

TESE

965

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

**Contribuição para Auxílio à Decisão em
Processos de Compras**

Valério Antonio Pamplona Salomon

ITAJUBÁ - MG - 1998

VALERIA ANTONIO TAMBUONA SALOMON

CLASS. 658.7(043.2)
C. T. R. 5174c
TOMBO. 965

CONTINUIDADE
PARA ATRIBUIÇÃO À DECISÃO
EM PROCESSOS DE COMPARAÇÃO



1998 - Edição

VALÉRIO ANTONIO PAMPLONA SALOMON

**CONTRIBUIÇÃO
PARA AUXÍLIO À DECISÃO
EM PROCESSOS DE COMPRAS**

Dissertação apresentada à coordenação dos cursos de pós-graduação em Engenharia de Produção da Escola Federal de Engenharia de Itajubá para obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. José Arnaldo Barra Montevechi, Dr. Eng.

Co-orientador: Prof. Edson de Oliveira Pamplona, Dr.

Área de concentração: Qualidade & Produtividade

Itajubá - 1998

AGRADECIMENTOS

Contribuintes para o desenvolvimento e conclusão desta pesquisa os seguintes grupos e instituições:

• professores José Américo B. Montevichi e Fábio O. Pazziana, orientadores e grandes amigos, por sua generosidade no envio do Auxílio à Pesquisa;

• Instituto CAPES do Ministério de Educação e da Universidade (UNIC) com auxílio financeiro;

• professores Alair José B. Campos, José Hamilton Cargallo Jr., Luiz F. Pires, Lina Goulaga M. de Souza, Marcos Acosta de Souza, Elton Travençolo;

aparelhista Alexandre B. Pires, Vanessa Aguiar Mendes e Cecília de Aguiar para o trabalho;

engenheiros A. C. Cavalli, José Santos, Lawrence Fialho e Euge J. Marcolini, por sua ajuda profissional sempre e voluntariamente, facilitando o acesso às máquinas;

meus pais, Luiz Augusto e Vera, da Alma e do Espírito e Lina, por serem sempre quem devo muita gratidão como crianças;

meus irmãos, Jefferson e amigos, que sempre foram e serão sempre quem me ajudam em tudo e sempre com o melhor dos motivos.

Ao meu pai, Luiz Augusto, decisor, especialista por experiência própria, e uma das pessoas mais felizes com os resultados obtidos por esta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Contribuíram para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho as seguintes pessoas e instituições:

- professores José Arnaldo B. Montevechi e Edson O. Pamplona, orientadores e grandes amigos, por me apresentarem ao mundo do Auxílio à Decisão;
- fundação CAPES do Ministério da Educação e do Desporto (MEC), com auxílio financeiro;
- professores Alaor José B. Campos, José Hamilton Gorgulho Jr., Luiz F. Barca, Luiz Gonzaga M. de Souza, Marcos Aurélio de Sousa, Piotr Trzesniak e engenheiro Alexandre F. Pinho, fornecendo apoio técnico e científico no decorrer deste trabalho;
- engenheiros A. C. Custódio, José Soares, Lawrence Sarlas e Régis F. Martins, que, com seus preciosos tempo e conhecimento, facilitaram o estudo de caso;
- meus pais, Luiz Augusto e Vera, tia Aura e tios Eurípedes e Leon (*in memoriam*), a quem devo minha formação como cidadão;
- meus demais familiares e amigos, que compreenderam o pouco tempo que pude dedicar-lhes durante o desenvolvimento deste trabalho;
- funcionários da Escola Federal de Engenharia de Itajubá (EFEI) que se tornaram minha segunda família, auxiliando em minha formação como Engenheiro Mecânico, pós-graduado em Engenharia de Produção.

RESUMO

A proposta desta dissertação é a apresentação de uma metodologia para o auxílio à decisão em um processo gerencial relacionado com a Engenharia de Produção: o processo de compras. É através deste processo que as empresas satisfazem suas necessidades de matéria prima, equipamentos e suprimentos operacionais e até de serviços necessários para o funcionamento da empresa (ex.: transporte de cargas, cobrança bancária, limpeza, segurança, etc.), mas, prestados por terceiros.

A importância que é dada a este processo pode ser observada com a proposição de novas políticas de execução, por autores das literaturas nacional e internacional. A solução das desvantagens trazidas pelo uso destas novas políticas faz parte da metodologia proposta, que se utiliza de teorias como os conjuntos *fuzzy* e o método AHP, ferramentas consagradas no auxílio à decisão.

A aplicação desta metodologia em uma empresa industrial comprova a importância desta contribuição.

ABSTRACT

The aim proposal of this dissertation is to present a methodology for the decision aiding into a Industrial Engineering related managerial process: the procurement process. With this process, companies try to satisfy its matter needs for raw-materials, operational equipments and supplies and even of necessary services for the operation of the company (transport of loads, bank collection, cleaning, safety, etc.), but, made by third companies.

This process importance can be observed through the proposition of new politics, in the national and international literatures. The solution of the disadvantages brought by the use of these new politics is part of the methodology proposal, which uses the Fuzzy Sets and the Analytic Hierarchy Process, well known tools in the Decision Support.

The applying of the methodology proposal in an industrial company checks this contribution importance.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
SUMÁRIO	vii
LISTA DE SIGLAS	x
LISTA DE SÍMBOLOS E VARIÁVEIS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xv
Capítulo 1 INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações Iniciais	1
1.2. O Processo de Compras e suas Decisões	3
1.3. Objetivos da Dissertação	4
1.4. Estrutura do Trabalho	4
Capítulo 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Considerações Iniciais	5
2.2. Menor Preço	5
2.3. Nível de Qualidade Aceitável	7
2.4. Garantia Estatística da Qualidade	9
2.5. Formação de Preços por Incentivos Baseados na Qualidade	12
2.6. Planilhas de Fornecedores	15
2.7. Custo Total Mínimo	18
2.8. Comparação entre as Políticas de Compra	21
2.9. Considerações Finais	23
2.9.1. Seleção de uma política para estudo	24
2.9.2. Exemplo de execução da política selecionada	25

Capítulo 3	METODOLOGIA PROPOSTA	27
3.1.	Considerações Iniciais	27
3.2.	Adoção de Pesos de Importância	28
3.3.	Adoção de Intervalos de Variação	31
3.4.	Adoção de uma Constante	35
3.5.	Considerações Finais	39
Capítulo 4	MODELO COMPUTACIONAL PROTÓTIPO	40
4.1.	Considerações Iniciais	40
4.2.	Interação usuário–Expert Buyer	41
4.3.	Considerações Finais	48
Capítulo 5	ESTUDO DE CASO	50
5.1.	Considerações Iniciais	50
5.2.	Descrição da Empresa	50
5.2.1.	Seções de suprimentos, engenharia e inspeção	51
5.2.2.	Comentários críticos	54
5.3.	Aplicação da Metodologia Proposta	55
5.4.	Considerações Finais	59
Capítulo 6	CONCLUSÕES	60
6.1.	Considerações Gerais	60
6.2.	Contribuição do Trabalho	62
6.3.	Propostas para Trabalhos Futuros	63
Apêndice A	CONJUNTOS FUZZY	64
A.1.	Considerações Iniciais	64
A.2.	Fuzzyficação	65
A.3.	Conjuntos <i>Fuzzy</i> Triangulares	70
A.4.	Desfuzzyficação	72

Apêndice B	DECISÃO MULTICRITERIAL	74
B.1.	Considerações Iniciais	74
B.2.	O Método de Análise Hierárquica	76
B.2.1.	Um breve histórico	76
B.2.2.	Estruturação	77
B.2.3.	Julgamentos e síntese dos resultados	79
B.3.	Comparação do AHP com Outros Métodos	84
B.3.1.	AHP e FDA	84
B.3.2.	AHP e MACBETH	88
B.3.3.	AHP e decisão em grupo	93
B.3.4.	AHP e ANP	94
B.4	Considerações Finais	98

	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
--	-----------------------------------	----

Anexo A ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY

Anexo B TABELA DE INCONSISTÊNCIA ALEATÓRIA

Anexo C RELAÇÃO DE ARTIGOS ORIGINADOS POR ESTE TRABALHO

Anexo D PRONUNCIAMENTO DA BANCA EXAMINADORA

LISTA DE SIGLAS

ABC	<i>Activity Based Costing</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANP	<i>Analytic Network Process</i>
BD	Banco de Dados
CCO	Curva Característica Operacional
CEP	Controle Estatístico do Processo
CTM	Custo Total Mínimo
DSS	<i>Decision Support System</i>
ELECTRE	<i>Elimination and Choice Translating Reality</i>
FDA	<i>Fuzzy Decision Approach</i>
MACBETH	<i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i>
MCDM	<i>Multicriterial Decision Method</i>
MGQ	Manual de Garantia da Qualidade
NBR	Norma Brasileira
NQA	Nível de Qualidade Aceitável
NQR	Nível de Qualidade Rejeitável
PVE	Ponto de Vista Elementar
PVF	Ponto de Vista Fundamental
Q-pricing	<i>Quality-based Incentive Pricing</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
SQA	<i>Statistical Quality Assurance</i>
SVGA	<i>Super Video Graphics Array</i>
TOPSIS	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
TFS	<i>Triangular Fuzzy Set</i>
TrFS	<i>Trapezoidal Fuzzy Set</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>

LISTA DE SÍMBOLOS E VARIÁVEIS

a	Número de aceitação
A	Matriz de julgamentos
c_A	Índice aleatório de consistência
C_F	Custo de fornecimento
c_i	Índice de consistência
Cpk_i	Índice de capacidade do processo da característica i Média ponderada dos Cpk_i
c_R	Razão de consistência
d	Número de itens defeituosos em uma amostra
D	Número de itens defeituosos em um lote
f_i	Fator de incentivo à qualidade Desfuzzificação do conjunto <i>fuzzy</i> f_i
f_p	Fator de pagamento
i	Índice da característica
J	Número de julgamentos necessários
MSN	Margem de superioridade da alternativa <i>Novo</i>
n	Ordem da matriz de julgamentos
n	Tamanho de uma amostra
N_F	Nota final obtida por um fornecedor
NQA	Nível de qualidade aceitável
NQR	Nível de qualidade rejeitável
P	Autovetor ou vetor de prioridades
P'	Autovetor normalizado
P_C	Valor convencionalmente pago
P_F	Valor final pago ao fornecedor
p_i	Peso de importância da característica i
S	Vetor auxiliar
β	Fator de rateio entre cliente e fornecedor

ΔC	Variação no custo do fornecedor
ΔL	Variação no lucro do cliente
ΔP	Diferencial de valores agregados
λ	Autovalor
μ	Função de pertinência
Σ	União de conjuntos <i>fuzzy</i> discretos
\int	União de conjuntos <i>fuzzy</i> contínuos
/	Associação do elemento de um conjunto <i>fuzzy</i> à sua pertinência

