19)$$

##### • Transitividade

Dadas três alternativas  $z_a$ ,  $z_b$  e  $z_c$ , se o AD prefere estritamente  $z_a$  a  $z_b$  ou é indiferente entre as duas ( $z_a \succeq z_b \Leftrightarrow (z_a \succ z_b \vee z_a \sim z_b)$ ), e se prefere estritamente  $z_b$  a  $z_c$  ou é indiferente entre as duas ( $z_b \succeq z_c$ ), então, isso implica que o AD prefere estritamente  $z_a$  a  $z_c$  ou é indiferente entre as duas ( $z_a \succeq z_c$ ).

$$\forall a, b, c, \quad z_a \succeq z_b \wedge z_b \succeq z_c \Rightarrow z_a \succeq z_c \quad (20)$$

Trabalhos conduzidos por Roy (1985) deram origem a novos conceitos utilizados em métodos como o ELECTRE e derivados (como o PROMETHÉE), conhecidos, genericamente, como a Escola Francesa ou Europeia. Esses conceitos põem em causa a transitividade e a estrutura de preferências atrás mencionada, tendo sido criada uma nova estrutura de preferências, com as seguintes quatro relações binárias:

##### • Indiferença ( $I$ )

"Corresponde à existência de razões claras e positivas que justificam uma equivalência entre duas acções.", Roy (1985).

##### • Preferência forte ( $P$ )

"Corresponde à existência de razões claras e positivas que justificam uma preferência significativa a favor de uma de duas acções.", Roy (1985).

##### • Preferência fraca ( $Q$ )

O AD prefere fracamente  $z_a$  a  $z_b$ , i.e., hesita entre  $z_a I z_b$  e  $z_a P z_b$ , mas seguramente  $z_b$  não é estritamente preferível a  $z_a$ . Esta relação pode ser pensada como uma tolerância na zona de transição entre a preferência estrita  $P$  e a indiferença  $I$ .

- Incomparabilidade ( $R$ )

Podem surgir situações em que duas alternativas são incomparáveis, por haver razões fortes tanto para preferir uma delas como para preferir a outra. Esta situação não deve ser confundida (mas muitas vezes é) com a indiferença.

Além destas quatro relações básicas, Roy sugeriu que fossem utilizados agrupamentos de algumas delas com o intuito de modelizar situações mais complexas. Entre os agrupamentos mais significativos encontram-se os seguintes:

- Não preferência ( $\sim$ )

Corresponde a uma nova interpretação do conceito de indiferença da teoria clássica, considerando-se que este incluía a indiferença e a incomparabilidade:

$$z_a \sim z_b \Leftrightarrow z_a I z_b \vee z_a R z_b \quad (21)$$

- Preferência ( $\succ$ )

Corresponde a uma nova interpretação do conceito de preferência (estrita) da teoria clássica, a partir dos conceitos de preferência forte e fraca:

$$z_a \succ z_b \Leftrightarrow z_a P z_b \vee z_a Q z_b \quad (22)$$

- Subordinação ( $S$ )

Esta nova relação corresponde à existência de argumentos suficientemente fortes para uma alternativa ser preferida estritamente a outra, ou para ser fracamente preferida à outra, ou ainda, para ser indiferente da segunda. Não é possível, contudo, distinguir entre estas três situações. É a relação fundamental dos métodos ELECTRE. Isto pode ser interpretado como "a segunda alternativa não é pior que a primeira":

$$z_a S z_b \Leftrightarrow z_a P z_b \vee z_a Q z_b \vee z_a I z_b \quad (23)$$

## 2.6. O Contexto da Decisão: Problemas Típicos

As diversas situações que o AD encontra nos processos de decisão podem ser categorizadas em problemas típicos. A formalização desses problemas típicos foi, inicialmente, realizada por Roy para três situações fundamentais, sendo depois alargada com uma quarta situação típica. A descrição dessas quatro situações, que se encontra, por exemplo, em Roy (1993), é a seguinte:

1ª - Escolha da alternativa preferida ou de um subconjunto tão restrito quanto possível que a contenha (com o intuito de realizar a escolha numa análise posterior). Esta situação está relacionada com a tradicional selecção de uma

solução óptima ou, na inexistência desta, com a selecção de uma alternativa satisfatória. Por conseguinte, os problemas de optimização estão incluídos neste tipo de situações.

- 2<sup>a</sup> - Ordenação das alternativas por ordem decrescente de prioridade (situação imposta por lei, por exemplo, nos processos de adjudicação de empreitadas de obras públicas ou escolha de candidatos para cargos públicos). As comissões que avaliam as propostas/pessoas, elaboram uma lista com os méritos dessas propostas/pessoas, por ordem decrescente, com vista à apreciação final por parte do AD.
- 3<sup>a</sup> - Afectação das alternativas a grupos característicos, i.e., grupos que reúnem alternativas que possuem características comuns. Esta situação aparece ligada à divisão das alternativas em grupos que depois poderão ser tratados de acordo com uma das outras três filosofias aqui descritas.

Uma situação deste tipo passa-se durante a avaliação de candidaturas de projectos a um financiamento, em que o AD pode pedir ao analista que lhe divida os candidatos em *bons* e *maus*, pois ele só tenciona analisar posteriormente o grupo dos bons.

- 4<sup>a</sup> - Descrição das alternativas. Nesta situação pretende-se o esclarecimento dos intervenientes no processo sobre as características das alternativas. Acontece usualmente antes das outras três situações, mas poderá também levar à resolução pretendida do problema, pois a clarificação da situação de decisão é muitas vezes suficiente para permitir ao AD tomar a decisão final.

Em muitas circunstâncias, situações complexas induzem sequências ou misturas de problemas típicos.

## 2.7. Decisões Multiatributo: Questões Básicas

As seguintes definições descrevem os conceitos utilizados em vários modelos de decisão (alguns dos quais descritos mais à frente). Recorda-se que, sem perda de generalidade, se supõe maximização em todos os atributos.

### Definição: Solução dominada

Uma solução ou alternativa  $z_d$  diz-se inferior ou dominada pela alternativa  $z_D$  sse

$$z_{d,j} \leq z_{D,j}, j = 1, \dots, nc \quad \wedge \quad z_d \neq z_D \quad (24)$$

ou, através de uma representação equivalente,  $z_D \text{ dom } z_d$ . Isto significa que os valores de todos os atributos de  $z_d$  são menores ou iguais aos valores correspondentes de  $z_D$ , devendo um deles, obrigatoriamente, ser menor. A figura 7 contém um exemplo ilustrativo.

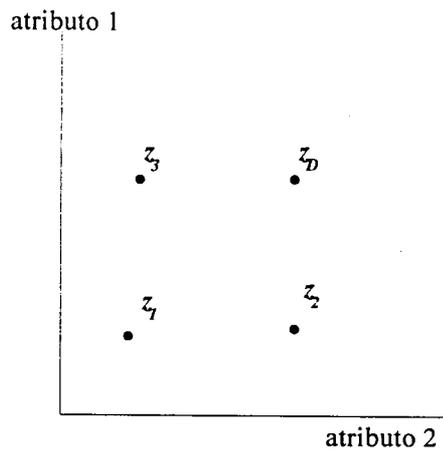


Figura 7 -  $z_D$  domina (é melhor ou igual em ambos os atributos)  $z_1$ ,  $z_2$  e  $z_3$ .

Este é um conceito central, relacionado com um procedimento que pode ser usado no início de processos de selecção e que consiste na eliminação de todas as alternativas dominadas. Isto justifica-se por não haver razão nenhuma para um AD considerar alternativas piores ou iguais sob todos os pontos de vista a uma outra alternativa. Isto permite a simplificação do problema, pois favorece a percepção que o AD tem da situação, resultante da diminuição do número de alternativas que se lhe apresentam. Contudo, nos processos públicos, é exigida uma ordenação de todas as alternativas, o que inclui as dominadas, excluindo-se, portanto, a eliminação prévia de alternativas. Além disso, uma alternativa dominada pode ser, até, a segunda preferida, se só for dominada pela primeira preferida.

Definição: Solução eficiente

Uma solução  $z_e$  diz-se eficiente, não dominada, não inferior ou óptima de Pareto, se não existe nenhuma solução admissível que a domine. (ver a figura seguinte)

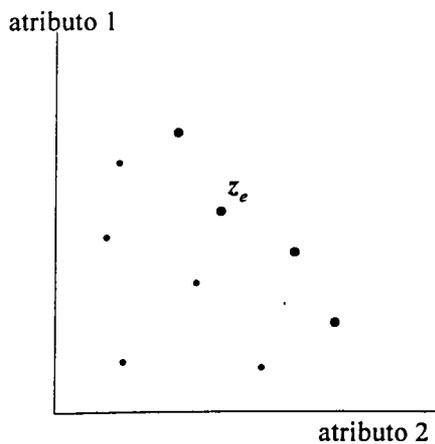


Figura 8 -  $z_e$  é alternativa eficiente (não existe nenhuma que a domine).

No caso de existir somente uma função objectivo, está-se perante um problema de optimização e não de decisão. Nos problemas multiobjectivo, a existência de várias

funções leva, muitas vezes, à obtenção final de uma zona, chamada fronteira eficiente. Esta é constituída por soluções eficientes, que não sendo as melhores segundo todos os objectivos, garantem, no entanto, que a passagem de uma solução para outra melhora algumas funções objectivo, piorando outras. É neste contexto que se impõe uma decisão por parte do AD. Além disso, perante a impossibilidade de uma análise exaustiva a todos os pontos da zona eficiente, é possível gerar-se um conjunto de pontos representativo dessa zona e sujeitá-los a uma análise multiatributo.

### Definição: Dominação convexa

Uma alternativa  $z_i$  diz-se dominada convexamente por um conjunto  $D \subset Z$  sse  $z_i$  não é dominada por nenhuma alternativa de  $D$ , mas existe uma combinação linear convexa de alternativas desse conjunto que domina  $z_i$ . A figura 9 exemplifica este conceito, mais fraco do que o de dominação.

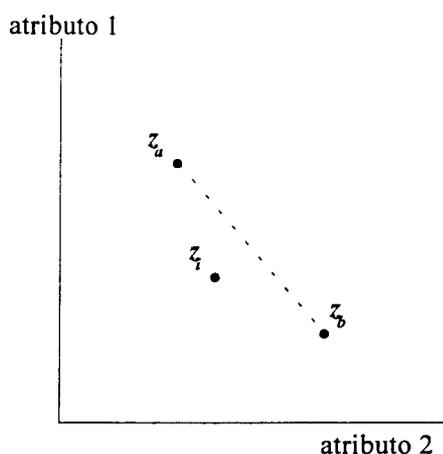


Figura 9 -  $z_i$  não é dominada por  $z_a$  nem por  $z_b$ ; no entanto é dominada convexamente por aquelas.

### Definição: Solução ideal

Solução ideal, segundo Zeleny (1982), é a alternativa fictícia formada pelos valores óptimos para cada atributo individual da matriz  $MD$ . Formalmente:

$$z_I = \left[ \max_i z_{i,1}, \dots, \max_i z_{i,nc} \right]^T \quad (25)$$

Tal como foi referido anteriormente, se essa solução existisse no conjunto das alternativas, ou, por outras palavras, se fosse admissível, não haveria decisão a tomar e estar-se-ia perante um problema operacional, neste caso trivial, já que não haveria conflito entre os vários critérios.

Certos métodos de ajuda à decisão, como o TOPSIS, utilizam técnicas de comparação das alternativas com o ideal e com outro ponto designado por anti-ideal. Estes pontos são considerados como pontos de referência e a distância a eles uma medida de satisfação, no caso do ideal, e de insatisfação, relativamente ao anti-ideal. A figura 10 mostra um exemplo destes dois pontos.

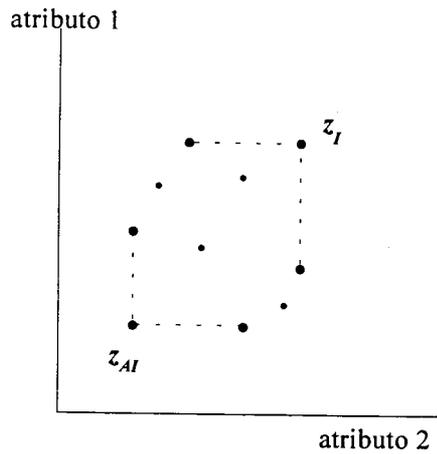


Figura 10 - O ideal  $z_I$  e o anti-ideal  $z_{AI}$ .

A distância entre duas alternativas, ou entre uma alternativa e o ideal, pode ser medida por uma métrica  $L_p$ , do seguinte modo (caso de duas alternativas  $z_a$  e  $z_b$ ):

$$L_p = \left\{ \sum_{j=1}^{nc} \left( |z_{a,j} - z_{b,j}| \right)^p \right\}^{1/p} \quad (26)$$

A variável  $p$  toma valores entre 1 e  $\infty$ , indicando o tipo de métrica utilizado. Apresentam-se a seguir alguns casos:

$p=1$  distância de Manhattan ou distância pombalina.

$p=2$  distância euclidiana.

$p=\infty$  distância de Chebyshev:  $L_\infty = \max_j |z_{a,j} - z_{b,j}|$

## 2.8. Conclusões

Neste capítulo foi feita uma apresentação do processo de decisão, desde a fase de modelização do problema, até à obtenção de soluções satisfazendo as preferências do AD. Foram descritos os ambientes onde, normalmente, existe necessidade de ajuda à decisão e mostrou-se a adequação desta para problemas multicritério, ou, no caso específico deste documento, problemas multiatributo.

Descreveram-se as questões básicas dos problemas, desde a terminologia utilizada, passando pelos conceitos relacionados com a ajuda à decisão, sem esquecer os papéis do AD e do analista em todo o processo. Neste âmbito, as noções de "critério" e "atributo" revelaram-se como fulcrais no desenrolar de todo o processo de decisão. Foi ainda feita uma descrição das várias fases do processo, fundamentando-se a necessidade, nem sempre existente, de técnicas como a quantificação, a normalização e a agregação e apontando-se potenciais utilizações nefastas destas técnicas.

Mostrou-se a necessidade de se utilizarem modelizações adequadas para os dados, tendo em conta factores como características intrínsecas dos próprios dados, a incerteza associada ao verdadeiro valor dos dados, etc. A teoria dos conjuntos imprecisos revelou-se útil neste campo, como uma boa forma de se representarem os dados e permitindo a operacionalidade dos valores obtidos.

### **3. Metodologias**

#### **3.1. Introdução**

No presente capítulo descrevem-se algumas metodologias relevantes para os processos de ajuda à decisão na selecção multicritério de projectos. Estas metodologias, e os métodos associados, encontram-se na literatura classificadas por famílias, correntes filosóficas, etc. Neste último caso, tem-se, por exemplo, a escola americana e a escola francesa ou europeia. Para o primeiro caso, pode haver, por exemplo, classificações segundo a informação requerida ao AD, i.e., se essa informação se refere ou às alternativas, ou aos atributos, segundo o tipo dos atributos, e neste caso formam-se classes de acordo com os valores dos atributos - numéricos, qualitativos, ordinais - etc. Chen e Hwang (1992) e Hwang e Yoon (1981) apresentam algumas taxonomias deste género. No presente estudo, adoptou-se uma filosofia de classificação baseada no âmbito de aplicação dos métodos, podendo haver, contudo, características comuns a mais de uma classe. Foi nesta linha de acção que se definiram cinco tipos de métodos - métodos de análise preliminar, categóricos, baseados em relações de subordinação, baseados em julgamentos e para dados imprecisos - cuja descrição é apresentada no início das secções respectivas.

No entanto, no ponto de vista que nos encontramos, que é o da ajuda à decisão na selecção de propostas, júris e concursos públicos, ressaltam certas características que indicam a adequação dos métodos para esses fins. A pesquisa bibliográfica, de metodologias, de versões de demonstração disponíveis para alguns métodos, etc., foi orientada por esta preocupação. Não pretende, portanto, ser exaustiva em relação à globalidade das metodologias para ajuda à decisão nem em relação à descrição dos métodos, a qual pode ser completada através da bibliografia indicada.

#### **3.2. Características Desejáveis das Metodologias**

Quando se escolhe uma metodologia de ajuda à decisão, é necessário que esta seja apropriada para o problema que se pretende resolver. No caso dos problemas de selecção de projectos, estes exigem que sejam cumpridos certos requisitos, que se descrevem a seguir:

- Eficiência: relaciona-se com a performance do método nos problemas que se propõe resolver, i.e., se é capaz de obter soluções numa grande gama de situações.
- Simplicidade: os vários passos do método têm de ser fáceis de perceber, quer do ponto de vista do AD, quer de outros agentes que se interessem pelo processo; isto tem que ver, nomeadamente, com o número e tipo de parâmetros pedidos ao AD.

- **Robustez:** insensibilidade dos resultados à variação de parâmetros subjectivos como, por exemplo, os pesos. Esta característica está inversamente relacionada com a exposição à crítica a que os resultados ficam sujeitos.
- **Clareza:** relaciona-se com o pragmatismo dos resultados, ou seja, se estes são fáceis de usar, ou se levam a acções passíveis de serem executadas.
- **Transparência:** está, em geral, mais condicionada pelo processo global de decisão do que pelo método em si. Tem que ver com a disponibilização de informação sobre dados, parâmetros, métodos, etc.

### 3.3. Métodos

#### 3.3.1. Análise preliminar

Estes métodos, também chamados de "screening", permitem a redução do número de alternativas, com vista a um estudo posterior mais aprofundado. Para além dos clássicos, que aqui se referem, no capítulo 4 descrevem-se dois novos métodos que se adequam a esta situação.

#### Dominação

##### *Descrição*

Não é propriamente um método mas antes uma técnica, com origens na resolução dos problemas multiobjectivo. Consiste na eliminação de todas as alternativas não dominadas.

Uma hipótese de procedimento é a seguinte: criam-se duas listas de alternativas, a lista 1 com as não dominadas e a lista 2 com as alternativas ainda por analisar. O processo consiste em comparar cada alternativa da segunda lista com todas as da primeira. Se a alternativa for dominada por alguma da lista 2, então é rejeitada. Se não, passa a fazer parte da lista 1. Isto é repetido até a lista 2 ficar vazia. Evidentemente, a primeira comparação a realizar, deverá ser entre duas alternativas da lista 2, visto a 1 estar inicialmente vazia.

Alternativamente, é possível verificar a dominação mútua de todos os pares de alternativas, de maneira a estabelecer uma pré-ordem parcial. Uma forma possível de registar esses resultados é construir uma matriz  $D(na \times na)$ , com  $d_{ij}=1$  se  $z_i \text{ dom } z_j$  e  $d_{ij}=0$  nos restantes casos (Bana e Costa e Dinis das Neves, 1989).

##### *Eficiência*

Este processo corresponde, na pior hipótese, a  $(na^2-na)/2$  comparações. Se houver bastantes alternativas e critérios, o processo pode ser demorado. Além disso, e tal como referido no capítulo 2, a eliminação prematura de alternativas dominadas não considera o facto de, algumas vezes, elas serem preferidas em relação a outras alternativas eficientes.

### *Contexto*

Eliminação preliminar de alternativas, de modo a facilitar o estudo posterior das restantes.

### *Simplicidade, robustez, transparência e clareza*

É um método fácil de perceber e cujos resultados não oferecem dúvidas. Não necessita de informação do AD.

## Métodos Conjuntivo e Disjuntivo

### *Descrição*

O método conjuntivo é usado na eliminação de alternativas que simultaneamente possuam valores para os atributos piores que determinados limiares rígidos pré-definidos, um para cada atributo. Corresponde, portanto, a estabelecer valores de corte, e a eliminar as alternativas em que pelo menos um atributo possui um valor pior que o nível de corte correspondente.

Já o método disjuntivo é adequado nas situações onde se pretenda seleccionar somente alternativas com alguns dos atributos possuindo valores excepcionais, sendo irrelevantes os valores dos outros atributos. Operacionalmente, isso corresponde a definir valores de corte para cada atributo, e a aceitar qualquer alternativa com pelo menos um atributo com valor melhor que o valor de corte correspondente.

### *Eficiência*

No método conjuntivo, quando uma alternativa é rejeitada devido a um atributo com valor abaixo do limiar respectivo, o método não considera os valores dos outros atributos, mesmo que sejam muito bons. É, portanto, um método não compensatório. No capítulo 4 descreve-se uma modificação deste método, onde os limiares de aceitação passam a ser imprecisos, o que permite ultrapassar esta dificuldade.

### *Contexto*

O primeiro método é utilizado em fases preliminares dos processos de decisão, com o objectivo de dividir o universo das alternativas em aceitáveis e não aceitáveis. O grupo das aceitáveis passará depois a uma fase posterior, para ser sujeito a um estudo mais elaborado. Este contexto e o problema da eficiência, permitem defender a utilização de limiares baixos para os atributos.

O segundo método insere-se em situações onde, tipicamente, o AD pode exprimir a sua preferência com frases como "só quero ver as propostas muito baratas ou com prazos muito curtos", indicando de uma maneira clara quais os atributos que acha significantes para o processo de decisão.

### *Simplicidade e Clareza*

Utilização fácil, no caso dos atributos serem do tipo numérico ou ordinal. O AD tem de fornecer os limiares de corte. Não necessita de fornecer pesos para os atributos.

### *Robustez*

Os resultados obtidos pelo método conjuntivo podem facilmente ficar expostos à crítica, na medida em que uma alternativa pode ser rejeitada simplesmente por uma diferença insignificante num dos atributos, mesmo sendo excelente nos outros.

### *Transparência*

Os limiares devem ser definidos antecipadamente, para não se correr o risco dessa decisão ser influenciada pelo conhecimento das alternativas.

## 3.3.2. Procedimentos Categóricos

Estes métodos estabelecem de maneira categórica os procedimentos de agregação, sem qualquer intervenção do AD. São simples e fáceis de usar, mas ignoram muita informação, incluindo a que respeita a preferências.

### Maximin e Maximax

#### *Descrição*

São métodos onde as alternativas são representadas pelos seus piores atributos (Maximin) ou melhores atributos (Maximax). Para utilizar estes métodos é necessário que as escalas sejam comparáveis, i.e., que haja uma prévia normalização. Depois de aplicado o princípio do método, a escolha ou ordenação são triviais.

#### *Eficiência*

Não utilizam toda a informação disponível, sendo desprezados *nc-1* atributos. Desse ponto de vista, não são muito adequados para problemas multicritério, sendo mais frequentes na análise de cenários. Por exemplo, no caso do Maximin, a não utilização de todos os atributos pode levar à rejeição de uma alternativa que, não tendo o melhor dos piores atributos, tem todos os outros melhores, podendo constituir uma solução alternativa, como se pode verificar na tabela seguinte, onde as alternativas  $a_1$ ,  $a_2$  e  $a_3$  são representadas pelos atributos de valor 0.3, 0.2 e 0.2, respectivamente (supõe-se maximização). Contudo, apesar do pior atributo de  $a_2$  ser inferior ao de  $a_1$ , todos os outros são melhores. No entanto, de acordo com o método,  $a_1$  é que seria escolhida.

Tabela 4 - Representação das alternativas pelo pior atributo

	$c_1$	$c_2$	$c_3$
$a_1$	0.3	0.4	0.4
$a_2$	0.2	1.0	1.0
$a_3$	0.7	0.9	0.2

### *Contexto*

Obtenção de soluções em ambientes pessimistas (Maximin) ou otimistas (Maximax), na medida em que só se tem em conta as piores (Maximin) ou melhores (Maximax) características das alternativas.

### *Simplicidade e Clareza*

É um método fácil de usar, com resultados claros. Não é pedida informação ao AD.

### *Robustez e Transparência*

Não é possível influenciar os resultados por variação de parâmetros, quer do próprio problema, quer exteriores ao problema.

## Método Lexicográfico e Semiordem Lexicográfica

### *Descrição*

O método lexicográfico é utilizado quando está definida uma ordem de importância dos critérios, sendo escolhida a alternativa com o melhor valor do atributo correspondente ao critério mais importante. Em caso de empate no primeiro lugar, será escolhida a melhor, de acordo com o segundo atributo mais importante, e assim por diante.

A semiordem lexicográfica estabelece zonas de indiferença para pequenas diferenças nos atributos mais importantes, funcionando, no entanto, de modo análogo à ordem lexicográfica.

### *Eficiência*

No método lexicográfico, uma alternativa pode ser rejeitada por uma diferença insignificante num atributo, mesmo que todos os outros atributos sejam melhores. A semiordem lexicográfica diminui esse problema, na medida em que não considera relevantes pequenas diferenças entre os valores de um atributo, aquando da comparação entre alternativas. Um problema deste último método consiste no aparecimento de escolhas intransitivas.

Por exemplo, imagine-se a situação da tabela 5, onde se supõe minimização, e onde o atributo mais importante é  $c_1$ . Defina-se que diferenças não maiores que 2 não são relevantes na escolha da solução. Então  $a_3$  é preferível a  $a_2$ , porque a diferença entre atributos é desprezável, segundo  $c_1$ , mas é favorável a  $a_3$ , segundo  $c_2$ . Pelas mesmas razões,  $a_2$  é preferível a  $a_1$ . Contudo,  $a_1$  é preferível a  $a_3$ , o que conduz a uma situação de intransitividade.

Tabela 5 - Semiordem lexicográfica intransitiva

	$c_1$	$c_2$
$a_1$	2	7
$a_2$	4	4
$a_3$	6	1

A outra questão que se põe em relação à eficiência é que ambos os métodos requerem somente a utilização de parte da informação, podendo mesmo só ser preciso um dos atributos.

### *Contexto*

A situação típica de utilização deste método é a ordenação de uma lista extensa, com valores repetidos e uma clara hierarquia nos critérios. É um dos critérios que é possível aplicar em concursos públicos, de acordo com o art. 70º do Decreto-Lei nº 55/95, de 29 de Março.

### *Simplicidade*

O AD necessita de definir a ordem de importância dos critérios e, eventualmente, os intervalos de indiferença.

Se os atributos forem do tipo numérico ou ordinal, é fácil proceder à comparação dos atributos. No caso de atributos modelizados com números imprecisos, podem usar-se regras de ordenação como as apresentadas por Zimmermann (1987).

### *Robustez*

Um problema que se põe, a propósito da robustez, é o da definição do intervalo de indiferença, para o método da semiordem; para o exemplo da tabela 5, se se tomasse um intervalo unitário para o valor do atributo relativo a  $c_1$ , então a escolha recaía em  $a_1$ , sem haver necessidade de se passar ao outro critério, e ultrapassando o problema das intransitividades.

O outro problema é o da definição do critério mais importante; no caso da tabela 5, se se adoptasse o critério  $c_2$  como decisivo, então a solução já seria  $a_3$ .

### *Clareza*

Não existem dúvidas quanto aos resultados, salvo se for encontrada uma situação que apresente intransitividades.

### *Transparência*

A ordem hierárquica dos critérios tem de ser inquestionável, sob pena de gerar controvérsia. No caso da semiordem, os valores dos intervalos de indiferença devem ser estabelecidos antes de conhecidas as alternativas.

## Método de Atribuição Linear

### *Descrição*

Este método baseia-se na ordenação global das alternativas a partir das ordenações parciais destas de acordo com cada critério. Pode imaginar-se este método como um campeonato com várias competições, em que a pontuação das alternativas em cada competição corresponde à sua classificação em cada critério (1 para o primeiro lugar, 2 para o segundo, etc.). A classificação final de uma alternativa (a sua pontuação no fim do campeonato) é a soma das várias pontuações. A alternativa que ganha, i.e., a preferida pelo AD, é a que tiver a menor pontuação.

Existe uma modificação deste método para incluir pesos, que leva à construção de uma matriz  $\pi$ , quadrada, em que cada valor  $\pi_{ij}$  representa a soma dos pesos relativos aos critérios nos quais a alternativa  $i$  fica em  $j$ -ésimo lugar. O valor de  $\pi_{ij}$  pode ser interpretado como a adequação daquela alternativa ao lugar  $j$  da classificação final. A pesquisa da solução que maximiza a adequação global de todas as alternativas é feita por um algoritmo de atribuição linear.

#### *Eficiência*

Tal como outros métodos que partem de atributos ordinais, não há compensação, ou seja, consideram-se iguais as diferenças entre primeira e segunda, segunda e terceira, etc., na ordenação das alternativas em cada critério. Dito doutra maneira, sabe-se que um atributo é melhor que outro, mas não se sabe quanto. Isto pode conduzir a situações muito injustas.

Na variante com pesos, é fornecida uma medida simultânea para a inadequação da solução encontrada, isto é, o erro inerente a essa solução. Para uma alternativa, este erro medir-se-ia em função das diferenças entre os seus lugares nas classificações parciais e o lugar na classificação global.

#### *Contexto*

Pode-se aplicar em processos onde não haja capacidade técnica, económica, etc., para discriminar qualitativa ou quantitativamente os atributos das alternativas. Por exemplo, num concurso público, pode não ser possível quantificar o impacto ambiental das várias propostas que concorrem, mas será sempre preferível usar uma medida qualitativa a usar uma mera ordenação.

#### *Simplicidade e Clareza*

O método é simples de perceber e os resultados claros.

#### *Robustez*

Apesar da versão básica ser robusta, a inclusão de pesos pode levar a que o resultado seja sensível a uma variação destes.

#### *Transparência*

A utilização de ordenações, em vez de valorizações, esconde muito mais do que o que mostra, pelo que é de evitar. No que respeita aos pesos, ver comentários anteriores.

### **3.3.3. Métodos Baseados em Funções de Valor Aditivas**

Nestes métodos utiliza-se o conceito de função de valor aditiva, referido no capítulo 2, em versões simples, em que é suposta satisfeita a condição de aditividade. Para além do Método Aditivo Simples, incluem-se métodos em que a função de valor é definida com base no conceito de ideal.

## Método Aditivo Simples

### *Descrição*

Baseia-se na agregação dos valores dos atributos de cada alternativa por uma fórmula linear, sendo o valor de cada um dos atributos pesado de acordo com a preferência do AD:

$$v(z_i) = \sum_{j=1}^{nc} w_j \cdot z_{i,j} \quad (27)$$

Como se explicou na secção 2.4.3., poderá haver uma normalização prévia, e então os pesos reflectem a importância relativa dos critérios, ou os pesos incluem implicitamente um factor de escala, deixando de ter relação directa com aquela importância relativa. O resultado é uma ordem total das alternativas, segundo o seu valor agregado.

É um método muito popular, nomeadamente em concursos e júris.

### *Eficiência*

Em teoria, a aplicação do método exige a verificação do pressuposto de que os valores de compensação são constantes em relação aos valores dos atributos. Esta necessidade já tinha sido referida no capítulo 2, quando foi introduzida a noção de valor de compensação. No caso da independência relativa aos valores dos atributos e para um espaço a dois atributos, o valor de compensação  $\lambda$  é

$$\lambda = \frac{w_1}{w_2} \quad (28)$$

onde  $w_i$  é o peso do atributo  $i$ . Isto significa que, partindo de uma alternativa  $z_1$ , a variação de  $\Delta$  no valor do primeiro atributo (por exemplo) é compensada por uma variação  $-\lambda \cdot \Delta$  no valor do segundo, obtendo-se uma alternativa indiferente  $z_2$  ou seja,

$$w_1 z_{1,1} + w_2 z_{1,2} = w_1 (z_{1,1} + \Delta) + w_2 (z_{1,2} - \lambda \Delta) \quad (29)$$

Na prática corrente, raras vezes são verificadas as condições de independência preferencial e o método é utilizado com alguma "ingenuidade", dada a simplicidade da sua formulação, e o facto de ser sempre aplicável do ponto de vista operacional.

É fácil provar que qualquer combinação linear para os pesos dos atributos nunca levará à escolha de uma alternativa dominada convexamente como a melhor alternativa, apesar desta poder representar uma boa solução de compromisso. Conclui-se assim que os métodos baseados em funções de valor lineares, como este, vulgarmente designados por métodos baseados em pesos, excluem completamente alternativas com as características daquela. Para ilustrar este problema, apresenta-se o exemplo seguinte:

Seja um processo relativo a uma empreitada de obras pública, que para simplificar se supõe somente com 3 propostas  $z_a$ ,  $z_b$  e  $z_c$ , num espaço de 2 atributos: custo e prazo de execução da referida empreitada. Obviamente, pretende-se minimizar estes 2 atributos.

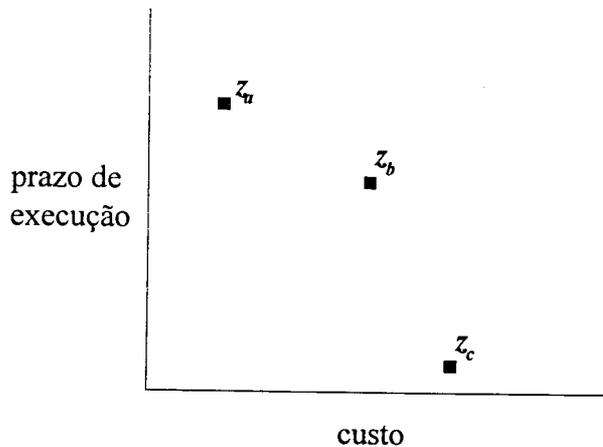


Figura 11 -  $z_b$ , dominada convexamente por  $z_a$  e  $z_c$ , nunca é escolhida pelo método

De acordo com a definição de dominação convexa apresentada na secção 2.8., e dado que o problema agora é de minimização,  $z_b$  é dominada por uma combinação linear convexa de  $z_a$  e  $z_c$ , embora nenhuma destas duas domine  $z_b$ . Contudo, esta nunca será escolhida por este método.

### *Contexto*

Qualquer processo onde os valores dos atributos sejam quantitativos. Mais adiante se verá a adaptação de Baas e Kwakernaak (cf. Chen e Hwang, 1992) para atributos representados por distribuições de possibilidade.

### *Simplicidade e Clareza*

A simplicidade do método e a clareza dos resultados tornam-no um dos mais conhecidos e usados, sendo habitualmente incluído nos processos relativos a concursos públicos e júris.