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Interações entre decisor, especialista e facilitador	2
Figura 2.1	Resultados possíveis com a política NQA	8
Figura 2.2	Curva característica operacional	11
Figura 2.3	Fator de pagamento esperado <i>versus</i> nível de qualidade	11
Figura 2.4	Custo de fornecimento em função do trimestre	18
Figura 2.5	Formação de preço com base no valor	19
Figura 2.6	Fluxograma da abordagem Q-pricing	24
Figura 3.1	Aplicação do AHP nas primeiras fases da Q-pricing	28
Figura 3.2	Aplicação do AHP na determinação das características mais importantes de um item	29
Figura 3.3	Exemplos de capacidade do processo	32
Figura 3.4	Conjuntos <i>fuzzy</i> para a capacidade do processo	33
Figura 4.1	Fluxograma do Modelo Computacional Proposto	41
Figura 4.2	Janela Abrir	42
Figura 4.3	Janela Análise de Sensibilidade	43
Figura 4.4	Janela Alteração dos Incentivos	44
Figura 4.5	Janela Variação dos Cpk	44
Figura 4.6	Janela Identificação do Item	45
Figura 4.7	Janelas “Características” e “Comparação entre as características”	47
Figura 5.1	Organograma parcial da empresa	51
Figura 5.2	Julgamentos e pesos de importância das características	56
Figura 5.3	Intervalos de variação dos Cpk das características	57
Figura 5.4	Sensibilidade do preço final ao incentivo	58
Figura A.1	Análise de problemas por conjuntos <i>fuzzy</i>	64
Figura A.2	Idade adulta pela lógica binária	65
Figura A.3	Idade adulta como um conjunto <i>fuzzy</i>	66
Figura A.4	Conjuntos <i>fuzzy</i> para as idades infantil, adulta e idosa	67
Figura A.5	Conjuntos <i>fuzzy</i> para “em torno de cinco”	69
Figura A.6	Conjuntos <i>fuzzy</i> triangular e trapezoidal	69

Figura A.7	Trânsito na Oitava avenida de Nova Iorque	70
Figura A.8	Conjunto <i>fuzzy</i> para “trânsito pesado na Oitava avenida de Nova Iorque”	71
Figura A.9	Desfuzzyficação do TFS (1, 2, 6)	73
Figura B.1	Estrutura de decisão hierárquica em três níveis	77
Figura B.2	Estrutura de decisão hierárquica em quatro níveis	78
Figura B.3	Estrutura hierárquica para estimação da distância à Filadélfia	79
Figura B.4	Modelo de decisão pelo AHP	89
Figura B.5	Modelo de decisão pelo MACBETH	91
Figura B.6	Hierarquia com três níveis	94
Figura B.7	Rede corresponde à hierarquia mostrada na figura B.6	94
Figura B.8	Hierarquia para o problema do <i>fast-food</i>	95
Figura B.9	Rede para o problema do <i>fast-food</i>	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Variáveis adotadas nas políticas NQA e SQA	10
Tabela 2.2	Planilhas de Fornecedores	17
Tabela 2.3	Comparação entre políticas de compra	22
Tabela 2.4	Resultados da inspeção de 10 itens	26
Tabela 3.1	Pesos de importância das características obtidos com a aplicação do AHP	30
Tabela 3.2	Normalização dos pesos de importância das características	31
Tabela 3.3	Conjuntos <i>fuzzy</i> propostos para a capacidade do processo	32
Tabela 3.4	Intervalo de variação do Cpk em função do peso de importância	33
Tabela 3.5	Comparação entre resultados arbitrários e sistemáticos	34
Tabela 3.6	Fator de incentivo à qualidade	36
Tabela 3.7	Sensibilidade do valor a ser pago ao fator de incentivo	36
Tabela 3.8	Fator de incentivo à qualidade (1ª interação)	37
Tabela 3.9	Sensibilidade do valor a ser pago ao fator de incentivo (1ª interação)	38
Tabela 3.10	Sensibilidade do valor a ser pago ao incentivo	38
Tabela 5.1	Lista de fornecedores	52
Tabela 5.2	Classificação das peças	53
Tabela 5.3	Primeira cotação	55
Tabela 5.4	Segunda cotação	55
Tabela A.1	Desfuzzyficação do TFS (1, 2, 6)	73
Tabela B.1	Matriz de decisão	74
Tabela B.2	Matriz de julgamentos para estimação da distância à Filadélfia	79
Tabela B.3	Comparação dos resultados obtidos com a distância à Filadélfia	82
Tabela B.4	Matriz de decisão pelo AHP	85
Tabela B.5	Matriz de decisão pela FDA	85

Tabela B.6	Políticas administrativas	86
Tabela B.7	Sensibilidade à política administrativa	87
Tabela B.8	Comparação entre os resultados do AHP e do ANP	96



1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

O dia-a-dia de uma empresa é uma sucessão de tomada de decisões. O próprio nascimento da empresa foi resultado de uma decisão: *a abertura de uma firma*. Segundo GOMES e GOMES (1996), “uma primeira decisão poderá acarretar outras”. Assim, desde seu início, a empresa passa a vivenciar a tomada de decisão em seus diversos níveis: estratégico, tático e operacional.

Na situação em que uma decisão precisa ser tomada, três agentes (pessoas ou grupos de pessoas) podem ser identificados: *decisor, especialista e facilitador*. Decisor é quem irá assumir a responsabilidade pela decisão: tomar a decisão e arcar com as conseqüências. Especialista é alguém que realmente entende do assunto em questão. Em alguns casos, o decisor pode não possuir os conhecimentos necessários para a tomada da decisão. Então, ele recorre a pessoas mais experientes no assunto em questão.

Porém, antes de tomar a decisão, se o decisor buscar uma maneira melhor de tomá-la (ex.: o emprego de recursos computacionais ou a utilização de métodos de auxílio à decisão), maneira esta que ele ainda não esteja familiarizado, um terceiro agente poderá ser necessário: o *facilitador*. A figura 1.1 ilustra a interações entre os agentes.

O número de agentes envolvidos em uma decisão será função de fatores como a importância da decisão ou os recursos disponíveis. Porém, nas empresas, o que se observa, na maioria das vezes, é uma única pessoa fazendo os papéis de decisor e especialista e a ausência de um facilitador.

Como conseqüências desta prática poderão ocorrer problemas originados *por decisões tomadas erroneamente*. Um exemplo seria a perda de oportunidades pela rejeição de projetos com altos retorno e risco. Neste caso, a ausência de especialistas pode originar obtenção de valores errados; a ausência de facilitador pode fazer com que não se avalie corretamente estes valores.

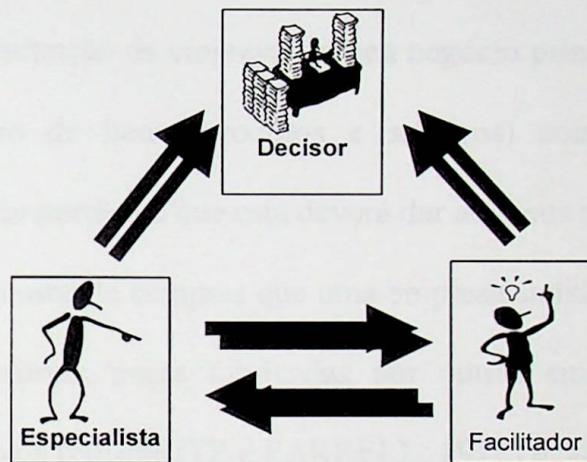


Figura 1.1 Interações entre decisor, especialista e facilitador

Uma empresa só sobrevive no mercado em função de seus resultados. Então, não é comum encontrar-se esta primeira conseqüência. Assim, o principal problema originado pela prática do decisor–especialista está na *falta de domínio tecnológico* por parte da empresa. Explicando melhor, o decisor se torna um verdadeiro especialista em função de sua experiência em decisões anteriormente tomadas. Assim, ele adquire o conhecimento que a empresa necessita para diversas decisões e irá perder quando ele deixá-la. Uma maneira da empresa “guardar” este conhecimento é utilizando-se de Banco de Dados (BD). O uso de BD será abordado, posteriormente, no capítulo Modelo Computacional Protótipo.

1.2. O Processo de Compras e suas Decisões

O presente trabalho apresenta uma contribuição para auxílio à decisão em um importante processo da Administração da Produção: o *processo de compras*. Este processo só existirá após um resultado favorável à compra na decisão “Comprar *versus* Fabricar”. O advento da Terceirização, que de acordo com GOMES e MEIRELLES (1994) visa uma concentração da empresa em seu negócio principal (*core competence*), intensificou o número de itens (produtos e serviços) comprados pela empresas, aumentando, assim, a importância que esta deverá dar aos seus processos de compras.

É através de seus processos de compras que uma empresa satisfaz suas necessidades em termos de matérias-primas, peças fabricadas por outras empresas, equipamentos e suprimentos operacionais (HEINRITZ e FARRELL, 1977) e até de serviços necessários para seu funcionamento, mas prestados por terceiros.

Neste processo, o decisor ou *comprador*, é responsável por decisões como:

- Que fornecedor escolher para um pedido?
- Aceitar ou não um lote?
- Quanto pagar por um item? etc.

Para evitar decisões erroneamente tomadas, as empresas instituem suas *políticas de compras*. Políticas comuns em diversos setores empresariais e outras, recentemente propostas, são abordadas na Revisão Bibliográfica. De fato, tais políticas representam um primeiro passo no auxílio à decisão em processos de compras.

Porém, como será visto no capítulo seguinte, a utilização destas políticas já sofreu questionamentos de autores como DEMING (1986), em seu Quarto Ponto, intimamente relacionado com as decisões tomadas em processos de compras.

1.3. Objetivos da Dissertação

Este trabalho tem como *objetivo geral* apresentar uma metodologia para execução do processo de compras, que auxilie à tomada de decisões necessárias neste processo.

Como *objetivos específicos* destacam-se:

- levantamento bibliográfico e estudo crítico sobre políticas de compras;
- proposta de uma metodologia que propicie a eliminação, ou redução, dos problemas observados no estudo anterior;
- teste, em situação real, da metodologia proposta através de um estudo de caso.

1.4. Estrutura do Trabalho

Além do primeiro capítulo introdutório, esta dissertação apresenta outros cinco:

- Revisão Bibliográfica: estudo e análise comparativa de políticas de compras.
- Metodologia Proposta: apresentação de uma metodologia para a solução de problemas advindos da utilização das políticas de compras anteriormente estudadas.
- Modelo Computacional Protótipo: apresentação sucinta de uma ferramenta desenvolvida para a implantação da metodologia proposta.
- Estudo de Caso: abordagem da implantação da metodologia em situação real.
- Conclusões: comentários sobre os resultados obtidos e proposta de temas para desenvolvimento de trabalhos futuros.

A dissertação também possui dois apêndices: Conjuntos Fuzzy e Decisão Multicriterial.

Os apêndices, que representam pesquisas sobre Auxílio à Decisão, foram apresentados nesta forma para se evitar a descontinuidade na apresentação da metodologia proposta.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Considerações Iniciais

No capítulo anterior, foi comentado que a política de compra adotada pela empresa é o primeiro auxílio à decisão em seus processos de compras. Na verdade, a política representa os fundamentos que deverão ser seguidos pelo comprador na tomada de decisão. A princípio poderia se imaginar que empresas diferentes adotam políticas diferentes. Mas, o que se observa é a existência de poucas políticas de compras.

Neste capítulo são estudadas políticas já adotadas por empresas, bem como outras recentemente propostas. A apresentação na ordem cronológica, visa dar uma idéia do progresso obtido na área. Finalmente, uma comparação entre as políticas é apresentada enfocando suas vantagens e desvantagens.

2.2. Menor Preço

A seleção de fornecedores pelo menor preço é a política de compra mais utilizada em empresas públicas ou privadas. Sua inclusão na Constituição da República Federativa do Brasil torna-a obrigatória nas companhias estatais. Também é muito utilizada em empresas particulares, tendo como principais argumentos: simplicidade e minimização dos custos.

A simplicidade, que é o que caracteriza esta política, gera facilidades de implementação, entendimento e execução.

No entanto, o menor preço da entrada de um processo não garante o menor custo de sua saída! Ou seja, um fornecedor que apresente um preço menor, poderá fornecer itens (produtos ou serviços) de qualidade inferior, que por sua vez poderão aumentar os custos de produção do cliente, por exemplo, por retrabalho.

Segundo CAMPOS (1992), a Qualidade Total possui outras dimensões além do custo: qualidade, entrega, moral e segurança. Além disso, um dos princípios fundamentais da gerência pela Qualidade Total (TQM – *Total Quality Management*), o Quarto Ponto de Deming, diz: “acabe com a prática de fechar negócios apenas pelo preço” (DEMING, 1986). Este princípio faz parte dos 14 Pontos de Deming, que representam mudanças fundamentais para a sobrevivência das organizações (COSTA e SOUZA, 1996).

De acordo com MARINHO e AMATO NETO (1997), ao invés de selecionar fornecedores pelo menor preço, a organização compradora deve procurar desenvolver e construir índices que permitam a identificação e quantificação de todos os custos da qualidade do item comprado.

Finalmente, o MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO FEDERAL E REFORMA DO ESTADO (1997) tornou pública uma proposta de anteprojeto de lei de licitações e contratos. No oitavo artigo do primeiro capítulo, Disposições Gerais, constam três tipos de licitações:

- *melhor preço;*
- *melhor técnica;*
- *técnica e preço.*

O tipo *melhor preço* será utilizado quando, para obtenção da proposta mais vantajosa for suficiente o menor preço, ou o maior lance no caso de leilão, de acordo com as especificações definidas no edital. Será utilizado o tipo *melhor técnica* quando as características do objeto ou o interesse público indicarem que, no julgamento das propostas, deva prevalecer a melhor técnica sobre o preço previamente estabelecido no edital. O terceiro tipo, *técnica e preço*, será utilizado quando as características do objeto ou o interesse público indicarem ser conveniente o julgamento combinado de fatores de técnica e de preço.

A proposta apresenta alguns aspectos arbitrários: é uma lei única para *compras e vendas* (leilões) de bens públicos. Também não especifica como se medir a *melhor técnica*, que neste trabalho é tratada por *melhor qualidade*. Porém, é uma prova indiscutível da preocupação do governo federal em melhorar seus processos de compras.

2.3. Nível de Qualidade Aceitável

Uma política utilizada pelas empresas para se garantir a qualidade de itens comprados é a especificação de níveis mínimos de qualidade. No Brasil esta política é regulamentada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) através das normas NBR-5426 (ABNT, 1977a) e NBR-5429 (ABNT, 1977b).

O comprador especifica o nível de qualidade aceitável (NQA) para a compra de um lote. Das normas obtêm-se os dados para a inspeção. As variáveis em questão são o número de aceitação (a) e o número de defeitos (d).

A figura 2.1 apresenta as situações possíveis na inspeção de lotes de um mesmo item, adquirido de três fornecedores distintos, sendo a igual a 3; P_C é o valor convencionalmente pago pelo item e P_F será o valor que o fornecedor receberá.

Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C
$d = 4 \Rightarrow d > a$ $P_F = ?$	$d = 3 \Rightarrow d = a$ $P_F = P_C$	$d = 0 \Rightarrow d < a$ $P_F = P_C$

Figura 2.1 Resultados possíveis com a política NQA

Se, após a inspeção, obter-se um número de itens defeituosos igual ao aceitável (fornecedor B) o lote será aceito e o fornecedor receberá o valor previamente acertado no contrato de compra ($P_F = P_C$). Caso uma amostra apresente o número de itens defeituosos acima do permitido (fornecedor A) o lote poderá ser rejeitado ($\exists P_F$) ou até ser aceito, parcial ($P_F < P_C$) ou integralmente ($P_F \leq P_C$), dependendo dos procedimentos de compra adotados pela empresa compradora.

Em um terceiro caso, poderá ser obtida uma *amostra perfeita* (fornecedor C). Porém, o fornecedor será pago apenas pelo valor que, inicialmente, constava no contrato ($P_F = P_C$). Este fato estimula os fornecedores a se aproximarem do NQA, pois não receberam nada a mais por entregar um lote perfeito. Ao contrário, poderão ter seus *custos aumentados* por retrabalho ou maior tempo de produção. Existe, portanto, uma “indução ao NQA”.

2.4. Garantia Estatística da Qualidade

A Garantia Estatística da Qualidade (SQA - *Statistical Quality Assurance*) é uma forma diferente da “receita de bolo” que é a política NQA. A SQA conta com conceitos estatísticos e matemáticos para determinar se um resultado final satisfaz às especificações predeterminadas.

Segundo pesquisa do início da década (WEED, 1993), cerca de metade dos Estados Unidos possuem programas de SQA e outros 25% têm especificações estatísticas em vários estágios de desenvolvimento.

A origem da SQA está nos anos 60, quando a Associação Norte-americana de Agências de Transporte realizou uma série de testes com materiais e projetos de rodovias. O resultado foi o conhecimento da variabilidade existente nos materiais, métodos de construção, e procedimentos de amostragem e testes. Tornou-se necessária sua especificação baseada em conceitos estatísticos.

Segundo WEED (1993), os engenheiros reconheceram que para vários itens de auto-estradas, não era possível se estabelecer um nível único de qualidade pelo qual um trabalho seria aceitável ou não. Acreditavam que existiriam dois extremos entre os quais haveria uma área onde a qualidade do item era boa, mas não tão boa para este ser aceito pelo preço total. Nasceu assim, o conceito de *cláusulas de ajuste para pagamento*, as quais proviam uma maneira para os estados norte-americanos aceitar itens marginalmente defeituosos por um nível preestabelecido de pagamento reduzido. Nasceu também o conceito de nível de qualidade rejeitável (NQR).

A Tabela 2.1 traz uma comparação entre as políticas NQA e SQA:

Variável		Política	Significado
a	número de aceitação	NQA	número máximo de itens defeituosos até o qual um lote é aceito
r	número de rejeição	NQA	número mínimo de itens defeituosos a partir do qual um lote é rejeitado
NQA	nível de qualidade aceitável	SQA	porcentagem máxima de itens defeituosos para a qual o lote será pago pelo valor integral
NQR	nível de qualidade rejeitável	SQA	porcentagem máxima de itens defeituosos até a qual o lote será aceito

Tabela 2.1 Variáveis utilizadas nas políticas NQA e SQA

Na política NQA, são válidas as expressões (2.2), (2.3) e (2.4), onde n é o número de itens na amostra:

$$0 \leq a \leq n - 1 \quad (2.2)$$

$$1 \leq r \leq n \quad (2.3)$$

$$r = a + 1 \quad (2.4)$$

A SQA adotada pelo Departamento de Transportes do estado norte-americano de New Jersey faz uso da curva característica operacional (CCO), que fornece o risco do fornecedor e o risco do comprador, conforme a figura 2.2. A CCO é utilizada pela NQA para se calcular o número de aceitação.

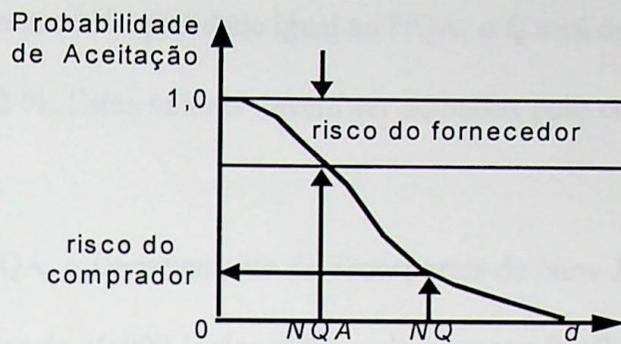


Figura 2.2 Curva Característica Operacional

No eixo horizontal observa-se o nível de qualidade decrescente, medido pelo número de itens defeituosos da amostra, d . No vertical está a probabilidade de aceitação. A CCO fornece o risco do fornecedor ter um lote *bom* rejeitado e o risco do comprador aceitar um lote *ruim*.

Na figura 2.3, observa-se a adaptação da CCO para a política SQA. O eixo horizontal, continua com o nível de qualidade decrescente, agora em porcentagem de itens defeituosos. Já o vertical apresenta o fator de pagamento esperado (f_p), um multiplicador do valor convencional do item (P_c).

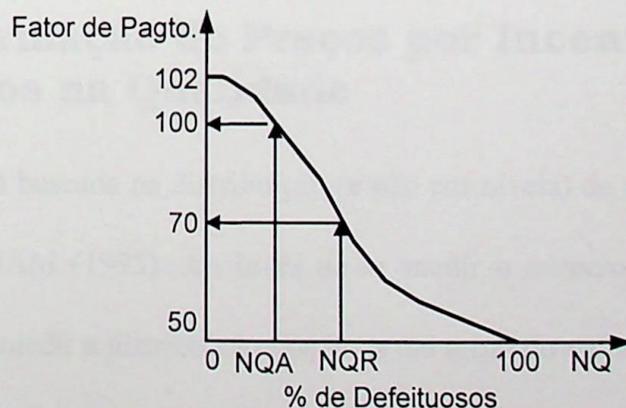


Figura 2.3 Fator de pagamento esperado *versus* nível de qualidade

Para um lote com nível de qualidade igual ao NQA, o f_p será de 100 %. O f_p varia entre 70 % e 102 %. Estes valores devem ser adotados pelo comprador e aceitos por fornecedores.

Para testar sua SQA, o Departamento de Transportes de New Jersey efetuou dois pedidos de compra de 10.000 jardas cúbicas de cimento *Portland* (matéria prima das auto-estradas norte-americanas) a dois fornecedores diferentes por um valor de US\$ 3 milhões cada. O primeiro fornecedor recebeu um bônus de US\$ 30 mil, ou seja, 1 %. A performance do segundo foi ainda melhor e este recebeu, essencialmente, o bônus máximo: 2 % (US\$ 60 mil).

O Departamento de Transportes de New Jersey ficou bastante satisfeito com os resultados, devido aos valores estendidos na vida útil do asfalto e das estruturas. De acordo com WEED (1993), também houve um sentimento de orgulho e satisfação por parte dos fornecedores por terem alcançado excelentes resultados!