### *Robustez*

A variação dos pesos pode levar à mudança da solução, o que aconselha recorrer a estudos de sensibilidade. Desse ponto de vista, pode ser feito um mapeamento das soluções no espaço dos pesos. Isto corresponde à divisão deste espaço num número de zonas igual ao número de soluções possíveis. Em cada uma dessas zonas, qualquer variação dos pesos não faz mudar a solução. Uma solução, obtida pelo método aditivo simples, que conduza a um ponto no limiar de uma zona, é potencialmente criticável: basta que certas circunstâncias forcem uma mudança de pesos, para se obter uma solução diferente.

Além da análise do espaço dos pesos, outra possibilidade é a utilização de métodos automáticos de obtenção de pesos a partir da *MD*. Hwang e Yoon (1981) apresentam quatro métodos para este efeito. Destes, o método LINMAP, que é apresentado mais adiante, permite o cálculo de pesos a partir de julgamentos entre pares de alternativas.

### *Transparência*

A simplicidade da formulação do método é uma vantagem deste ponto de vista, por ser fácil reconstruir o processo de classificação, ao contrário doutros métodos que exigem inversão de matrizes ou outras operações complexas.

No entanto, esta mesma simplicidade, facilita processos menos claros de definição dos pesos depois de conhecidas as alternativas. Em consequência, é essencial que os pesos sejam definidos e publicitados antes de se conhecerem as alternativas.

## TOPSIS

(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

### *Descrição*

Método criado por Hwang e Yoon (1981). Baseia-se numa classificação de cada alternativa, que é tanto melhor quanto mais perto a alternativa estiver do ideal e mais longe do anti-ideal. A matriz **MD** é normalizada e ponderada por pesos fornecidos pelo AD. Depois, são calculadas as distâncias euclidianas  $S_{i-}$  ao Ideal e  $S_{i+}$  ao Anti-ideal, para cada alternativa  $z_i$ . Por fim a classificação final  $C_i = S_{i-} / (S_{i+} + S_{i-})$  permite estabelecer uma ordem completa das alternativas.

### *Eficiência*

O princípio de escolha por proximidade ao ideal foi proposto inicialmente por Zeleny (1982) naquilo que se designava por programação por compromisso, para problemas multiobjectivo. Aparte a discussão das métricas a utilizar, o princípio normativo inerente não é aceite com a mesma facilidade do do método aditivo simples. Se se ignorarem estas questões, o método é bastante eficiente em todas as classes de problemas.

### *Contexto*

Método genérico, aplicável a dados quantitativos.

### *Simplicidade*

O AD só precisa de fornecer os pesos, não interferindo no resto do processo.

### *Robustez*

Embora menos do que em outros casos, o método é, evidentemente, sensível aos pesos utilizados, o que recomenda estudos de sensibilidade à estabilidade das soluções.

### *Clareza*

A utilização da norma euclidiana permite que uma alternativa possa ser, simultaneamente, a mais próxima do ideal e do anti-ideal. Isto é contrário à ideia que originou o método e pode expor os resultados obtidos à crítica.

### *Transparência*

Considerações análogas às que se fizeram para outros métodos com pesos.

## LINMAP

(Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Preference)

### *Descrição*

De alguma forma, este método, apresentado por Srinivasan e Shocker (cf. Hwang e Yoon, 1981), percorre o caminho inverso do TOPSIS. Na verdade, são usados julgamentos de preferências entre pares de alternativas, realizados pelo AD, para inferir os pesos dos atributos e o ideal (não o ideal de Zeleny mas o verdadeiro ideal do AD), com base no mesmo paradigma de proximidade ao ideal. O método utiliza técnicas de programação linear e admite inconsistências nos julgamentos do AD. Como resultado, o ideal e os pesos calculados pelo método são usados para obter uma ordenação total das alternativas sem inconsistência. Para eliminar esta inconsistência nos resultados, relativa às comparações fornecidas inicialmente pelo AD, pode resolver-se novamente o problema mas invertendo-se as preferências do AD consideradas inconsistentes.

A utilização mais frequente deste método, no entanto, é para obtenção de pesos a partir de um número reduzido de julgamentos, pesos esses que são utilizados em métodos que deles necessitem.

### *Eficiência e Robustez*

Para problemas com muitas alternativas, o número de comparações a fazer pode ser excessivo. Na vertente de ajuda à decisão, o método não depende de pesos fixados arbitrariamente, mas (indirectamente) de julgamentos que se acredita serem razoavelmente estáveis. Nesses sentido, é bastante robusto, embora possam surgir problemas em zonas próximas da indiferença.

### *Contexto*

Como já se disse, o LINMAP é muito usado para geração de pesos não arbitrários. Obviamente, só poderá ser usado se o AD estiver disposto a fornecer julgamentos entre pares de alternativas.

### *Transparência*

Este método pode ter uma utilização perversa, se se pretender gerar pesos que garantam uma ordenação pré-determinada.

### **3.3.4. Métodos baseados em relações de subordinação**

Métodos baseados na formalização do processo de decisão conhecido por escola francesa, em que as comparações entre alternativas incluem limites de indiferença, limites de preferência forte e limites de veto. A relação de subordinação, mais fraca que a de dominação, conduz, em geral, a pré-ordens das alternativas.

## ELECTRÉ I

### *Descrição*

Este método e o seguinte correspondem às versões mais utilizadas do ELECTRÉ (Elimination et Choix Traduisant la Réalité).

No ELECTRÉ I, inicialmente é feita uma normalização de  $MD$  e a ponderação dos atributos. São depois calculadas duas matrizes, a de concordância e a de discordância, cujos elementos resultam de comparações entre todos os pares de alternativas. Essas comparações resultam em somas de pesos concordantes, para a primeira matriz, e de diferenças entre valores dos atributos, para a segunda. As matrizes são posteriormente modificadas, polarizando-se os seus elementos em 1 ou 0, de acordo com um determinado índice de concordância. Este índice é uma indicação do valor a partir do qual a alternativa correspondente à linha da matriz subordina a correspondente à coluna. As duas ordens parciais assim obtidas são, finalmente, agregadas para formar a ordem final. A agregação consiste somente na conjunção dos elementos com a mesma posição dentro das duas matrizes. O resultado é uma matriz com o seguinte aspecto (exemplo retirado de Roy, 1985):

Tabela 6 - ELECTRÉ I: exemplo de matriz agregada

-	1	0	1
0	-	0	0
0	1	-	1
0	1	0	-

A partir da matriz anterior pode ser construído um grafo. Neste, cada seta indica subordinação da alternativa destino por parte da alternativa origem. O grafo correspondente à tabela anterior é o seguinte:

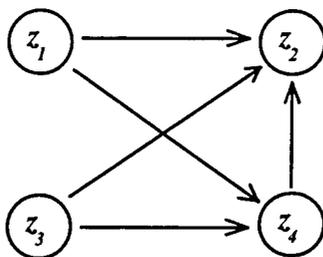


Figura 12 - Grafo de dominação para a matriz da tabela 6

Da tabela e da figura, conclui-se que as alternativas  $z_1$  e  $z_2$  podem ser eliminadas, visto serem sempre subordinadas por  $z_3$  e  $z_4$ . Em relação a estas últimas, surge uma situação de incomparabilidade.

### *Eficiência*

Nem sempre fornece uma ordem total, o que obriga a decisões posteriores para obter um resultado "utilizável". Por outro lado, permite representar situações de

incomparabilidade, como é o caso das alternativas  $z_1$  e  $z_3$  da figura anterior. Utiliza ainda toda a informação contida em *MD*.

### *Contexto*

Determinadas situações onde se pretenda eliminar algumas alternativas ou obter um leque restrito das melhores alternativas, as quais poderão passar por uma fase posterior de refinação dos resultados. Não pode ser usado como método "definitivo", por não produzir uma ordem total.

### *Simplicidade*

Não é difícil perceber as várias fases do método, embora seja necessária uma certa abstracção, nomeadamente na fase de escolha dos índices de concordância e discordância.

### *Robustez*

Os resultados podem ser alterados se houver mudanças dos pesos e dos índices. Em relação aos pesos, embora o método ELECTRÉ III os mantenha como dados, a versão IV do método eliminou essa necessidade, como se verá na secção seguinte. No caso dos índices, da escolha destes podem resultar todas as alternativas eliminadas ou nenhuma delas. A sensibilidade a estes parâmetros foi melhorada por van Delft e Nijkamp (cf. Hwang e Yoon, 1981) que introduziram uma análise complementar. Esta consiste em verificar se o resultado final para cada alternativa é confirmado pelos elementos das matrizes intermédias correspondentes a essa alternativa.

### *Clareza*

O facto da aplicação do método conduzir a um grafo, correspondente a uma pré-ordem, levanta algumas dificuldades.

### *Transparência*

É recomendável usar uma regra pré-definida para os índices de concordância (como a proposta pelos autores) para evitar contestação nesse aspecto. A dependência de pesos leva a preocupações já referidas.

## ELECTRÉ IV

### *Descrição*

Evolução das versões anteriores, este método baseia a comparação entre cada par de alternativas em dois limiares: um limiar  $q_j$  de indiferença e um limiar  $p_j$  de preferência, para cada atributo  $j$ . Estes limiares podem ser fixos ou proporcionais a um dos valores dos atributos a comparar.

São estabelecidas três relações de preferência, dentro de cada atributo: se o módulo da diferença entre dois valores for menor que  $q_j$ , então as alternativas são indiferentes do ponto de vista desse atributo; se aquela diferença se situar entre  $q_j$  e  $p_j$ , então uma das alternativas é preferida fracamente à outra; se for superior a  $p_j$ , então é fortemente preferida à outra. Estas relações são entendidas como "razões de preferências", que podem ser fortes, fracas ou inexistentes, a favor de uma ou outra alternativa. Supondo

que os limiares  $q_j$  e  $p_j$  não dependem do valor do atributo, as referidas relações podem ser visualizadas na figura seguinte, para duas alternativas genéricas  $z_a$  e  $z_b$ :

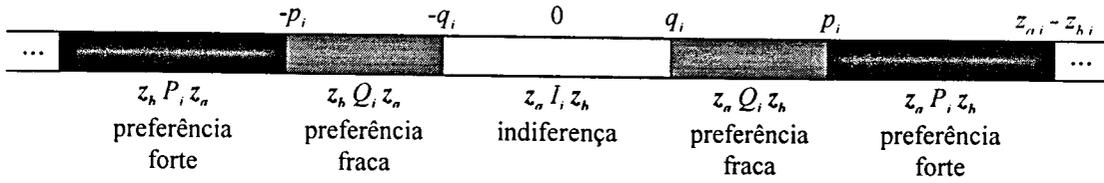


Figura 13 - Relações de preferência no ELECTRE IV

A agregação é realizada por regras (ver secção 2.4.3.), conduzindo ao estabelecimento de relações globais entre alternativas, de subordinação forte ou fraca. A subordinação forte corresponde a não haver razões fortes em contrário e às razões fracas em contrário serem compensadas por razões a favor. Formalmente:

$$z_a SF z_b sse$$

$$(\sim z_{b,i} P z_{a,i}, \forall i) \wedge \left[ \#(i: z_{b,i} Q z_{a,i}) \leq \#(j: z_{a,j} P z_{b,j} \vee z_{a,j} Q z_{b,j}) \right] \quad (30)$$

A subordinação fraca é um relaxamento da subordinação forte, admitindo razões fortes em contrário, desde que limitadas a determinados valores, para o que são utilizados limites de veto:

$$z_a Sf z_b sse$$

$$\left[ (\sim z_{b,i} P z_{a,i}, \forall i) \wedge (\sim z_a SF z_b) \right] \vee \left\{ \left[ \left( \exists i: z_{b,i} P z_{a,i} \right) \wedge (z_{b,i} - z_{a,i} \leq v) \right] \wedge \left[ \# \left( j: z_{a,j} P z_{b,j} \geq \frac{nc}{2} \right) \right] \right\} \quad (31)$$

onde  $v$  é um limite de veto.

A última parte do método estabelece duas destilações das alternativas, uma por ordem crescente da sua qualificação e outra por ordem decrescente. A qualificação de uma alternativa está directamente relacionada com o número de alternativas que ela subordina e com o número de alternativas que a subordinam a ela. As destilações consistem em escolhas sucessivas da melhor qualificação de entre as alternativas ainda não escolhidas. O confronto das duas destilações permite criar uma matriz final das relações de indiferença, preferência e incomparabilidade entre alternativas, através de algumas regras, conduzindo a uma pré-ordem.

### Contexto e Eficiência

Considerações semelhantes às utilizadas no método ELECTRE I. Embora o método esteja previsto para dados definidos numericamente, não é difícil realizar a sua extensão para dados imprecisos, definidos por distribuições de possibilidade.

### *Robustez e Simplicidade*

Não é necessário que o AD forneça informação sobre os pesos. Contudo, são-lhe agora pedidos limites de preferência e indiferença, cuja variação pode ter impacto nos resultados finais obtidos. Esse impacto, no entanto, tem mais a ver com o grau de prescrição dos resultados do que com inversões de prioridade entre alternativas.

### *Clareza*

A utilização relativamente complexa pode ser um obstáculo à percepção dos resultados. O facto destes serem uma pré-ordem já foi comentado.

### *Transparência*

Os limiares  $p$ ,  $q$  e  $v$  deverão, sempre que possível, ser definidos antes de serem conhecidas as alternativas, embora seja útil ao defini-los ter informação sobre a gama de variação dos atributos.

## Os Métodos Promethee e Gaia

### *Descrição*

Os métodos Promethee (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) partem dos mesmos princípios do ELECTRE IV. Existem seis tipos de relações intra-atributos, também chamados critérios de generalização. Diferenciam-se uns dos outros pela sua forma e pelo número de limiares que apresentam (0, 1 ou 2), para a indiferença e para a preferência. As relações inter-alternativas são calculadas pela soma ponderada das preferências para todos os atributos, usando pesos fornecidos pelo AD. Estas relações correspondem a uma indicação numérica da superioridade de uma alternativa relativamente a outra.

A partir daqui, são calculados dois valores para cada alternativa: o fluxo de saída, que é a soma das preferências da alternativa em relação a todas as outras alternativas; o fluxo de entrada, soma das preferências de todas as outras, em relação à alternativa em causa. Estes fluxos induzem duas pré-ordens. No Promethee I, aplicando certas regras a estas pré-ordens, é possível calcular uma pré-ordem parcial, incluindo relações de subordinação, indiferença e incomparabilidade entre alternativas. No Promethee II, para cada alternativa, a partir da diferença entre os fluxos acima referidos, chamada fluxo de rede, calcula-se uma pré-ordem completa, somente com as relações de subordinação e indiferença.

### *Eficiência e Clareza*

É mais fácil o AD interpretar os resultados gerados pelo Promethee II, mas os resultados da versão I são mais realistas e contêm mais informação.

O Promethee V permitiu completar o I e o II, com a inclusão de restrições, situação bastante vulgar nos problemas multicritério. Brans e Mareschal (1990) exemplificaram esta situação, aplicando o método a um problema de escolhas de cidades para a instalação de centros de distribuição. As restrições ali utilizadas relacionavam-se com o número mínimo e máximo de centros a instalar, incompatibilidades na escolha simultânea de determinadas cidades, etc.

Em relação ao GAIA, trata-se de uma metodologia descritiva das alternativas e critérios no espaço dos fluxos de rede para um só critério. Esse espaço é projectado no plano GAIA através da técnica das componentes principais. Esta projecção fornece várias indicações, tais como a localização de grupos de alternativas semelhantes, identificação de critérios independentes ou conflituosos, etc. Na referida projecção é ainda representado o eixo promethee de decisão (EPD), o qual permite sugerir ao AD a direcção segundo a qual se encontrarão as melhores alternativas, de acordo com o PROMETHEE II.

#### *Contexto*

Este método é utilizado no mesmo tipo de situações do ELECTRE.

#### *Simplicidade*

A utilização do método GAIA permite ao AD melhorar a sua compreensão do problema.

#### *Robustez*

Este método é sensível aos pesos, aos tipos de critérios de generalização aplicados e aos parâmetros destes critérios. De acordo com a imprecisão dos dados, podem utilizar-se critérios onde a forma da variação da preferência é mais ou menos suave, usar critérios que modelizem a indiferença ou alargar limites de indiferença dos já existentes, etc.

O Promethee VI resolveu o problema dos pesos, substituindo-os por intervalos. Isso repercute-se no EPD, passando também o ponto extremo a intervalo. Se este intervalo não incluir a origem do plano GAIA, isso significa que não há mudança da direcção indicadora da solução. Está-se perante um *problema multicritério simples*. Caso contrário, a variação dos pesos dentro dos intervalos mudará também a direcção indicadora da solução, pelo que a decisão se tornará mais trabalhosa, estando-se perante um *problema multicritério difícil*.

#### *Transparência*

A extrema complexidade dos cálculos internos efectuados pelas diversas versões do método, podem dar lugar, com facilidade, à contestação dos resultados. Estudos de sensibilidade e demonstrações de robustez são, portanto, especialmente indicados neste caso.

### **3.3.5. Métodos baseados em julgamentos**

Nestes métodos, são utilizados julgamentos directos do AD sobre preferências entre alternativas ou critérios. Normalmente, não são utilizados nos cálculos os valores dos atributos.

#### AHP

(Analytical Hierarchy Process)

### *Descrição*

Descrito por Saaty (1986), este método permite modelizar as intensidades de preferência do AD nos seus julgamentos entre pares de elementos, quer estes sejam alternativas, quer sejam critérios definidos em vários níveis hierárquicos. Estes julgamentos relativos são sintetizados em matrizes, usando a escala de Saaty, já referida na secção 2.4.1. Desta matrizes são extraídos as preferências absolutas em relação a cada elemento, quer as matrizes se refiram aos julgamentos entre alternativas, para um dado critério, quer se refiram aos julgamentos entre critérios, dentro de um critério de mais alto nível. Finalmente, agregando as preferências absolutas de cada nível, obtêm-se as prioridades globais das alternativas.

### *Eficiência*

A utilização da escala de Saaty e o respeito pelas regras de consistência (ver 2.4.1.) levanta alguns problemas de saturação da escala, sobretudo se só se quiser usar valores inteiros. Por outro lado, o método tem sido criticado por permitir influência de terceiras alternativas na relação de prioridade entre duas delas ("se houver morango e chocolate, prefiro morango; se houver morango, chocolate e baunilha, prefiro chocolate").

Aparte estes problemas, o facto de utilizar apenas julgamentos expressos em linguagem natural é um ponto a favor do método.

### *Contexto*

É utilizado quando o AD encara os critérios como pertencendo a uma estrutura hierárquica em níveis sucessivos, representando cada nível uma divisão dos critérios do nível superior noutros mais específicos.

Adequado para situações onde não existe capacidade para elaborar uma **MD**.

### *Simplicidade e Clareza*

É um método bastante intuitivo, correspondendo, muitas vezes, à estrutura dos processos dos concursos públicos. Nestes, a um nível mais alto, estão os critérios de âmbito geral, que aparecem definidos no programa do concurso. Estes critérios são depois subdivididos pelas comissões técnicas especializadas noutros mais específicos. Por exemplo, o critério *impacto ambiental* poderia ser dividido nos critérios *nível de emissão de CO<sub>2</sub>*, *nível de ruído*, etc.

A formalização das preferências do AD pode não corresponder a uma estrutura de preferência coerente, sendo por isso necessário que um analista guie o AD nesse aspecto.

### *Robustez e Transparência*

A possibilidade de inversão da preferência entre alternativas, quando se acrescenta ou retira uma terceira, é bastante preocupante, sobretudo em processos de redução sucessiva das alternativas.

## MACBETH

(Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique)

### Descrição

Este método, proposto por Bana e Costa e Vansnick (1994), pretende ajudar o AD a elaborar julgamentos de valor cardinais que estejam de acordo com:

*Condição A:* Se  $a > b$  e  $c > d$ , então  $[v(a)-v(b)]/[v(c)-v(d)]$  reflecte a relação de diferenças de atracção em  $a$  e  $b$ , por um lado, e  $c$  e  $d$ , por outro.

É suposto que, *a priori*, o AD possa ordenar os elementos por ordem decrescente de preferência. Os julgamentos deverão basear-se numa escala semântica com seis categorias  $C_k$ ,  $k=1, \dots, 6$ , já apresentada na secção 2.4.1., e são organizados numa tabela como a seguinte:

Tabela 7 - Matriz construída no método MACBETH

	$z_{na}$	$z_{na-1}$	...	$z_2$	$z_1$
$z_{na}$	*	$x_{na, na-1}$	...	$x_{na, 2}$	$x_{na, 1}$
$z_{na-1}$	*	*	...	$x_{na-1, 2}$	$x_{na-1, 1}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
$z_2$	*	*	...	*	$x_{2, 1}$
$z_1$	*	*	...	*	*

onde  $z_i$  é preferível a  $z_{i-1}$  (na ordem do AD) e  $x_{i,i-1} = k$ , se a diferença de atracção entre  $z_i$  e  $z_{i-1}$  está na categoria  $C_k$ . Incoerências iniciais nos julgamentos do AD, podem ser imediatamente verificadas por inspecção da tabela, visto que os valores das diferenças de atracção devem decrescer ao longo das linhas e das colunas.

A ideia é descobrir os valores  $s_0=0 < s_1 < s_2 < s_3 < s_4 < s_5$ , que representam os limites numéricos das categorias, e os valores representando a atracção de cada alternativa, supondo a existência de  $v(\cdot)$  tal que  $a \geq b \Leftrightarrow v(a) \geq v(b)$ . Os resultados deverão estar de acordo com os julgamentos iniciais e com certas regras de coerência.

Para verificação e ajuda ao AD existem quatro programas. No primeiro, é resolvido um problema de programação linear, de onde resulta um índice de incoerência (desejavelmente nulo). No segundo programa, são gerados valores para os  $s_k$  e para  $v(\cdot)$ . Se o índice for nulo, os resultados obtidos nesta fase são apresentados ao AD para confirmação. Caso contrário, os programas 3 e 4 são utilizados para mostrar ao AD quais os julgamentos que deram origem às incoerências, i.e., quais as diferenças de atracção que não podem ser colocadas na categoria escolhida pelo AD. Este pode rever os seus julgamentos, repetindo-se interactivamente o processo. O resultado final é o valor de cada alternativa, segundo o ponto de vista em causa.

### Eficiência

A análise e correcção das incoerências permitem que o AD melhore a sua percepção do sistema/processo, obtendo-se no final uma função de valor, definida ponto a ponto, que respeita os julgamentos iniciais e as regras de coerência.

Este método, ao abordar apenas a questão da valorização cardinal segundo um ponto de vista, não fornece, portanto, nenhum tipo de resultado final para problemas de escolha, ordenação, etc. No entanto, a utilização subsequente de uma agregação aditiva está relativamente implícita na filosofia do método.

#### *Contexto*

A utilização deste método é adequada quando se pretende usar, posteriormente, métodos que requeiram uma *MD* com valores numéricos. Neste caso, o MACBETH seria aplicado para avaliar as alternativas segundo cada um dos seus atributos ou, como referem os seus autores, segundo cada um dos "pontos de vista". Isto é útil para avaliar quantitativamente atributos para futura análise por outros métodos. Como se disse, o facto de se determinar um "valor" para cada alternativa, sugere que esses outros métodos usem na agregação funções de valor aditivas.

#### *Simplicidade*

O AD está envolvido nas várias fases do processo, quer para fornecer preferências, quer para criticar os resultados fornecidos pelo método. Fornecer julgamentos directos, mesmo nas condições projectadas pelo MACBETH, nem sempre é tarefa simples.

#### *Robustez*

Como não se trata de um método que inclua agregação, não há muitos parâmetros que possam levar a falta de robustez. No entanto, a correcção de incoerências, sobretudo em problemas de grande dimensão, poderá levar a soluções finais algo diferentes umas das outras e da original.

#### *Clareza e Transparência*

A matriz de valores resultante não é encarada necessariamente como uma *MD*, pois baseia-se mais em julgamentos do que em atributos objectivos das alternativas. A produção directa de valores pode ser difícil de justificar, a não ser que se trate de avaliações especializadas, realizadas por peritos.

### **3.3.6. Métodos para dados imprecisos**

Estes métodos são adequados a problemas em que a informação é imprecisa, em particular quando modelizada por distribuições de possibilidade. Os princípios de funcionamento, no entanto, são os mesmos dos métodos clássicos.

#### O Método de Baas e Kwakernaak

##### *Descrição*

Este método é uma extensão do tipo de agregação realizado no método aditivo simples, com a inclusão de imprecisão nos pesos e nos valores dos atributos (cf. Zimmermann, 1987). Consiste na representação de cada alternativa  $z_i$  por um número

impreciso  $\tilde{v}_i$ , que resulta da agregação ponderada imprecisa, por pesos  $\tilde{w}_j$ , dos valores dos atributos  $\tilde{z}_{i,j}$ , através da seguinte função:

$$\tilde{v}_i = \frac{\sum_{j=1}^{nc} \tilde{w}_j \cdot \tilde{z}_{i,j}}{\sum_{j=1}^{nc} \tilde{w}_j} \quad (32)$$

O grau de pertença a  $\tilde{v}_i$  pode ser calculado do seguinte modo:

$$\mu_{\tilde{v}_i}(v_i) = \sup_v \left\{ \min \left[ \min_j (\mu_{\tilde{w}_j}(w_j)), \min_k (\mu_{\tilde{z}_{i,k}}(z_{i,k})) \right] \right\} \quad (33)$$

onde  $j=1, \dots, nc$ ;  $k=1, \dots, nc$ ;  $v=(w_1, \dots, w_{nc}, z_{i,1}, \dots, z_{i,nc})$ :  $v_i = \frac{\sum_{j=1}^{nc} w_j \cdot z_{i,j}}{\sum_{j=1}^{nc} w_j}$ .

A ordenação final das alternativas levanta alguns problemas, devido a tratar-se de números imprecisos. Essa questão, já referida a propósito do Método Lexicográfico, é discutida por Zimmermann (1987).

### *Eficiência*

Na agregação podem ser utilizados cortes de nível  $\alpha$ . Contudo, técnicas baseadas em cortes têm o inconveniente de ser computacionalmente pesadas para dez ou mais números imprecisos. Os autores do método propõem uma técnica alternativa, baseada na verificação do sinal de certas derivadas, que permite detectar as soluções antes de serem executadas todas as operações da técnica anterior. Caso os números sejam triangulares, o problema é menor, pois bastam três cortes.

### *Contexto*

Dados e pesos representados por distribuições de possibilidade.

### *Simplicidade e Clareza*

É mantida a simplicidade do método aditivo simples, pois o AD necessita somente de fornecer os pesos e os valores para os atributos, estando o resto do processo automatizado. A informação fornecida pelo AD poderá consistir em declarações qualitativas, posteriormente transformadas em números imprecisos (ver método seguinte).

### *Robustez*

Para a fase de ordenação das alternativas, existem variados métodos, embora todos eles possuam aspectos criticáveis. Em Zimmermann (1987) apresenta-se uma vasta discussão sobre o tema da ordenação de números imprecisos. No caso presente, a escolha recai sobre o método de ordenação de Baas e Kwakernaak (cf. Zimmermann, 1987), pois aparece no estudo realizado naquele texto como o que fornece resultados menos sensíveis a variações.

## *Transparência*

Embora mais "humana", a utilização de valores imprecisos pode dar origem a críticas, sobretudo quando diferentes regras de ordenação conduziram a resultados diferentes. É de toda a conveniência definir previamente o método a usar.

## O Método de Chen e Hwang

### *Descrição*

Este método encontra-se descrito em Chen e Hwang (1992). Começa por transformar dados que se apresentem na forma de expressões linguísticas ("bom", "suficiente", etc.) em números imprecisos. Os autores do método criaram oito escalas possíveis de números imprecisos, resumindo as existentes em numerosos métodos de ajuda à decisão que tratam informação imprecisa. A escolha recai sobre a escala mais simples, daquelas oito, que contenha todas as expressões (dados), supondo que não serão precisos mais de onze números imprecisos para representar todas as apreciações em escala linguística. Isto não se afasta muito do valor defendido por Miller (1956). Na secção 2.3.1. mostram-se exemplos daquelas escalas.

Os números imprecisos, obtidos por aquela correspondência, são depois convertidos em números reais, que se juntam a outros valores do mesmo tipo que já existissem inicialmente. A conversão baseia-se numa modificação das conversões existentes nos métodos de Chen e de Jain (cf. Chen e Hwang, 1992). Essencialmente, consiste na intersecção de cada número impreciso triangular com duas rectas, fornecendo dois números. O significado destes prende-se com a posição do número impreciso no eixo das abcissas e com a sua forma (mais largo, menos largo, etc.). Depois é feita a média dos dois números atrás referidos, resultando o valor (rígido) que representa o número impreciso.

A matriz resultante (só com valores numéricos) é, posteriormente, tratada por qualquer método que aceite dados nestas condições.

### *Eficiência*

Os autores defendem que outros métodos existentes nesta área envolvem cálculos pesados ou obrigam os dados a estar sempre na forma imprecisa, mesmo que não representem informação desse tipo, o que obrigaria a uma operação inversa da quantificação. Estes dois problemas são resolvidos neste método.

Sendo muito discutível o interesse de realizar a transformação para números que os autores propõem, saliente-se, sobretudo, o interesse da primeira parte do método (definição sistemática de distribuições de possibilidade).

### *Contexto*

Método adequado para números mistos ou qualitativos. O AD só necessita de fornecer a *MD*.

### *Simplicidade*

A simplicidade deste método está na utilização de um leque de regras, previamente definido, para a conversão de expressões linguísticas em números imprecisos.

Apresenta também uma técnica prática para a quantificação de números imprecisos. O AD não intervém, por conseguinte, na elaboração dessas regras e dessa técnica.

#### *Clareza*

Os resultados são claros (quantificação) mas à custa da perda de informação contida nos dados imprecisos.

#### *Robustez e Transparência*

O método em si conduz a resultados (valores para a *MD*) muito dependentes do modo de quantificação de números imprecisos, que tem algum grau de arbitrariedade.

### **3.4. Conclusões**

Neste capítulo fez-se a revisão de um considerável número de métodos de ajuda à decisão multicritério e métodos auxiliares, do ponto de vista do tipo de problemas que esta dissertação aborda. Identificam-se as principais dificuldades de utilização e, sobretudo, as possíveis razões para contestação dos resultados.

A escolha final do método a utilizar, dependerá necessariamente da maior ou menor incidência de cada uma das preocupações indicadas.

## **4. Novas Metodologias para Análise Preliminar**

### **4.1. Introdução**

Num processo de selecção, a realização de uma análise preliminar está relacionada com a necessidade de redução da quantidade de informação a processar pelo AD, nomeadamente no que respeita ao número de propostas candidatas. Aquela redução, ou "screening", prende-se com o limite para a capacidade do AD de análise simultânea de várias alternativas e com a vontade, por parte daquele agente, de aprofundar o conhecimento de um problema, com vista a elaborar a melhor decisão possível. Por vezes, poderá haver também limites técnicos ou económicos para um estudo demasiado complexo do referido problema. No capítulo 3 descrevem-se algumas metodologias deste tipo.

Os métodos de análise preliminar deverão, portanto, possuir as seguintes características: serem simples e práticos, visto não estarem, necessariamente, vocacionados para a decisão propriamente dita; fornecerem uma aproximação inicial ao problema em estudo; não eliminarem, antecipadamente, alternativas que poderiam constituir soluções reais do problema, num estudo posterior mais aprofundado.

Os métodos descritos neste capítulo contêm, de algum modo, as características referidas. No primeiro método tenta-se descobrir um conjunto restrito de alternativas que representam as tendências fundamentais identificáveis nos dados (alternativas "mais baratas", "menos poluentes", etc.). O AD pode escolher algumas destas tendências, o que permite reduzir o número total de alternativas. No segundo método, são constituídos limites para os atributos que indicam, de uma maneira não rígida, as características mínimas que uma alternativa, ou proposta, deve possuir para ser aceite.

### **4.2. Uma Variante do Método de Amplificações Sucessivas**

O método proposto nesta secção é uma modificação do Método de Amplificações Sucessivas (MAS), inicialmente apresentado por Matos (1988, 1992). Na última referência é apresentada uma aplicação, em ambiente gráfico, do método original, nesse caso como método completo de ajuda à decisão.

#### **4.2.1. Conceito**

Neste método começa-se por obter uma partição imprecisa do conjunto das alternativas. A obtenção dessa partição é efectuada por intermédio de um algoritmo de agrupamento impreciso, como o "fuzzy c-means" (FCM), apresentado por Bezdek (1981). Cada grupo dessa partição contém alternativas com características comuns.

Pode ainda ser considerado como uma tendência (ou perfil) definida como um conjunto impreciso de soluções:

$$\tilde{T}_i = \left\{ z_k \in Z \mid \left( z_k, \mu_{\tilde{T}_i}(z_k) \right) \right\} \quad (34)$$

onde

$\mu_{\tilde{T}_i}(z_k)$  = grau de pertença da alternativa  $z_k$  à tendência  $\tilde{T}_i$ ;

$Z$  = conjunto de todas as alternativas, em número igual a  $na$ ;

$k = 1, \dots, na$ ;

$i = 1, \dots, nt$ ;

O número de tendências  $nt$  deve ser inferior a  $ld$ , "limite de discriminação" do AD, i.e., o número máximo de alternativas que este pretende analisar simultaneamente (tipicamente  $7 \pm 2$ , cf. Miller, 1956).

A representação de cada tendência é realizada pela alternativa com o maior grau de pertença a essa tendência, encarada como um protótipo real do grupo, por oposição ao protótipo "matemático" (centróide do grupo) que não corresponde a uma verdadeira alternativa.

A escolha de determinadas tendências, que representem certas características desejadas, permite reduzir o conjunto  $Z$ , por exclusão de todas as alternativas que não sejam suficientemente compatíveis com as tendências preferidas.

Um aspecto importante, como se verá, é que alternativas "atípicas", por se situarem "entre tendências", são mantidas pelo método, sempre que as suas tendências são escolhidas pelo AD.