2.5. Formação de Preços por Incentivos Baseados na Qualidade

Uma política baseada na distribuição (e não em níveis) da qualidade foi proposta por WINDHAM (1995). Ao invés de se medir o número de itens defeituosos, procurou-se medir a distribuição dos itens em torno do valor nominal (valor alvo). Para isto utiliza-se o índice de capacidade do processo (C_{pk}), uma medida da habilidade de um processo satisfazer às especificações (IBM CORPORATION, 1982).

Esta política acaba com a prática da aceitação via limites de especificação e a substitui pela aceitação por um mínimo Cpk. Em outras palavras, se um lote de itens não apresentar um Cpk mínimo, por exemplo igual a 1, será rejeitado.

Um outro passo, é o estabelecimento de incentivos que encorajem o fornecedor a melhorar seus processos continuamente. A maneira para isto é simples: pagando mais para um fornecedor de itens de melhor qualidade e menos para um fornecedor de itens de qualidade inferior. Assim, esta nova política recebeu o nome de Formação de Preços por Incentivos Baseados na Qualidade (Q-pricing – *Quality-based Incentive Pricing*).

Inicialmente, todas as características importantes de um item devem ser identificadas com base em conhecimentos de engenharia da função deste item. Estas características podem ser, por exemplo, dimensões geométricas ou requisitos de performance. As características devem receber pesos de importância: números reais e não expressões lingüísticas como pequeno, médio e grande. Os números em si não importam. Os valores relativos entre um e outro é que são importantes.

O comprador deverá especificar uma faixa de variação para o Cpk de cada característica individual. Caso, após a inspeção do lote, pelo menos uma característica i apresente um Cpk_i inferior ao limite mínimo deste intervalo, o lote deverá ser rejeitado. Por outro lado, se a característica i apresentar um Cpk_i superior ao limite máximo deste intervalo, então este valor (o limite máximo) será utilizado em seu lugar no cálculo da média ponderada dos Cpk_i s, conforme a equação (2.5), onde p_i é o peso de importância da característica i .

$$\bar{C}_{pk} = \frac{\sum (C_{pk_i} \times p_i)}{\sum p_i} \quad (2.5)$$

A equação (2.5) também pode ser considerada como a *equação da performance da qualidade* e pode ser usada como uma medida da qualidade do item comprado. Deve ser adotado um *fator de incentivo à qualidade* (f_i). O f_i é o índice que irá fornecer o incentivo à melhoria do item, caso a mínima distribuição de qualidade aceitável tenha sido satisfeita. Ambos, \bar{C}_{pk} e f_i estão na equação (2.6) que determina o fator de pagamento da qualidade, f_p :

$$f_p = (1 - f_i) + f_i \times \bar{C}_{pk} \quad (2.6)$$

O f_p é um multiplicador do valor convencionalmente pago pelo item (P_C) para se obter o valor final a ser pago ao fornecedor (P_F):

$$P_F = f_p \times P_C \quad (2.7)$$

Da equação (2.6) observa-se que o f_i é quase proporcional ao f_p e, conseqüentemente por (2.7), também ao P_F . Ou seja, quanto maior for o f_i , maior será o incentivo para o fornecedor entregar um item de qualidade e maior a disposição do comprador em pagar por um item de qualidade. WINDHAM (1995) propôs que o f_i deva variar entre 0 e 1, mais especificamente entre 0,05 e 0,25.

2.6. Planilhas de Fornecedores

A manutenção de relacionamentos de longo prazo com um grupo fixo de fornecedores é um dos diversos reflexos da globalização dos mercados, tendência no cenário econômico mundial nos últimos anos (MARINHO e AMATO NETO, 1997). Esta iniciativa das empresas de todo o mundo é a política Lista de Fornecedores.

De acordo com o SINDIPEÇAS (1991), nas indústrias do setor automobilístico, esta política de compra é uma prática bastante comum. Os fornecedores da lista são classificados como: *cadastrados*, *preferenciais* e *certificados*. Fornecedor cadastrado é aquele que, tendo atingido um mínimo de qualificação, “é aprovado para prestar fornecimento de um determinado item, para o qual inspeção e teste precedem o uso”. A certificação implica em um nível mais elevado de qualidade e de experiência, e também de compromisso entre as partes (FRIAS JÚNIOR, 1995). Em um nível intermediário estão os fornecedores preferenciais: aqueles que, dentre os certificados, tenham se destacado em sua performance e para os quais são dadas oportunidades especiais ou a preferência, em novos pedidos; neste caso, eles podem estar sujeitos a inspeções reduzidas ou salteadas.

MARINHO e AMATO NETO (1997) atentam para o fato de que “fornecedores certificados nem sempre ganham o pedido”, pois de uma Lista de Fornecedores o comprador geralmente seleciona o de melhor preço. Porém, como “é preciso justificar a escolha adequadamente” propõem que sejam considerados outros aspectos como o *custo da qualidade* de fornecedores.

DESAI (1996) propôs melhorias na utilização desta política de compra suficientes para se considerar que, na verdade, propôs uma nova política denominada Planilhas de Fornecedores.

Uma planilha de fornecedores traz dados de performance dos fornecedores como entrega, *lead time*, suporte e índice de preço (razão entre o *preço alvo* e o preço real). A planilha deve sofrer revisões regulares e formais. O propósito destas revisões é discutir e chegar a acordos sobre valores alvos de performance.

Na matriz de performance proposta por DESAI (1996) um fornecedor poderá alcançar um máximo de 100 pontos relativos à qualidade do item. Entre as possíveis áreas constantes na matriz de performance estarão:

- Qualidade (30 pontos): pode ser subjetiva ou avaliada por número de itens defeituosos por milhão.
- Controle do processo (14 pts.): leva em consideração como os processos dos fornecedores são documentados, controlados e corrigidos quando necessário;
- Suporte técnico (6 pts.): existência de pessoal e métodos de apoio ao cliente;
- Entrega (20 pts.): porcentagem de itens recebidos no prazo especificado;
- Tecnologia (10 pts.): conhecimento dos produtos nos quais os itens comprados serão utilizados; flexibilidade às mudanças exigidas pelos clientes.
- Lead Time (15 pts.): número de dias necessários para a entrega do pedido;
- Atendimento (5 pts.): disposição do fornecedor ao atender um pedido; adaptação às mudanças no programa de entregas; habilidade para apoiar programas como *just in time*, *electronic data interchange*, etc. e aumento de demanda.

A tabela 2.2 traz um exemplo de uma planilha de fornecedores. O índice de preço é obtido normalizando-se o preço dos fornecedores para que o de menor preço receba o maior índice de preço (igual a 1). Na linha “Total” entra-se com o somatório das notas obtidas em todas as áreas. A nota final, N_F , é encontrada multiplicando a nota obtida na matriz de performance pelo índice de preço. O custo de fornecimento, C_F , é obtido pela equação (2.8):

$$C_F = 1 + \frac{(100 - N_F)}{100} \quad (2.8)$$

Trimestre: 3º 94		Fornecedores				
Área	Nota Máx	A	B	C	D	E
Qualidade	30	15,9	18,4	15,8	15,9	13,4
Controle do processo	14	11,7	10,5	10,7	9,8	10,6
Suporte técnico	6	2,3	1,6	3,5	4,0	2,8
Entrega em dia	20	20,0	18,0	19,0	19,0	18,0
Tecnologia do produto	10	9,7	6,7	9,1	7,5	8,2
Lead time	15	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Atendimento	5	5,0	3,0	2,0	5,0	2,0
Total	100	77,6	71,2	73,1	74,2	68,0
Índice de Preço	1	0,878	0,947	1	0,905	0,967
Nota Final	100	68,1	67,4	73,1	67,2	65,8
Custo de Fornecimento	1	1,32	1,33	1,27	1,33	1,34

Tabela 2.2 Planilha de Fornecedores

De (2.8) observa-se que na melhor situação possível ($N_F = 100$) o fornecedor irá obter um C_F igual a 1. Ou seja, assim ele terá alcançado as metas. O C_F mede o “afastamento” entre fornecedor e meta, sendo 2 o seu maior valor possível, que ocorrerá para o pior fornecedor possível ($N_F = 0$).

Com os dados de uma planilha pode se montar um gráfico semelhante ao contido na figura 2.4. Neste gráfico, observa-se o acompanhamento das performances trimestrais dos fornecedores de um determinado item.

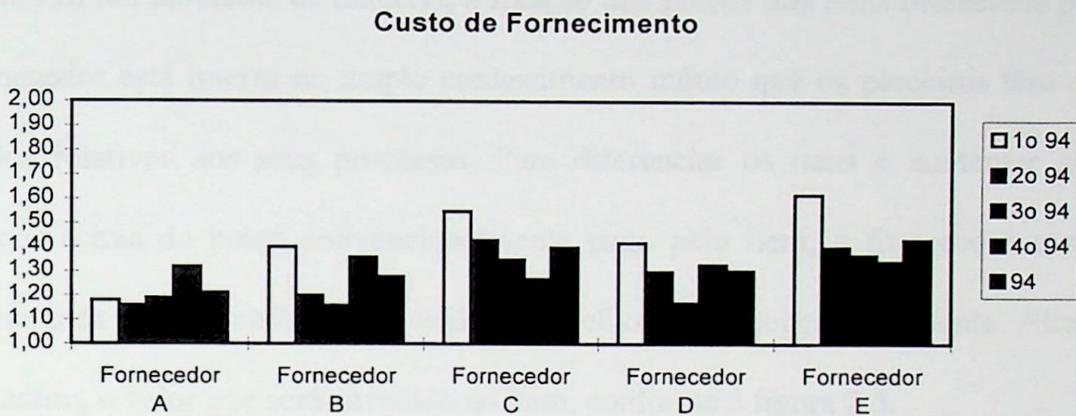


Figura 2.4 Custo de fornecimento em função do trimestre

2.7. Custo Total Mínimo

Nesta política, QUELHAS e QASSIM (1996) encaram cliente e fornecedor como parceiros: devem raciocinar em termos de ganho conjunto. Procura-se entender e modelar a relação cliente–fornecedor de modo que se possa visualizar os ganhos no processo do cliente e a lucratividade deste em função de características adicionadas ao item por parte do fornecedor, de forma que tais ganhos possam ser rateados ou repassados ao fornecedor, incentivando-o a investir continuamente em melhorias.

O valor que o cliente paga ao fornecedor representa a percepção que este último tem da qualidade do item. Essa qualidade tem muitas dimensões, importantes para o cliente. Cada uma dessas dimensões oferece oportunidade de diferenciação do item. Em um ambiente de parceria, a fixação dos preços dos itens oferecidos pelo fornecedor está imersa no amplo conhecimento mútuo que os parceiros têm dos dados relativos aos seus processos. Para diferenciar os itens e aumentar seus preços acima do preço convencionalmente pago pelo item, o fornecedor avalia como cada um dos atributos da qualidade melhora a percepção do cliente. Altera-se, assim, o valor que será atribuído ao item, conforme a figura 2.5.