#### 4.2.2. Procedimento

Nos pontos seguintes, descrevem-se os vários passos do método:

1. Para o conjunto  $Z$ , o AD deverá definir um número  $nt$  de tendências que quer analisar. Em seguida, deverá ser aplicado o algoritmo de agrupamento ao conjunto das  $na$  alternativas iniciais, de onde resultará uma partição com  $nt$  grupos, ficando associado a cada alternativa  $z_k$  um vector  $\mu_k = (\mu_{k,1}, \dots, \mu_{k,nt})$  de graus de pertença a cada grupo. Os detalhes do algoritmo de aglomeração imprecisa podem ser vistos em Bezdek (1981) ou Matos (1988).
2. As alternativas com maior grau de pertença a cada um dos grupos, representando as  $s$  tendências pretendidas, são apresentadas ao AD. Este deverá escolher aquela(s), tendência(s) que melhor represente(m) as suas tendências. Isso permite definir o conjunto reduzido  $Z_R$ , das alternativas que tenham um grau de pertença total ao conjunto das tendências escolhidas superior a um limiar de aceitação especificado. Formalmente:

$$Z_R = \left\{ z_k \mid z_k \in Z \wedge \sum_{i \in P} \mu_{\tilde{r}_i}(z_k) \geq \alpha \right\} \quad (35)$$

onde

$P$  = conjunto dos índices das tendências escolhidas;

$\alpha$  = nível de corte.

3. Se o conjunto  $Z_R$  ficar com uma dimensão inferior (ou superior) às expectativas do AD, este pode aumentar (ou diminuir) o valor de  $\alpha$  e repetir a selecção, aplicando novamente (35).
4. Face ao conjunto de alternativas  $Z_R$  com a dimensão pretendida, o AD pode ainda desejar reconsiderar (caso contrário, o processo pára neste ponto e  $Z_R$  servirá de entrada para um outro método mais normativo). O AD pode então voltar ao ponto 1. e definir um valor de  $nt$  diferente. Isso pode reflectir a vontade do AD verificar se existe uma maior variedade de tendências nas alternativas ou de verificar se as tendências que encontrou estarão englobadas noutras ainda mais gerais. No primeiro caso, escolherá um valor de  $nt$  maior e no segundo caso menor. Este exercício deverá permitir, adicionalmente, que o AD fique a conhecer bem as gamas de decisão, as diversas tendências, etc.

#### 4.2.3. Um Exemplo

O exemplo que aqui se apresenta (tabela 8 e figura 14) é bastante simples, tendo como objectivo ilustrar a aplicação do método. Assim se explica a utilização de um método de "screening", apesar do número de alternativas ser bastante pequeno. Pela mesma razão, não tem relevância a utilização de alternativas aparentemente dominadas. De facto, os dados apresentados poderiam consistir em projecções de dados de um espaço com mais de duas dimensões, pelo que a análise de dominação teria de ser feita neste espaço. O exemplo representa um estudo de oito propostas de aquisição de equipamento, avaliadas segundo dois critérios: o preço e a *performance*. Para este método é irrelevante se os objectivos são maximizar ou minimizar. No entanto, para justificação (mais adiante) das opções do AD, supor-se-á minimização para o preço e maximização para a *performance*.

Tabela 8 - Exemplo de estudo (representação tabular)

alternativas	preço	<i>performance</i>
$a_1$	8	400
$a_2$	9	400
$a_3$	8	300
$a_4$	9	300
$a_5$	6	200
$a_6$	1	200
$a_7$	1	100
$a_8$	2	100

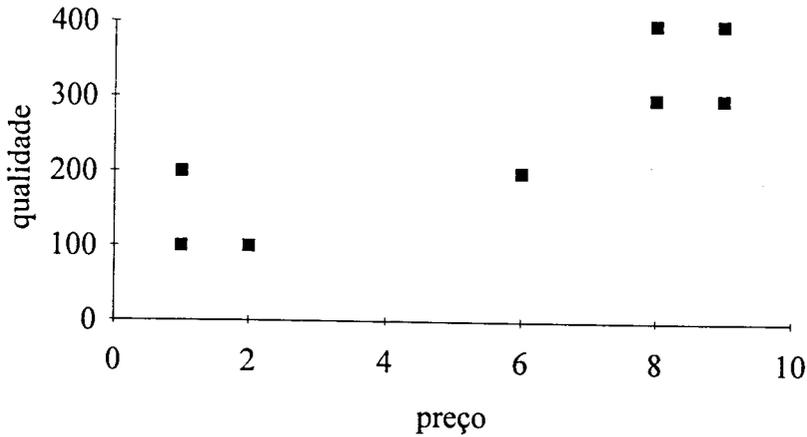


Figura 14 - Exemplo de estudo (representação no espaço dos atributos)

Para o cálculo das partições utilizou-se o algoritmo FCM, com  $m=1.7$  e norma diagonal. Esta norma é a mais conveniente quando as coordenadas destes têm valores em escalas muito diferentes, o que poderia levar a aglomerações com base só nos atributos de maior escala. Se, além disso, os pontos se apresentarem muito correlacionados, então dever-se-á utilizar a norma de Mahalonobis. O parâmetro  $m$  pode ser escolhido entre 1 (caso rígido) e  $\infty$  (todos os valores da função de pertença iguais a  $1/nt$ ). Valores habituais existem entre 1.2 e 2.

Inicialmente, o AD optou por impor uma divisão em dois grupos. Isto corresponde à parte 1 do algoritmo anterior. A aplicação do FCM resultou nos seguintes graus de pertença:

Tabela 9 - Graus de pertença aos grupos

	grupo 1	grupo 2
$a_1$	0.992284	0.007716
$a_2$	0.992665	0.007335
$a_3$	0.994517	0.005483
$a_4$	0.994662	0.005338
$a_5$	0.455443	0.544557
$a_6$	0.015537	0.984463
$a_7$	0.00381	0.99619
$a_8$	0.002708	0.997292

Como se pode ver, os dois grupos correspondem, como seria de esperar, às alternativas do lado esquerdo e direito da figura 14. A alternativa  $a_5$  é mal definida.

De acordo com a parte 2 do algoritmo, os protótipos reais apresentados ao AD foram as alternativas  $a_1$  e  $a_8$ , representando, respectivamente, a tendência correspondente ao grupo 1 e a correspondente ao grupo 2. Do ponto de vista do AD, a primeira tendência representa um conjunto de alternativas de má qualidade mas facilmente suportados economicamente, enquanto que a segunda representa o conjunto das alternativas melhores mas mais caras.

Supondo que o AD escolhia o grupo 1, e que se usou  $\alpha=0.8$ , o conjunto reduzido seria  $Z_R=\{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ , constituído pelas alternativas que apresentam grau de pertença ao grupo 1 maior do que  $\alpha$ . Imaginando agora que o AD achava a redução excessiva, e tentava usar  $\alpha=0.4$ , ter-se-ia  $Z_R=\{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$ , pois agora  $a_5$  já satisfaz as condições. Posteriores exemplificações podem ser vistas no estudo do planeamento de uma rede, no capítulo 6.

#### 4.2.4. Conclusões

Este método é útil para o AD no estudo de um conjunto grande de alternativas, mas permitindo continuamente enquadrá-las dentro da capacidade de análise simultânea daquele agente. Isso é feito definindo tendências representando grupos de alternativas com características semelhantes.

Em termos de simplicidade, o método não requer do AD pesos, nem valores de compensação, nem sequer limiares de aceitação nos atributos.

A flexibilidade do método reside na possibilidade do AD poder, interactivamente, escolher o resultado mais de acordo com a sua preferência, variando  $nt$  e  $\alpha$ . O método permite ainda não eliminar alternativas que, apesar de não serem muito características de determinada tendência do AD, poderem vir a ser consideradas, no futuro, como interessantes soluções de compromisso.

Finalmente, repare-se que a repetição sucessiva do processo de escolha referido nas secções anteriores, sobre as tendências não rejeitadas, conduz a um conjunto restrito de alternativas (eventualmente uma só), constituindo um processo completo de ajuda à decisão para problemas de escolha. Seria um método adequado para ajuda à decisão em ambientes onde não seja necessária justificação, tal como esta é encarada em processos públicos. Significa isto que pode ser usado, por exemplo, na selecção de um projecto de investimento, dentro de uma empresa privada.

### 4.3. O Método Conjuntivo Impreciso

Nesta secção descreve-se uma extensão do método conjuntivo, utilizado na definição de condições de aceitação em problemas de decisão multicritério com um elevado número de alternativas. A nova abordagem consiste na substituição da lógica clássica, usada na formulação tradicional, por uma lógica imprecisa que opera sobre graus de aceitação, definidos como uma função de pertença de um conjunto impreciso. A metodologia apresentada inclui a definição de uma partição das alternativas em classes, tanto quanto possível compactas e separadas, proporcionando alguma flexibilidade na escolha das alternativas a aceitar.

### 4.3.1. Introdução

O método conjuntivo, tal como é mostrado no capítulo 3, é um procedimento preliminar de redução do conjunto das alternativas, com base na definição, por parte do agente de decisão (AD), de limiares de aceitação  $z(j)$ , para um ou vários critérios  $j$  (eventualmente todos). Do ponto de vista formal, no entanto, considera-se que ficam definidos limiares para todos os critérios, admitindo-se que se o AD não os definir, ficam por omissão definidos como o pior valor do atributo no conjunto das alternativas.

Supondo, sem perda de generalidade, que os objectivos para cada critério são de maximização, estes limiares permitem considerar como aceitáveis unicamente as alternativas  $z_i$  que satisfaçam as condições seguintes:

$$z_{i,j} \geq z(j), j = 1, \dots, nc \quad (36)$$

i.e., somente são aceites as alternativas cujos atributos sejam respectivamente iguais ou superiores aos correspondentes limiares  $z(j)$ . Os limiares escolhidos nesta fase são geralmente baixos porque só se pretende eliminar alternativas com aspectos bastante desfavoráveis, sem correr o risco de limitar a diversidade das opções disponíveis para o subseqüente processo de decisão.

Do ponto de vista lógico, a aceitação corresponde à conjunção das condições parciais (daí o nome do método), ou seja, é definida a seguinte função lógica de aceitação para cada alternativa  $z_i$ :

$$a(z_i) = \bigwedge_{j=1}^{nc} a_j(z_i) = \bigwedge_{j=1}^{nc} (z_{i,j} \geq z(j)) \quad (37)$$

onde  $a(z_i)$  é a função global de aceitação da alternativa  $z_i$  e  $a_j(z_i)$  é a função de aceitação da alternativa  $z_i$  segundo o critério  $j$ .

Na versão tradicional do método,  $a(z_i)$  e  $a_j(z_i)$  tomam valores em  $\{0, 1\}$ , significando a aceitação (1) ou não (0) da alternativa  $z_i$ .

Por vezes, em virtude de tratar-se de um problema complexo ou mal definido, o AD pode hesitar nos valores a conferir aos limiares de aceitação (LA). Adicionalmente, uma alternativa pode ser eliminada devido a uma diferença irrelevante em apenas um critério, o que é indesejável num método deste tipo. Para evitar estes inconvenientes, pode proceder-se a estudos de sensibilidade aos valores dos limiares. Esses estudos, apesar de fornecerem uma visão das várias possibilidades existentes, não têm geralmente um carácter sistemático.

Nesta secção apresenta-se uma extensão do método que permite ultrapassar essas dificuldades, de forma sistemática, à custa da utilização de uma lógica imprecisa em que a transição entre aceitação e não aceitação é realizada de forma gradual. Nas secções seguintes procede-se à definição dos limiares de aceitação e das funções de aceitação quando a aceitação é imprecisa, seguindo-se a descrição de um método de

separação em grupos das alternativas candidatas à fase seguinte do processo de decisão. Por fim apresentam-se dois exemplos de aplicação da metodologia proposta.

Refira-se ainda que o método aqui tratado aborda questões diferentes do método de nome semelhante proposto por Dubois, Prade e Testemale (cf. Chen e Hwang, 1992). Na verdade, o método referido é um método de filtragem preliminar, tendo antes como objectivo a escolha final da solução preferida pelo AD, o que o coloca num âmbito diferente do do método que agora se descreve.

#### 4.3.2. Limiares de Aceitação Imprecisa

A utilização do método conjuntivo tradicional leva à eliminação das alternativas que contenham um qualquer atributo abaixo do respectivo limiar. Este é, portanto, um limiar rígido, sendo a função de aceitação das alternativas, em cada critério, tal como a da figura 15a.

Em contrapartida, em muitas situações, a complexidade ou falta de informação inerentes ao ambiente de decisão poderão levar à existência de um limiar vago ou impreciso, o que se traduz numa função genérica como a da fig. 15b, com a única restrição de ser monótona.

Formalmente, a existência de limiares imprecisos passa pela definição pelo AD dos seguintes limiares individuais, i.e., para cada critério  $j$ :

$$z_n(j) = \text{limiar a partir do qual as alternativas podem ser aceites (figura 15b)} \quad (38.a)$$

$$z_s(j) = \text{limiar a partir do qual as alternativas têm grau de aceitação máximo (s na figura 15b)} \quad (38.b)$$

e pela definição de uma função monótona  $a_j(\cdot)$  igualmente para cada critério  $j$ . Esta função traduz o grau de aceitação por parte do AD de cada alternativa  $z_i$ , segundo o critério  $j$ , de acordo com o atributo respectivo. Deste modo, o valor de  $a_j(z_i)$  pode ser interpretado como o valor lógico impreciso da proposição "a alternativa  $z_i$  é aceite em relação ao critério  $j$ ". Supondo que os atributos tomam valores numéricos e que o aumento da aceitação por parte do AD, entre os dois limiares, era proporcional ao valor do atributo, correspondendo a uma função  $a_j(\cdot)$  em rampa, o grau de aceitação da alternativa  $z_i$  segundo o critério  $j$  poderá então ser definido (figura 15c) mediante:

$$\mu_{\bar{a}_j}(z_{i,j}) = a_j(z_{i,j}) = \begin{cases} 0 & \text{se } z_{i,j} < z_n(j) \\ \frac{z_{i,j} - z_n(j)}{z_s(j) - z_n(j)} & \text{se } z_n(j) \leq z_{i,j} < z_s(j) \\ 1 & \text{se } z_s(j) \leq z_{i,j} \end{cases} \quad (39)$$

No caso do AD definir apenas, como tradicionalmente, o valor  $z_n(j)$ , poderá usar-se, por omissão

$$z_n(j) = \min_j z_{i,j} \quad (40)$$

A função  $a_j(\cdot)$  pode ser interpretada como uma formalização de declarações complexas do seguinte tipo, por parte do AD: "Eu entendo que uma alternativa só deve ser aceita se com isso puder ganhar 200 contos ou mais, mas ainda posso aceitar valores até 150 contos". Esta afirmação corresponde a substituir  $z_n(j)$  por 150 e  $z_s(j)$  por 200 na figura 15c, resultando a figura 15d.

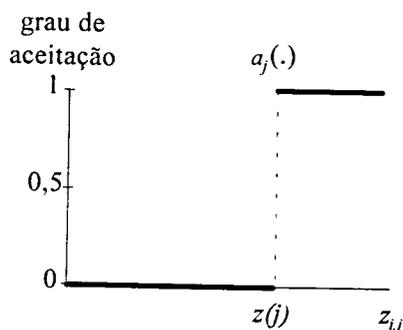


Figura 15a - Função de aceitação com limiar rígido

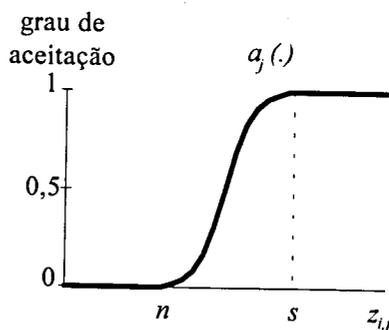


Figura 15b - Função de aceitação com limiar impreciso

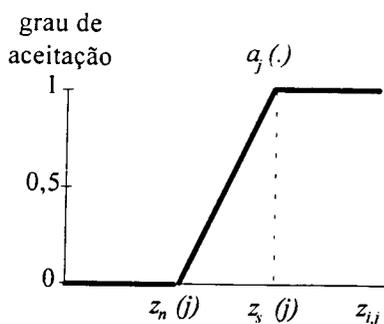


Figura 15c - Função de aceitação em rampa (formalização)

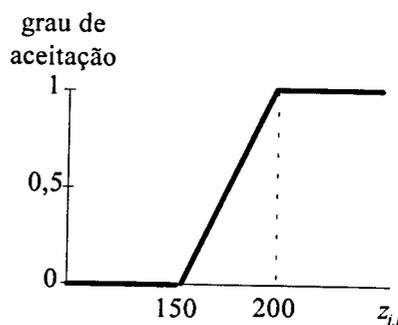


Figura 15d - Função de aceitação em rampa (exemplo)

Resta referir que, no caso de critérios de minimização, as curvas são como as da figura 15, mas simétricas em relação ao eixo das ordenadas.

A utilização exclusiva de valores numéricos para os atributos serviu, até aqui, para ilustrar o cálculo do grau de aceitação de uma alternativa segundo um critério. Na secção seguinte mostra-se como esse cálculo é feito para o caso de atributos definidos imprecisamente.

### Atributos com Valores Imprecisos

A metodologia usada nesta secção pode ser aplicada ao cálculo dos graus de aceitação de alternativas quando os atributos daquelas têm associados valores imprecisos. A filosofia é a mesma, sendo contudo a parte operacional mais complexa, pois trata-se agora da comparação de duas entidades imprecisas, ao contrário da situação anterior, onde era feita uma comparação de um valor numérico (o valor do atributo) com a função de aceitação.

A situação presente pode ser visualizada na figura 16, onde se representa o valor impreciso  $\tilde{z}_{i,j}$  do atributo  $j$ , da alternativa  $i$ , confrontado com a função de aceitação da figura 15c:

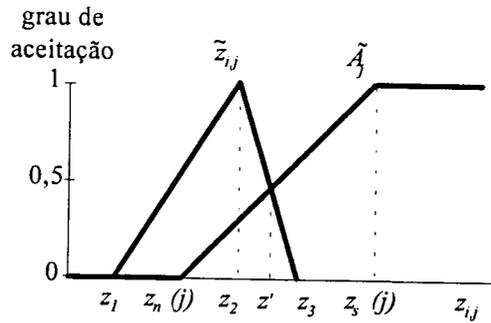


Figura 16 - A função de aceitação e o valor do atributo como números imprecisos

Neste caso, o grau de aceitação da alternativa  $i$ , segundo o critério  $j$ , é calculado fazendo a comparação entre  $\tilde{A}_j$  e  $\tilde{z}_{i,j}$ , recorrendo ao princípio da extensão:

$$a_j(z_{i,j}) = \mu(\tilde{z}_{i,j} \geq \tilde{A}_j) = \sup_{z_{i,j} \geq a_j} \min(\mu_{\tilde{A}_j}, \mu_{\tilde{z}_{i,j}}) \quad (41)$$

No caso da figura 16, isso corresponde ao ponto  $\tilde{A}_j(z')$ . Supondo  $\tilde{z}_{i,j}$  triangular, representado por  $(z_1, z_2, z_3)$ , a condição (39) será modificada para:

$$a_j(z_{i,j}) = \begin{cases} 0 & \text{se } z_3 < z_n(j) \\ \frac{z_3 - z_n(j)}{(z_3 - z_n(j)) + (z_s(j) - z_2)} & \text{se } z_n(j) \leq z_3 \wedge z_2 < z_s(j) \\ 1 & \text{se } z_s(j) \leq z_2 \end{cases} \quad (42)$$

### 4.3.3. Agregação dos Graus de Aceitação Individuais

Uma vez obtidos os graus de aceitação de uma alternativa em relação a cada critério, é necessário atribuir a essa alternativa um valor que represente a sua aceitação global por agregação dos valores parciais.

Para isso pode ser usada uma extensão da expressão (3) ao caso impreciso, de acordo com as regras de operação da lógica imprecisa (Zimmermann, 1987). Isto traduz-se no cálculo do mínimo entre os vários graus de aceitação parciais da alternativa, como é indicado a seguir:

$$a(z_i) = \bigwedge_{j=1}^{nc} a_j(z_i) = \min_{1 \leq j \leq nc} a_j(z_i) \quad (43)$$

onde  $a(z_i)$  é o grau de aceitação global da alternativa  $z_i$ ,  $a_j(z_i)$  é o grau de aceitação da alternativa  $z_i$  segundo o critério  $j$  e  $a(z_i), a_j(z_i) \in [0,1]$ .

Seria possível usar outras definições, mais sofisticadas, para a conjunção de conjuntos imprecisos, como as descritas em Dubois e Prade (1980), mas isso corresponderia a perderem-se as vantagens da versão original: clareza e simplicidade.

Como se pode verificar das expressões (39) e (43), a versão imprecisa inclui, como caso particular, a versão tradicional rígida, quando  $z_n(j) = z_s(j)$ .

#### 4.3.4. Determinação das Alternativas Aceitáveis

Na versão base do método conjuntivo, as alternativas estão naturalmente separadas em dois grupos distintos: o grupo das aceitáveis e o das não aceitáveis. O processo da divisão nestes dois grupos, após a definição dos limiares, não oferece ambiguidade visto só haver dois graus de aceitação possíveis: 1 (aceitação) e 0 (não aceitação).

No método aqui proposto, e após a realização da agregação para todas as alternativas, o AD dispõe de uma lista ordenada das alternativas segundo o grau de aceitação. Se decidisse aceitar apenas as que têm grau de aceitação igual a 1, obteria o mesmo resultado do método tradicional, tornando inútil o método impreciso. A ideia subjacente ao novo método é explorar outras divisões, definindo um valor para a aceitação global (p.ex. 0.93) com base na observação da lista ou na sua pretensão de fazer "sobreviver" um certo número de alternativas.

Com a intenção de proporcionar uma ajuda suplementar ao AD, neste processo de aceitação, apresenta-se a seguir um método de aglutinação em grupos, segundo o valor do grau de aceitação. A separação entre alternativas é quantificada através do índice CS (índice de compactação e separação) proposto por Dunn (1973) para validação de partições em processos de aglomeração (*clustering*) e que, no caso presente (uma dimensão e uma partição em  $ng$  grupos), toma a seguinte forma:

$$CS = \frac{\min_{1 \leq x \leq ng} \min_{1 \leq y \leq ng} \text{dist}(G_x, G_y)}{\max_{1 \leq z \leq ng} \text{comp}(G_z)} = \frac{\text{dist min}}{\text{comp max}} \quad (44)$$

onde

$G_g$  = grupo de ordem  $g$ ;

$ng$  = número de grupos;

$\text{dist}(G_x, G_y)$  = distância entre  $G_x$  e  $G_y$ , definida como a menor diferença de aceitação entre dois elementos, um de cada grupo.

$\text{comp}(G_z)$  = comprimento do grupo  $G_z$ , definido como a gama de variação de  $a(.)$  nesse grupo.

A expressão (44) mostra que, para uma dada partição em  $ng$  grupos, CS resulta da divisão entre a menor distância  $\text{distmin}$  entre dois quaisquer grupos dessa partição e o

comprimento *compmax* do maior desses grupos. A figura 17 mostra um exemplo onde estão representadas 7 alternativas pelo seu grau de aceitação imprecisa. Se se considerarem dois grupos,  $G_1$  contendo as 2 alternativas da esquerda e  $G_2$  contendo as restantes, o cálculo do índice é dado por  $CS=0.2/0.5=0.4$ . Neste cálculo, o numerador representa a distância entre os extremos mais próximos de  $G_1$  e  $G_2$ , respectivamente 0.3 e 0.5, e o denominador o comprimento do maior grupo, neste caso  $G_2$ .

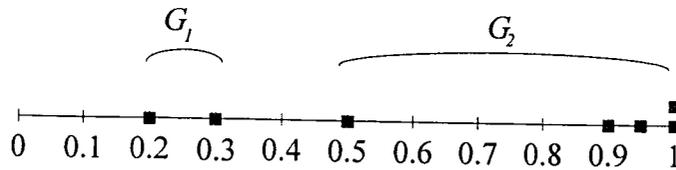


Figura 17 - Definição de grupos de alternativas

Um resultado interessante demonstrado por Dunn (1973) estabelece que, se for encontrado um índice maior que 1, associado a uma partição com  $p$  grupos, então essa partição é a única existente com  $p$  grupos que apresenta um índice superior a 1. Esta conclusão é bastante útil, pois permite defender os resultados obtidos, i.e., a partição obtida, de uma maneira que suscita poucas dúvidas. Como consequência, deve tentar-se obter uma partição com índice maior que 1, depois de definido qual o número de grupos desejado. Por exemplo, no caso de partições em 2 grupos, um algoritmo simples (sem preocupações de eficiência) de cálculo do maior  $CS$  é o seguinte ( $x_i$  é o valor do  $i$ -ésimo maior grau de aceitação):

```

/* Cálculo do maior CS para partições em 2 grupos */
ordenar as alternativas por ordem decrescente de grau de
aceitação;
inicializar maxCS, i_part;
i=1;
repetir, até i=na ou maxCS>1
    distmin= $x_i - x_{i+1}$ ;
    compmax= $\max(x_1 - x_i, x_{i+1} - x_{na})$ ;
    CS=distmin/compmax;
    actualizar maxCS, i_part;
fim;
```

Utilizando este algoritmo para as alternativas da figura 17, o maior índice encontrado foi  $CS=0.4/0.3=1.33$ , correspondendo a  $G_1=\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$  e  $G_2=\{x_5, x_6, x_7\}$  e a uma partição melhor que a representada na fig. 2. Como se disse, o facto de ser  $CS>1$  garante que a partição encontrada é a única com dois grupos que é compacta e bem separada.

No caso de haver muitas alternativas é difícil obter  $CS>1$ , pois há mais dispersão de graus de aceitação, resultando em distâncias *distmin* menores entre grupos. De qualquer maneira, se o índice for menor que 1, pode tentar-se encontrar uma boa partição com um número diferente de grupos. O caso de três ou mais grupos pode

revelar a existência de partições com  $CS > 1$ , sendo no entanto a execução de um algoritmo do género do anterior mais demorada, principalmente se for grande o número de alternativas. No caso de um elevado número de alternativas, podem ser usados outros métodos de agregação de alternativas, como o método "Fuzzy c-Means" (Bezdek, 1981), utilizado num dos exemplos apresentados mais adiante, ou o índice de Dunn, mas perdendo-se a simplicidade da aplicação deste à procura de partições em dois grupos. A seguir apresenta-se a generalização do algoritmo anterior, para o caso de partições em três grupos. Pode-se notar que não só aumenta o número de iterações como se torna mais demorado o cálculo de *compmax* e de *distmin*:

```

/* Cálculo do maior CS para partições em 3 grupos */
ordenar as alternativas por ordem decrescente de grau de
aceitação;
inicializar maxCS, ik_part;
i=1;
repetir, até i=na-1 ou maxCS>1
    k=i+1;
    repetir, até k=na ou maxCS>1
        distmin=min(xi-xi+1, xk-xk+1);
        compmax=max(x1-xi, xi+1-xk, xk+1-xna);
        CS=distmin/compmax;
        actualizar maxCS, ik_part;
fim;

```

Por fim, após o agrupamento das alternativas, o AD pode deixar sobreviver apenas as alternativas do melhor grupo, ou as dos dois melhores grupos, ou excluir apenas as do pior grupo, etc. Pode ainda, depois disso, proceder a subdivisões do conjunto das alternativas que foram aceites. Pode, inclusivamente, decidir que afinal só estava realmente interessado nas que possuíam grau de aceitação 1. Neste caso, a utilização de técnicas de agrupamento só terá ajudado o AD a perceber quais as divisões possíveis para o conjunto das alternativas, não influenciando directamente a sua escolha, mas permitindo-lhe conhecer melhor as opções possíveis.

#### 4.3.5. Exemplos

Seguem-se alguns exemplos de aplicação da metodologia anteriormente descrita, onde se utilizou a expressão (39) para a função de aceitação. Foram usados os algoritmos descritos na secção anterior, programados numa folha de cálculo, exceptuando parte do exemplo 2, onde se usou o algoritmo FCM ("Fuzzy c-Means"), incluído num pacote de software já existente. Partiu-se do princípio de que o AD só definiu  $z_s(\cdot)$ , utilizando-se a expressão (40) para definir  $z_n(\cdot)$ . As expressões (39) e (40) foram previamente transformadas para o caso de critérios de minimização. A utilização de atributos com valores imprecisos será exemplificada no capítulo 6.

Exemplo 1 - Estudo com 6 alternativas e 3 critérios, de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 10 - Matriz de decisão para o exemplo 1

Critérios (min)	Alternativas					
	a1	a2	a3	a4	a5	a6
c1	215	150	450	300	1000	750
c2	300	550	300	1120	0	550
c3	5.5	3.1	3.5	3	6	2.75

Fizeram-se 4 experiências, correspondendo às situações 1 e 2 das tabelas 11 e 12. A tabela 11 apresenta os valores de  $z_s(j)$  para cada situação. Em cada situação fizeram-se duas experiências, a e b, correspondendo respectivamente a partições em 2 e 3 grupos. Na tabela 12 são apresentadas as partições obtidas.

Tabela 11 - Valores de  $z_s(j)$  para o exemplo 1

j	$z_s(j)$			
	Sit. 1		Sit. 2	
1	450		600	
2	530		300	
3	3.5		3.5	
nº grupos	a	b	a	b
	2	3	2	3

Tabela 12 - Índices e grupos obtidos no exemplo 1

Sit. 1.a - CS=1.13			Sit. 1.b - CS=1.27			Sit. 2.a - CS=1.13			Sit. 2.b - CS=1.52		
Alt.	$\tilde{a}(\cdot)$	Grupo									
a3	1.00	G. 1									
a2	0.97		a2	0.97		a2	0.70		a2	0.70	
a6	0.45		a6	0.45		a6	0.63		a6	0.63	
a1	0.20	G. 2	a1	0.20	G. 2	a1	0.20	G. 2	a1	0.20	G. 3
a4	0.00		a4	0.00		a4	0.00		a4	0.00	
a5	0.00		a5	0.00		a5	0.00		a5	0.00	

Na situação 1.a, o grupo 1 engloba as 2 melhores alternativas, enquanto na situação 2.a engloba as 3 melhores, visto a2 estar nesta última situação mais afastada de a3 e por outro lado a6 ter um grau de aceitação mais elevado.

A primeira conclusão a retirar da última tabela é que todas as partições obtidas com o algoritmo têm associado um índice  $CS > 1$ . São portanto as melhores partições, i.e., as únicas a apresentar esse índice para o número de grupos respectivo. Como se pode verificar também dos valores dos índices CS, as partições em 3 grupos levam a que estes sejam melhores (mais compactos, melhor separados) do que nas partições

correspondentes em 2 grupos. Por outro lado, a tabela mostra que na situação 1.b apareceu um 3º grupo correspondente a uma subdivisão do grupo 2 da situação 1.a. Quanto à situação 2.b, um novo grupo resultou de uma subdivisão do grupo 1 da situação 2.a. Isso mostra que o grupo 1 da situação 1.a é realmente um grupo bom, com elementos muito semelhantes, enquanto o grupo 1 da situação 2.a tinha 2 elementos que estavam um pouco afastados do melhor elemento.

Uma vantagem do método conjuntivo impreciso reside precisamente na flexibilidade das soluções que apresenta, restando depois ao AD decidir quais as alternativas a eliminar: ou as do grupo 3, ou as dos grupos 2 e 3, no caso de 3 grupos; ou as do grupo 1, no caso de 2 grupos; ou ainda considerar somente as soluções que o método conjuntivo base já fornecia e que têm grau de aceitação 1.

Outra vantagem deste método, que o distingue do método tradicional, é ilustrada pela situação 1.a: na versão tradicional, em que são utilizados graus de aceitação rígidos, a alternativa 2 nunca seria escolhida, devido a uma pequena violação (menos de 4%) em relação ao limiar de 530 para o critério 2, embora tenha boas *performances* nos outros critérios. Sendo o método conjuntivo destinado a filtragem preliminar, eliminações prematuras são de evitar, o que é garantido pela versão imprecisa.

Exemplo 2 - Seleção de máquinas de lavar para apetrechar uma lavanderia

Este segundo exemplo foi retirado de Zeleny (1982, pg.210). A tabela 13 mostra a matriz de decisão do problema:

Foram feitas 3 experiências com partições em 2 grupos. Os limites  $z_s(j)$  escolhidos aparecem na tabela 14. As partições obtidas e índices correspondentes são descritos na tabela 15. A situação 2 resulta do relaxamento de  $z_s(2)$  relativamente à 1ª situação. Na situação 3, apesar de se usarem valores para  $z_s(j)$  iguais aos da situação 2, somente são sujeitas a separação as alternativas contidas no melhor grupo obtido na situação 2.

Em qualquer das situações 1 e 2, *CS* é sempre um valor baixo, consequência do grande número de alternativas que além disso possuem graus de aceitação muito dispersos. Para tentar encontrar melhores resultados, foi feita uma análise às 3 situações anteriores, com partições em 3 grupos.

Perante o grande número de alternativas, optou-se pelo método FCM. Na tabela 16 apresentam-se os resultados conseguidos para  $m=1.5$  ( $m$  é um parâmetro do FCM). Após a obtenção das partições com o FCM, calcularam-se os índices *CS* correspondentes.

Em relação ao 1º exemplo, a passagem de uma partição dupla para uma tripla, nas situações 1 e 2, não partiu nenhum dos grupos existentes em 2 outros, tendo-se antes verificado que o novo grupo surge agregando as alternativas piores do grupo 1 e as melhores do grupo 2. Já em relação à situação 3 inicial, o grupo 1 foi subdividido em dois, contendo o primeiro destes as alternativas com grau de aceitação unitário, tal como no método conjuntivo base.

Relativamente à tabela 15, verifica-se que os índices correspondentes às situações 1 e 2 pioraram. O motivo desse decréscimo está na maior diminuição dos valores de *distmin* relativamente à correspondente diminuição dos valores de *compmax*. Isso significa que os grupos diminuíram de tamanho, como era de esperar, mas a diminuição das distâncias entre eles ainda foi superior. Por outro lado, o índice relativo à situação 3 melhorou muito, devido a variações superiores de *compmax*

relativamente a *distmin*, o que coloca a partição correspondente na fronteira ( $CS=1$ ) das partições compactas e separada. Face aos valores de  $CS$  relativos às situações 1 e 2, utilizou-se novamente o método FCM ( $m=1.5$ ), para a análise de partições em 4 grupos. Os resultados são apresentados na tabela 17.

Tabela 13 - Problema das máquinas de lavar

Alternat.	Critérios (min)			
	Preço (USD)	T. Lav. (min)	Cons. E. (kWh)	Cons. Ag. (L)
a1	509	74	1.5	114
a2	425	80	1.5	110
a3	446	72	1.6	135
a4	564	65	1.6	118
a5	547	53	1.8	140
a6	450	68	1.6	135
a7	473	65	1.6	130
a8	484	56	1.7	115
a9	456	68	1.6	130
a10	488	72	1.6	114
a11	530	55	1.7	135
a12	477	76	1.5	110
a13	589	53	1.6	130
a14	534	61	1.4	122
a15	536	57	1.7	110
a16	494	71	1.5	135
a17	425	65	1.8	120
a18	555	53	1.7	125
a19	543	57	1.6	120
a20	515	68	1.5	130
a21	452	76	1.5	112
a22	547	68	1.5	120
a23	421	76	1.4	130
a24	498	68	1.6	120
a25	467	65	1.7	130
a26	595	50	1.8	135
a27	414	68	1.7	125
a28	431	66	1.7	110
a29	452	72	1.5	115
a30	408	77	1.6	119
a31	478	59	1.8	110
a32	395	76	1.5	120
a33	543	57	1.5	135

Tabela 14 - Valores de  $z_s(j)$  para o exemplo 2

j	$z_s(j)$		
	Sit. 1	Sit. 2	Sit. 3
1	550	550	550
2	60	70	70
3	1.7	1.7	1.7
4	135	135	135

Tabela 15 - Índices e grupos obtidos no exemplo 2 (partições em 2 grupos)

Sit. 1 - CS=0.33			Sit. 2 - CS=0.50			Sit. 3 - CS=0.56		
nº de alter	$\tilde{a}(\cdot)$	Grupo	nº de alter	$\tilde{a}(\cdot)$	Grupo	nº de alter	$\tilde{a}(\cdot)$	Grupo
17	1.00	G. 1	22	1.00	G. 1	20	1.00 a	G. 1
	a			a			0.80	
	0.60			0.60		a4	0.69	G. 2
						a1	0.60	
16	0.45 a	G. 2	11	0.40 a	G. 2			
	0.00			0.00				

Tabela 16 - Índices e grupos obtidos no exemplo 2 (partições em 3 grupos)

Sit. 1 - CS=0.29			Sit. 2 - CS=0.28			Sit. 3 - CS=1		
nº de alter	$\tilde{a}(\cdot)$	Grupo	nº de alter	$\tilde{a}(\cdot)$	Grupo	nº de alter	$\tilde{a}(\cdot)$	Grupo
7	1,00	G. 1	20	1,00	G. 1	15	1.00	G. 1
	a			a		5	0,90 a	G. 2
	0.89			0.80			0.80	
14	0,75	G. 2	7	0,69	G. 2	a4	0.69	G. 3
	a			a		a1	0.60	
	0.40			0.30				
12	0,30 a	G. 3	6	0,13 a	G. 3			
	0.00			0.00				

Tabela 17 - Índices e grupos obtidos no exemplo 2 (partições em 4 grupos)

Sit. 1 - CS=0.5			Sit. 2 - CS=0.45		
nº de alter	$\tilde{a}(\cdot)$	Grupo	nº de alter	$\tilde{a}(\cdot)$	Grupo
7	1,00	G. 1	17	1,00	G. 1
	a			a	
	0.89				
10	0,75	G. 2	5	0,80	G. 2
	a			a	
	0.60				
5	0,45	G. 3	5	0,40	G. 3
	a			a	
	0.30				
11	0,20	G. 4	6	0,13	G. 4
	a			a	
	0.00				

Os valores de *CS* nesta tabela mostram que os resultados são melhores que os da tabela 16, o que permite concluir que as partições em 4 grupos são, neste caso, mais compactas e melhor separadas do que as partições em 3 grupos, que não eram muito adequadas.

A subdivisão de um grupo (como é o caso da passagem da situação 2 para a 3), ou o aumento do número de grupos (caso da passagem da situação 2, na tabela 16, para a tabela 17) poderão, como se vê, melhorar o valor de *CS* e, conseqüentemente, a qualidade da partição. Realce-se, no entanto, que nem sempre tal acontece, como no caso da passagem da situação 2 (tabela 15) para a situação correspondente na tabela 16.

#### **4.3.6. Conclusões**

O método conjuntivo impreciso, apresentado neste texto, mostra maior flexibilidade que a sua versão tradicional rígida, pois não elimina automaticamente alternativas (possivelmente merecedoras de análise mais detalhada) devido a pequenas diferenças em apenas um critério, a limites de aceitação mal definidos, etc. A melhoria introduzida advém da utilização de lógica imprecisa para a definição dos graus de aceitação das alternativas.

A utilização do índice de Dunn na separação das alternativas em classes é simples, fornece flexibilidade na escolha e permite justificar a partição de modo a gerar a menor controvérsia possível. Estas características são importantes para um método que se pretenda transparente e prático (útil em ambientes de decisão, como seja a selecção de projectos de âmbito público).

## **5. O Processo Geral de Selecção**

### **5.1. Introdução**

Neste capítulo, procura-se fazer o enquadramento geral do processo de decisão, desde a aceitação de propostas e respectiva avaliação, até à obtenção de uma escolha (ou ordem) final. Dá-se especial atenção aos processos de concursos públicos, em que uma parte dos procedimentos a usar se encontra legislada, constituindo também uma referência para processos de decisão que não estão sujeitos obrigatoriamente a essas regras. Nesse sentido, as considerações que se farão e a estrutura que se apresenta pretendem ser gerais e, portanto, aplicáveis a processos privados de selecção de projectos, aquisição de equipamento, recrutamento de recursos humanos, etc., e a processos públicos que não estão sujeitos às regras dos concursos públicos, incluindo, além de aquisições e empreitadas de valores baixos, o financiamento de projectos de investigação, atribuições de bolsas, etc. O caso particular de selecção e recrutamento de pessoal para os quadros da administração pública, regulamentado por legislação própria, também será referido brevemente.

A estrutura do processo global de decisão envolve múltiplos aspectos. Assim, emergem a necessidade de definição clara de quem são os AD, a preocupação com a transparência do processo, a justificação das decisões, passando este último aspecto pela definição de critérios e dos métodos de classificação das alternativas. Pode mesmo acrescentar-se que as grandes preocupações a ter em conta deverão ser a transparência, já referida, a simplicidade, sempre que o processo o permitir e visto que deverá ser entendido da melhor maneira pelo público em geral e, por último, a eficiência, pois trata-se de um processo que deverá utilizar da forma mais económica possível os recursos públicos, quer em termos de tempo, quer em termos monetários. Este último ponto pode ser favorecido com a dotação dos organismos públicos de "novas tecnologias, que permitem a utilização de procedimentos inovadores e mais eficazes de decisão e controlo", citando o DL nº 55/95, de 29 de Março, que estabelece "o regime de realização de despesas públicas com locação, empreitadas de obras públicas, prestação de serviços e aquisição de bens, bem como o da contratação pública relativa à prestação de serviços, locação e aquisição de bens imóveis".

Como se viu, é necessário a existência de métodos simples, eficientes e práticos, mas também com base científica credível e suficientemente transparentes. Numa sociedade democrática, os mecanismos de defesa do cidadão, tornam muitas vezes mais lentos os processos que aqueles pretendem acompanhar. Em termos de eficiência, esse é o preço a pagar pela transparência. No entanto, aqueles mecanismos podem ser melhorados, quando utilizados métodos científicos adequados.

A estrutura que se apresenta segue de perto, por um lado, a metodologia de um concurso público e inclui, por outro lado, a análise dos vários projectos, propostas ou candidatos, utilizando técnicas multicritério apresentadas e desenvolvidas nos capítulos precedentes. A utilização dos procedimentos desenvolvidos para os concursos públicos serve como linha de orientação para os procedimentos a seguir

noutros tipos de selecção de projectos, desde que esteja associada a estes a necessidade de justificação das decisões, de haver transparência, simplicidade, etc. É proposta a divisão do processo nas fases a seguir indicadas, que serão pormenorizadas na secção 5.4. e seguintes:

- Fases preparatórias.
- Fases de avaliação das propostas.
- Fases de ordenação das propostas.

Por vezes, durante a descrição de cada uma dessas fases, é explicada a diferença entre os procedimentos adoptados num processo genérico de selecção de projectos e os adoptados nos concursos públicos. Outras vezes, adoptam-se os procedimentos dos concursos públicos, quando estes se adequam ao processo genérico.

## **5.2. Transparência nos Processos de Decisão**

No contexto deste documento, um processo de decisão é considerado transparente quando os seus resultados suscitarem poucas dúvidas, ou seja, quanto mais "transparência" houver, menor será a "exposição à crítica" a que se sujeitam os AD.

Em relação ao processo, a transparência requer que sejam públicos e bem definidos os critérios e atributos a utilizar na avaliação das soluções, que sejam claras as decisões parciais, que sejam conhecidos os métodos de agregação antes de serem aplicados (e, preferencialmente, antes de serem conhecidas as propostas ou candidaturas), que haja independência nas avaliações de atributos distintos, etc.

Do ponto de vista operacional, este aspecto está muito relacionado com a definição dos parâmetros que os diversos métodos de ajuda à decisão requerem. Na verdade, se a ordenação final, num determinado caso, variar visivelmente quando os parâmetros são ligeiramente alterados (falta de robustez), são de levantar as maiores dúvidas quanto ao significado dos resultados. Mais importante, no entanto, é a percepção da origem e significado dos parâmetros utilizados, em muitos casos relativamente arbitrários, mas com grande influência no resultado final. Os comentários descritos no capítulo 3 incluem a referência a estes importantes aspectos.

Um dos parâmetros mais frequentemente utilizados são os pesos de importância relativa, associados a uma função de valor aditiva. Os parágrafos seguintes precisam melhor as considerações anteriores para este caso particular.

A questão essencial a considerar é que se os pesos forem mudados, o resultado pode vir alterado. Portanto, é necessário existir uma boa justificação para a escolha dos pesos. Por outro lado, é fácil adequar os pesos de modo a chegar-se a uma proposta pré-determinada.

O primeiro aspecto tem muito a ver com a procura de eficiência. Ainda relacionado com esta questão, está o problema da sensibilidade a variações dos pesos: se uma proposta for considerada a melhor com um dado conjunto de pesos e a variação ligeira de um dos pesos provocar a mudança de proposta escolhida, é fácil compreender que se levantará a dúvida sobre a razão da utilização do primeiro conjunto de pesos.

O segundo aspecto pode ser evitado, se a definição de valores para os atributos, seguida da definição dos pesos, for realizada antes de conhecidas as propostas, tal como exemplificado na figura 18a. Aliás, e como já foi referido, uma das imposições do art. 40º (daqui para a frente, quando não for especificado o Decreto-Lei correspondente, os artigos mencionados referem-se sempre ao Decreto-Lei nº 55/95, de 29 de Março), é que pelo menos seja definida uma ordem para os pesos dos atributos. Seria muito melhor se os candidatos tivessem disponíveis os valores para os atributos e os pesos destes, pois estariam conscientes, à partida, das características das suas propostas que seriam julgadas. Evidentemente, isto aumentaria a confiança dos candidatos no processo de decisão. Contudo, não sendo possível a situação da figura 18a, poderão ser construídos métodos de cálculo automático de pesos a partir de valores para os atributos. Quando, posteriormente, forem conhecidas as propostas e definidos os valores para os atributos, poder-se-á aplicar o algoritmo de cálculo dos pesos definido *a priori*. A figura 18b exemplifica esta situação. Se nenhuma destas situações for possível, pode ainda proceder-se à definição de valores e pesos para os atributos, depois de analisados os elementos das propostas. Mas não deverão ser conhecidos os candidatos responsáveis por cada proposta, para evitar o possível favorecimento de algum deles. Aliás, procedimento semelhante já foi utilizado na correcção de provas finais nacionais, referentes ao 12º ano. A figura 18c descreve esta situação. Finalmente, na figura 18d apresenta-se o procedimento que não deve ser aplicado, i.e., definição dos valores e pesos para os atributos, conhecidas as propostas e os proponentes respectivos.

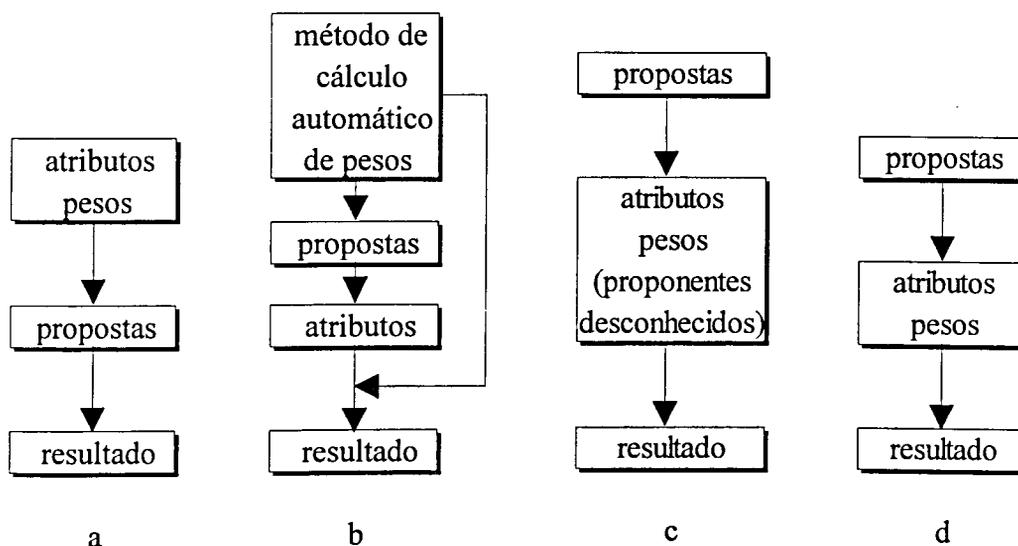


Figura 18 - Várias seqüências no processo de definição dos pesos.

- a - pesos definidos antes de conhecidas as propostas
- b - antes de conhecidas as propostas, definição do método de cálculo automático de pesos a partir de valores dos atributos
- c - pesos definidos depois de conhecidas as propostas, mas sem referências destas aos proponentes
- d - método a evitar: pesos definidos depois de conhecidas as propostas e os proponentes

### 5.3. Diagramas dos processos

Nesta secção apresentam-se dois diagramas, respectivamente com a estrutura de um concurso público e com a estrutura de um processo geral de selecção de projectos. Para melhor compreender a informação neles contida, descrevem-se a seguir alguns conceitos:

*Entidade contratante (EC)* - organismo que pretende adquirir produtos ou serviços.

*Concorrente, proponente, adjudicatário ou candidato* - responsável por uma proposta que será sujeita a concurso.

*Entidade competente para autorizar despesas (ECAD)* - é a autoridade responsável pela decisão de adjudicar e contratar e pela escolha do procedimento a adoptar para escolha da proposta vencedora do concurso.

*Programa do concurso (PC)* - documento com as regras do concurso, em termos dos documentos a ser entregues pelos concorrentes e requisitos a que estes têm de obedecer.

*Caderno de encargos (CE)* - documento com as cláusulas jurídicas e técnicas a incluir no contrato a realizar com o candidato escolhido.

*Comissão de abertura de propostas (CAP)* - conjunto de elementos que, no acto de abertura dos concursos públicos, têm a responsabilidade de verificar se os documentos e requisitos do PC foram cumpridos.

*Comissão de análise (CAn)* - conjunto de elementos responsáveis pela análise do conteúdo das propostas aceites a concurso pela CAP.

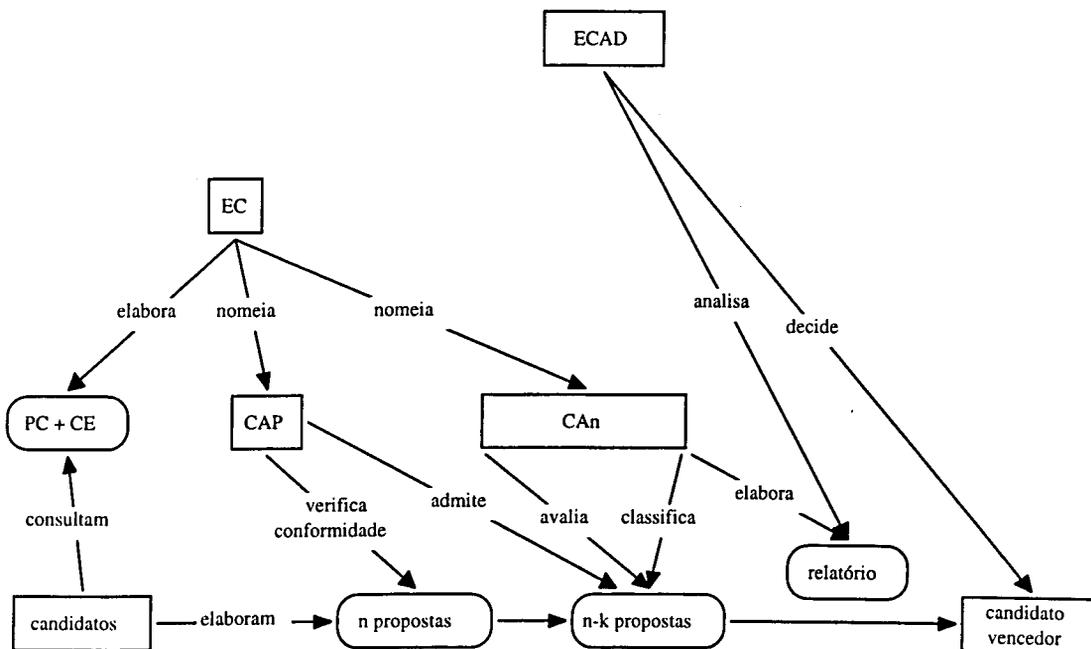


Figura 19 - Diagrama da estrutura de um concurso público

O diagrama da figura 19 descreve a estrutura de um concurso público, de acordo com o DL nº 55/95. Resumidamente, a entidade pública contratante é responsável pela elaboração do programa do concurso e do caderno de encargos, de acordo com a lei vigente sobre a matéria e, pela criação da comissão de abertura das propostas e da comissão de análise das propostas. Por seu lado, os concorrentes consultam o programa do concurso e, de acordo com este, elaboram as suas propostas inicialmente sujeitas à comissão de abertura. Esta decide se a documentação apresentada e os requisitos dos proponentes estão de acordo com as regras do concurso. Em caso afirmativo, as propostas são aceites e submetidas a avaliação e classificação por parte da comissão de análise, de onde resulta um relatório fundamentado sobre o mérito das propostas, sendo estas ordenadas com base nos critérios de adjudicação. Finalmente, aquele relatório é analisado pela entidade competente para autorizar despesas que, à luz dos fundamentos apresentados, decide qual o candidato vencedor e aprova as condições do contrato a realizar com aquele (matéria fora do âmbito desta dissertação).

A estrutura de um processo geral de selecção de projectos, apresentada na figura 20, não é muito diferente daquela que se apresentou anteriormente.

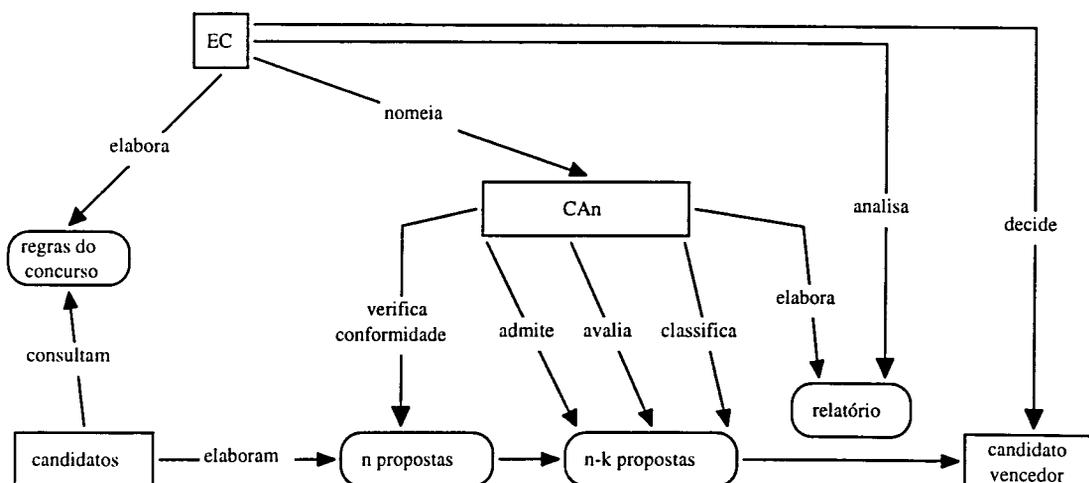


Figura 20 - Diagrama da estrutura de um processo geral de selecção de projectos

O diagrama mostra semelhanças com o anterior, mas já não existem os blocos caracteristicamente associados a concursos públicos, tais como o bloco representativo da comissão de abertura, do programa do concurso, etc. Num processo geral de selecção de projectos deve existir uma entidade contratante que designa a comissão de análise das propostas e que, conjuntamente com esta, elabora as regras do concurso. Em geral, essa entidade agrega as funções de entidade competente para autorizar despesas, pois, ao contrário de uma entidade pública, não depende de órgãos de mais alto nível, como directores-gerais, ministros, etc. A consulta das regras do concurso permite aos proponentes elaborar as suas propostas, que são depois submetidas à apreciação da comissão de análise. Esta, depois de proceder a eventuais recusas liminares das propostas que não obedeçam às regras do concurso, prossegue fazendo a análise do conteúdo das propostas, nomeadamente a avaliação e a classificação destas. Daqui resulta um relatório com a classificação de cada candidato para ser apreciado pela entidade competente para autorizar as despesas.

Muitas destas fases podem ser realizadas conjuntamente, quando a importância do concurso o permitir. Por outro lado, certos blocos ou acções que são formais nos concursos públicos, mantêm o nome neste diagrama, mas têm com certeza um carácter menos categórico.

Nas secções seguintes, avaliam-se as diversas fases do processo, encarado de forma geral, mas incluindo as particularidades dos concursos públicos.

## **5.4. Fases Preparatórias**

### **5.4.1. Estruturação das Comissões**

Nesta fase, nos concursos de âmbito público, são nomeados os elementos que constituem as comissões de abertura das propostas e de análise. Esses elementos são designados pela entidade contratante e deverão ser no mínimo três, de acordo com o art. 65º. Estas comissões são designadas independentemente da elaboração das regras do concurso, não participando nessa elaboração. No âmbito não público, é definida aqui a estrutura de decisão e os elementos técnicos afectos ao processo, se não forem já implicitamente conhecidos.

Em processos bastante complexos, quer do ponto de vista económico, quer do ponto de vista técnico, aqueles elementos poderão ser profissionais adequados às características do objecto a concurso. Ou poderão ser elementos numa posição elevada dentro da hierarquia da entidade, visto a estes caberem as decisões mais importantes, i.e., com mais responsabilidade (directores, adiministradores, etc.). No caso de processos mais simples poderão ser profissionais com menor responsabilidade. Note-se que este último caso se refere a processos onde deve imperar o bom senso, não estando a escolha tão sujeita a especificações com uma componente técnica/económica/humana muito avançada.

Por exemplo, se uma empresa pública quiser comprar um PC, não haverá necessidade de proceder à criação de nenhuma comissão, pois o custo associado de recursos humanos provavelmente será superior ao custo do PC. Mas, se pretender adquirir 40 máquinas daquelas, já haverá lugar a um processo mais criterioso e caro para a escolha dessas máquinas, gastando-se para isso mais recursos humanos e materiais.

### **5.4.2. Definição das Regras do Concurso**

Nesta fase, a entidade contratante deve proceder à definição das regras a que deve obedecer o concurso. Estas regras correspondem aos aspectos legais, técnicos e económicos que os candidatos e suas propostas devem cumprir. Nos concursos públicos, estes aspectos estão descritos na legislação vigente (art. 38º a 56º), nomeadamente os artigos relativos ao programa do concurso a ao caderno de encargos. No fim desta fase será elaborado o anúncio de concurso.

Seria vantajoso, nesta fase, que fossem especificados todos os critérios de adjudicação, as gamas de variação dos valores dos atributos (escalas), os limites mínimos de aceitação para os valores de cada atributo, etc.

### *O caderno de encargos e o programa do concurso*

A elaboração do caderno de encargos e do programa do concurso está legislada para os concursos públicos. Num processo geral, estes documentos ou outros equiparados, são, evidentemente, necessários. Podendo tomar designações diferentes, serão genericamente mencionados, daqui para a frente, como as regras do concurso.

O caderno de encargos de um concurso contém as cláusulas jurídicas e técnicas a incluir no contrato a realizar com o candidato escolhido, aquando da adjudicação. Em particular, e de acordo com o art. 42º, as especificações técnicas descrevem as características que definem cada produto, adequadas à sua utilização por parte da entidade contratante. Estão incluídos aspectos de qualidade dos produtos, suas dimensões, a terminologia de identificação, etc. As especificações podem ser definidas por referência a normas nacionais, comunitárias ou internacionais.

O programa do concurso define os termos a que obedece o concurso. Segue-se uma descrição das condições principais:

- Alterações permitidas às cláusulas do caderno de encargos.
- Estrutura das propostas, incluindo o prazo de entrega destas, quais os documentos que as devem acompanhar, a obrigatoriedade de indicação do preço total das propostas por parte dos respectivos proponentes, etc.
- Os documentos que deverão acompanhar as propostas: documentos contendo a identificação do proponente; documentos com a indicação da sua situação perante o estado em termos de dívidas, pagamentos da segurança social, do IRS e do IRC; documentos que provem o cumprimento dos requisitos de admissão por parte dos concorrentes, etc.
- Os próprios requisitos de admissão: idoneidade (se o candidato se encontra em estado de falência, etc.), habilitações profissionais adequadas para executar certos serviços, capacidade financeira (que pode ser comprovada por declarações bancárias, de volume de negócios, etc.) e capacidade técnica (através da indicação pelo candidato dos principais serviços prestados nos últimos três anos, comprovados por declarações das entidades contratantes, da indicação dos técnicos e métodos da empresa proponente, etc.).
- "O critério que presidirá à adjudicação, explicitando-se os factores que nela intervirão, por ordem decrescente de importância", de acordo com o art. 40º, alínea i.

É este último aspecto que essencialmente nos interessa, pelo que se desenvolvem a seguir algumas considerações adicionais.

### *Crítérios de adjudicação*

Em relação a estes critérios, é possível que a entidade contratante não tenha capacidade técnica para elaborar os critérios de classificação dos concorrentes (apesar da capacidade hierárquica para decidir). Assim, numa aproximação inicial, essa

entidade pode definir critérios de âmbito geral, que não explicitam ainda os atributos e sua avaliação, cumprindo, desse modo, o programa do concurso. Esses critérios gerais servem, antes de mais, para definir estratégias globais, sem ter em conta pormenores técnicos e de operação. Estes aparecerão numa subdivisão posterior dos critérios globais. Esta filosofia hierarquizante dos critérios é usada, por exemplo, pelo método AHP - "Analytical Hierarchy Process".

Ultimamente, a imprensa portuguesa refere várias vezes que o Governo pretende construir uma central incineradora de resíduos industriais em um de quatro sítios possíveis. Neste processo, a entidade pública contratante poderia ter decidido que, para a escolha do local da central, as grandes preocupações seriam nos domínios do custo e do impacto ambiental resultante do funcionamento da central. Obviamente, estes critérios teriam de ser especificados do ponto de vista técnico, sendo fácil encontrar muitos cidadãos que, se fossem questionados sobre a matéria, se exprimiriam de forma semelhante.

O que seria desejável é que, no programa do concurso, fossem incluídos critérios mais específicos de avaliação das propostas concorrentes, incluídos nos critérios mais gerais definidos pela entidade contratante. A definição desses critérios permitiria fornecer aos candidatos uma visão antecipada do processo de decisão, com consequências em termos de transparência, e até do interesse público que se pretende defender, pois sabendo-se das prioridades de quem decide, melhor se adequam as propostas a apresentar a essas prioridades.

Por exemplo, um organismo público tem grande urgência em construir um novo edifício. Por isso, dá uma alta prioridade ao prazo e publicita-o. Os concorrentes podem assim preparar propostas, sabendo logo que o prazo é mais importante do que em circunstâncias normais, fazendo surgir alternativas que estão mais no sentido da prioridade publicitada do que se o anúncio não fosse feito.

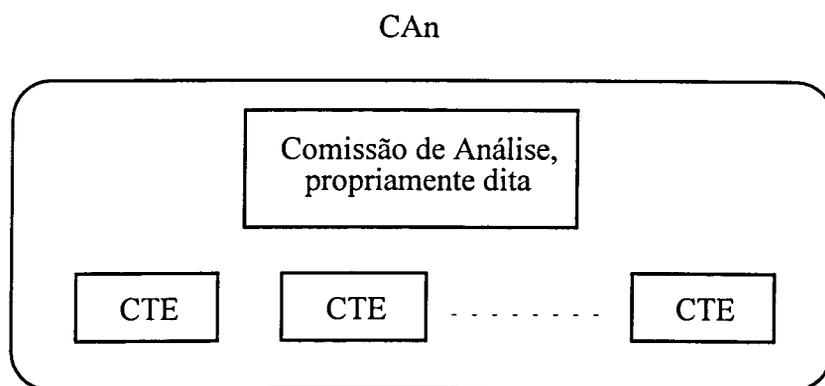


Figura 21 - Composição da comissão de análise, quando há necessidade de comissões técnicas especializadas

Desse modo, há vantagens na participação da comissão de análise (CAn) na definição dos critérios, podendo esta, inclusivamente, ser alargada através da criação de comissões técnicas especializadas (CTE), com competência para precisar os critérios específicos (ver figura 21). Portanto, é com certeza recomendável que a comissão de análise e comissões técnicas sejam nomeadas antes da elaboração do programa do concurso (e os respectivos critérios de adjudicação).

Para elaborar os critérios, os elementos daquelas comissões utilizam o seu conhecimento específico de determinadas matérias, podendo complementá-lo, por exemplo, com a consulta de processos semelhantes que já tenham decorrido e verificar como foram feitas as classificações e quais os critérios utilizados. Posteriormente, deverão ter capacidade de executar a avaliação segundo os critérios por eles definidos. Tanto a elaboração de critérios específicos, como a avaliação de acordo com estes, deverão ser conduzidos em conjunto com a entidade contratante e tendo em conta os critérios mais vastos já anteriormente por esta descritos.

No caso do processo já referido da construção de uma incineradora para resíduos industriais, possivelmente, as comissões terão tido a função de procurar e filtrar matéria relevante para o processo, definindo depois critérios mais específicos como o impacto estético, população afectada pela emissão de gases da incineradora, reservas ecológicas afectadas pelos mesmos gases, custo do transporte dos resíduos de vários pólos industriais nacionais para o local da incineradora, custos de manutenção da central, custos de construção, etc.

Por fim, deverá ser elaborada a lista dos critérios, por ordem decrescente de importância, tal como exigido pelo programa do concurso.

Após a definição dos critérios específicos, seria também útil nesta fase que a comissão de análise definisse as escalas dos atributos e a sua forma de agregação. No caso, frequente, de estar prevista a utilização de uma função de valor aditiva linear, deverão ser fixados os pesos de importância relativa correspondentes a cada critério. A Portaria nº 428/95, de 10 de Maio, regulamenta esta questão para o caso de empreitadas e fornecimentos de obras públicas.

Podem, igualmente, ser estabelecidos no programa do concurso os limiares aquém dos quais se podem rejeitar propostas (limiares com carácter eliminatório) e limiares desejáveis, i.e., a partir dos quais essas propostas satisfazem completamente. A utilização destes limiares poderá ser útil, posteriormente, caso sejam utilizados métodos de "screening". No anexo A, secção A.1., pode ser visto o anúncio de um concurso onde se pretende fazer uma eliminação preliminar, que resultará numa classificação das propostas em "aptas" e "inaptas", de acordo com os valores dos seus atributos.

Note-se que, muitas vezes, poderá não existir capacidade, por parte da comissão de análise e da entidade contratante, para estabelecer os critérios específicos, escalas para os atributos, limiares de rejeição e possíveis pesos, sem a análise prévia das propostas. A definição destes parâmetros passa, portanto, para a fase de avaliação das propostas. Isto constitui, potencialmente, um perigo para a transparência do processo, se forem conhecidos os candidatos correspondentes a cada proposta, por parte de quem define aqueles parâmetros. Na secção 5.2. já foi feita referência a esta questão, a propósito da definição de pesos.

De uma maneira geral, nos anúncios de concursos públicos, é feita referência a critérios de adjudicação, através de uma lista por ordem decrescente de importância de critérios gerais, como se pôde constatar pela leitura de anúncios recolhidos na imprensa. Os anúncios da secção A.2. do anexo A exemplificam isso mesmo. O autor deste texto chegou mesmo a consultar o programa do concurso correspondente ao primeiro dos três e a descrição que aí se fornece dos critérios não dá mais informação

que a apresentada no anúncio. Por outro lado, os três critérios descritos nesse mesmo anúncio, com algumas variantes, são bastante utilizados nas dezenas de anúncios consultados pelo autor.

Há no entanto alguns anúncios que apresentam critérios mais específicos de avaliação das propostas a concurso. Exemplos destes podem ser consultados na secção A.3. do anexo. No último anúncio, são feitas referências a alguns critérios que visam a detecção de práticas restritivas da concorrência (conluio entre concorrentes), nomeadamente através da detecção de valores para o custo anormalmente altos ou baixos. Esta questão e o que foi referido no parágrafo anterior voltarão a ser focados no segundo caso de estudo, apresentado no capítulo 6.