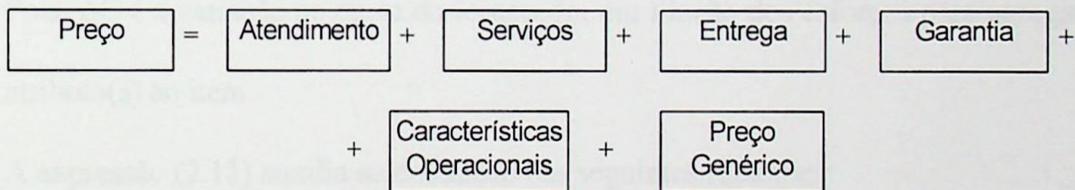


Figura 2.5 Formação de preço com base no valor
(QUELHAS e QASSIM, 1996)

Pode-se definir que:

$$P_F = P_C + \Delta P \quad (2.9)$$

Onde, P_F é o *preço baseado no valor*: quanto será pago por item ao fornecedor. P_C é o preço genérico do item comprado. E ΔP é o diferencial de valores agregados: quanto o cliente concorda em pagar a mais, em função das características agregadas ao item pelo fornecedor. O P_C representa o *preço básico* do item, sujeito às forças da oferta e da procura. O valor adicional devido à diferenciação, que o cliente concorda em pagar será expresso por:

$$\Delta P = \frac{\Delta C + \Delta L}{\beta} \quad (2.10)$$

Onde, ΔC é a variação no custo do processo do fornecedor devido à melhor qualidade do item produzido; ΔL é a variação do lucro do cliente em função do ganho de mercado ou aumento do preço pago pelo cliente final; β é o fator de rateio entre cliente e fornecedor dos ganhos do cliente. Por exemplo, o cliente pode “premiar” o fornecedor com 50% do seu ganho. Neste caso, β seria igual a 2. O princípio básico da avaliação a ser realizada pelo fornecedor é expresso por:

$$\Delta C < \Delta P \quad (2.11)$$

Pois, ΔC é a variação no custo do fornecedor em função dos esforços para agregar atributo(s) ao item.

A expressão (2.11) auxilia na condução das seguintes reflexões:

- o atributo da qualidade que o fornecedor adiciona ao item reverte em que redução do custo ou aumento da receita para o cliente?
- qual a variação do custo no processo do fornecedor em função dos esforços para agregar mais valor ao item?

Tais reflexões permitem à gerência do fornecedor avaliar o seu desempenho.

Os autores da política CTM (Custo Total Mínimo) também propuseram a utilização de técnicas recentes (em termos de aplicações práticas no Brasil) da Engenharia de Produção: o método de Custeio por Atividades (ABC - *Activity Based Costing*) (NAKAGAWA, 1995) e a função perda de Taguchi (TAGUCHI, 1986).

Embora o conhecimento e a aplicação destas teorias não seja estritamente necessário, sua execução no processo de compras através desta política traz melhorias a outros processos, como, por exemplo, o processo de produção do fornecedor. Os conceitos da função perda de Taguchi seriam usados no cálculo das perdas no processo do cliente (ΔL). E o método ABC na determinação das perdas financeiras para o fornecedor (ΔC).

Para QUELHAS e QASSIM (1996) “premiar o fornecedor que investiu para agregar valor ao seu produto é incentivá-lo na continuidade das melhorias”. Assim, a CTM incentiva a atração de fornecedores de qualidade, garantindo os próximos esforços do cliente industrial no sentido de alcançar a excelência nos negócios.

2.8. Comparação entre as Políticas de Compra

A política de compra pelo menor preço possui vantagens como *simplicidade* e *minimização* do custo do item comprado. Porém, como mostra a tabela 2.3, não se garante a otimização de outras dimensões da qualidade do item, como sua qualidade operacional ou intrínseca.

A NQA especifica, através de conceitos estatísticos, um nível mínimo de qualidade que um lote deve apresentar para ser aceito. Porém, apesar do foco na qualidade, esta política não incentiva uma melhoria contínua da qualidade de fornecedores. Ao invés disto, acaba induzindo-os a se aproximarem do NQA.

Política	Vantagens	Desvantagens
Menor Preço	<ul style="list-style-type: none"> • Simplicidade • Minimização dos custos 	<ul style="list-style-type: none"> • Não consideração de mais de uma dimensão da qualidade
NQA	<ul style="list-style-type: none"> • Foco na qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Medição de defeitos • Indução ao NQA
SQA	<ul style="list-style-type: none"> • Não induz ao NQA • Foco na qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Complexidade • Adoção arbitrária de valores
Q-pricing	<ul style="list-style-type: none"> • Não induz ao NQA • Consideração de várias dimensões da qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Complexidade • Adoção arbitrária de valores
Planilhas de Fornecedores	<ul style="list-style-type: none"> • Consideração de várias dimensões da qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Adoção arbitrária de valores
CTM	<ul style="list-style-type: none"> • Consideração de várias dimensões da qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Adoção arbitrária de valores

Tabela 2.3 Comparação entre políticas de compra

Através do pagamento de bônus ao fornecedor, a SQA visa estimular a melhoria contínua da qualidade dos itens comprados, acabando com a indução ao NQA. Para isso, utiliza conceitos estatísticos ou matemáticos, às vezes não tão simples (CCO), gerando um certo grau de *complexidade* em sua execução. Além disso, o bônus (ou penalidade) que o fornecedor irá receber depende de um fator multiplicativo (f_p) do valor *convencionalmente* pago pelo item (P_F). Este fator possui uma *faixa de variação* adotada arbitrariamente.

A Q-pricing também busca incentivar a melhoria da qualidade do fornecedor. Assim como a SQA, utiliza um f_p , agora calculado com base na distribuição da qualidade do lote de itens. Porém, existe um número maior de valores adotados de maneira arbitrária, como o fator de incentivo à qualidade (f_l).

As planilhas de fornecedores consideram várias dimensões da qualidade do item comprado. Para isto, na planilha existem áreas como qualidade, entrega, suporte técnico, etc., onde os fornecedores recebem notas. Porém, as notas máximas de cada área e as notas de áreas qualitativas são estipuladas arbitrariamente.

A CTM também considera várias dimensões da qualidade. Embora seja baseada em equações simples, a obtenção de valores como variação nos custos do fornecedor (ΔC) e variação do lucro do cliente comprador (ΔL) é que pode ser complexa. Por exemplo, para uma estimativa mais precisa do ΔC , QUELHAS e QASSIM (1996) sugerem a utilização do método ABC, mais caro que outros métodos de custeio (PAMPLONA, 1996). A política CTM também faz uso de uma constante adotada arbitrariamente (o fator de rateio dos ganhos do cliente, β).

2.9. Considerações Finais

Da tabela 2.3, observa-se que a *adoção arbitrária de valores* é uma desvantagem comum às quatro últimas políticas de compra, as mais recentes, desenvolvidas para solucionar problemas trazidos pela utilização das primeiras. O objeto de estudo do capítulo seguinte é a eliminação destas arbitrariedades. Pois, se com uso das novas políticas de compra se auxilia às decisões neste processo, surgem novas questões como “que valor adotar para tal constante?”.

Para o desenvolvimento da Metodologia Proposta, escolheu-se uma política para que formas de solução das arbitrariedades fossem propostas. Também foi considerada a possibilidade de se adaptarem estas soluções para outras políticas.

2.9.1. Seleção de uma política para estudo

A política Q-pricing, foi selecionada porque não induz à NQA, na seleção de fornecedores apresenta foco na qualidade (além do custo) e, também, apresenta uma maior variedade de valores adotados arbitrariamente. Assim, esta política de compra foi considerada a mais completa e promissora dentre as estudadas.

A figura 2.6 apresenta um fluxograma da Q-pricing. Também buscando uma melhor compreensão desta política, o item 2.9.2 traz um exemplo de aplicação proposto em seu artigo original por WINDHAM (1995).

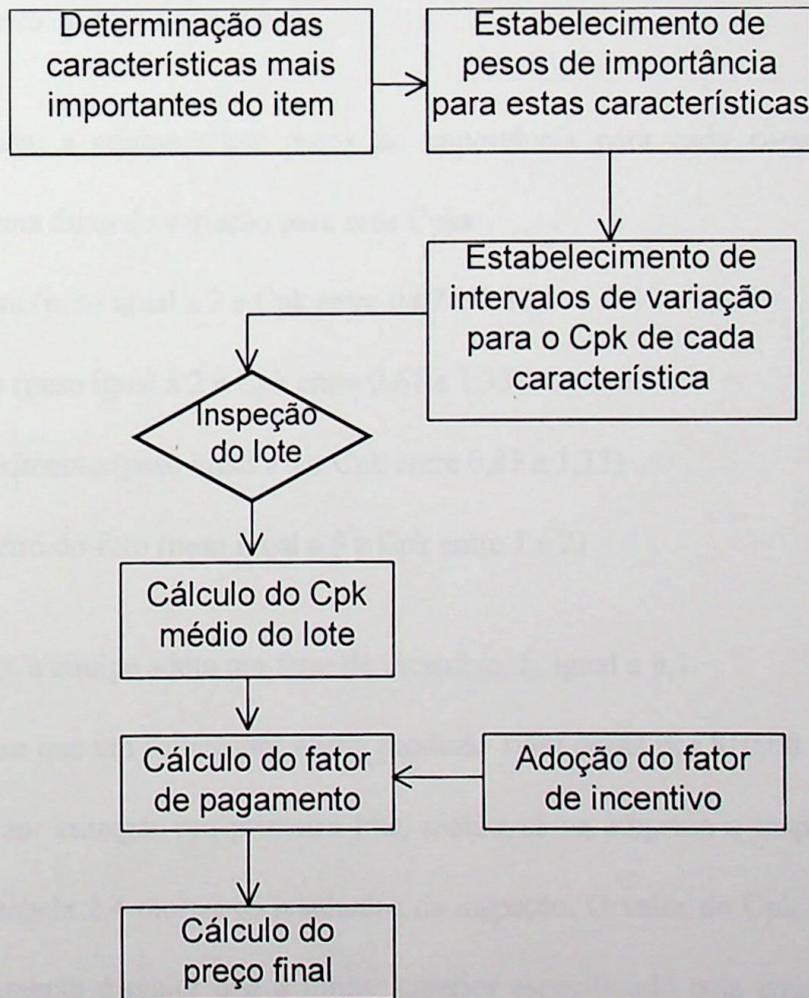


Figura 2.6 Fluxograma da política Q-pricing

2.9.2. Exemplo de execução da política selecionada

Suponha-se que uma empresa necessite comprar a “peça A” para fabricar seu produto. Primeiramente, é formada uma equipe pelo pessoal das áreas de compras e qualidade. Esta equipe determina quatro características importantes para o bom funcionamento do produto final:

- Largura ($10,0 \pm 0,1$ mm)
- Altura (150 ± 2 mm)
- Comprimento (200 ± 5 mm)
- Diâmetro do furo (10 ± 2 mm)

Em seguida, a equipe adota pesos de importância para cada característica e também uma faixa de variação para seus Cpk:

- Largura (peso igual a 2 e Cpk entre 0,67 e 1,33)
- Altura (peso igual a 2 e Cpk entre 0,67 e 1,33)
- Comprimento (peso igual a 3 e Cpk entre 0,83 e 1,33)
- Diâmetro do furo (peso igual a 5 e Cpk entre 1 e 2)

Por último, a equipe adota um fator de incentivo, f_i , igual a 0,1.

Supondo-se que um fornecedor aceite produzir 1000 peças por \$10,00 cada. Após o fornecedor entregar seu primeiro lote, realiza-se na empresa a inspeção de 10 peças. A tabela 2.4 mostra os resultados da inspeção. O valor do Cpk obtido para o Comprimento é maior que o limite superior especificado pela equipe. Assim, este limite (1,33) é utilizado em seu lugar no cálculo do $\bar{C}pk$, de acordo com a equação (2.5).

	Largura	Altura	Comprimento	Diâmetro do furo
1	10,2	135	200,5	9,3
2	10,2	143	198,0	10,1
3	9,5	151	200,0	10,4
4	10,0	162	201,0	9,9
5	9,6	161	199,0	9,9
6	10,1	145	200,0	9,6
7	10,0	149	202,0	10,9
8	9,9	150	201,0	9,0
9	9,8	156	201,0	10,0
10	10,5	149	199,0	11,1
média	9,98	150,1	200,15	9,98
	0,30	8,2	1,20	0,67
Cpk	1,098	0,810	1,344	1,130

Tabela 2.4 Resultados da inspeção

$$\bar{C}_{pk} = \frac{(2 \times 1,098) + (2 \times 0,810) + (3 \times 1,33) + (5 \times 1,130)}{2 + 2 + 3 + 5} = \frac{13,46}{12} = 1,12$$

Substituindo valores na equação (2.6), o fator de pagamento (f_p) obtido será:

$$f_p = (1 - f_i) + f_i \times \bar{C}_{pk} = (1 - 0,1) + 1,12 \times 0,1 = 1,012$$

Na equação (2.7) encontramos o valor a ser pago por peça:

$$P_F = f_p \times P_C = 1,012 \times \$10/\text{peça} = \$10,12/\text{peça}$$

Os \$0,12/peça adicionais representam o *incentivo* à qualidade. Se o fornecedor entregasse um lote de qualidade inferior, este incentivo diminuiria podendo até se tornar negativo, ou seja, pagar-se menos que o P_C ! Através deste princípio, a Q-pricing, ao contrário da NQA, não induz à qualidade mínima aceitável.

3. METODOLOGIA PROPOSTA

3.1. Considerações Iniciais

Neste capítulo, é apresentado um modelo de execução da política Q-pricing visando a eliminação da arbitrariedade na adoção de valores. Na Q-pricing foram encontrados três tipos diferentes de valores adotados arbitrariamente:

- os *pesos de importância* das características importantes do item a ser comprado, que nada mais são que *notas* ou *medidas de desempenho* deste item sob vários critérios ou características;
- os *intervalos de variação* dos Cpk de cada característica;
- o *fator de incentivo*, f_p , um *número* puro (adimensional) que afeta diretamente o preço final do item comprado (P_f).

Nas outras políticas estudadas, os três tipos de arbitrariedade se repetiram na adoção de valores diferentes: as *notas máximas* possíveis para cada área e as notas dos fornecedores nas áreas *qualitativas* das Planilhas de Fornecedores; o *intervalo de variação* do f_p da SQA; e o *coeficiente* β da CTM;

Tendo como objetivo propor maneiras de se adotar, sistematicamente, estes valores, serão utilizadas teorias como os conjuntos *fuzzy* e a decisão Multicriterial. Ambas teorias baseiam-se na opinião de especialistas. Os apêndices A e B trazem uma síntese destas teorias. Apesar de fazerem parte de uma pesquisa bibliográfica, estes apêndices não foram incluídos no corpo da dissertação, como capítulos, para não se quebrar a seqüência de apresentação do auxílio à decisão nos processo de compras, objetivo deste trabalho.

3.2. Adoção de Pesos de Importância

A primeira arbitrariedade encontrada na política Q-pricing acontece na adoção dos pesos das características importantes do item comprado. Propõe-se a eliminação desta arbitrariedade com a utilização do Método de Análise Hierárquica (AHP – *Analytic Hierarchy Process*). O AHP é um método multicriterial de auxílio à decisão (MCDM – *Multiple Criteria Decision Method*) e sua utilização foi preferida a de outros MCDMs, pelo fato de poder ser utilizado nas duas primeiras fases da Q-pricing conforme a figura 3.1. Com o AHP obtém-se a *estruturação do modelo de decisão* de uma forma lógica e a *obtenção dos pesos* através de julgamentos consistentes de especialistas.

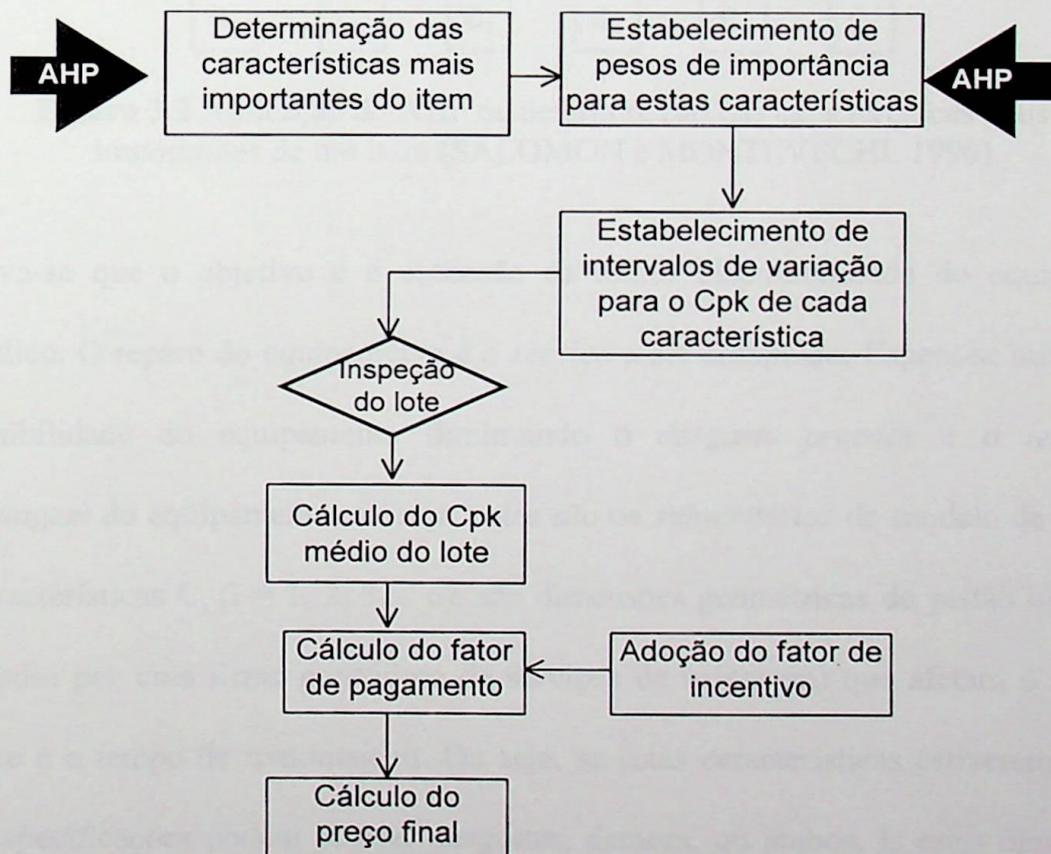


Figura 3.1 Aplicação do AHP nas primeiras fases da Q-Pricing

As fases do AHP estão resumidamente descritas no apêndice B, que ainda traz algumas comparações do método com outros MCDMs.

Um exemplo da aplicação do AHP na política Q-pricing pode ser encontrado em SALOMON e MONTEVECHI (1996): a compra de um atuador hidráulico, de grande importância e custo elevado, por uma indústria siderúrgica. A figura 3.2 traz o modelo de decisão, na forma de *estrutura hierárquica*, obtido para esta aplicação.

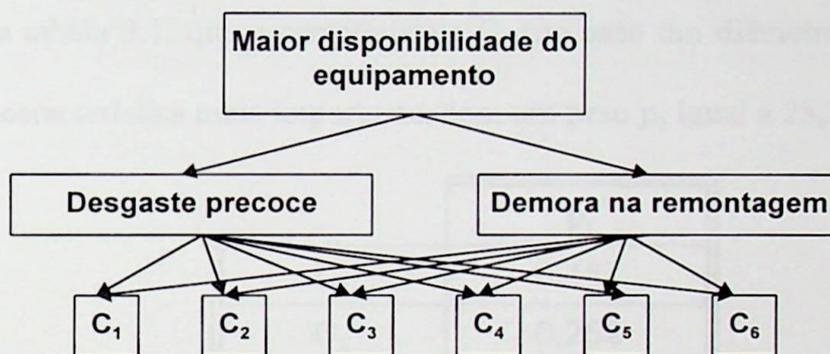


Figura 3.2 Aplicação do AHP na determinação das características mais importantes de um item (SALOMON e MONTEVECHI, 1996)

Observa-se que o objetivo é a obtenção da maior disponibilidade do equipamento hidráulico. O reparo do equipamento é o *serviço* a ser comprado. Espera-se aumentar a disponibilidade do equipamento diminuindo o *desgaste precoce* e o *tempo de remontagem* do equipamento, ou seja, estes são os *sub-critérios* do modelo de decisão. As características C_i ($i = 1, 2, 3, \dots, 6$), são dimensões geométricas do pistão hidráulico (reparadas por uma firma prestadora de serviços de usinagem) que afetam o desgaste precoce e o tempo de remontagem. Ou seja, se estas características estiverem fora de suas especificações podem ocorrer desgastes, demora, ou ambos. E estes diminuem a disponibilidade do equipamento na empresa que compra o serviço.

Este tipo de estruturação é denominado *Top-Down*: se conhecem o objetivo principal e os critérios de avaliação e a partir deles se determinam as características.

Os engenheiros que atuam no setor onde o equipamento funciona e os engenheiros do setor de remontagem foram considerados *especialistas* no assunto. Com a opinião destes especialistas chegou-se aos pesos de importância (p_i , onde $i = 1, 2, 3, \dots, 6$) mostrados na tabela 3.1.

A maneira para tornar a opinião dos engenheiros em pesos de importância são duas fases do AHP, descritas no apêndice B.

Observa-se, na tabela 3.1, que a característica C_2 (no caso um diâmetro de 50 cm) foi considerada a característica mais importante, com um peso p_2 igual a 25,2% do total.

	p_i
C_1	0,187
C_2	0,252
C_3	0,097
C_4	0,048
C_5	0,180
C_6	0,238

Tabela 3.1 Pesos de importância das características obtidos com a aplicação do AHP (SALOMON e MONTEVECHI, 1996)

Tem-se certeza, a um nível de 10%, que os pesos foram obtidos através de julgamentos consistentes, ou seja, não se correu o risco de, ao se considerar C_1 *mais importante* que C_2 e C_2 *mais* que C_3 , considerar-se C_3 *mais* que C_1 , para todas C_i ($i = 1, 2, 3, \dots, 6$). Esta é a *consistência* garantida pelo método AHP.