A parte final desta fase corresponde à publicação do anúncio do concurso, de acordo com o art. 38º. No anexo A, secção A.4., apresenta-se, igualmente, o modelo dos anúncios de concursos públicos, constante no DL nº 55/95. No caso de um processo geral, poderão ser adoptados procedimentos diferentes, nomeadamente a eliminação da obrigatoriedade de anúncio de concurso e a sua substituição por convite directo a entidades prestadoras de serviços ou fornecedoras de bens, visto não se tratarem de processos que, na maior parte das vezes, envolvam encargos públicos. Estas situações também estão legisladas, necessitando as entidades públicas contratantes de as justificar, por necessidade urgente de serviço, complexidade técnica ou montantes envolvidos que exijam análise prévia de empresas especializadas, etc.

## **5.5. Fases de Avaliação das Propostas**

### **5.5.1. Aceitação de Propostas**

Nesta fase, procede-se à aceitação de propostas:

- Por um lado, são recusadas liminarmente as propostas dos candidatos que não cumpram as regras do concurso (restrições legais, económicas, etc.), pré-determinadas nas fases preliminares, restando, assim, somente as propostas dentro da zona admissível. Esta tarefa é executada pela comissão de análise ou, no caso de concursos públicos, pela comissão de abertura de propostas.
- Por outro lado, em relação ao conteúdo das propostas, a comissão de análise poderá utilizar métodos de filtragem preliminar, como o método conjuntivo impreciso, com vista à redução do número total de alternativas. Evidentemente, a utilização destes métodos aplica-se somente se assim tiver sido decidido nas fases anteriores, o que implica a existência de parâmetros definidos para os métodos naquelas fases.

### **5.5.2. Avaliação de Propostas**

A avaliação de uma dada proposta consiste em conferir valores aos seus atributos, segundo cada um dos critérios ou, alternativamente, proceder a julgamentos

comparativos com os atributos de propostas concorrentes. Os valores dos atributos poderão assumir qualquer dos tipos indicados na secção 2.3., de onde resultará uma matriz de decisão do problema, que poderá tomar a forma geral que se apresenta na secção 2.3.3. (é o caso dos concursos públicos). No caso de julgamentos, poderão resultar matrizes de preferências. A utilização de um procedimento específico dependerá do método a utilizar posteriormente ou de impedimentos à utilização do outro procedimento.

A avaliação será executada pela comissão de análise ou, caso existam, pelas comissões técnicas especializadas. Cada uma destas poderá encarregar-se da avaliação das propostas relativa a um dado critério mais geral, o que é o mesmo que dizer do conjunto de sub-critérios específicos que constituem esse critério geral.

As avaliações efectuadas pelas comissões devem ser independentes de uma comissão para outra. Isto significa que um avaliador de uma comissão, destinada a proceder a avaliações segundo um determinado critério, deve ignorar o resultado da avaliação realizada para os outros critérios. Evita-se assim a modificação do resultado, por parte de um avaliador, por influência da avaliação das outras comissões, com consequências indesejáveis na classificação final. Esta situação acontece quando são conhecidas outras avaliações que não são do mesmo nível de satisfação que a realizada pelo avaliador. Este pode duvidar da sua própria análise e mudá-la sem razão científica aparente que o justifique. Este último problema também se põe se houver vários avaliadores para cada atributo, exceptuando se se tratar de uma equipa em que a classificação seja conjunta.

Este problema encontra-se referido, por exemplo, num documento da Inspeção-Geral de Ensino (secção 2.2.- Tendências dos notadores) a propósito de classificações de serviço de pessoal não docente. Como curiosidade, nesse documento, o referido problema é denominado "efeito de halo".

Também podem surgir situações em que um avaliador, convencido da justiça da sua avaliação global das alternativas, exagera a sua apreciação nas alternativas que considera melhores, para lhes proporcionar uma boa classificação final. Estas situações provocam uma distorção nas classificações, ou pelo menos alteração dos pesos relativos dos critérios.

Para saber quais os valores a conferir para os atributos de uma dada proposta, seria conveniente terem sido estabelecidos, nas fases preparatórias, os critérios de avaliação, as escalas para os atributos, eventuais pesos, etc., como já foi descrito nessas fases. Caso contrário, as comissões necessitam previamente de analisar as propostas e só depois decidem sobre o modo de avaliação. Dentro desta última hipótese, é desejável o desconhecimento dos proponentes por parte dos avaliadores, como apontado na secção 5.2., a propósito da transparência. Assim, ou se definiram métodos automáticos de cálculo, de acordo com a figura 18b daquela secção, ou, nas propostas analisadas pelas comissões técnicas, não deverá constar o nome dos proponentes. No caso de concursos públicos e à luz do art. 60º, este desconhecimento é impossível, visto que o conteúdo essencial das propostas é lido perante todos os concorrentes, no acto público do concurso.

A utilização de valorização ordinal dos atributos é desaconselhável por dois motivos. Não permite agregação, por um lado, com todos os atributos classificados desse modo ou mesmo somente um deles. Por outro lado, não permite comparar quantitativamente as diferenças entre duas propostas.

A valorização cardinal dos atributos é realizada normalmente de forma linear. É o que acontece no método aditivo simples e em outros semelhantes. O seu correcto uso depende da consideração dos aspectos essenciais da Teoria da Decisão Multiatributo Clássica (ver, por exemplo, Keeney e Raiffa, 1976), nomeadamente a verificação de condições de independência em relação às preferências, indiferença ao risco por parte do AD, separabilidade das funções de valor individuais, etc. Na prática, estas verificações não costumam ser feitas e o modelo é usado sobretudo devido à sua simplicidade. Por outro lado, devem ser evitadas funções não contínuas, pois provocam dispersões locais muito grandes, ou seja, podem fazer com que valores dos atributos primários muito próximos resultem em escalões diferentes, enquanto valores bastante diferentes resultem no mesmo escalão, tendo como consequência o mesmo valor num critério.

A utilização de valores qualitativos para os atributos adequa-se a ambientes onde haja incerteza do tipo possibilístico ou probabilístico. Apesar desses valores não serem tão facilmente apreendidos por outros agentes exteriores ao processo, são necessários quando entendidos como a melhor maneira de representar os atributos. A sua justificação baseia-se na competência dos analistas para os atributos específicos em causa. De qualquer maneira, o método de Chen e Hwang (Chen et al., 1992) permite sistematizar a transformação de valores qualitativos para uma escala normalizada e a sua posterior quantificação.

Finalmente, quando a valorização cardinal num atributo é baseada em julgamentos directos entre pares de alternativas (como, por exemplo, nos métodos AHP e MACBETH), deverá ser garantida a coerência dos julgamentos parciais, para assegurar que o resultado (valor de cada alternativa naquele critério) tem significado.

## **5.6. Fases de Ordenação das Propostas**

### **5.6.1. Escolha de Métodos de Agregação**

Nesta fase, as comissões propõem-se tratar os valores dos atributos obtidos na fase anterior, escolhendo os métodos apropriados para o tratamento do problema e aplicando depois esses métodos. O resultado desta fase consiste na elaboração de uma lista ordenada das propostas, por ordem decrescente de preferência.

É essencial que os métodos utilizados possuam certas características que os tornem justificáveis, para os problemas em causa, à luz da simplicidade, robustez, clareza, eficiência, etc., referidas no capítulo 3.

A utilização inicial de métodos que, interactivamente, conduzam o analista segundo as suas linhas de acção, é bastante útil. O analista pode estabelecer metas, valores de troca, escolher entre soluções intermédias, relaxar restrições, etc. Pode ainda querer fazer estudos da sensibilidade dos resultados obtidos a determinados parâmetros ou valores dos atributos. No final, deve ter adquirido a experiência e informação mínimas necessárias, não só sobre o problema em si, como sobre as suas próprias preferências, devendo estas estar enquadradas nos critérios definidos anteriormente. Incluem-se nesta situação os métodos ELECTRE, PROMETHEE e outros do género.

No entanto, o facto dos métodos anteriores fornecerem somente pré-ordens, não aconselha a sua utilização como métodos de geração de resultados finais. No caso dos concursos públicos porque é necessária uma ordenação de todos os candidatos e pode levar a situações de incomparabilidade. No caso geral, apesar de não ser necessária uma ordem das alternativas, também têm que se evitar incomparabilidades. Há portanto necessidade de métodos mais prescritivos que justifiquem a posição de cada candidato em relação a todos os outros.

A utilização de métodos baseados em funções de valor, bastante comum em processos deste tipo (públicos ou não), deverá ser antecedida da verificação das condições de aditividade e independência, se for desejada a agregação dos atributos ou o estabelecimento de valores de troca. Este tipo de operações poderá ser facilitado se os atributos tiverem as mesmas unidades, não sendo esta, no entanto, condição obrigatória. Esta operação permite, contudo, reduzir o número de atributos a analisar. Por outro lado, já se viu que métodos que utilizam pesos de importância relativa, afectados aos valores dos atributos, têm a desvantagem de poderem ser bastante sensíveis à variação desses pesos, conduzindo, por vezes, a soluções pouco robustas. É, no entanto, mais clara a compreensão do seu mecanismo e daí a sua popularidade. A agregação dos atributos, no caso de concursos públicos, é proposta através do art. 70º, que explicita o seguinte:

"1 - A adjudicação é feita segundo um dos seguintes critérios:

- a) O da proposta economicamente mais vantajosa, tendo em conta, entre outros, factores como a qualidade, mérito técnico, características técnicas funcionais, assistência técnica, prazos de entrega ou execução e preço;
- b) Unicamente o do mais baixo preço."

Da análise da alínea a) deste artigo, conclui-se que qualquer dos atributos (qualidade, assistência, prazo, etc.) pode ser transformado numa medida económica, i.e., deverão existir valores de compensação para qualquer dos atributos. Por exemplo, um aumento de 1 mês num prazo pode corresponder ao aumento de 1 milhão de escudos no custo.

A utilização de métodos que tratem valores imprecisos deve ter em atenção as técnicas de agregação dos atributos e ordenação das alternativas, pois estas não serão muito simples para agentes não especializados na matéria. Desse ponto de vista, o método de Baas e Kwakernaak utiliza a mesma filosofia do método aditivo simples, embora com operações sobre números imprecisos, pelo que será mais facilmente entendido (excepto na parte operacional, bem entendido).

Na parte final desta fase, deverá ser elaborado relatório contendo uma lista das propostas por ordem decrescente de preferência, contendo a fundamentação das opções tomadas que conduziram à respectiva ordenação.

### **5.6.2. Decisão Final da Entidade Competente para Autorizar Despesas**

Nesta fase, a entidade competente para autorizar despesas que, num processo mais geral, coincide com a entidade contratante, aprecia o relatório saído da fase anterior.

Dessa acção resultará a escolha do candidato vencedor e a aprovação de um contrato a realizar com este.

Resta referir que, após a conclusão do concurso, seguem-se as fase de definição e execução das acções posteriores à escolha da solução final.

## **5.7. Selecção de Recursos Humanos**

O processo de selecção de recursos humanos pode integrar-se, sem grande dificuldade, no esquema geral da secção 5.3.3. Na verdade, trata-se, mais uma vez, de seleccionar ou ordenar um conjunto de alternativas (os candidatos), face a um certo número de critérios de avaliação. No entanto, alguma especificidade do processo, em relação ao tipo de competências a verificar, levou à elaboração de legislação própria, no caso do recrutamento e selecção de pessoal para a Administração Pública (DL 498/88, de 30 de Dezembro).

A discussão seguinte centrar-se-á neste enquadramento legal, acreditando-se que os comentários são aplicáveis e podem ser úteis a processos genéricos de selecção de recursos humanos, embora em menor grau do que no caso de selecção de propostas tratado anteriormente. Na verdade, a selecção de recursos humanos fora da administração pública não tem, usualmente, necessidade de justificação exterior das decisões que toma, pelo que pode seguir, com vantagem, processos menos formais e realizar selecções mais dependentes duma análise pessoal e directa, que pode incluir, nomeadamente, estágios de admissão.

Um último aspecto prende-se com a selecção de bolseiros em concursos de âmbito nacional, como o programa Ciência ou o PRAXIS XXI. Embora realizados pelo Estado, estes concursos de selecção de recursos humanos não seguem, naturalmente, as regras do DL 498/88. As suas particularidades enquadram-nos mais na secção 5.3.3. do que na selecção de recursos humanos, sendo certo que têm deixado muito a desejar os aspectos de transparência do processo, nomeadamente no que respeita à publicitação confirmar dos pormenores operacionais da aplicação dos critérios (em alguns casos conhecidos apenas de forma vaga) e dos procedimentos de agregação que levam à ordenação final e à atribuição de bolsas. Seria também desejável, pelos mesmos motivos, que fossem conhecidos, para todos os candidatos, os resultados da aplicação dos critérios e a pontuação final respectiva.

### **5.7.1. Aspectos gerais**

Como já se referiu, o recrutamento e selecção de pessoal na Administração Pública é regulado pelo DL 498/88, de 30 de Dezembro, que define (art. 4º) "selecção" como o "conjunto de operações que, enquadradas no processo de recrutamento e mediante a utilização de métodos e técnicas adequados, permitem avaliar e classificar os candidatos segundo as aptidões e capacidades indispensáveis (...)".

Nos seus princípios gerais (art. 5º), o diploma obriga a que seja feita "divulgação atempada dos métodos de selecção, do sistema de classificação final a utilizar" e que

sejam aplicados "métodos e critérios objectivos de avaliação". No nº 4 do art. 9º, é disposto que "os interessados terão acesso, em caso de recurso, à parte das actas em que se definam os factores e critérios de apreciação aplicáveis a todos os candidatos".

### **5.7.2. Métodos e critérios de selecção**

Os métodos de selecção a utilizar e demais informações relacionadas têm que constar do aviso de abertura do concurso (alínea *h* do art. 16º), podendo ser utilizados isolados ou conjuntamente os métodos descritos no art. 26º:

- a) Provas de conhecimentos;
- b) Avaliação curricular;
- c) Cursos de formação profissional;
- d) Entrevista profissional de selecção;
- e) Exame psicológico de selecção;
- f) Exame médico de selecção.

Todos os métodos podem ter carácter eliminatório, embora c) e d) apenas em certos casos dos concursos de ingresso. O diploma estabelece que o último critério (f) é sempre eliminatório, pelo que, formalmente, não será um critério, mas uma restrição, tal como são restrições os requisitos a satisfazer pelos candidatos (art. 21º a 23º). O mesmo se passará com os outros critérios, quando com carácter eliminatório, embora mantenham, nesse caso, o seu carácter de critério para os concorrentes que não forem excluídos.

A preocupação com a objectividade da avaliação é patente no art. 27º, embora não pareça fácil garanti-la, em particular na entrevista de selecção, na qual existe sempre uma grande dose de subjectividade que não poderá ser reduzida para além de certos limites. Este critério é, aliás, um ponto fraco do sistema (deste ponto de vista), dada a grande dificuldade de justificar a classificação dada a cada concorrente. Adicionalmente, não se verifica em geral independência deste critério em relação aos outros, pois o júri tende a conhecer a pontuação nos outros critérios quando realiza a entrevista, podendo ser influenciado, positiva ou negativamente, por esse facto. Este aspecto já foi focado, em termos gerais, na secção 5.5.2.

No caso do critério b) (avaliação curricular), são definidos subcritérios que devem ser ponderados: habilitação académica, formação, qualificação e experiência profissional na área.

### **5.7.3. Classificação**

O diploma estabelece uma escala de 0 a 20 valores para os resultados dos critérios a-d, definindo uma escala linguística de cinco categorias, desde "Não favorável" até "Favorável preferencialmente", com correspondência numérica directa de 4 a 20

valores, com intervalos iguais de 4 valores. O exame médico, dado ser eliminatório, só produz uma classificação de "Apto" ou "Não apto".

Um ponto importante, sobretudo no caso de critérios com maior dose de subjectividade, será a constância dos avaliadores. Isto é particularmente importante em critérios como o exame psicológico, em que uma diferença de apreciação, que é normal existir entre pessoas diferentes, ocasiona uma alteração de classificação (no critério) de 4 valores. Esta "descontinuidade é, aliás, sempre indesejável, mesmo quando o avaliador não muda.

Em relação à classificação final, o diploma dita a utilização de uma função de valor aditiva linear, estabelecendo, no nº 5 do art. 32º, que "a classificação final resultará da média aritmética simples ou ponderada das classificações obtidas em todas as operações de selecção". É um sistema simples e fácil de perceber, pelo que se compreende a sua utilização. São previstos métodos de desempate para diversas situações, e é indicado que são excluídos, para além dos candidatos eliminados anteriormente referidos, os candidatos com classificação final inferior a 10. No anexo B, apresenta-se a função de valor genérica utilizada para avaliar os candidatos, num concurso para recrutamento de assistentes para a área de Engenharia Electrotécnica, no Instituto Superior de Engenharia do Porto, quando o autor concorreu àquele cargo.

O diploma não obriga à divulgação prévia dos pesos a utilizar para o cálculo da classificação final, nem estabelece quaisquer indicações adicionais. A divulgação seria vantajosa do ponto de vista da transparência, não havendo, aliás, qualquer impedimento a que seja realizada, embora, sendo prerrogativa do júri fixar esses valores, só duma sua reunião eles possam surgir.

Um aspecto complementar que merece a pena ser focado tem a ver com a política das instituições públicas em relação a recursos humanos e o seu reflexo nesta questão dos pesos. Na verdade, sendo os júris a decidirem sobre este aspecto, não há qualquer garantia de constância de uns concursos para os outros. Para além de alguns problemas de justiça em relação a funcionários (por exemplo, primeiro preteridos devido à antiguidade de outros, mais tarde preteridos porque a antiguidade ficou com um peso muito menor).

## **5.8. Selecção de Alternativas**

Os processos de selecção ou ordenação de recursos humanos têm uma referência muito forte, traduzida nos procedimentos legais quando as decisões são tomadas no sector público. Outro tipo de situações que designamos aqui por selecção de alternativas, não levantam grandes problemas de transparência ou de justificação das decisões, devido ao âmbito em que se inserem. Estão neste caso as decisões de base técnico-económica frequentes na engenharia, quando se pretendem escolher soluções que satisfaçam restrições técnicas e minimizem, simultaneamente, vários critérios conflituosos. Exemplos típicos desses critérios são o custo de investimento, o custo de exploração (associado às perdas, nos sistemas eléctricos de energia), o impacto ambiental, a energia não fornecida em sistemas de distribuição, etc. (ver primeiro caso de estudo, no capítulo 6). Nestes problemas, os processos de geração de soluções tecnicamente admissíveis conduzem, normalmente, a um conjunto limitado de

soluções, caracterizadas por vários atributos, entre as quais é necessário escolher aquela que será incrementada. Ao contrário dos outros problemas referidos neste capítulo, não há, como se disse, preocupação excessiva com a justificação das decisões, pelo que pode ser utilizada uma maior gama de métodos de ajuda à decisão, podendo dizer-se que, neste caso, o melhor método será aquele que melhor ajudar o AD a escolher a solução preferida.

## **5.9. Conclusões**

Neste capítulo, descreveu-se a estrutura de um processo de selecção (de projectos, recursos humanos, alternativas, etc.), desde a elaboração das regras que regem esse processo, até à obtenção da ordenação ou escolha finais.

Mostraram-se as vantagens da utilização de regras transparentes que permitam credibilizar o processo, pelo que, no modelo geral de selecção apresentado, se seguem alguns procedimentos comuns a processos públicos, onde é patente a intenção de defender o interesse público e de justificar as opções tomadas. Contudo, defendeu-se que os modelos públicos (e todos os que necessitam de justificação das decisões tomadas) podem ser melhorados, se a definição dos critérios de avaliação, dos atributos, dos métodos de agregação e dos parâmetros por estes utilizados (pesos de importância relativa, etc.) for realizada antes de ser conhecido o conteúdo das propostas.

É feita ainda referência à necessidade da criação de comissões técnicas especializadas e da independência dos avaliadores na avaliação de candidatos segundo diferentes critérios.

Mostraram-se os inconvenientes de se usarem alguns tipos de atributos e da forma como o valor destes é agregado. Neste contexto, apontou-se a simplicidade como razão da utilização generalizada de funções de valor, sem, muitas vezes, terem tido em conta aspectos científicos e técnicos relacionados com essas funções.

## 6. Casos de Estudo

### 6.1. Introdução

Neste capítulo, apresentam-se dois casos de estudo onde são aplicadas as metodologias e técnicas descritas anteriormente. São simuladas as prioridades do analista e do AD, são tecidos comentários a propósito dos resultados obtidos e, quando justificado, são indicados caminhos alternativos.

O primeiro estudo consiste na análise multiatributo de várias alternativas de planeamento da expansão de uma rede de distribuição de energia eléctrica. Utilizam-se técnicas de "screening", com vista a reduzir o número de alternativas a analisar pelo AD, mostrando-se igualmente a extensão dessas técnicas para o caso do AD pretender ajuda à decisão completa.

A segunda situação corresponde a um processo público (fictício), onde é feita uma descrição das várias fases habituais deste tipo de casos, e das várias decisões tomadas ao longo do processo.

### 6.2. Selecção de Planos de Expansão de uma Rede Eléctrica de Distribuição

Este caso de estudo deriva de um problema clássico de planeamento plurianual de uma rede de distribuição de energia eléctrica (Ponce de Leão e Matos, 1995), neste caso uma rede de MT com 12 nós e 19 ramos:

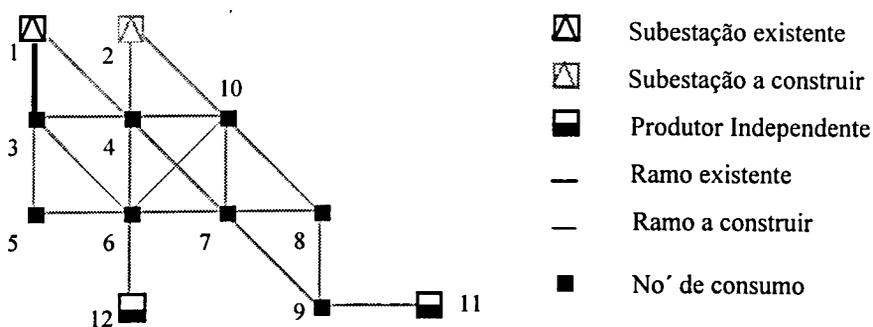


Figura 22 - Esquema da rede de MT

As decisões a tomar são a construção ou não de ramos novos para expansão da rede, tendo em conta o aumento dos consumos. A formalização proposta por Ponce de Leão e Matos (1995) constrói um problema multiobjectivo inteiro-misto impreciso. A resolução paramétrica por restrições, com recurso a *Simulated Annealing*, produziu

um conjunto de 55 soluções alternativas, correspondentes à minimização dos critérios indicados a seguir:

*Exp* Exposição da solução, igual a *l-robustez*. A robustez,  $\beta$ , de uma solução em relação a uma restrição imprecisa, corresponde ao grau de satisfação da restrição, ou seja, ter-se-á  $\beta=1$  se a restrição for satisfeita para todos os valores das variáveis e constantes imprecisas intervenientes,  $\beta=0$  se a restrição for violada por pelo menos um valor com grau de pertença unitário, e valores intermédios (que não existem nas restrições rígidas) nas restantes situações. Neste caso,  $\beta$  é a robustez global em relação ao conjunto das restrições imprecisas.

$C_{inv}$  Custo de investimento.

$\tilde{C}_{exp}$  Custo de exploração, associado às perdas. Sendo estas definidas através de números imprecisos, também o é o custo.

$\tilde{E}_{nf}$  Energia não fornecida devido a avarias nos ramos da rede. É impreciso dadas as causas também o serem.

A tabela 18 mostra o conjunto  $Z$  das alternativas referidas. No caso dos valores imprecisos, indicam-se os pontos característicos dos números triangulares correspondentes, tal como na secção 4.3.2.

### 6.2.1. Análise de Dominação

Dada a forma de geração das alternativas, é previsível que a lista da tabela inclua soluções dominadas. Fez-se a análise de dominação correspondente, representando os critérios possibilísticos pelos valores centrais.

A matriz de dominação resultante está representada na tabela 19. Se a alternativa  $i$  domina a alternativa  $j$ , então o elemento correspondente da matriz é 1. Caso contrário é 0.

A inspecção da matriz permite detectar as alternativas dominadas, que são as que têm pelo menos um "1" na coluna correspondente, neste caso num total de 27 soluções:

$$Z_d = \{1, 2, 3, 7, 15, 18, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 38, 39, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 52\}.$$

No caso de serem eliminadas estas alternativas, fica-se com o conjunto  $Z_e$  das soluções eficientes:

$$Z_e = \{4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 21, 25, 31, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 42, 46, 51, 53, 54, 55\}.$$

Como já foi referido nos capítulos 2 e 3, se for pretendida uma ordenação das alternativas, então dever-se-á analisar o conjunto  $Z$  de todas as alternativas. Já no caso de se querer somente escolher a melhor alternativa, basta analisar  $Z_e$ , onde é garantido que se encontra a solução preferida. Se a pretensão do AD é obter um "saco" de alternativas, em número restrito, para um estudo posterior, é bastante possível que

esse conjunto de alternativas fique incompleto se retirado de  $Z_e$ , pelas razões referidas em relação à ordenação. Assim, também deverá ser usado o conjunto  $Z$ .

Tabela 18 - Lista das alternativas do problema da rede

Nº	Exp	Custo	Perdas			Enf		
1	0.58	217	1398	2797	4195	1.64	3.28	4.92
2	0.19	229	2695	5390	8085	1.71	3.42	5.13
3	0.58	229	1437	2874	4310	1.58	3.15	4.73
4	0.58	257	2647	5294	7941	1.32	2.64	3.96
5	0.38	218	1557	3114	4670	1.71	3.41	5.12
6	0.49	218	1175	2350	3526	1.73	3.46	5.19
7	0.49	232	1191	2382	3573	1.78	3.56	5.34
8	0.49	226	1194	2388	3582	1.69	3.38	5.07
9	0.49	208	1211	2422	3632	1.73	3.45	5.18
10	0.49	219	1224	2448	3672	1.61	3.21	4.82
11	0.58	200	1169	2338	3507	1.51	3.02	4.53
12	0.58	185	1227	2455	3682	1.59	3.18	4.77
13	0.49	187	1240	2481	3721	1.81	3.61	5.42
14	0.58	173	1253	2506	3758	1.63	3.25	4.88
15	0.58	198	1260	2521	3781	1.73	3.46	5.19
16	0.38	227	1372	2743	4115	1.72	3.43	5.15
17	0.19	235	1382	2764	4146	1.50	3.00	4.50
18	0.38	236	1414	2828	4241	1.94	3.87	5.81
19	0.38	192	2393	4786	7179	1.76	3.51	5.27
20	0.38	241	1506	3013	4519	1.50	2.99	4.49
21	0.19	233	1323	2646	3969	1.66	3.31	4.97
22	0.19	236	1367	2734	4101	1.74	3.48	5.22
23	0.19	245	1406	2813	4219	1.72	3.44	5.16
24	0.19	234	1460	2921	4381	1.63	3.26	4.89
25	0.19	228	1471	2942	4413	1.96	3.91	5.87
26	0.98	206	1195	2390	3585	1.77	3.54	5.31
27	0.49	217	1235	2471	3706	1.74	3.47	5.21
28	0.98	219	1260	2520	3781	1.71	3.42	5.13
29	0.92	225	1265	2530	3796	1.85	3.70	5.55
30	0.92	235	1308	2616	3925	1.91	3.81	5.72
31	0.49	191	1195	2390	3584	1.74	3.48	5.22
32	0.78	269	1226	2452	3678	1.88	3.76	5.64
33	0.49	204	1253	2506	3760	1.77	3.53	5.30
34	0.49	184	1263	2526	3789	1.79	3.57	5.36
35	0.19	237	1366	2732	4098	1.47	2.94	4.41
36	0.19	247	1319	2637	3956	1.50	2.99	4.49
37	0.19	231	1369	2738	4106	1.56	3.11	4.67
38	0.19	272	1369	2738	4107	1.70	3.40	5.10
39	0.19	232	1382	2764	4147	1.72	3.44	5.16
40	0.07	233	1543	3087	4630	1.66	3.31	4.97
41	0.00	254	1581	3163	4744	1.73	3.45	5.18
42	0.07	285	1599	3198	4798	1.55	3.10	4.65
43	0.17	239	2696	5392	8087	1.62	3.24	4.86
44	0.19	241	1467	2934	4401	2.06	4.11	6.17
45	0.35	254	1791	3583	5374	1.59	3.18	4.77
46	0.00	210	2156	4313	6469	1.53	3.05	4.58
47	0.00	243	2110	4219	6329	1.76	3.52	5.28
48	0.04	237	1849	3698	5547	1.71	3.41	5.12
49	0.07	235	2592	5184	7776	1.89	3.77	5.66
50	0.19	236	1413	2826	4238	1.80	3.59	5.39
51	0.00	206	2015	4029	6044	1.72	3.44	5.16
52	0.00	233	1663	3327	4990	1.70	3.39	5.09
53	0.00	229	1655	3309	4964	1.58	3.16	4.74
54	0.00	225	1724	3447	5171	1.62	3.23	4.85
55	0.07	233	1477	2955	4432	1.71	3.42	5.13



Tabela 20 - Estudo com o MCI; conjunto  $Z_e$ ; caso rígido

		$z_n$	280	4900	3.91					
		$z_s$	270	3820	3.50					
Nº	Exp	Custo	Perdas	Enf	Graus de aceitação					
					parciais			globais		
17	0.19	235	2764	3.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
21	0.19	233	2646	3.31	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
35	0.19	237	2732	2.94	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
36	0.19	247	2637	2.99	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
37	0.19	231	2738	3.11	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
40	0.07	233	3087	3.31	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
41	0.00	254	3163	3.45	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
53	0.00	229	3309	3.16	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
54	0.00	225	3447	3.23	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
55	0.07	233	2955	3.42	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
51	0.00	206	4029	3.44	1.000	1.000	0.806	1.000	0.806	
5	0.38	218	3114	3.41	0.805	1.000	1.000	1.000	0.805	
16	0.38	227	2743	3.43	0.805	1.000	1.000	1.000	0.805	
46	0.00	210	4313	3.05	1.000	1.000	0.544	1.000	0.544	
19	0.38	192	4786	3.51	0.805	1.000	0.105	0.976	0.105	
6	0.49	218	2350	3.46	0.055	1.000	1.000	1.000	0.055	
8	0.49	226	2388	3.38	0.055	1.000	1.000	1.000	0.055	
9	0.49	208	2422	3.45	0.055	1.000	1.000	1.000	0.055	
10	0.49	219	2448	3.21	0.055	1.000	1.000	1.000	0.055	
13	0.49	187	2481	3.61	0.055	1.000	1.000	0.732	0.055	
31	0.49	191	2390	3.48	0.055	1.000	1.000	1.000	0.055	
34	0.49	184	2526	3.57	0.055	1.000	1.000	0.829	0.055	
4	0.58	257	5294	2.64	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	
11	0.58	200	2338	3.02	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	
12	0.58	185	2455	3.18	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	
14	0.58	173	2506	3.25	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	
25	0.19	228	2942	3.91	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	
42	0.07	285	3198	3.10	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	

C/S=0.96

A separação entre as alternativas 46 e 19 é razoável ( $0.544-0.105=0.439$ ) mas o índice de Dunn obtido não é muito bom, pois o número de elementos a separar é muito grande (28 alternativas).

Perante estes resultados, o AD podia muito bem escolher somente as alternativas do grupo das "melhores", pois o outro grupo não tem nenhuma com aceitação razoável. De qualquer maneira, ainda restaria um bom leque de alternativas, algumas das quais pouco aceitáveis mas podendo constituir boas alternativas num estudo mais aprofundado.

### Estudo de Todas as Alternativas, Representadas de Modo Rígido

Supondo agora que o planeador não quer eliminar as soluções dominadas, porque quer as duas ou três melhores para fazer uma análise mais pormenorizada (não incluída neste texto) e uma delas até podia ser dominada, por razões que se explicam no capítulo 2, foi feita a experiência respectiva, que se apresenta na tabela 21.

Relativamente ao caso anterior, o AD achou que devia variar os limiares reflectindo a maior gama de valores que cada atributo agora apresenta.

Tabela 21 - Estudo com o MCI; conjunto Z; caso rígido

		0.60	280	4900	4.11					
		0.40	270	3820	4.00					
Nº	Exp	Custo	Perdas	enf	Graus de aceitação					
					parciais				globais	
37	0.19	231	2738	3.11	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
39	0.19	232	2764	3.44	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
40	0.07	233	3087	3.31	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
55	0.07	233	2955	3.42	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
21	0.19	233	2646	3.31	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
53	0.00	229	3309	3.16	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
24	0.19	234	2921	3.26	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
52	0.00	233	3327	3.39	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
17	0.19	235	2764	3.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
22	0.19	236	2734	3.48	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
16	0.38	227	2743	3.43	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
5	0.38	218	3114	3.41	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
35	0.19	237	2732	2.94	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
54	0.00	225	3447	3.23	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
20	0.38	241	3013	2.99	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
50	0.19	236	2826	3.59	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
23	0.19	245	2813	3.44	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
36	0.19	247	2637	2.99	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
41	0.00	254	3163	3.45	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
45	0.35	254	3583	3.18	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
18	0.38	236	2828	3.87	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
25	0.19	228	2942	3.91	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
48	0.04	237	3698	3.41	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
51	0.00	206	4029	3.44	1.000	1.000	0.806	1.000	0.806	
38	0.19	272	2738	3.40	1.000	0.781	1.000	1.000	0.781	
47	0.00	243	4219	3.52	1.000	1.000	0.630	1.000	0.630	
46	0.00	210	4313	3.05	1.000	1.000	0.544	1.000	0.544	
34	0.49	184	2526	3.57	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541	
33	0.49	204	2506	3.53	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541	
31	0.49	191	2390	3.48	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541	
27	0.49	217	2471	3.47	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541	
10	0.49	219	2448	3.21	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541	
9	0.49	208	2422	3.45	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541	
6	0.49	218	2350	3.46	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541	
13	0.49	187	2481	3.61	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541	
8	0.49	226	2388	3.38	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541	
7	0.49	232	2382	3.56	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541	
19	0.38	192	4786	3.51	1.000	1.000	0.105	1.000	0.105	
15	0.58	198	2521	3.46	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105	
14	0.58	173	2506	3.25	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105	
12	0.58	185	2455	3.18	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105	
11	0.58	200	2338	3.02	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105	
1	0.58	217	2797	3.28	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105	
3	0.58	229	2874	3.15	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105	
30	0.92	235	2616	3.81	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	
29	0.92	225	2530	3.70	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	
32	0.78	269	2452	3.76	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	
49	0.07	235	5184	3.77	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000	
44	0.19	241	2934	4.11	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	
43	0.17	239	5392	3.24	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000	
42	0.07	285	3198	3.10	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	
28	0.98	219	2520	3.42	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	
26	0.98	206	2390	3.54	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	
4	0.58	257	5294	2.64	0.105	1.000	0.000	1.000	0.000	
2	0.19	229	5390	3.42	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000	

CS=0.95

Em relação ao estudo com as alternativas eficientes, CS piorou, reflectindo a existência de um maior número de alternativas. A eliminação das 18 alternativas contidas no grupo das piores não é redução suficiente, pois restariam ainda demasiadas alternativas para um estudo mais prescritivo por parte do AD. Outra hipótese seria uma divisão em três grupos. Por exemplo, se considerado o grupo das alternativas 37 a 48, o das alternativas 51 a 7 e o das restantes alternativas, então o índice obtido seria 0.73. Não sendo um índice melhor, corresponde, no entanto, a uma partição interessante, onde o grupo das melhores contém somente 23 alternativas. Repare-se ainda que são exactamente as que têm aceitação máxima, pelo que a rejeição de todas as outras conduziria a um resultado semelhante ao obtido com o método conjuntivo tradicional, neste caso.