Para utilização dos pesos nas fases seguintes do modelo proposto, será necessária a sua normalização de modo a tornar o maior peso igual a 1. Isto é necessário, pois diferentes itens a serem comprados poderão possuir um número diferente de características. A tabela 3.2 traz um exemplo desta normalização:

	p_i	
C_1	0,187	0,742
C_2	0,252	1,000
C_3	0,097	0,385
C_4	0,048	0,190
C_5	0,180	0,714
C_6	0,238	0,944
normalização	$\Sigma(p_i) = 1$	$\max(p_i) = 1$

Tabela 3.2 Normalização dos pesos de importância das características

Observa-se que em ambos os casos os valores relativos entre os pesos é o mesmo. Por exemplo, para as duas primeiras características, temos:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{0,187}{0,252} = \frac{0,742}{1,000} = 0,742 \quad (3.1)$$

3.3. Adoção de Intervalos de Variação

A segunda arbitrariedade encontrada na política Q-pricing se deu na adoção dos intervalos de variação dos Cpk's das características do item. Porém, estes intervalos podem ser adotados baseando-se nos *pesos de importância* de cada característica e, também, em conceitos de *capabilidade do processo*. De acordo com um manual da IBM CORPORATION (1984), Cpk's maiores ou iguais a 1 representam processos capazes, conforme ilustrado na figura 3.3.

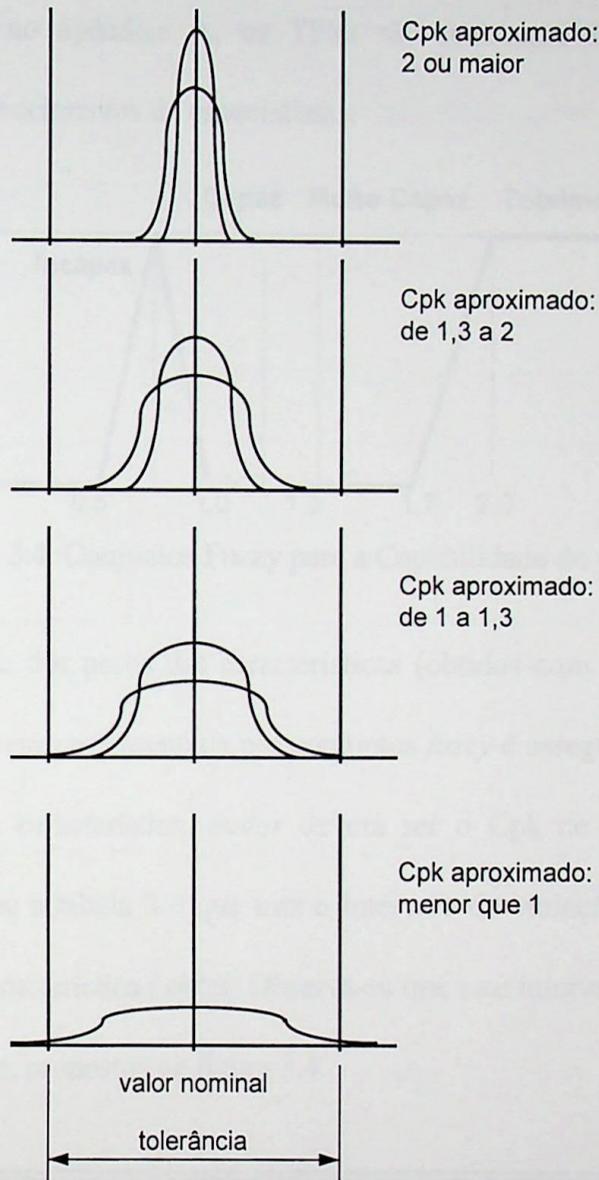


Figura 3.3 Exemplos de capacidade do processo (adaptado de IBM CORPORATION, 1984)

A figura 3.4 ilustra os conjuntos *fuzzy* triangulares (TFSs – *Triangle Fuzzy Sets*) propostos para a capacidade do processo na tabela 3.3.

	Cpk
Incapaz	(0,6; 0,8; 1,0)
Capaz	(1,0; 1,2; 1,3)
Muito Capaz	(1,3; 1,4; 1,7)
Totalmente Capaz	(1,7; 2,0; 2,0)

Tabela 3.3 Conjuntos *fuzzy* propostos para a capacidade do processo

Como é discutido no apêndice A, os TFSs são realmente fáceis de estabelecer, baseando-se em conhecimentos de especialistas.

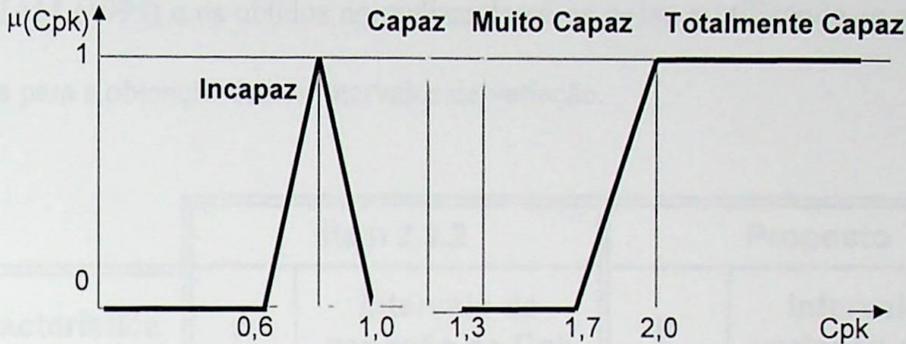


Figura 3.4. Conjuntos Fuzzy para a Capacidade do processo

A idéia da utilização dos pesos das características (obtidos com o uso do AHP) e da capacidade do processo representada por conjuntos *fuzzy* é assegurar que, quanto *mais importante* for uma característica, *maior* deverá ser o Cpk de seu processo. Isto é possível utilizando-se a tabela 3.4 que traz o intervalo de variação do Cpk_i de acordo com o peso que a característica *i* obter. Observa-se que este intervalo vem dos “limites” dos respectivos TFSs, propostos na figura 3.4.

Peso de importância	Processo exigido/aceito	Intervalo de variação do Cpk
1 – 0,76	Totalmente Capaz	1,7 – 2,0
0,75 – 0,51	Muito Capaz	1,3 – 1,7
0,50 – 0,26	Capaz	1,0 – 1,3
0,25 – 0	Incapaz	0,6 – 1,0

Tabela 3.4 Intervalo de variação do Cpk em função do peso de importância

Assim, para uma característica da maior importância (peso entre 0,76 e 1), exige-se um processo *totalmente capaz*; e para uma característica de pouca importância (peso igual ou inferior a 0,25) pode-se aceitar um processo *incapaz*.

A tabela 3.5 traz uma comparação entre os intervalos de variação dos Cpk utilizados no item 2.9.2. **Exemplo de execução da política selecionada**, adotados originalmente por WINDHAM (1995) e os obtidos normalizando-se os pesos e utilizando-se a tabela 3.4 proposta para a obtenção destes intervalos de variação.

Característica	Item 2.9.2		Proposto	
	p	Intervalo de variação do Cpk	p	Intervalo de variação do Cpk
Espessura	2	0,67 – 1,33	0,4	1,0 – 1,3
Altura	2	0,67 – 1,33	0,4	1,0 – 1,3
Comprimento	3	0,83 – 1,33	0,6	1,3 – 1,7
Diâmetro do furo	5	1 – 2	1	1,7 – 2,0

Tabela 3.5 Comparação entre resultados arbitrários e sistemáticos

Sobre os valores arbitrariamente adotados observa-se que, para uma característica importante como o *comprimento*, o comprador corre o risco de aceitar um *processo incapaz* ($Cpk = 0,83$) e, para outras características também consideradas relativamente importantes (*espessura* e *altura*), há o risco de se aceitar um processo *mais incapaz* ainda ($Cpk = 0,67$). Os valores obtidos com a utilização da tabela 3.4 garantem, para características importantes, a aquisição de processos capazes.

Com os intervalos de variação adotados arbitrariamente, o $\bar{C}pk$ poderá variar entre 0,848 e 1,609. Utilizando-se os valores mínimo e máximo possíveis para o $\bar{C}pk$ na equação (2.6), obtém-se f_p s, respectivamente, iguais a 0,985 e 1,061. Logo, o preço final (P_F) poderá ser maior ou menor que o convencionalmente pago (P_C), satisfazendo ao princípio da Q-pricing de se pagar mais aos *bons* fornecedores, e menos aos *piores*.

Porém, este princípio não é satisfeito utilizando-se a tabela 3.4. Com estes valores, o \bar{C}_{pk} irá variar entre 1,36 e 1,69. Substituindo-os na equação (2.6) obteremos f_p s respectivamente iguais a 1,04 e 1,07. Ou seja, como f_p será sempre maior que 1, P_F será sempre maior que P_C . Assim, é proposta a equação (3.2):

$$f_p = (1 - f_1) + \frac{2}{3}(f_1 \times \bar{C}_{pk}) \quad (3.2)$$

Os novos f_p s para valores de \bar{C}_{pk} iguais a 1,34 e 1,70 e um f_1 de 0,1 serão, respectivamente, 0,989 e 1,013. Logo, o f_p passa a ser menor do que 1 para valores pequenos de \bar{C}_{pk} . Com um f_p menor do que 1, o P_F será menor que o P_C , satisfazendo ao princípio da Q-pricing que não estava sendo atendido anteriormente.

3.4. Adoção de uma Constante

O último tipo de arbitrariedade encontrado na política Q-pricing se deu na adoção do f_1 . De acordo com as equações (2.6) e (2.7), o f_1 influencia diretamente o P_F (valor final a ser pago ao fornecedor): quanto maior o f_1 , maior será o f_p , e, conseqüentemente, o P_F . WINDHAM (1995) também sugeriu uma faixa de variação para o f_1 de 0,05 a 0,25. Considerando-se tais aspectos, propõe-se os conjuntos *fuzzy* mostrados na tabela 3.6. Como o fornecedor deverá ser pago por um *valor único* (P_F), e não por uma *faixa* ou *conjunto de valores*, é necessário fazer a desfuzzyficação (\hat{f}_1) dos conjuntos f_1 s. A última coluna da tabela 3.6 traz o resultados desta operação, de acordo com o método Representativo Ordinário (KAUFMANN e GUPTA, 1991). O \hat{f}_1 deve ser usado no lugar do conjunto *fuzzy* f_1 na equação (3.2), para o cálculo do f_p .

Incentivo	f_i	\hat{f}_i
Médio	(0,05; 0,05; 0,10)	0,06
entre Médio & Alto	(0,05; 0,10; 0,15)	0,10
Alto	(0,10; 0,15; 0,20)	0,15
entre Alto & Muito alto	(0,15; 0,20; 0,25)	0,20
Muito alto	(0,20; 0,25; 0,25)	0,24

Tabela 3.6 Fator de incentivo à qualidade

Para se calcular o P_F , um incentivo deverá ser adotado. Afim de se evitar prejuízos para ambas as partes, propõe-se que o \hat{f}_i seja adotado após uma análise de sensibilidade.