### Estudo de Todas as Alternativas, Representadas de Modo Impreciso

Nos estudos que se seguem, utilizou-se a versão completa do MCI, com o intuito de demonstrar o funcionamento do método quando os valores dos atributos são imprecisos, representados por números triangulares.

#### *Utilização dos mesmos limiares do estudo com números rígidos*

Este estudo está representado na tabela 22.

Comparando os graus de aceitação das alternativas com os obtidos no estudo anterior, verifica-se que os graus de aceitação máximos (iguais a 1) se mantêm, o que se justifica pelo valor central dos números imprecisos correspondentes se situar na zona de aceitação máxima (ver regras de comparação de números imprecisos na secção 4.3.2.).

Os restantes graus de aceitação são, neste último estudo, tipicamente mais elevados. De acordo com as regras atrás referidas, isso acontece porque, para os números imprecisos, já não são os valores centrais os responsáveis pela obtenção do grau mas sim valores superiores. Existem, contudo, alguns casos onde os graus de aceitação se mantiveram, por exemplo na alternativa 6. O que acontece é que, neste caso, o atributo responsável pelo grau de aceitação da alternativa é a exposição, e esta mantém os mesmos valores do estudo anterior.

A separação obtida mantém as características da separação anterior, podendo ser feitos os mesmos comentários.

#### *Limiares mais exigentes*

Suponha-se que o AD pretendia ser mais exigente, i.e., queria diminuir o número de alternativas do grupo das melhores, com vista a facilitar uma análise futura, ou devido ao grupo obtido no caso anterior ser excessivamente grande (mais de 40 alternativas).

Neste caso, resolveu limitar a aceitação segundo os dois critérios económicos (custo e perdas). Os resultados deste estudo são apresentados na tabela 23.

Tabela 22 - Estudo com o MCI; conjunto Z; caso impreciso

		0.60	280	4900			4.11						
		0.40	270	3820			4.00						
Nº	Exp	Custo	Perdas			Enf			Graus de aceitação				
									parciais			globais	
5	0.38	218	1557	3114	4670	1.71	3.41	5.12	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16	0.38	227	1372	2743	4115	1.72	3.43	5.15	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
17	0.19	235	1382	2764	4146	1.50	3.00	4.50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
18	0.38	236	1414	2828	4241	1.94	3.87	5.81	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20	0.38	241	1506	3013	4519	1.50	2.99	4.49	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
21	0.19	233	1323	2646	3969	1.66	3.31	4.97	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
22	0.19	236	1367	2734	4101	1.74	3.48	5.22	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
23	0.19	245	1406	2813	4219	1.72	3.44	5.16	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
24	0.19	234	1460	2921	4381	1.63	3.26	4.89	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
25	0.19	228	1471	2942	4413	1.96	3.91	5.87	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
35	0.19	237	1366	2732	4098	1.47	2.94	4.41	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
36	0.19	247	1319	2637	3956	1.50	2.99	4.49	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
37	0.19	231	1369	2738	4106	1.56	3.11	4.67	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
39	0.19	232	1382	2764	4147	1.72	3.44	5.16	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
40	0.07	233	1543	3087	4630	1.66	3.31	4.97	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
41	0.00	254	1581	3163	4744	1.73	3.45	5.18	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
45	0.35	254	1791	3583	5374	1.59	3.18	4.77	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
48	0.04	237	1849	3698	5547	1.71	3.41	5.12	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
50	0.19	236	1413	2826	4238	1.80	3.59	5.39	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
52	0.00	233	1663	3327	4990	1.70	3.39	5.09	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
53	0.00	229	1655	3309	4964	1.58	3.16	4.74	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
54	0.00	225	1724	3447	5171	1.62	3.23	4.85	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
55	0.07	233	1477	2955	4432	1.71	3.42	5.13	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
44	0.19	241	1467	2934	4401	2.06	4.11	6.17	1.000	1.000	1.000	0.949	0.949
51	0.00	206	2015	4029	6044	1.72	3.44	5.16	1.000	1.000	0.932	1.000	0.932
47	0.00	243	2110	4219	6329	1.76	3.52	5.28	1.000	1.000	0.875	1.000	0.875
46	0.00	210	2156	4313	6469	1.53	3.05	4.58	1.000	1.000	0.848	1.000	0.848
38	0.19	272	1369	2738	4107	1.70	3.40	5.10	1.000	0.781	1.000	1.000	0.781
19	0.38	192	2393	4786	7179	1.76	3.51	5.27	1.000	1.000	0.722	1.000	0.722
49	0.07	235	2592	5184	7776	1.89	3.77	5.66	1.000	1.000	0.629	1.000	0.629
2	0.19	229	2695	5390	8085	1.71	3.42	5.13	1.000	1.000	0.584	1.000	0.584
43	0.17	239	2696	5392	8087	1.62	3.24	4.86	1.000	1.000	0.584	1.000	0.584
6	0.49	218	1175	2350	3526	1.73	3.46	5.19	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
7	0.49	232	1191	2382	3573	1.78	3.56	5.34	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
8	0.49	226	1194	2388	3582	1.69	3.38	5.07	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
9	0.49	208	1211	2422	3632	1.73	3.45	5.18	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
10	0.49	219	1224	2448	3672	1.61	3.21	4.82	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
13	0.49	187	1240	2481	3721	1.81	3.61	5.42	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
27	0.49	217	1235	2471	3706	1.74	3.47	5.21	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
31	0.49	191	1195	2390	3584	1.74	3.48	5.22	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
33	0.49	204	1253	2506	3760	1.77	3.53	5.30	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
34	0.49	184	1263	2526	3789	1.79	3.57	5.36	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
1	0.58	217	1398	2797	4195	1.64	3.28	4.92	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105
3	0.58	229	1437	2874	4310	1.58	3.15	4.73	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105
4	0.58	257	2647	5294	7941	1.32	2.64	3.96	0.105	1.000	0.604	1.000	0.105
11	0.58	200	1169	2338	3507	1.51	3.02	4.53	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105
12	0.58	185	1227	2455	3682	1.59	3.18	4.77	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105
14	0.58	173	1253	2506	3758	1.63	3.25	4.88	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105
15	0.58	198	1260	2521	3781	1.73	3.46	5.19	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105
26	0.98	206	1195	2390	3585	1.77	3.54	5.31	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
28	0.98	219	1260	2520	3781	1.71	3.42	5.13	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
29	0.92	225	1265	2530	3796	1.85	3.70	5.55	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
30	0.92	235	1308	2616	3925	1.91	3.81	5.72	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
32	0.78	269	1226	2452	3678	1.88	3.76	5.64	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
42	0.07	285	1599	3198	4798	1.55	3.10	4.65	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000

CS=0.95

Tabela 23 - Estudo com o MCI; conjunto Z; caso impreciso; AD mais exigente

		$Z_n$	$Z_v$										
		0.60	260	3200			4.11						
		0.40	240	2800			4.00						
Nº	Exp	Custo	Perdas			Enf			Graus de aceitação				
									parciais			globais	
16	0.38	227	1372	2743	4115	1.72	3.43	5.15	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
17	0.19	235	1382	2764	4146	1.50	3.00	4.50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
21	0.19	233	1323	2646	3969	1.66	3.31	4.97	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
22	0.19	236	1367	2734	4101	1.74	3.48	5.22	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
35	0.19	237	1366	2732	4098	1.47	2.94	4.41	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
37	0.19	231	1369	2738	4106	1.56	3.11	4.67	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
39	0.19	232	1382	2764	4147	1.72	3.44	5.16	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
50	0.19	236	1413	2826	4238	1.80	3.59	5.39	1.000	1.000	0.986	1.000	0.986
18	0.38	236	1414	2828	4241	1.94	3.87	5.81	1.000	1.000	0.985	1.000	0.985
24	0.19	234	1460	2921	4381	1.63	3.26	4.89	1.000	1.000	0.935	1.000	0.935
44	0.19	241	1467	2934	4401	2.06	4.11	6.17	1.000	0.948	0.928	0.949	0.928
25	0.19	228	1471	2942	4413	1.96	3.91	5.87	1.000	1.000	0.924	1.000	0.924
55	0.07	233	1477	2955	4432	1.71	3.42	5.13	1.000	1.000	0.918	1.000	0.918
20	0.38	241	1506	3013	4519	1.50	2.99	4.49	1.000	0.952	0.888	1.000	0.888
40	0.07	233	1543	3087	4630	1.66	3.31	4.97	1.000	1.000	0.853	1.000	0.853
5	0.38	218	1557	3114	4670	1.71	3.41	5.12	1.000	1.000	0.840	1.000	0.840
23	0.19	245	1406	2813	4219	1.72	3.44	5.16	1.000	0.753	0.993	1.000	0.753
53	0.00	229	1655	3309	4964	1.58	3.16	4.74	1.000	1.000	0.752	1.000	0.752
52	0.00	233	1663	3327	4990	1.70	3.39	5.09	1.000	1.000	0.745	1.000	0.745
54	0.00	225	1724	3447	5171	1.62	3.23	4.85	1.000	1.000	0.695	1.000	0.695
36	0.19	247	1319	2637	3956	1.50	2.99	4.49	1.000	0.663	1.000	1.000	0.663
48	0.04	237	1849	3698	5547	1.71	3.41	5.12	1.000	1.000	0.601	1.000	0.601
6	0.49	218	1175	2350	3526	1.73	3.46	5.19	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
7	0.49	232	1191	2382	3573	1.78	3.56	5.34	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
8	0.49	226	1194	2388	3582	1.69	3.38	5.07	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
9	0.49	208	1211	2422	3632	1.73	3.45	5.18	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
10	0.49	219	1224	2448	3672	1.61	3.21	4.82	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
13	0.49	187	1240	2481	3721	1.81	3.61	5.42	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
27	0.49	217	1235	2471	3706	1.74	3.47	5.21	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
31	0.49	191	1195	2390	3584	1.74	3.48	5.22	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
33	0.49	204	1253	2506	3760	1.77	3.53	5.30	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
34	0.49	184	1263	2526	3789	1.79	3.57	5.36	0.541	1.000	1.000	1.000	0.541
51	0.00	206	2015	4029	6044	1.72	3.44	5.16	1.000	1.000	0.491	1.000	0.491
47	0.00	243	2110	4219	6329	1.76	3.52	5.28	1.000	0.840	0.434	1.000	0.434
46	0.00	210	2156	4313	6469	1.53	3.05	4.58	1.000	1.000	0.408	1.000	0.408
41	0.00	254	1581	3163	4744	1.73	3.45	5.18	1.000	0.317	0.817	1.000	0.317
19	0.38	192	2393	4786	7179	1.76	3.51	5.27	1.000	1.000	0.289	1.000	0.289
45	0.35	254	1791	3583	5374	1.59	3.18	4.77	1.000	0.288	0.643	1.000	0.288
49	0.07	235	2592	5184	7776	1.89	3.77	5.66	1.000	1.000	0.203	1.000	0.203
2	0.19	229	2695	5390	8085	1.71	3.42	5.13	1.000	1.000	0.163	1.000	0.163
43	0.17	239	2696	5392	8087	1.62	3.24	4.86	1.000	1.000	0.163	1.000	0.163
1	0.58	217	1398	2797	4195	1.64	3.28	4.92	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105
3	0.58	229	1437	2874	4310	1.58	3.15	4.73	0.105	1.000	0.960	1.000	0.105
4	0.58	257	2647	5294	7941	1.32	2.64	3.96	0.105	0.171	0.181	1.000	0.105
11	0.58	200	1169	2338	3507	1.51	3.02	4.53	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105
12	0.58	185	1227	2455	3682	1.59	3.18	4.77	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105
14	0.58	173	1253	2506	3758	1.63	3.25	4.88	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105
15	0.58	198	1260	2521	3781	1.73	3.46	5.19	0.105	1.000	1.000	1.000	0.105
26	0.98	206	1195	2390	3585	1.77	3.54	5.31	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
28	0.98	219	1260	2520	3781	1.71	3.42	5.13	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
29	0.92	225	1265	2530	3796	1.85	3.70	5.55	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
30	0.92	235	1308	2616	3925	1.91	3.81	5.72	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
32	0.78	269	1226	2452	3678	1.88	3.76	5.64	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000
38	0.19	272	1369	2738	4107	1.70	3.40	5.10	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000
42	0.07	285	1599	3198	4798	1.55	3.10	4.65	1.000	0.000	0.801	1.000	0.000

CS=0.16

Relativamente ao caso anterior existem duas diferenças. A separação em grupos feita revela que o grupo das melhores alternativas é menor, sendo, apesar disso, ainda muito grande. Por outro lado, em geral, a aceitação de cada alternativa diminuiu. Mantêm-se ainda algumas (poucas) alternativas com aceitação máxima, que podem constituir objecto de estudo posterior. Não é, contudo, o procedimento desejável num método que se pretende utilizar para análise preliminar.

Resta referir que o índice de qualidade da partição mostra que a partição obtida não é muito separada, pois as distâncias entre os vários graus de aceitação não permitem a existência de grupos muito distintos.

#### *Limiares tal como no método conjuntivo tradicional*

Supondo que o AD só queria dar os limiares  $z_n$ , tal como no método conjuntivo tradicional, foi feito o estudo apresentado na tabela 24.

Relativamente ao caso anterior, verifica-se que o número de alternativas com grau de aceitação máxima se mantém, pois  $z_s$  não foi alterado. No entanto, o facto de  $z_n$  ter aumentado fez subir a função de aceitação na zona que se situava entre os valores anteriores de  $z_s$  e  $z_n$ . Como consequência, as alternativas cujos graus de aceitação se situavam, de alguma maneira, naquela zona, viram esses valores subir. Quanto ao número de aceitações nulas, ele baixou, pois a zona entre o antigo valor e novo valor de  $z_n$  deixou de ter aceitação nula (para mais detalhes sobre este tipo de comparações, veja-se a secção 4.3.2.).

Novamente se verifica que a pequena distância entre os vários graus de aceitação globais levou à obtenção de um valor baixo de  $CS$ . Nestes casos, o procedimento a adoptar pode ser aceitar a divisão proposta, tentar encontrar uma partição melhor com um número diferente de grupos ou mesmo eliminar todas as alternativas que não tenham aceitação máxima, tal como na versão tradicional. Esta atitude pode levar, contudo, a uma amostra muito pequena de alternativas, podendo correr-se o risco de eliminar alternativas consideradas "boas" para um estudo posterior. Por último, o AD poderia ter criado algumas regras, fundamentadas em estudos que tivesse realizado em períodos anteriores. Um exemplo poderia ser "em função da análise do grau de aceitação global, aceito o risco de eliminar as 60% piores alternativas". Neste caso, eliminaria esses 60% de alternativas, o que, no estudo presente, corresponderia às 33 piores alternativas. Evidentemente, se o cardinal de  $Z$  for muito baixo, pode-se cair na situação de sobram de poucas alternativas, com as consequências acima referidas.

#### *Limiares demasiado exigentes*

Finalmente, veja-se o que sucede se o AD fixa limiares que revelam desconhecimento do problema e expectativas demasiado elevadas. Os resultados estão na tabela 25.

Neste caso o AD foi excessivamente exigente. Como resultado, mais de metade das alternativas foram consideradas com aceitação nula e nem sequer uma delas foi considerada totalmente aceitável. Isto é um exemplo de utilização errada de um método de "screening", pois pode levar (apesar de não ter sido o caso) a um conjunto muito restrito de alternativas aceitáveis.

Tabela 24 - Estudo com o MCI; conjunto Z; caso impreciso; limiares tradicionais

		$z_{\alpha}$	$z_{\beta}$							Graus de aceitação					
		0.98	0.40	284	240	5392	2800	4.11			4.00				
Nº	Exp	Custo	Perdas			Enf			Graus de aceitação						
										parciais			globais		
16	0.38	227	1372	2743	4115	1.72	3.43	5.15	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
17	0.19	235	1382	2764	4146	1.50	3.00	4.50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
21	0.19	233	1323	2646	3969	1.66	3.31	4.97	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
22	0.19	236	1367	2734	4101	1.74	3.48	5.22	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
35	0.19	237	1366	2732	4098	1.47	2.94	4.41	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
37	0.19	231	1369	2738	4106	1.56	3.11	4.67	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
39	0.19	232	1382	2764	4147	1.72	3.44	5.16	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
50	0.19	236	1413	2826	4238	1.80	3.59	5.39	1.000	1.000	0.994	1.000	0.994		
18	0.38	236	1414	2828	4241	1.94	3.87	5.81	1.000	1.000	0.993	1.000	0.993		
24	0.19	234	1460	2921	4381	1.63	3.26	4.89	1.000	1.000	0.970	1.000	0.970		
25	0.19	228	1471	2942	4413	1.96	3.91	5.87	1.000	1.000	0.965	1.000	0.965		
55	0.07	233	1477	2955	4432	1.71	3.42	5.13	1.000	1.000	0.962	1.000	0.962		
44	0.19	241	1467	2934	4401	2.06	4.11	6.17	1.000	0.977	0.967	0.949	0.949		
20	0.38	241	1506	3013	4519	1.50	2.99	4.49	1.000	0.978	0.948	1.000	0.948		
40	0.07	233	1543	3087	4630	1.66	3.31	4.97	1.000	1.000	0.931	1.000	0.931		
5	0.38	218	1557	3114	4670	1.71	3.41	5.12	1.000	1.000	0.924	1.000	0.924		
23	0.19	245	1406	2813	4219	1.72	3.44	5.16	1.000	0.889	0.997	1.000	0.889		
53	0.00	229	1655	3309	4964	1.58	3.16	4.74	1.000	1.000	0.880	1.000	0.880		
52	0.00	233	1663	3327	4990	1.70	3.39	5.09	1.000	1.000	0.876	1.000	0.876		
54	0.00	225	1724	3447	5171	1.62	3.23	4.85	1.000	1.000	0.850	1.000	0.850		
36	0.19	247	1319	2637	3956	1.50	2.99	4.49	1.000	0.849	1.000	1.000	0.849		
6	0.49	218	1175	2350	3526	1.73	3.46	5.19	0.843	1.000	1.000	1.000	0.843		
7	0.49	232	1191	2382	3573	1.78	3.56	5.34	0.843	1.000	1.000	1.000	0.843		
8	0.49	226	1194	2388	3582	1.69	3.38	5.07	0.843	1.000	1.000	1.000	0.843		
9	0.49	208	1211	2422	3632	1.73	3.45	5.18	0.843	1.000	1.000	1.000	0.843		
10	0.49	219	1224	2448	3672	1.61	3.21	4.82	0.843	1.000	1.000	1.000	0.843		
13	0.49	187	1240	2481	3721	1.81	3.61	5.42	0.843	1.000	1.000	1.000	0.843		
27	0.49	217	1235	2471	3706	1.74	3.47	5.21	0.843	1.000	1.000	1.000	0.843		
31	0.49	191	1195	2390	3584	1.74	3.48	5.22	0.843	1.000	1.000	1.000	0.843		
33	0.49	204	1253	2506	3760	1.77	3.53	5.30	0.843	1.000	1.000	1.000	0.843		
34	0.49	184	1263	2526	3789	1.79	3.57	5.36	0.843	1.000	1.000	1.000	0.843		
48	0.04	237	1849	3698	5547	1.71	3.41	5.12	1.000	1.000	0.798	1.000	0.798		
51	0.00	206	2015	4029	6044	1.72	3.44	5.16	1.000	1.000	0.733	1.000	0.733		
47	0.00	243	2110	4219	6329	1.76	3.52	5.28	1.000	0.928	0.698	1.000	0.698		
41	0.00	254	1581	3163	4744	1.73	3.45	5.18	1.000	0.694	0.913	1.000	0.694		
1	0.58	217	1398	2797	4195	1.64	3.28	4.92	0.693	1.000	1.000	1.000	0.693		
3	0.58	229	1437	2874	4310	1.58	3.15	4.73	0.693	1.000	0.982	1.000	0.693		
11	0.58	200	1169	2338	3507	1.51	3.02	4.53	0.693	1.000	1.000	1.000	0.693		
12	0.58	185	1227	2455	3682	1.59	3.18	4.77	0.693	1.000	1.000	1.000	0.693		
14	0.58	173	1253	2506	3758	1.63	3.25	4.88	0.693	1.000	1.000	1.000	0.693		
15	0.58	198	1260	2521	3781	1.73	3.46	5.19	0.693	1.000	1.000	1.000	0.693		
46	0.00	210	2156	4313	6469	1.53	3.05	4.58	1.000	1.000	0.681	1.000	0.681		
45	0.35	254	1791	3583	5374	1.59	3.18	4.77	1.000	0.681	0.821	1.000	0.681		
19	0.38	192	2393	4786	7179	1.76	3.51	5.27	1.000	1.000	0.602	1.000	0.602		
49	0.07	235	2592	5184	7776	1.89	3.77	5.66	1.000	1.000	0.540	1.000	0.540		
4	0.58	257	2647	5294	7941	1.32	2.64	3.96	0.693	0.628	0.524	1.000	0.524		
2	0.19	229	2695	5390	8085	1.71	3.42	5.13	1.000	1.000	0.510	1.000	0.510		
43	0.17	239	2696	5392	8087	1.62	3.24	4.86	1.000	1.000	0.510	1.000	0.510		
32	0.78	269	1226	2452	3678	1.88	3.76	5.64	0.352	0.355	1.000	1.000	0.352		
38	0.19	272	1369	2738	4107	1.70	3.40	5.10	1.000	0.279	1.000	1.000	0.279		
29	0.92	225	1265	2530	3796	1.85	3.70	5.55	0.112	1.000	1.000	1.000	0.112		
30	0.92	235	1308	2616	3925	1.91	3.81	5.72	0.112	1.000	1.000	1.000	0.112		
26	0.98	206	1195	2390	3585	1.77	3.54	5.31	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000		
28	0.98	219	1260	2520	3781	1.71	3.42	5.13	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000		
42	0.07	285	1599	3198	4798	1.55	3.10	4.65	1.000	0.000	0.905	1.000	0.000		

CS=0.32

Tabela 25 - Estudo com o MCI; conjunto Z; caso impreciso; limiares baixos

		$Z_{\alpha}$	245	3000			3.50							
		$Z_{\beta}$	230	2800			3.00							
N°	Exp	Custo	Perdas			Enf			Graus de aceitação					
										parciais		globais		
40	0.07	233	1543	3087	4630	1.66	3.31	4.97	1.000	0.791	0.836	0.856	0.791	
55	0.07	233	1477	2955	4432	1.71	3.42	5.13	1.000	0.790	0.908	0.810	0.790	
53	0.00	229	1655	3309	4964	1.58	3.16	4.74	1.000	1.000	0.725	0.923	0.725	
52	0.00	233	1663	3327	4990	1.70	3.39	5.09	1.000	0.770	0.717	0.822	0.717	
54	0.00	225	1724	3447	5171	1.62	3.23	4.85	1.000	1.000	0.664	0.891	0.664	
48	0.04	237	1849	3698	5547	1.71	3.41	5.12	1.000	0.564	0.562	0.814	0.562	
17	0.19	235	1382	2764	4146	1.50	3.00	4.50	0.543	0.641	1.000	1.000	0.543	
21	0.19	233	1323	2646	3969	1.66	3.31	4.97	0.543	0.775	1.000	0.856	0.543	
22	0.19	236	1367	2734	4101	1.74	3.48	5.22	0.543	0.631	1.000	0.786	0.543	
24	0.19	234	1460	2921	4381	1.63	3.26	4.89	0.543	0.709	0.927	0.878	0.543	
25	0.19	228	1471	2942	4413	1.96	3.91	5.87	0.543	1.000	0.915	0.629	0.543	
37	0.19	231	1369	2738	4106	1.56	3.11	4.67	0.543	0.907	1.000	0.946	0.543	
39	0.19	232	1382	2764	4147	1.72	3.44	5.16	0.543	0.897	1.000	0.802	0.543	
50	0.19	236	1413	2826	4238	1.80	3.59	5.39	0.543	0.568	0.984	0.743	0.543	
35	0.19	237	1366	2732	4098	1.47	2.94	4.41	0.543	0.507	1.000	1.000	0.507	
51	0.00	206	2015	4029	6044	1.72	3.44	5.16	1.000	1.000	0.445	0.802	0.445	
46	0.00	210	2156	4313	6469	1.53	3.05	4.58	1.000	1.000	0.358	0.975	0.358	
44	0.19	241	1467	2934	4401	2.06	4.11	6.17	0.543	0.264	0.920	0.566	0.264	
49	0.07	235	2592	5184	7776	1.89	3.77	5.66	1.000	0.638	0.146	0.677	0.146	
47	0.00	243	2110	4219	6329	1.76	3.52	5.28	1.000	0.119	0.386	0.770	0.119	
2	0.19	229	2695	5390	8085	1.71	3.42	5.13	0.543	1.000	0.105	0.810	0.105	
43	0.17	239	2696	5392	8087	1.62	3.24	4.86	0.645	0.409	0.105	0.887	0.105	
23	0.19	245	1406	2813	4219	1.72	3.44	5.16	0.543	0.004	0.992	0.802	0.004	
1	0.58	217	1398	2797	4195	1.64	3.28	4.92	0.000	1.000	1.000	0.869	0.000	
3	0.58	229	1437	2874	4310	1.58	3.15	4.73	0.000	1.000	0.955	0.928	0.000	
4	0.58	257	2647	5294	7941	1.32	2.64	3.96	0.000	0.000	0.124	1.000	0.000	
5	0.38	218	1557	3114	4670	1.71	3.41	5.12	0.000	1.000	0.822	0.814	0.000	
6	0.49	218	1175	2350	3526	1.73	3.46	5.19	0.000	1.000	1.000	0.794	0.000	
7	0.49	232	1191	2382	3573	1.78	3.56	5.34	0.000	0.894	1.000	0.754	0.000	
8	0.49	226	1194	2388	3582	1.69	3.38	5.07	0.000	1.000	1.000	0.826	0.000	
9	0.49	208	1211	2422	3632	1.73	3.45	5.18	0.000	1.000	1.000	0.798	0.000	
10	0.49	219	1224	2448	3672	1.61	3.21	4.82	0.000	1.000	1.000	0.900	0.000	
11	0.58	200	1169	2338	3507	1.51	3.02	4.53	0.000	1.000	1.000	0.990	0.000	
12	0.58	185	1227	2455	3682	1.59	3.18	4.77	0.000	1.000	1.000	0.914	0.000	
13	0.49	187	1240	2481	3721	1.81	3.61	5.42	0.000	1.000	1.000	0.735	0.000	
14	0.58	173	1253	2506	3758	1.63	3.25	4.88	0.000	1.000	1.000	0.882	0.000	
15	0.58	198	1260	2521	3781	1.73	3.46	5.19	0.000	1.000	1.000	0.794	0.000	
16	0.38	227	1372	2743	4115	1.72	3.43	5.15	0.000	1.000	1.000	0.806	0.000	
18	0.38	236	1414	2828	4241	1.94	3.87	5.81	0.000	0.599	0.983	0.643	0.000	
19	0.38	192	2393	4786	7179	1.76	3.51	5.27	0.000	1.000	0.234	0.774	0.000	
20	0.38	241	1506	3013	4519	1.50	2.99	4.49	0.000	0.269	0.875	1.000	0.000	
26	0.98	206	1195	2390	3585	1.77	3.54	5.31	0.000	1.000	1.000	0.762	0.000	
27	0.49	217	1235	2471	3706	1.74	3.47	5.21	0.000	1.000	1.000	0.790	0.000	
28	0.98	219	1260	2520	3781	1.71	3.42	5.13	0.000	1.000	1.000	0.810	0.000	
29	0.92	225	1265	2530	3796	1.85	3.70	5.55	0.000	1.000	1.000	0.702	0.000	
30	0.92	235	1308	2616	3925	1.91	3.81	5.72	0.000	0.693	1.000	0.663	0.000	
31	0.49	191	1195	2390	3584	1.74	3.48	5.22	0.000	1.000	1.000	0.786	0.000	
32	0.78	269	1226	2452	3678	1.88	3.76	5.64	0.000	0.000	1.000	0.681	0.000	
33	0.49	204	1253	2506	3760	1.77	3.53	5.30	0.000	1.000	1.000	0.766	0.000	
34	0.49	184	1263	2526	3789	1.79	3.57	5.36	0.000	1.000	1.000	0.751	0.000	
36	0.19	247	1319	2637	3956	1.50	2.99	4.49	0.543	0.000	1.000	1.000	0.000	
38	0.19	272	1369	2738	4107	1.70	3.40	5.10	0.543	0.000	1.000	0.818	0.000	
41	0.00	254	1581	3163	4744	1.73	3.45	5.18	1.000	0.000	0.796	0.798	0.000	
42	0.07	285	1599	3198	4798	1.55	3.10	4.65	1.000	0.000	0.779	0.951	0.000	
45	0.35	254	1791	3583	5374	1.59	3.18	4.77	0.000	0.000	0.607	0.914	0.000	

CS=0.24

Finalmente, repare-se que os números imprecisos nunca foram responsáveis pelos valores nulos dos graus de aceitação globais, mesmo para os três casos anteriores. Isso significa que há sempre elementos dos conjuntos imprecisos cujo grau de pertença é superior à função de aceitação.

### 6.2.3. Utilização de Aglomeração Imprecisa

A seguir apresenta-se dois exemplos de utilização da variante do método de ampliações sucessivas, introduzido no capítulo 4. O primeiro exemplo serve para mostrar a utilização do método em análise preliminar de alternativas e o segundo em ajuda à decisão completa. Como a intenção é puramente ilustrativa e para abreviar o processo, utilizou-se  $Z_e$  com todos os valores rígidos.

#### Análise Preliminar

Inicialmente, o AD (que neste caso é o planeador) optou por analisar  $Z_e$  segundo cinco pontos de vista, que achou suficientes para representar as tendências gerais apresentadas pelas alternativas. Definiu também um nível de corte  $\alpha=0.7$ . A aplicação do algoritmo FCM (com o parâmetro  $m=1.7$ ) permitiu criar cinco grupos. A tabela 26 mostra os graus de pertença de cada alternativa a esses grupos e os cinco protótipos reais correspondentes.

Analisados os resultados, o planeador acha que as opções mais interessantes são as representadas pelas alternativas 54 e 31 (opções robustas e económicas, respectivamente). As alternativas que seguem essas tendências (ver secção 4.2.2.) são apresentadas na tabela 27.

Neste ponto, o planeador achou que o processo tinha convergido rapidamente para a amostra da tabela 27, que não era suficientemente rica em termos de variedade de alternativas apresentadas (só apresentava alternativas muito "baratas" mas pouco robustas e vice-versa, não havendo lugar a alternativas intermédias). Desse modo, optou por modificar o nível de corte para  $\alpha=0.4$ , resultando um incremento do número de alternativas aceites, de 8 para 13, o que corresponde a uma variação de 62.5% (tabela 28). Quanto à qualidade da nova amostra, veja-se sobretudo o aparecimento dos pontos 19 e 25, que tinham um grau de pertença semelhante às duas tendências escolhidas, embora baixo, e que nunca seriam considerados de interesse, caso a aglomeração fosse mais rígida (valores de  $\alpha$  mais elevados). Além daqueles dois pontos, ainda existem mais três pontos que apresentam um grau de pertença significativo a um dos dois grupos escolhidos, com valor inferior a 0.7 mas superior a 0.4.

Como se mostrou, este método permitiu detectar alternativas intermédias, i.e., que englobam diferentes tendências. A análise das alternativas da tabela 28 podia ser continuada com um método mais normativo ou, como se mostrará a seguir, a aglomeração imprecisa pode ser utilizada para refinamento sucessivo das escolhas do AD, podendo, inclusivamente, levar à obtenção de uma solução final.

Tabela 26 - Aglomeração Imprecisa: conjunto inicial e protótipos reais

Nº	Exp	Custo	Perdas	Enf	Graus de pertença				
					Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
4	0.58	257	5294	2.64	0.227	0.300	0.190	0.114	0.170
5	0.38	218	3114	3.41	0.022	0.015	0.905	0.040	0.018
6	0.49	218	2350	3.46	0.020	0.024	0.634	0.248	0.074
8	0.49	226	2388	3.38	0.022	0.034	0.777	0.100	0.066
9	0.49	208	2422	3.45	0.014	0.015	0.299	0.586	0.087
10	0.49	219	2448	3.21	0.036	0.079	0.460	0.120	0.305
11	0.58	200	2338	3.02	0.011	0.023	0.042	0.039	0.885
12	0.58	185	2455	3.18	0.001	0.001	0.003	0.008	0.987
13	0.49	187	2481	3.61	0.003	0.002	0.015	0.967	0.013
14	0.58	173	2506	3.25	0.012	0.013	0.041	0.156	0.778
16	0.38	227	2743	3.43	0.002	0.002	0.991	0.004	0.002
17	0.19	235	2764	3.00	0.007	0.985	0.004	0.001	0.002
19	0.38	192	4786	3.51	0.249	0.116	0.244	0.231	0.161
21	0.19	233	2646	3.31	0.252	0.313	0.351	0.047	0.036
25	0.19	228	2942	3.91	0.219	0.097	0.358	0.250	0.077
31	0.49	191	2390	3.48	0.001	0.001	0.011	0.972	0.015
34	0.49	184	2526	3.57	0.002	0.002	0.012	0.969	0.014
35	0.19	237	2732	2.94	0.015	0.967	0.009	0.003	0.005
36	0.19	247	2637	2.99	0.014	0.970	0.009	0.003	0.004
37	0.19	231	2738	3.11	0.059	0.881	0.040	0.009	0.012
40	0.07	233	3087	3.31	0.886	0.067	0.033	0.008	0.006
41	0.00	254	3163	3.45	0.641	0.178	0.119	0.037	0.025
42	0.07	285	3198	3.10	0.273	0.520	0.120	0.043	0.045
46	0.00	210	4313	3.05	0.580	0.198	0.100	0.057	0.065
51	0.00	206	4029	3.44	0.685	0.089	0.112	0.069	0.045
53	0.00	229	3309	3.16	0.882	0.087	0.018	0.006	0.006
54	0.00	225	3447	3.23	0.978	0.013	0.005	0.002	0.002
55	0.07	233	2955	3.42	0.715	0.110	0.126	0.031	0.019

Tabela 27 - Aglomeração Imprecisa: conjunto obtido para  $\alpha=0.7$

Nº	Exp	Custo	Perdas	Enf
13	0.49	187	2481	3.61
31	0.49	191	2390	3.48
34	0.49	184	2526	3.57
40	0.07	233	3087	3.31
51	0.00	206	4029	3.44
53	0.00	229	3309	3.16
54	0.00	225	3447	3.23
55	0.07	233	2955	3.42

### Ajuda à Decisão

Chegando à tabela 28, o planeador deseja prosseguir o processo através de novas escolhas. Quer agora identificar duas tendências no grupo de alternativas daquela tabela. Isto implica a obtenção de uma partição imprecisa em dois grupos, representada na tabela 29, onde se mostram os protótipos reais desses grupos obtidos.

Tabela 28 - Aglomeração Imprecisa: conjunto obtido para  $\alpha=0.4$

Nº	Exp	Custo	Perdas	Enf
9	0.49	208	2422	3.45
13	0.49	187	2481	3.61
19	0.38	192	4786	3.51
25	0.19	228	2942	3.91
31	0.49	191	2390	3.48
34	0.49	184	2526	3.57
40	0.07	233	3087	3.31
41	0.00	254	3163	3.45
46	0.00	210	4313	3.05
51	0.00	206	4029	3.44
53	0.00	229	3309	3.16
54	0.00	225	3447	3.23
55	0.07	233	2955	3.42

Tabela 29 - Aglomeração Imprecisa: as 2 tendências encontradas na tabela 28

Nº	Exp	Custo	Perdas	Enf	Graus de pertença	
					Grupo 1	Grupo 2
9	0.49	208	2422	3.45	0.037	0.963
13	0.49	187	2481	3.61	0.007	0.993
19	0.38	192	4786	3.51	0.475	0.525
25	0.19	228	2942	3.91	0.402	0.598
31	0.49	191	2390	3.48	0.010	0.990
34	0.49	184	2526	3.57	0.008	0.992
40	0.07	233	3087	3.31	0.984	0.016
41	0.00	254	3163	3.45	0.916	0.084
46	0.00	210	4313	3.05	0.891	0.109
51	0.00	206	4029	3.44	0.898	0.102
53	0.00	229	3309	3.16	0.981	0.019
54	0.00	225	3447	3.23	0.995	0.005
55	0.07	233	2955	3.42	0.947	0.053

A partir destes resultados, o planeador podia tomar várias decisões:

1. Um planeador preocupado com os aspectos económicos (custo de investimento e perdas) teria tendência a escolher as alternativas do grupo 2 (as mais "baratas"), cujo protótipo é a alternativa 13, obtendo-se os resultados da tabela 30. (mantém-se  $\alpha=0.4$ )

Tabela 30 - Aglomeração Imprecisa: as alternativas "baratas" da tabela 29

Nº	Exp	Custo	Perdas	Enf
9	0.49	208	2422	3.45
13	0.49	187	2481	3.61
19	0.38	192	4786	3.51
25	0.19	228	2942	3.91
31	0.49	191	2390	3.48
34	0.49	184	2526	3.57

2. Um planeador preocupado com a robustez seria levado a optar pelas alternativas representadas pela 54, que se apresentam na tabela 31.

A fase seguinte corresponderia a um estudo mais aprofundado dos dados de uma das tabelas anteriores, utilizando um método mais prescritivo. Repare-se que, em ambas as tabelas, aparecem as alternativas 19 e 25. Representam compromissos entre robustez e custos, podendo o planeador vir a considerar esse aspecto.

Tabela 31 - Aglomeração Imprecisa: as alternativas robustas da tabela 29

Nº	Exp	Custo	Perdas	Enf
19	0.38	192	4786	3.51
25	0.19	228	2942	3.91
40	0.07	233	3087	3.31
41	0.00	254	3163	3.45
46	0.00	210	4313	3.05
51	0.00	206	4029	3.44
53	0.00	229	3309	3.16
54	0.00	225	3447	3.23
55	0.07	233	2955	3.42

3. Perante a análise da tabela 29, o planeador podia ficar indeciso entre as duas tendências representadas pelas alternativas 13 e 54 (alternativas "baratas" e robustas). Uma hipótese adicional de ajuda à decisão, no caso de dificuldade de opção, é fornecer ao AD informação adicional. Assim, este poderia considerar a procura de três tendências, e não duas, nas alternativas da tabela 28. Isso levá-lo-ia à tabela 32, onde são representadas os 3 grupos da partição imprecisa obtida e onde se faz notar, novamente, que a alternativa 25, atrás referida, tem características comuns às três tendências. A partir daqui, o planeador poderia seguir um percurso semelhante ao indicado para as duas hipóteses anteriormente descritas, i.e., escolher uma ou mais tendências que representem as suas preferências e proceder a um estudo aprofundado das alternativas daí resultantes (em menor número que nas outras hipóteses).

Tabela 32 - Aglomeração Imprecisa: as 3 tendências encontradas na tabela 28

Nº	Exp	Custo	Perdas	Enf	Graus de pertença		
					Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
9	0.49	208	2422	3.45	0.023	0.032	0.946
13	0.49	187	2481	3.61	0.004	0.003	0.993
19	0.38	192	4786	3.51	0.812	0.083	0.105
25	0.19	228	2942	3.91	0.246	0.357	0.398
31	0.49	191	2390	3.48	0.003	0.002	0.995
34	0.49	184	2526	3.57	0.005	0.004	0.991
40	0.07	233	3087	3.31	0.002	0.997	0.001
41	0.00	254	3163	3.45	0.062	0.908	0.030
46	0.00	210	4313	3.05	0.640	0.302	0.058
51	0.00	206	4029	3.44	0.913	0.072	0.015
53	0.00	229	3309	3.16	0.065	0.917	0.018
54	0.00	225	3447	3.23	0.068	0.920	0.012
55	0.07	233	2955	3.42	0.018	0.971	0.011

4. Por fim, uma quarta hipótese contendo, igualmente, informação adicional, seria fornecer ao AD uma lista ordenada, por ordem decrescente, das alternativas da tabela 29, de acordo com grau de compromisso daquelas com as duas tendências representadas nessa tabela. Isto poderia reflectir o desejo do AD em encontrar



alternativas que fossem robustas mas também económicas, e daí não ficar plenamente satisfeito com cada uma das tendências, quando encaradas separadamente. O compromisso pode ser modelizado pelo mínimo dos graus de pertença a cada um dos grupos. A tabela 33 representa a lista referida.

Tabela 33 - Alternativas da tabela 29 ordenadas pelo grau de compromisso

Nº	Exp	Custo	Perdas	Enf	Graus de compromisso
19	0.38	192	4786	3.51	0.475
25	0.19	228	2942	3.91	0.402
46	0.00	210	4313	3.05	0.109
51	0.00	206	4029	3.44	0.102
41	0.00	254	3163	3.45	0.084
55	0.07	233	2955	3.42	0.053
9	0.49	208	2422	3.45	0.037
53	0.00	229	3309	3.16	0.019
40	0.07	233	3087	3.31	0.016
31	0.49	191	2390	3.48	0.010
34	0.49	184	2526	3.57	0.008
13	0.49	187	2481	3.61	0.007
54	0.00	225	3447	3.23	0.005

Como se pode constatar, a alternativa 19 é a que se apresenta no início da lista. O planeador pode agora escolher esta como a sua preferida, ou estudar um leque restrito das melhores alternativas de compromisso, podendo, inclusivamente, serem feitas partições das alternativas de acordo com o grau de compromisso, medindo-se a qualidade das partições com o índice de Dunn.

### 6.3. Processo de um Concurso Público Fictício

#### 6.3.1. Introdução

Este caso de estudo baseia-se, parcialmente, em elementos colhidos em vários anúncios de concursos públicos e alguns relatórios, mas não corresponde nem é uma adaptação de nenhum caso real. A estrutura da exposição segue de perto o desenvolvimento temporal deste tipo de processos, acompanhado dos comentários relevantes, à luz do que se desenvolveu nos capítulos anteriores da dissertação. seguiu-se o princípio de supor, em algumas ocasiões, que os procedimentos seguidos pelos (fictícios) responsáveis pelo processo não eram os mais correctos, de forma a fazer ressaltar algumas das questões chave deste tipo de problemas.

#### 6.3.2. Anúncio

Para além de várias condições que restringiam as propostas, como habitualmente, o anúncio do concurso incluía o seguinte ponto:

### Critérios de adjudicação:

A adjudicação será feita à proposta mais vantajosa atendendo-se aos seguintes critérios de apreciação das propostas, por ordem decrescente da sua importância:

- garantia de boa execução e qualidade técnica;
- preço;
- prazo;

Também era indicado no anúncio do concurso que não eram permitidas variantes às condições do caderno de encargos.

### *Comentários:*

Esta definição de critérios, habitual nos concursos, é relativamente vaga, quer na especificação dos atributos, quer em relação à agregação final a efectuar. Na verdade, a indicação de uma ordem de preferência nos critérios é relativamente insuficiente, excepto no caso em que se adopte uma ordem lexicográfica, o que não parece ser o caso.

A preocupação com a transparência deveria levar a uma melhor especificação destas questões para que os concorrentes pudessem saber com o que contam. Por outro lado, o interesse público ficaria melhor defendido se os concorrentes pudessem inferir, a partir dos critérios, qual era o verdadeiro interesse da entidade adjudicante em relação ao prazo e ao preço.

Por exemplo, ao elaborar as suas propostas, um potencial concorrente é insensível ao 1º critério, que lhe diz respeito como entidade, sendo portanto comum a todos os concorrentes. Se o concorrente tivesse mais informação sobre a forma de pontuação no prazo e preço e sobre o procedimento de agregação, poderia simular para seu uso a aplicação desses critérios e concentrar-se nas propostas que efectivamente mais interessam ao adjudicante. Desconhecendo completamente esses parâmetros, o concorrente poderá não vir a apresentar a concurso as propostas mais convenientes (dentre todas as que poderia apresentar).

### **6.3.3. Comissão de Análise (CAN)**

Reconhecendo alguma insuficiência na definição dos critérios, a CAN resolveu, muito correctamente, especificar todo o processo de decisão antes do acto público. Sendo assim decidiu que:

a) Garantia de boa execução e qualidade técnica: este critério corresponde à apreciação da solidez empresarial do concorrente, da sua capacidade técnica, dos recursos materiais e humanos que dispõe, etc. A comissão de análise, utilizando os elementos curriculares fornecidos pelos concorrentes ordená-los-á em relação a este critério. Ao 1º classificado serão atribuídos 10 valores, ao 2º classificado 9 valores, e

assim sucessivamente (admitindo-se empates), até ser atingida a classificação de 0. A partir daí, todos os candidatos terão 0 valores.

b) A pontuação do prazo proposto será feita numa escala de 0 a 10 valores, correspondendo 0 ao pior prazo e 10 ao melhor, obtendo-se as restantes pontuações por interpolação linear.

c) Em relação ao preço, seguir-se-á procedimento semelhante ao anterior.

d) A classificação final resultará da média ponderada dos valores dos atributos, com os pesos 40%, 35% e 25% para a garantia de boa execução e qualidade técnica, o preço e o prazo, respectivamente. Os candidatos serão ordenados por ordem decrescente da sua classificação final.

#### *Comentários:*

A decisão de realizar estas especificações antes do acto do concurso é uma atitude que favorece a transparência, embora, por não ser do conhecimento prévio dos concorrentes, não possa influenciar a outra questão que se apontou sobre o interesse público.

No entanto, alguns aspectos são criticáveis nas especificações da CAn, descritos a seguir, organizados segundo as mesmas alíneas:

a) Inconveniência da ordenação como medida de valor. Como consequência, não há discriminação da maior ou menor diferença entre os candidatos. Isto ainda é pior num critério com peso de 40%, pois as reais diferenças poderiam ter um efeito muito mais forte do que na realidade têm. A partir do 10º candidato, na ordem estabelecida nem sequer existe diferença entre dois candidatos consecutivos, devido à "saturação" da escala definida.

Repare-se ainda que o facto deste critério estar em 1º lugar resulta do medo de que os candidatos não sejam capazes de fazer a obra, pelo que se compreende que não seja grande a preocupação de discriminação entre candidatos, por um lado, mas aparecendo a grande influência do critério a funcionar como uma espécie de restrição, por outro lado. Esta última questão leva a concluir que a função de valor linear não será a melhor representação das preferências da CAn. Na verdade, essas preferências seriam melhor representadas por uma função de valor não linear, existindo grande variação do valor na zona a partir da qual o AD passa a considerar aceitável a garantia de boa execução e qualidade técnica (ver figura 23).

São possíveis algumas sugestões para melhorar estes problemas:

Sugestão 1: Utilizar uma valorização por julgamento directo, apoiada no Macbeth ou no AHP, para avaliar as propostas segundo este critério.

Sugestão 2: Proceder a uma discriminação de sub-atributos mais objectivos (nº de empregados, cash-flow, etc.), seguido dum processo de agregação.

Sugestão 3: Transformar este critério de avaliação numa restrição, ficando os candidatos classificados em Aptos ou Não Aptos.

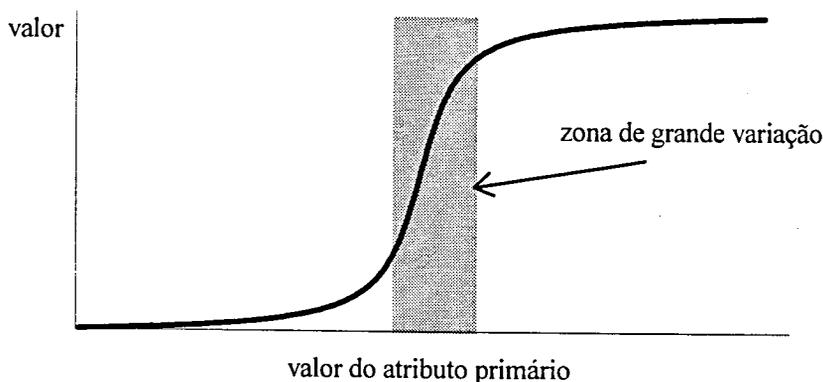


Figura 23 - Função de valor proposta para o 1º critério

b) A função de valor linear utilizada nestes atributos está bastante vulgarizada, aparecendo muitas vezes nos próprios anúncios dos concursos (o que é melhor do que ser só definida nesta fase). É frequente encontrarem-se versões ligeiramente diferentes, em que são excluídos da construção da função de valor as propostas que se afastem excessivamente dum valor central, calculado por sua vez com exclusão da melhor e da pior alternativas. Seja como for, este tipo de funções é relativamente transparente, sobretudo se for determinado antes da abertura das propostas.

Realce-se, no entanto, que o facto da função de valor de um critério depender das alternativas levanta um problema de consistência teórica, na medida em que o valor correspondente a um determinado preço acaba por depender de terceiras propostas. O valor de cada proposta em relação a um atributo só deveria resultar da proposta e dos interesses do candidato.

Supondo a situação da tabela 34 em que, excluídas as alternativas com valores extremos para o preço, a pior alternativa em preço é 1.5 milhões de contos e a melhor é 0.5 milhões de contos, então o valor para o atributo preço da alternativa  $x$  é 0.6 milhões, correspondendo a  $y$  0.7 milhões de contos (cálculos realizados por interpolação linear). Neste caso, a melhor proposta é a  $x$ .

Tabela 34 - Classificações das alternativas, pior preço igual a 1.5 milhões de contos

		Atributo 1	Atributo 2	Atributo 3	Valor
Pesos		0.4	0.35	0.25	
Propostas	$x$	7	8	9	7.85
	$y$	8	9	5	7.6

Se o candidato que apresentou o pior preço desistisse e o pior valor para este atributo fosse agora 1.0 milhões de contos, então as classificações daquelas alternativas mudariam para as que se representam na tabela 35, mantendo-se constantes os valores dos outros atributos. A ordem dos elementos, segundo o critério preço, manteve-se, mas a diferença aumentou. A exclusão de uma proposta, que nunca teria hipótese de ser escolhida, fez aumentar de 1 para 2 a diferença de valor neste atributo, aumentando na prática (neste caso para o dobro) a influência deste atributo no valor final. Quanto à classificação das duas propostas, houve uma

inversão da ordem. Isto ainda pode ser mais grave, caso signifique mudança da alternativa que estava em primeiro lugar.

Tabela 35 - Classificações das alternativas, pior preço igual a 1.0 milhões de contos

		Atributo 1	Atributo 2	Atributo 3	Valor
Pesos		0.4	0.35	0.25	
Propostas	<i>x</i>	7	6	9	7.15
	<i>y</i>	8	8	5	7.25

### Sugestão

Este tipo de funções de valor deve, tanto quanto possível, ser definido independentemente das propostas, o que permite, além do mais, proteger os interesses do estado em relação a práticas restritivas da concorrência, algumas vezes designadas por conluios.

O procedimento referido anteriormente de aproximação da média, exclusão de alternativas extremas, etc., tende a contribuir nesse sentido, mas não consegue resolver completamente o problema.

Obviamente que a definição prévia da função de valor pode levantar dificuldade de faltas de discriminação entre propostas muito diferentes da meta pretendida.

c) Para além das considerações feitas na alínea anterior, em parte aplicadas ao prazo, pode comentar-se, tal como se fez na alínea *a*, que uma função de valor linear não será, talvez, a mais adequada, devendo existir, concerteza, um valor do prazo junto do qual há uma grande variação da satisfação, algo de semelhante a uma meta.

d) O recurso a uma função de valor aditiva implicaria condições que deviam ser consideradas e que aqui, com certeza, não foram, como habitualmente nestes casos.

Ultrapassada esta questão e admitindo-se como boa a utilização da função de valor proposta, volta a colocar-se a questão da definição de funções de valor para os atributos, a partir dos valores das alternativas. Ou seja, a importância relativa dos critérios só é a indicada pela CAN se os valores dos atributos dependerem, exclusivamente, da própria CAN. Repare-se no exemplo da alínea *b*, onde a contribuição para a classificação final da diferença entre as propostas *x* e *y* subiu de 0.35 para 0.7, quando era excluída uma alternativa. Isso levou, até, à inversão da ordem final dos concorrentes que apresentaram as propostas.

Para além destas considerações, salienta-se que, de qualquer modo, os valores dos pesos devem ser definidos antes da abertura das propostas, sob pena de se pôr em causa a transparência do processo.

#### **6.3.4. Classificação das propostas**

Na sequência do processo do concurso, foram abertas e aceites as propostas, de acordo com as especificações da CAn. A avaliação decorreu com normalidade, mas verificou-se que diversos concorrentes apresentaram propostas alternativas baseadas em diferentes formas de pagamento. A CAn decidiu ignorar esse aspecto, realizando a avaliação, classificação e ordenação de acordo com o que tinha previamente decidido.

##### *Comentários:*

Esta situação surgiu por deficiente formulação inicial dos critérios e no enquadramento legal existente não seria possível à CAn incluir novos critérios, não previstos inicialmente. Seria possível, no entanto, definir que "por preço" se entendia o custo global, incluindo encargos financeiros, para permitir considerar este novo aspecto.

#### **6.4. Conclusões**

Neste capítulo, exemplificaram-se várias situações, adequadas para processos de decisão, já apontadas em capítulos anteriores.

Mostrou-se como as técnicas de análise preliminar são úteis quando o número de alternativas é elevado, conseguindo-se obter uma gama de soluções mais adequada à capacidade de análise simultânea do AD, que pode ser analisada, posteriormente, por métodos mais categóricos. Mostrou-se ainda que, eventualmente, a utilização desses métodos pode conduzir a um processo completo de ajuda à decisão.

No caso do exemplo relativo a um concurso público, são apontadas várias falhas habituais nestas circunstâncias. É mostrado que a falta de informação fornecida aos potenciais concorrentes poderá ser prejudicial para estes e mesmo para o interesse público, na medida em que pode baixar o nível global de qualidade das propostas, conduzir a soluções que não são as que utilizam melhor os recursos públicos. É também feita referência à desvantagem da utilização de escalas ordinais, nomeadamente em termos da pouca discriminação que faz na avaliação dos concorrentes. Finalmente, prova-se que uma função de valor, quando mal utilizada, pode conduzir, em determinadas situações, a inversões de ordenação, causadas por factores estranhos aos concorrentes.

## 7. Conclusões

Nesta dissertação, descreveu-se o trabalho desenvolvido no contexto da ajuda à decisão multicritério na selecção de projectos. Foram mostrados os diversos aspectos relacionados com o problema, desde a sua modelização até às abordagens relacionadas com a sua resolução, e ainda aplicações em determinados ambientes, como concursos públicos e recrutamento de recursos humanos.

Apresentam-se modelos de dados que devem ser usados para descrever várias situações que, pelas suas características, não podem ser modelizadas na forma (numérica) mais habitual. Desse ponto de vista, é fundamentada a utilização de conjuntos imprecisos para modelizar informação qualitativa não probabilística, tanto mais que já existem modelos para manipulação desse tipo de dados. É também apontado o facto de haver utilização indevida de atributos com valores ordinais, devido a não descreverem com precisão as diferenças entre alternativas.

Foram descritas as várias fases do processo de decisão e mostraram-se várias técnicas utilizadas nessas fases, ilustrando certas particularidades não satisfeitas por processos de quantificação, normalização e agregação que poderão, eventualmente, ser utilizadas de modo errado ou ser aplicadas em situações não adequadas. Mostrou-se que a quantificação pode conduzir a distorções relativamente aos valores originais dos atributos, que a normalização pode fazer diminuir a sensibilidade aos problemas e que a agregação nem sempre é possível ou, sendo possível, terão de ser verificados factores intrínsecos às situações modelizadas que são muitas vezes descurados.

Mostrou-se que a inserção dos agentes intervenientes na decisão, analistas e AD, deve ser de modo a criarem uma equipa, sendo útil uma comunicação em que ambas as partes se identifiquem. Desse ponto de vista, devem ser esclarecidos conceitos com critérios, atributos, objectivos, metas, restrições, etc.

As metodologias apresentadas foram descritas à luz da sua aplicabilidade aos processos de selecção, de onde resultaram certas críticas à conformidade dos métodos com imperativos de clareza, simplicidade, robustez, eficiência e transparência. Essencialmente, relacionam-se com variações de resultados com parâmetros de entrada para os métodos, com o modo de definição desses parâmetros, com as desvantagens da utilização dos métodos sem ter em conta as suas limitações, com soluções que os métodos não permitem obter, com a sua complexidade, etc. O que se conclui é que, em certas circunstâncias, é prejudicial a extrema sensibilidade de certos métodos aos parâmetros de entrada, revelando instabilidade nas soluções e impossibilitando a justificação dos resultados. Surge a necessidade da definição de parâmetros ser anterior ao conhecimento do valor dos atributos, de modo a evitar a influência de factores estranhos ao processo de decisão. Aliados a estas questões, são focados aspectos pouco transparentes e claros dos processos públicos e como uma aproximação com base científica poderá ultrapassar algumas "ingenuidades" cometidas pelos agentes que conduzem as acções necessárias.

A aplicação das metodologias descritas, ou introduzidas, nos capítulos 3 e 4, a alguns casos de estudo, permitiu justificar os comentários que se fizeram nas apresentações teóricas, de modo a concluir sobre a necessidade da utilização metódica, racional e científica das metodologias, ao contrário da utilização mecanicista de várias técnicas, comum em vários processos de decisão, mesmo envolvendo recursos muito valiosos, com consequências negativas, quer do ponto de vista público, quer privado.

Foram apresentadas duas novas metodologias de "screening". São exemplificadas situações típicas de aplicação, onde aquelas se revelam ferramentas úteis. É ainda mostrado como essas ferramentas se adaptam à ajuda à decisão quando não é necessária a justificação das opções tomadas.

### *Desenvolvimentos futuros*

O estudo efectuado para realizar esta dissertação abriu algumas perspectivas interessantes, que se pensa poderem ser exploradas no futuro. Relacionam-se, sobretudo, com a modelização formal dos processos de decisão, incluindo a definição clara do modo de constituição das comissões de análise e das comissões técnicas especializadas, da definição das regras dos concursos, dos métodos de avaliação e agregação que se podem utilizar e em que circunstâncias, etc. Assim, seria útil uma evolução nas seguintes direcções:

- Na melhoria de certas funções de valor, de modo a torná-las adequadas para concursos públicos. Isso inclui assegurar o seu rigor teórico e a definição dos seus parâmetros, no início dos processos, devendo, numa fase posterior dos processos, ser verificado o poder de discriminação dessas funções.
- No aperfeiçoamento de técnicas de eliminação preliminar, que permitam redireccionar a análise das várias comissões para um leque restrito de alternativas. Isto permitirá eliminar muito trabalho (mesmo burocrático), reforçar a atenção prestada às melhores alternativas, reduzir o tempo dos processos, etc.
- Na melhoria de técnicas de avaliação em grupo, incluindo, inclusive, as que se referem às comissões técnicas especializadas. Apesar desta matéria não ter sido abordada, pensa-se que um ponto importante deverá ser a introdução de técnicas eficientes de tratamento de informação qualitativa e de agregação dos valores atribuídos por diferentes avaliadores a uma dada proposta.
- Na modificação da legislação existente, relativamente às questões anteriores.

## Referências

Bana e Costa, C., Dinis das Neves, C. (1989), "Describing and Formalizing the Evaluation Process of Portuguese Navy Officers", *Improving Decision Making in Organisations*, 1989, Springer-Verlag LNEMS 335, New York, pg.355-369.

Bana e Costa, C. (1990), Readings in Multiple Criteria Decision Aid, Springer-Verlag, New York.

Bana e Costa, C., Vansnick, J.-C. (1994), "MACBETH - An Interactive Path Towards the Construction of Cardinal Value Functions", Elsevier Science Ltd., *International Transactions on Operational Research*, Vol.1, N°4, pg.489-500.

Bezdek, J. (1981), Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms, Plenum Press, New York.

Brans, J., Mareschal, B. (1990), "Promethee V: MCDM Problems with Segmentation Constraints".

Chankong, V., Haimes, Y. (1983), Multiobjective Decision Making. Theory and Methodology, North-Holland, New York.

Chen, S.-J., Hwang, C.-L. (1992), Fuzzy Multiple Attribute Decision Making - Methods and Applications, Springer-Verlag LNEMS 375, New York.

Clemen, R. (1991), Making Hard Decisions, PWS-KENT Publishing Company, Boston.

Dubois, D., Prade, H. (1980), Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications, Academic Press, New York.

Dunn, J. (1973), "A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters", *J. Cybernetics*, Vol.3, N°3, pg.32-57.

Goicoechea, A., Hansen, D., Ducksten, L. (1982), Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications, John Wiley, New York.

Hwang, C.L., Masud, A.S.M. (1979), Multiple Objective Decision Making - Methods and Applications, Springer-Verlag LNEMS 164, New York.

Hwang, C.L., Yoon, K. (1981), Multiple Attribute Decision Making - Methods and Applications, Springer-Verlag LNEMS 186, New York.

Inspecção Geral de Ensino, "Classificação de Serviço do Pessoal não Docente dos Estabelecimentos de Ensino não Superior", Acção de Esclarecimento e Sensibilização.

Keeney, R.L., Raiffa, H. (1976), Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs, John Wiley, New York.

Matos, M.A. (1988), Ajuda à Decisão Multicritério - Novas Contribuições, Tese de Doutoramento, Universidade do Porto.

- Matos, M.A., Proença, L.M. (1992), "Método de Amplificações Sucessivas", *Investigação Operacional* 1992.
- Miller, G.A. (1956), "The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information", *Psychological Rev.* 63, N°2.
- Ministério das Finanças (1988), Decreto-Lei n° 498/88, de 30 de Dezembro, DR I Série, N°301, pg.5146(582-590).
- Ministério das Finanças (1995), Decreto-Lei n° 55/95, de 29 de Março, DR I Série-A, N°75, pg.1715-1738.
- Ministério da Reforma Administrativa (1983), Decreto Regulamentar n° 44-A/83, de 1 de Junho, DR I Série, N°126, pg.2040(1-28).
- Ponce de Leão, M.T., Matos, M.A. (1995), "Planeamento Multicritério de Redes de Distribuição com Cargas Imprecisas e Produção Independente", aceite para apresentação nas 4<sup>as</sup> Jornadas Luso-Espanholas de Engenharia Electrotécnica, Porto.
- Roy, B. (1985), Métodologie Multicritère d'Aide a la Décision, Ed. Economica, Paris.
- Roy, B., Bouyssou, D. (1993), Aide Multicritère à la Decision: Méthodes et Cas, Ed. Economica, Paris.
- Saaty, T. (1986), Decision Making for Leaders, University of Pittsburgh, Pittsburgh.
- Zadeh, L.A. (1978), "Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.1, N°1, pg.3-27.
- Zeleny, M. (1982), Multiple Criteria Decision Making, McGraw-Hill, New York.
- Zimmermann, H.-J. (1985), Fuzzy Set Theory - and Its Applications, Kluwer-Nijhoff Publishing, Boston.
- Zimmermann, H.-J. (1987), Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems, Kluwer Academic Publishers, Boston.

## anexo A - Anúncios de Concursos

### A.1. Concurso Onde é Feita Eliminação Preliminar

#### MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES

SECRETARIA DE ESTADO DAS OBRAS PÚBLICAS

#### ANAM - AEROPORTOS E NAVEGAÇÃO AÉREA DA MADEIRA

### ANÚNCIO

Concurso Público n.º 5/94 para Adjudicação de Fornecimento e montagem de Grupo de Emergência e respectivos quadros eléctricos para a CEE do Aeroporto de Porto Santo - R. A. da Madeira.

1. Entidade adjudicante - ANAM - Aeroportos e Navegação Aérea da Madeira, SA, com sede na Rua do Bispo, n.º 16, 2.º Sala 24 - 9000 Funchal, e domicílio na Avenida de Columbano Bordalo Pinheiro, 87, 5.º - 1000 Lisboa (Telefone 726 33 43 Telefax 726 97 52).
2. Modalidade do concurso - concurso público nos termos do artigo 49.º do Decreto-Lei n.º 235/86, de 18 de Agosto.
3. a) Lugar da prestação dos serviços: CEE do Aeroporto de Porto Santo, RAM.  
b) A empreitada refere-se ao fornecimento e montagem de Grupo de Emergência e respectivos quadros eléctricos. Os concorrentes não podem fazer propostas apenas para parte do fornecimento, devendo concorrer à respectivo totalidade.  
c) O Preço Base do Concurso é de: 14 000 000\$00 (catorze milhões de escudos), mais IVA.
4. O Prazo de Execução da obra é de 150 (cento e cinquenta) dias.
5. Fornecimento de documentação:
  - a) O processo de concurso, redigido em língua portuguesa, (programa de concurso, caderno de encargos e seus documentos anexos) pode ser consultado na ANAM, SA, Rua do Bispo, n.º 16, 2.º - Sala 24 - 9000 Funchal e Avenida de Columbano Bordalo Pinheiro, 87 - 5.º - 1000 Lisboa, todos os dias úteis, das 9 horas e 30 minutos às 12 horas e 30 minutos e das 14 horas e 30 minutos às 17 horas, desde a data da publicação deste anúncio e até à data de apresentação das propostas;
  - b) Cópias do processo de concurso poderão ser solicitadas, por escrito, até às 17 horas do dia 14 de Junho de 1994, à ANAM, SA, nas moradas indicadas na alínea anterior, onde, no prazo máximo de três dias a contar da data de recepção do respectivo pedido, poderão ser levantadas;
  - c) Por cada cópia do processo de concurso, conforme referido na alínea anterior, os concorrentes pagarão à ANAM, SA, em dinheiro ou cheque, a importância de 50 000\$00, acrescido de IVA à taxa
6. O tipo de Empreitada é por "Preço Global" de acordo com o art.º 7.º e seguintes do D.L. n.º 235/86 de 18 de Agosto.
7. Data, local e modo de apresentação das propostas:
  - a) As propostas deverão ser entregues até às 17 horas do dia 21 de Junho de 1994, na ANAM, SA, Avenida de Columbano Bordalo Pinheiro, 87 - 5.º - 1000 Lisboa;
  - b) As propostas deverão ser redigidas em língua portuguesa.
8. Abertura das propostas:
  - a) O acto público de abertura das propostas do concurso terá lugar no dia seguinte ao indicado no n.º 7, alínea a), pelas 10 horas, na ANAM, SA, Avenida de Columbano Bordalo Pinheiro, 87 - 5.º - 1000 Lisboa;
  - b) Poderão assistir ao acto público do concurso todas as pessoas interessadas e intervir as devidamente credenciadas.
9. É exigido alvará de Empreiteiro de Obras Públicas da 5.ª subcategoria da 4.ª Categoria e Classe correspondente ao valor proposto.
10. Forma jurídica de agrupamento - podem concorrer empresas ou grupos de empresas que se constituam juridicamente em consórcio externo, em regime de responsabilidade solidária.
11. Prazo de validade da proposta - os concorrentes são obrigados a manter a validade das suas propostas durante o período de 90 dias, a contar da data de encerramento do acto público do concurso.
12. A adjudicação será feita à proposta mais vantajosa atendendo ao factor preço global e após as propostas terem sido qualificadas como "aptas" ou "inaptas" em sede de atenção do respectivo valor técnico, prazo de execução, "curriculum" e situação económica e financeira do concorrente.
13. Ao concurso e ao fornecimento e montagem que constitui o respectivo objecto, aplica-se o Decreto-Lei 24/92 de 25 de Fevereiro e que não dispuser diversamente o Decreto-Lei 235/86 de 18 de Agosto.
14. Data do envio do anúncio para publicação no "Diário da República" 18 de Maio de 1994.

Lisboa, 17 de Maio de 1994

O CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

A.2. Concursos com Descrições Gerais dos Critérios de Adjudicação



# JUNTA AUTÓNOMA DE ESTRADAS

## DIRECÇÃO DE ESTRADAS DO DISTRITO DO PORTO

**CONCURSO PÚBLICO**

**N 222**

---

**BENEFICIAÇÃO**

---

**ENTRE**

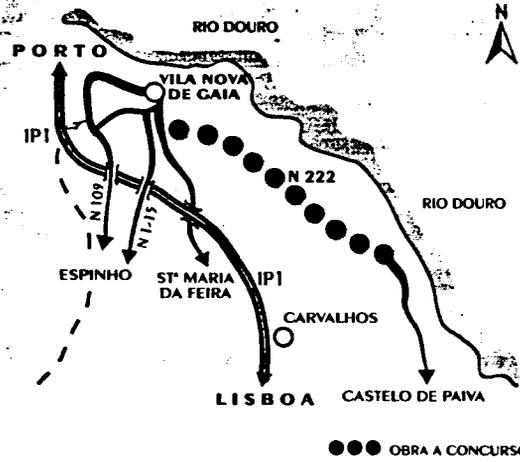
---

**VILA NOVA DE GAIA**

---

**E ALDEIA NOVA**

---



**1 LOCAL DE EXECUÇÃO**  
DISTRITO DO PORTO, CONCELHO DE VILA NOVA DE GAIA.

---

**2 NATUREZA DOS TRABALHOS**  
A obra consistirá essencialmente no reforço do pavimento existente e no melhoramento dos sistemas de drenagem e dos equipamentos de sinalização e segurança rodoviária, na extensão total de 7800 m.

---

**3 PREÇO BASE**  
316.000.000\$00, com exclusão do IVA.

---

**4 PRAZO DE EXECUÇÃO**  
300 dias, incluindo sábados, domingos e feriados.

---

**5 DATA E LOCAL DO ACTO PÚBLICO DO CONCURSO**  
Às 15.00 h do dia 4 de Abril de 1995, na Direcção de Estradas do Distrito do Porto, Rua de Camões 219 - 3º - 4050 Porto.

**6 DATA LIMITE E LOCAL PARA ENTREGA DAS PROPOSTAS**  
As propostas podem ser entregues contra recibo no Serviço indicado em 5), ou enviadas pelo correio, sob registo e com aviso de recepção, até às 17.30h do dia 3 de Abril de 1995.

---

**7 PESSOAS ADMITIDAS A ABERTURA DAS PROPOSTAS**  
Ao acto público do concurso poderá assistir qualquer interessado, mas nele só poderão intervir as pessoas devidamente credenciadas pelos concorrentes para esse efeito.

---

**8 PEDIDO DE ELEMENTOS**  
O processo de concurso e os documentos complementares devem ser pedidos no serviço indicado no n.º 5, onde se encontram patentes para consulta, até 10 dias úteis após a publicação deste anúncio no Diário da República.

---

**9 ALVARÁS EXIGIDOS**  
2.ª Subcategoria da 2.ª Categoria, nos termos do Decreto-Lei n.º 100/88 de 23 de Março, e da classe correspondente ao valor da sua proposta.

---

**10 CRITÉRIOS DE ADJUDICAÇÃO**  
Os critérios de adjudicação, por ordem decrescente de importância são:  
a) garantia de boa execução e valor técnico, b) prazo de execução, c) preço.

**MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES**  
**SECRETARIA DE ESTADO DAS OBRAS PÚBLICAS**

113



# SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE LISBOA

Departamento de Obras

## ANÚNCIO

### Concurso Público para a empreitada de "CENTRO DE MEDICINA FÍSICA E REABILITAÇÃO DE ALCOITÃO - ALTERAÇÕES NA ALA POENTE DA ENFERMARIA E RAMPAS DE ACESSO"

#### 1 - ENTIDADE ADJUDICANTE

SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE LISBOA - Departamento de Obras, Largo Trindade Coelho, em Lisboa.

#### 2 - LUGAR DE EXECUÇÃO DA OBRA

Centro de Medicina Física e Reabilitação de Alcoitão, em Alcoitão.

#### 3 - NATUREZA E EXTENSÃO DOS TRABALHOS

Execução de todos os trabalhos de recuperação da estrutura dos corpos de Enfermarias da zona de internamento da Ala Poente, construção de rampas de acesso em betão armado, adaptação e beneficiação da Enfermaria e Instalações Sanitárias, incluindo o fornecimento e instalação de equipamentos de águas e esgotos, instalações eléctricas, sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado.

#### 4 - PRAZO DE EXECUÇÃO

O prazo máximo de execução é de 300 dias.

#### 5 - FORNECIMENTO DE DOCUMENTAÇÃO

a) O processo de concurso encontra-se patente no Departamento de Obras da Santa Casa da Misericórdia de Lisboa, Largo Trindade Coelho, Lisboa, onde poderá ser consultado e adquirido nas horas de expediente.

b) O custo do processo de concurso é de Esc. 65 000\$00 (sessenta e cinco mil escudos), acrescido do respectivo IVA.

#### 6 - NATUREZA E CLASSIFICAÇÃO DOS ALVARÁS

a) Os concorrentes deverão ser detentores dos seguintes alvarás de empreiteiro de Obras Públicas: 1.ª Subcategoria da 1.ª Categoria, e ainda da 1.ª Subcategoria da 4.ª Categoria ou 2.ª, 3.ª, 4.ª, 5.ª, 7.ª e 9.ª Subcategorias da 4.ª Categoria e classes correspondentes ao valor global e parcelares da proposta por especialidades.

b) Caso o concorrente não disponha dos alvarás nas especialidades exigidas na alínea a), indicará em documento

anexo, os subempreiteiros e respectivos alvarás, aos quais ficará vinculado por contrato para a execução dos trabalhos que lhe respeitem.

#### 7 - PREÇO BASE DO CONCURSO

O preço base do concurso é de Esc. 265 530 000\$00 (duzentos e sessenta e cinco milhões quinhentos e trinta mil escudos).

#### 8 - CAUÇÃO

O valor da caução é de 5% (cinco por cento) do valor do Contrato.

#### 9 - TIPO DE EMPREITADA

A empreitada é por preço global.

#### 10 - CRITÉRIO DE APRECIÇÃO DAS PROPOSTAS

A adjudicação far-se-á à proposta mais vantajosa pela aplicação dos seguintes critérios de apreciação, ordenados por ordem decrescente de importância:

- Preço;
- Prazo de execução;
- Capacidade técnico-financeira do concorrente;
- Valor técnico dos equipamentos a incorporar em obra.

#### 11 - DATA, LOCAL E MODO DE APRESENTAÇÃO

a) As propostas terão de dar entrada no Departamento de Obras da Santa Casa da Misericórdia de Lisboa, Largo Trindade Coelho, Lisboa, até às 17 horas do dia 7 de Junho de 1994.

b) As propostas deverão ser redigidas em língua portuguesa.

#### 12 - ABERTURA DAS PROPOSTAS

A abertura das propostas terá lugar às 15 horas do dia 8 de Junho de 1994.

Lisboa, 16 de Maio de 1994

SANTA CASA DA MISERICÓRDIA DE LISBOA

*Assinatura ilegível*

## ANÚNCIO

### Concurso Público, para a empreitada n.º 13/IPPAR-P/94 - Recuperação e Remodelação do Mosteiro de Pombeiro

1 - Instituto Português do Património Arquitectónico e Arqueológico, Direcção Regional do Porto, Casa de Ramalde, Rua Igreja de Ramalde - 4100 Porto.

2 - Concurso Público nos termos do art.º 48.º do Decreto-Lei n.º 405/93 de 10 de Dezembro.

3 - a) Local de execução: Felgueiras

b) A empreitada tem a designação acima indicada e consiste na reabilitação e recuperação de fachadas, coberturas, coro alto e drenagem exterior do Mosteiro de Pombeiro.

4 - Prazo de execução: 180 dias, contando os dias úteis e não úteis.

5 - a) Local para contenção ou exame do processo de concurso: o indicado em 1. durante as horas do expediente.

b) A requisição do processo de concurso pode ser efectuada até ao vigésimo dia a partir da data de publicação do anúncio no Diário República.

c) O custo do processo do concurso é de 30.000\$00

6 - a) As propostas deverão ser apresentadas até às 17 horas do 1.º dia útil decorridos 30 dias a contar do dia seguinte ao da publicação do anúncio no Diário da República, nos termos da alínea b), do art.º 72, capítulo III do Decreto-Lei n.º 442/91 de 5.11.

b) Local de entrega das propostas: o indicado em 1.

c) A proposta deve ser redigida em Português.

7 - a) No acto público do concurso só poderão intervir as pessoas referidas no n.º 5.2 do respectivo programa.

b) O acto público do concurso terá lugar no local indicado em 1. pelas 15 horas do 1.º dia útil posterior à data-limite para a apresentação das propostas.

8 - A caução a prestar, quando da celebração do contrato, será de 5% do valor da adjudicação.

9 - A empreitada é por SÉRIE DE PREÇOS e será financiada pelo Orçamento do Estado Português.

10 - Modalidade jurídica de associação de empresas concorrentes: as indicadas no n.º 10 do Programa de Concurso.

11 - Alvará exigido: 1.ª e 3.ª Sucategorias da 1.ª Categoria de empreiteiro de obras públicas e da classe correspondente ao valor da proposta.

12 - Prazo de validade da proposta: 66 dias.

13 - A adjudicação será feita à proposta mais vantajosa atendendo aos seguintes critérios, por ordem decrescente da sua importância:

- 1 - Garantia de boa execução e qualidade;
- 2 - Curriculum com trabalhos executados em recuperação e restauro de imóveis;
- 3 - Exequibilidade do programa de trabalhos;
- 4 - Solução que se apresente tecnicamente mais adequada e de mais baixo custo final de obra com base nas medições.

O Presidente do IPPAR

Prof. Doutor Arqt.º Nuno dos Santos Pinheiro

OBS: Publicado no Diário da República - III Série n.º 203 de 2.09.1994

### A.3. Concursos com Descrições mais Pormenorizadas dos Critérios de Adjudicação

## E EQUIPAMENTOS DE SAÚDE DIRECÇÃO REGIONAL DAS INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE SAÚDE DO ALENTEJO E DO ALGARVE

### ANÚNCIO

#### CONCURSO PÚBLICO N.º 1-CC/94-AA

- 1- Concurso promovido pela Direcção-Geral das Instalações e Equipamentos de Saúde, Direcção Regional das Instalações e Equipamentos de Saúde do Alentejo e do Algarve sita na Rua Dr. Joaquim Henrique da Fonseca, 20 - 7000 EVORA, (telefone: 066-24 195/6; fax: 066-24 197).
  - 2- Concurso público, nos termos do Art.º 49.º do Decreto-Lei n.º 235/86, de 18 de Agosto.
  - 3- a) Local de execução: OLHÃO;  
b) Designação do empreitada: SERVIÇO DE PREVENÇÃO E TRATAMENTO DE TOXICODEPENDÊNCIA DE OLHÃO;  
c) Natureza e extensão dos trabalhos, características gerais da obra: remodelação de um edifício de 2 pisos, mais cave, incluindo redes eléctricas, de água e esgotos, telefónica, detecção de intrusão e incêndios e instalação de ar condicionado, para além de trabalhos de construção civil;  
d) O preço base do concurso é de Esc. 48.377.611\$00 (quarenta e oito milhões trezentos e setenta e sete mil seiscentos e onze escudos) com exclusão do IVA.
  - 4- O prazo de execução é de 150 (cento e cinquenta) dias, incluindo os de descanso semanal e os feriados.
  - 5- a) O processo do concurso e documentos complementares podem ser examinados no serviço indicado em 1) e na Direcção-Geral das Instalações e Equipamentos de Saúde, DSA, sita em Lisboa, na Avenida da República, 34-6.º, durante as horas normais de expediente;  
b) As cópias dos elementos acima referidos serão fornecidas pela firma Evoracópia, Lda, sita na Rua do Apóstolo n.º 7 - Évora (telefone e fax (066) 24 870);  
c) O custo total dos elementos referidos no n.º 5, alínea a), é de Esc. 48.000\$00 (c/ IVA incluído) a pagar em numerário ou em cheque visado à firma fornecedora.
  - 6- a) As propostas serão apresentadas até às 17 horas dia 11 de Abril de 1994;  
b) As propostas devem ser entregues ou enviadas sob registo e com aviso de recepção, através do serviço oficial de correios (CTI), ao serviço indicado no n.º 1;  
c) As propostas deverão ser redigidas em língua portuguesa ou noutra desde que acompanhada de tradução devidamente legalizada (não o sendo, o concorrente deverá declarar aceitar a sua prevalência, para todos e quaisquer efeitos, sobre os respectivos originais).
  - 7- a) Podem intervir no acto público do concurso todas as pessoas que para o efeito estiverem devidamente credenciadas pelos concorrentes;  
b) O acto do concurso ocorrerá no dia 12 de Abril de 1994 pelas 10 horas, na sede da Direcção Regional Instalações e Equipamentos de Saúde do Alentejo e do Algarve, sita na Rua Dr. Joaquim Henrique da Fonseca, n.º 20 - 7000 EVORA.
  - 8- O concorrente a quem for adjudicado a empreitada deverá prestar uma caução de valor correspondente a 5% do preço total da adjudicação.
  - 9- a) A empreitada é por preço global;  
b) O financiamento terá como fonte o Orçamento do Estado Português e os encargos serão suportados por conta das dotações do investimento do Plano consignada à Direcção-Geral das Instalações e Equipamentos de Saúde.
  - 10- Qualquer agrupamento de empresas concorrente deverá adoptar a mobilidade jurídica de consórcio extimo, em regime de responsabilidade solidária, no caso de lhe vir a ser adjudicado a empreitada.
  - 11- Só serão admitidos os concorrentes que satisfaçam, consoante os casos, as condições seguintes:  
a) Alvará(s) de empreiteiro de obras públicas exigido(s), de acordo com as condições do número 6 do Programa de Concurso; 2.ª subcategoria, da 1.ª categoria e da classe correspondente ao valor global da proposta e 2.ª, 3.ª e 9.ª subcategoria da 4.ª categoria, correspondentes cada uma ao valor dos trabalhos especializados que lhe respeitam;  
b) Os concorrentes estrangeiros estabelecidos noutros Estados membros da CE, não inscritos em lista oficial da Comissão de Alvarás de Empresas de Obras Públicas e Particulares (CAEOPP), deverão:
    - 1- Fazer prova da sua inscrição na lista oficial de empreiteiros aprovados no País de estabelecimento a apresentar os documentos justificativos da capacidade económica, financeira e técnica, bem como os que permitam estabelecer por força eficaz as equivalências às classificações nacionais, conforme o n.º 6.5 do Programa de Concurso;
    - 2- Fazer acompanhar a sua proposta dos documentos e certidões comprovativas da sua idoneidade e capacidade económica, financeira e técnica conforme o n.º 6.6 do Programa de Concurso, caso não estejam inscritos em lista oficial de empreiteiros aprovados no país de estabelecimento;
    - 3- Em ambos os casos deverão ainda os concorrentes apresentar uma declaração passada pela CAEOPP em como não se encontram nela inscritos, nem com a inscrição suspensa, cancelada ou cassada.
- 12- O período durante o qual qualquer concorrente é obrigado a manter a sua proposta é de 90 (noventa) dias a contar da data do acto público do concurso.
- 13- A adjudicação será feita à proposta mais vantajosa, a qual, sem prejuízo do disposto na Portaria n.º 854/91, de 20 de Agosto, resultará da aplicação dos seguintes critérios de apreciação, por ordem decrescente da sua importância:
  - Garantia de condições mínimas para boa execução e qualidade técnica; (peso 3)
  - Preço global mais baixo; (peso 2)
  - Prazo de execução; (peso 1)
- 14- O dono da obra reserva-se o direito de não adjudicar.

Évora, 25 de Fevereiro de 1994

O DIRECTOR DE SERVIÇOS  
Jerónimo José Nunes Vieira Lopes

**Residuais de Vila Real»**  
**Concurso Público Internacional no âmbito da CEE**

# ANÚNCIO

- 1 - Concurso promovido pelos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Vila Real - Av. Rainha Santa Isabel, 5000 VILA REAL, PORTUGAL - Telef. 059 323001/323197/323198 - Fax: 059 321144.
- 2 - Concurso Público Internacional no âmbito da CEE.
- 3 - a) Local de execução: VILA REAL.  
b) Designação da empreitada: «CONCEPÇÃO, PROJECTO, CONSTRUÇÃO E CONCESSÃO DA EXPLORAÇÃO E GESTÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DE VILA REAL».
- c) O concurso tem por objecto a adjudicação da Concepção e Elaboração dos Estudos (projecto-base e projecto de execução), Construção e a Concessão da Exploração e Gestão do Sistema de Tratamento de Águas Residuais de Vila Real, de acordo com o Programa de Concurso, Caderno de Encargos e restantes elementos patenteados. Assim:  
- No final do prazo contratual para a obra de construção do Sistema, englobando a Estação de Tratamento e Emissários, encontrar-se-ão concluídos todos os trabalhos e estarão as instalações aptas a entrar em funcionamento pleno, dispondo de todas as ligações de infra-estruturas já realizadas em nome do adjudicatário, e todo o equipamento necessário.  
- Com a entrada em funcionamento das instalações, que será feita na data de conclusão do prazo contratual para a realização da obra de construção, será iniciada a Exploração e Gestão do Sistema, incluindo a Estação de Tratamento, os Emissários e as Estações de Bombagem eventualmente projectadas.
- 4 - O prazo máximo de execução de todos os trabalhos é de 730 dias, incluindo os de descanso semanal e feriados, e o prazo da Concessão será fixado entre 10 e 40 anos.
- 5 - a) O processo de concurso e documentos complementares podem ser examinados nas horas de expediente no serviço indicado no n.º 1.  
b) Cópias do processo de concurso serão fornecidas, nas condições previstas no Programa de Concurso, pelo preço de esc.: 300 000\$00 (trezentos mil escudos), acrescido do IVA.
- 6 - As propostas serão apresentadas até às 16,30 horas do dia 5 de Maio de 1994.
- 7 - a) Podem intervir no acto público do concurso todas as pessoas que para o efeito estiverem devidamente credenciadas.  
b) O acto público do concurso realizar-se-á pelas 10 horas do dia 6 de Maio de 1994, no serviço indicado no n.º 1.
- 9 - a) A empreitada é por preço global no que se refere à obra de construção.  
b) O financiamento terá como fonte o Orçamento dos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Vila Real.
- 10 - Qualquer agrupamento de empresas concorrentes deverá adoptar a modalidade jurídica de consórcio externo, em regime de responsabilidade solidária, no caso de lhe vir a ser adjudicada a empreitada.
- 11 - a) Alvará(s) de empreiteiro de obras públicas exigido(s) de acordo com as condições do n.º 7 do programa de concurso: Da 13.ª subcategoria da 2.ª categoria (da classe correspondente ao valor global da empreitada), e alvarás da 1.ª, 2.ª e 4.ª categorias e das subcategorias indicadas no programa de concurso, da classe correspondente aos valores dos trabalhos especializados que lhe respeitam.  
b) Só serão admitidos a este concurso as empresas ou agrupamento de empresas, em que uma delas disponha de documentos e/ou condições que permitam avaliar a sua experiência na Exploração e Gestão de equipamentos similares ao que constitui o objecto da Concessão.  
c) O agrupamento de empresas, poderá aproveitar dos alvarás das empresas associadas e subcontratadas nas condições estipuladas nos n.ºs 8.2 e 8.3 do programa de concurso.
- 12 - O período durante o qual o concorrente é obrigado a manter a sua proposta é de um ano, a contar da data do acto público do concurso.
- 13 - A caução provisória a prestar no acto de apresentação das propostas, será relativa à Concessão da Exploração e Gestão do Sistema e é fixada em 5% do valor da proposta relativa à obra de construção.
- 14 - A adjudicação será efectuada à proposta mais vantajosa, a qual resultará da aplicação de uma grelha com as seguintes áreas de avaliação, que serão ponderadas de forma decrescente:
  - 1) - Qualidade técnica da proposta  
Domínios:  
- Concepção funcional; a)  
- Concepção das instalações técnicas e equipamentos mecânicos e eléctricos; a)  
- Estudo de avaliação do Impacto Ambiente; a)  
- Concepção estrutural  
- Arranjos Exteriores  
- Aspectos Complementares;
  - 2) - Experiência na Exploração e Gestão de equipamentos similares ao que constitui objecto da Concessão; a)
  - 3) - Capacidade económico/financeira e experiência anterior na construção de equipamentos da mesma natureza.
  - 4) - Prazo de execução do empreendimento e demonstração da viabilidade do seu cumprimento.
  - 5) - Preços.  
a) Este domínio é eliminatório desde que a respectiva pontuação não atinja a classificação de 14 valores (escala 0-20).
- 15 - Prevista a possibilidade de adjudicação parcial, nos termos do previsto no Programa de Concurso.
- 16 - Nesta data foi feito o envio do presente anúncio para publicação no «Jornal Oficial das Comunidades Europeias».

Vila Real, em 10 de Dezembro de 1993

O PRESIDENTE DO CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO  
*Dr. Armando Afonso Moreira*



# ANÚNCIO

## CONCURSO PÚBLICO INTERNACIONAL NO ÂMBITO DA CEE

### Projecto de Remodelação dos Troços S. Romão - Lousado (Linha do Minho) e Lousado - Sto. Tirso (Linha de Guimarães)

- 1 - Concurso realizado pelo GNFP - Gabinete do Nó Ferroviário do Porto, com sede na Rua Silva Tapada - 4400 Vila Nova de Gaia, Telefone: 307009, Fax: 305962.
- 2 - Concurso público internacional, no âmbito da Comunidade Económica Europeia, nos termos do art.º 49.º do Decreto-Lei n.º 235/86, de 18 de Agosto.
- 3 - O objecto da empreitada é a elaboração do projecto de remodelação dos troços S. Romão - Lousado, da Linha do Minho, e Lousado - Santo Tirso, da Linha de Guimarães. Compreende, nomeadamente, a realização dos projectos de duplicação do troço S. Romão - Lousado e da reconversão em via larga do troço Lousado - Santo Tirso, da electrificação de ambos os troços, da instalação, desenvolvimento de artefactos e instalação de estações e apeadeiros, incluindo a dos respectivos edifícios de passageiros, de interfaces rodoviárias e ferroviárias e, ainda, estudos de sinalização e de impacto ambiental.
- 4 - O prazo de execução do projecto é de 270 (duzentos e setenta) dias de calendário, correspondendo 110 (cento e dez) dias ao estudo prévio e 160 (cento e sessenta) dias ao projecto de execução.
- 5 - a) O processo do concurso encontra-se patente na sede do GNFP, sita à Rua Silva Tapada, em Vila Nova de Gaia, e na sua delegação, na Avenida Fontes Pereira de Melo, n.º 3-10.º Esq., em Lisboa, onde pode ser examinado, durante as horas de expediente.  
b) Podem ser solicitadas cópias dos elementos referidos na alínea anterior, na entidade indicada no n.º 1, até 20 (vinte dias) de calendário a contar da data de publicação deste anúncio no Diário da República, nas condições definidas no Programa do Concurso.  
c) O custo da totalidade do processo deste concurso é de Esc.: 20.000\$000 (vinte mil escudos), incluindo o IVA, a liquidar na Tesouraria da Fazenda Pública de Vila Nova de Gaia, nas condições do Programa do Concurso.
- 6 - a) As propostas deverão ser apresentadas até às 17,00 horas do dia 08 de Junho de 1994.  
b) As propostas serão entregues pelos concorrentes, na sede do GNFP, à Rua de Silva Tapada - 4400 Vila Nova de Gaia, contra recibo, ou enviadas pelo correio, sob registo e com aviso de recepção.  
c) As propostas terão que ser redigidas em língua portuguesa, nas condições do Programa do Concurso.
- 7 - a) O acto público do concurso terá lugar no endereço indicado no n.º 1 e realizar-se-á com início às 10,00 horas do dia 09 de Junho de 1994.  
b) Podem assistir ao acto público do concurso todas as pessoas interessadas e intervir as que para o efeito estejam devidamente credenciadas pelos concorrentes.
- 8 - O concorrente a quem for adjudicada a empreitada prestará uma caução no valor correspondente a 5% (cinco por cento) do preço.
- 9 - O modo de retribuição desta empreitada e por preço global. Os encargos respectivos serão suportados pelo Orçamento do Estado.
- 10 - Podem concorrer empresas ou grupos de empresas que declarem a intenção de se constituírem juridicamente numa única entidade, ou em consórcio externo, em regime de responsabilidade solidária, tendo em vista a celebração do contrato.
- 11.1 - Todos os concorrentes deverão fazer acompanhar a respectiva proposta dos seguintes documentos, que permitirão apreciar a sua aptidão e capacidade para a boa execução do projecto:  
a) Curriculum dos elementos que integram a equipa técnica constituída para a elaboração do projecto;  
b) Lista dos trabalhos de natureza semelhante aos do concurso efectuados pelo concorrente nos últimos 5 (cinco anos) e respectivos certificados de execução, passados pela entidade para quem foram realizados;  
c) Declaração relativa aos efectivos médios anuais de empresa e à dimensão dos seus quadros permanentes durante os 3 (três) últimos anos.
- 11.2 - Todos os concorrentes devem também apresentar declaração, feita por forma autêntica no país onde tenham sede, de que se submetem à legislação portuguesa e ao foro do tribunal português que for competente, com renúncia a qualquer outro.
- 11.3 - Os concorrentes estabelecidos em Portugal deverão apresentar:  
a) Documento comprovativo do último pagamento do IVA, acompanhado pelo recibo emitido no ano imediatamente anterior à data do concurso;  
b) Documento comprovativo de se encontrar regularizada a sua situação em relação às contribuições para a Segurança Social, emitido pelo Instituto de Gestão Financeira da Segurança Social, caso o concorrente esteja inscrito em mais que um Centro Regional, ou idêntico documento, emitido pelo Centro Regional em que se encontre inscrito, acompanhado de declaração do concorrente, confirmando apenas se encontrar inscrito nesse Centro.
- 11.4 - Os concorrentes estabelecidos noutros estados-membros da CEE deverão apresentar:  
a) Documento ou certificado, emitido pela autoridade competente, que comprove que o concorrente cumpriu as suas obrigações relativas ao pagamento das quotizações para a Segurança Social, conforme estabelecido na alínea a) do artigo 23.º da Directiva 71/305/CEE, de 26 de Julho de 1991. Tal documento ou certificado poderá ser substituído por declaração do interessado, prestada nos termos e condições previstas na parte final do citado artigo 23.º  
b) Documento ou certificado, emitido pela autoridade competente, que comprove que o concorrente cumpriu as suas obrigações relativas ao pagamento de contribuições, impostos e taxas, conforme estabelecido na alínea f) do artigo 23.º da Directiva 71/305/CEE. Tal documento ou certificado poderá ser substituído por declaração do interessado, prestada nos termos e condições previstas na parte final do referido artigo 23.º
- 12 - O período durante o qual qualquer concorrente é obrigado a manter a sua proposta é de 90 (noventa) dias de calendário, a contar da data indicada no n.º 7-a).
- 13 - a) O critério de apreciação para adjudicação da empreitada será o da proposta mais vantajosa, atendendo à ponderação, por ordem decrescente da sua importância, dos seguintes factores: qualidade técnica da proposta - 50% (cinquenta por cento); capacidade técnica do concorrente - 35% (trinta e cinco por cento); preço - 15% (quinze por cento).  
b) No respeitante aos dois primeiros factores, a cada proposta será atribuída uma pontuação de 1 (um) a 10 (dez).  
c) Relativamente ao terceiro factor, será atribuída a pontuação 0 (zero) às propostas que ofereçam um preço inferior ou superior em mais de 25% à medida aritmética do valor das propostas presentes a concurso, não entrando para o cálculo dessa média as de preço mais elevado e mais baixo, excepto se o número de propostas admitidas for igual ou inferior a cinco; quanto as restantes, a pontuação atribuída variar linearmente entre 10 (dez), para a proposta de preço mais baixo, e 1 (um), para a de preço mais elevado.
- 14 - O anúncio referente a esta empreitada foi enviado para publicação no Jornal Oficial das Comunidades em 22 de Março de 1994.

Vila Nova de Gaia, 22 de Março de 1994

O Presidente do Conselho Directivo  
Eng. José Espinho

## A.4. Modelo dos Anúncios de Concursos Públicos

### Anúncio de abertura de concurso público (artigo 38.º)

- 1 — Designação, endereço, números de telefone, telex e telefax da entidade contratante.
- 2 — Categoria do serviço ou do bem e sua descrição com referência à Classificação Estatística de Produtos por Actividade, a que se refere o Regulamento (CEE) n.º 3696/93, do Conselho, de 29 de Outubro, publicado no *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, n.º L 342, de 31 de Dezembro de 1993.
- 3 — Local da prestação ou da entrega dos bens.
- 4 — Duração do contrato ou prazo de execução do serviço ou da entrega dos bens.
- 5 — Indicação de profissões específicas a que esteja reservada a prestação de serviço e respectiva fundamentação legal ou regulamentar.
- 6 — Eventual exigência de indicação, pelos concorrentes, dos nomes e habilitações profissionais dos responsáveis pela prestação de serviços.
- 7 — Eventual admissibilidade de propostas relativas a parte dos serviços ou dos bens postos a concurso.
- 8 — Eventual proibição de variantes ou condições divergentes.
- 9 — Descrição dos elementos e formalidades necessários à apreciação das condições de carácter profissional, técnico e económico que os concorrentes devam preencher.
- 10 — Se for caso disso, indicação da forma jurídica que deve revestir o grupo de concorrentes adjudicatário.
- 11:
  - a) Designação e endereço da entidade a quem podem ser pedidos o programa do concurso e o caderno de encargos;
  - b) Data limite de apresentação dos pedidos de documentos;
  - c) Se for caso disso, indicação do preço e condições de pagamento dos documentos.
- 12 — Designação e endereço da entidade a quem devem ser dirigidas as propostas.
- 13 — Data limite de apresentação das propostas.
- 14 — Data, hora e local de abertura das propostas e indicação das pessoas que a ela podem assistir.
- 15 — Critérios de adjudicação do contrato e sua ordenação.
- 16 — Prazo durante o qual os concorrentes são obrigados a manter as propostas.
- 17 — Outras informações, designadamente quanto a eventual prestação de caução e a modalidades de pagamento.
- 18 — Data da publicação do anúncio de informação prévia, se for o caso, ou menção da sua não publicação.
- 19 — Data do envio do anúncio para publicação no *Diário da República* e, se for o caso, no *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*.
- 20 — Data da recepção do anúncio para publicação na Imprensa Nacional-Casa da Moeda, E. P., e, se for o caso, no Serviço de Publicações Oficiais da Comunidade Europeia.

anexo B - Função de Valor num Concurso para Recrutamento de Docentes



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
CONS. CIENTIFICO

AFIXADO EM 94/10/11

CONSELHO CIENTIFICO

GRELHA DE AVALIAÇÃO PARA OS CONCURSOS DOCUMENTAIS DE ASSISTENTES PARA AS AREAS DE FISICA, ORGANIZAÇÃO E GESTÃO, GEOTECNIA, INFORMÁTICA, ENGA. CIVIL, ENGA. ELECTROTÉCNICA E ENGA. MECANICA

A - AVALIAÇÃO CURRICULAR

- 1 - FORMAÇÃO ACADÉMICA ADEQUADA AS MATÉRIAS A LECCIONAR
- |  |    |
|--|----|
| 1.1 - Formação base (Licenciatura) .....   | 40 |
| 1.2 - Opção (Area de Especialização) ..... | 10 |
- 2 - CLASSIFICAÇÃO ACADÉMICA (mínimo de 12 valores) .....
- |    |
|----|
| 20 |
|----|
- 3 - FORMAÇÃO COMPLEMENTAR RELEVANTE (Académica ou Profissional) .....
- |    |
|----|
| 30 |
|----|

B - AVALIAÇÃO PEDAGÓGICA (Através de Entrevista)

- AVALIAÇÃO DO PERFIL PEDAGÓGICO
- |  |    |
|--|----|
| Apresentação, Facilidade de Expressão e Disponibilidade .. | 70 |
| Experiência Pedagógica .....                               | 30 |

CLASSIFICAÇÃO FINAL

$$CF = (3A + 2B) / 5$$

com A > 50  
B > 50

ISEP, 93.09.10

O PRESIDENTE DO CONSELHO CIENTIFICO

*Mário Carvalho*

(Doutor Mário de Carvalho)

Está conforme o original

Instituto Superior de Engenharia de  
Porto

em 2 de Dezembro de 1994

O CHEFE DE REPARTIÇÃO

*Vales*





FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



000002927