A tabela 3.6, traz um exemplo da análise de sensibilidade utilizando dados do exemplo de SALOMON e MONTEVECHI (1996), onde o preço convencional do item (P_c) era \$3.500,00. Com os dados das tabelas 3.2 e 3.4, o \bar{C}_{pk} poderá variar entre 1,34 e 1,70. Substituindo estes valores na equação (3.3), para um \hat{f}_i de 0,06, podem ser obtidos, respectivamente, o f_p mínimo e máximo de 0,994 e 1,010. Multiplicando \$ 3.500,00 por estes valores obtém-se a faixa de variação do P_F : de \$ 3.479,00 a \$ 3.535,00 por item comprado.

\hat{f}_i	f_p		P_F (\$/item)	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
0,06	0,994	1,010	3.479,00	3.535,00
0,10	0,989	1,017	3.461,50	3.559,50
0,15	0,984	1,025	3.444,00	3.587,50
0,20	0,979	1,033	3.426,50	3.615,50
0,24	0,974	1,040	3.409,00	3.640,00

Tabela 3.7 Sensibilidade do valor a ser pago ao fator de incentivo

Observa-se, da tabela 3.7, que quanto maior o \hat{f}_1 , maior será o valor máximo do P_F e menor o seu valor mínimo, ou seja, maior o bônus ao *bom* fornecedor e maior a penalização do *ruim*.

Sugere-se que pelo menos uma interação seja executada ouvindo-se a opinião de *especialistas*: pessoas com experiência na compra do produto. Estes especialistas avaliarão até quanto um fornecedor aceitará ser penalizado por eventuais entregas de itens não tão bons quanto desejaria o comprador tendo como atratividade a possibilidade de receber um maior bônus pela entrega de um lote perfeito.

Por exemplo, um especialista hipotético poderia achar que a faixa de variação do P_F para os valores de \hat{f}_1 s iguais a 0,06 e 0,10 estão muito próximas. Ou seja, há um conflito entre estas alternativas. Este problema pode ser solucionado alterando-se os TFSs apresentados na tabela 3.6, para os da tabela 3.8

Incentivo	f_i	\hat{f}_i
Médio	(0; 0,05; 0,10)	0,05
entre Médio & Alto	(0,07; 0,12; 0,17)	0,12
Alto	(0,10; 0,15; 0,20)	0,15
entre Alto & Muito alto	(0,15; 0,20; 0,25)	0,20
Muito alto	(0,20; 0,25; 0,25)	0,24

Tabela 3.8 Fator de incentivo à qualidade (1ª interação)

Com os novos valores de \hat{f}_1 , a tabela 3.9 poderá ser obtida:

\hat{f}_i	f_p		P_F (\$/item)	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
0,05	0,995	1,008	3.482,50	3.528,00
0,12	0,987	1,020	3.454,50	3.570,00
0,15	0,984	1,025	3.444,00	3.587,50
0,20	0,979	1,033	3.426,50	3.615,50
0,24	0,974	1,040	3.409,00	3.640,00

Tabela 3.9 Sensibilidade do valor a ser pago ao fator de incentivo (1ª interação)

Finalmente, a tabela 3.10 seria apresentada ao fornecedor e ambos (fornecedor e comprador) decidiriam qual incentivo à qualidade será adotado na compra do item.

Incentivo	P_F (\$/item)	
	mínimo	máximo
Médio	3.482,50	3.528,00
entre Médio & Alto	3.454,50	3.570,00
Alto	3.444,00	3.587,50
entre Alto & Muito alto	3.426,50	3.615,50
Muito alto	3.409,00	3.640,00

Tabela 3.10 Sensibilidade do valor a ser pago ao incentivo

Se for acordado um incentivo *entre médio & alto*, o fornecedor visará o lucro de \$ 70,00/item caso entregue um lote perfeito. Porém, ele já sabe de antemão que se o seu lote apenas satisfizer as especificações mínimas, será penalizado com \$ 45,50/item.

3.5. Considerações Finais

A utilização do método AHP e dos conjuntos *fuzzy* diminui a adoção arbitrária de valores, originalmente presente na Q-pricing (WINDHAM, 1995).

Numa situação prática o comprador pode não possuir valores iniciais a serem adotados. Neste caso, o método AHP se mostra bastante útil e eficaz, uma vez que através de sua fase de estruturação, o comprador efetuará um estudo sobre o item comprado, obtendo uma lista de suas características importantes com seus pesos de importância. Outra vantagem de se utilizar o método é a possibilidade de se combinar critérios quantitativos (custo, manutenção, etc.) e qualitativos (*design*, gosto do cliente, necessidade, etc.) ao se realizarem julgamentos aos pares entre as características. O AHP permite a avaliação da consistência dos julgamentos e, de acordo com SAATY (1991), favorece a criação de um diálogo entre várias pessoas, através do compromisso entre julgamentos que representam suas diversas experiências, sobre qual seria a situação ideal.

O propósito da associação dos conjuntos *fuzzy* propostos para os Cpk das características aos seus pesos de importância é garantir a aquisição de itens produzidos por processos capazes. Assim, a capacidade do processo está associada à importância da característica. Os conjuntos *fuzzy* propostos para o fator de incentivo (f_I) e a análise de sensibilidade têm como objetivo evitar prejuízos para as partes fornecedora e compradora, controlando-se a faixa de variação do valor a ser pago por item (P_F).

O Modelo Computacional Protótipo, apresentado no capítulo seguinte, auxilia a implementação da Metodologia Proposta: realiza os cálculos necessários para se obter os pesos pelo método AHP, utiliza os conjuntos *fuzzy* propostos e interage com o comprador para se obter o incentivo através da faixa de variação do P_F .

4. MODELO COMPUTACIONAL PROTÓTIPO

4.1. Considerações Iniciais

Neste capítulo, será apresentado um modelo computacional protótipo que permitirá a implementação da Metodologia Proposta no capítulo anterior. Este modelo recebeu o nome de **Expert Buyer** (Comprador Especialista), foi desenvolvido através do programa **MicroSoft Visual Basic 4.0** e ainda está em sua versão *beta* – só foi utilizado no Estudo de Caso apresentado no capítulo seguinte. Portanto, seu desenvolvimento terminou quando se chegou a uma ferramenta suficientemente capaz de testar, em situações reais, a Metodologia Proposta.

Com o **Expert Buyer**, a contribuição desta dissertação pode ser considerada um sistema de apoio à decisão (*DSS – Decision Support System*), uma vez que SPRAGUE e CARLSON (1982) definem um DSS como: “sistema computacional que ajuda os responsáveis pela tomada de decisão a enfrentar problemas estruturais através da interação direta com modelos de dados e análises.”

Embora todos os componentes de um DSS [banco de dados e modelos, software, hardware e usuário, segundo SPRAGUE (1991)] estejam presentes na contribuição deste trabalho, a diferença está no fato de um DSS ser desenvolvido para ser utilizado por profissionais de várias áreas, e não para uma área específica (como a de Compras, Suprimentos, Administração de Materiais ou outro nome que esta área receba na empresa).

4.2. Interação Usuário-Expert Buyer

Segundo MONTEVECHI (1995), banco de dados (BD) é um gerenciador de dados que tem como objetivo gerar informações para a tomada de decisões.

De acordo com figura 4.1, que traz um fluxograma de execução do **Expert Buyer**, observa-se que a interação usuário-BD pode começar logo no início, quando o usuário desejar recuperar dados de um item já arquivado. Se não for o caso, o usuário ainda poderá interagir-se com o BD se desejar gravar os dados no final da execução do modelo.

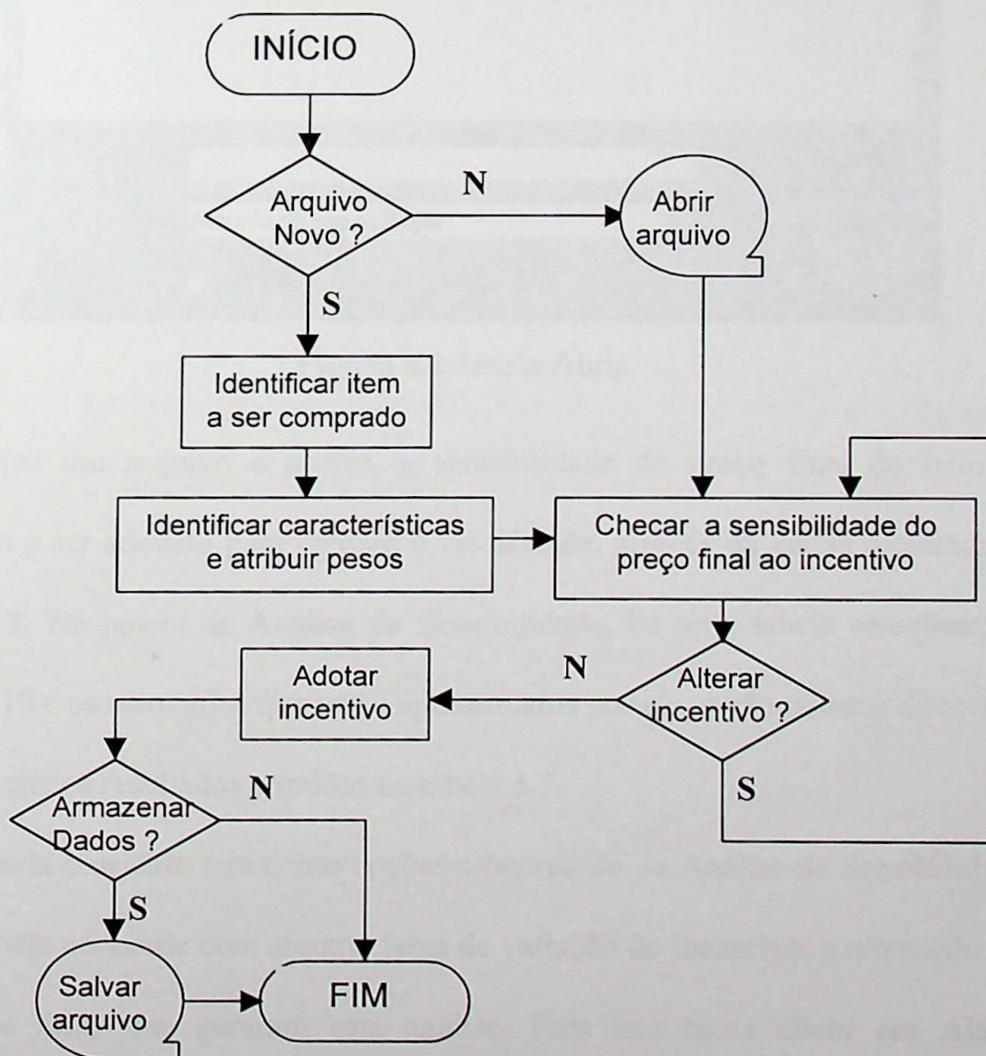


Figura 4.1 Fluxograma do Modelo Computacional Proposto

Como mostra a figura 4.2, para facilitar a busca de arquivos na janela Abrir (que nesta primeira versão do *software* só poderá ser acessada através do *menu* Arquivo) somente arquivos do **Expert Buyer** poderão ser visualizados. Estes arquivos possuem a extensão “buy”.

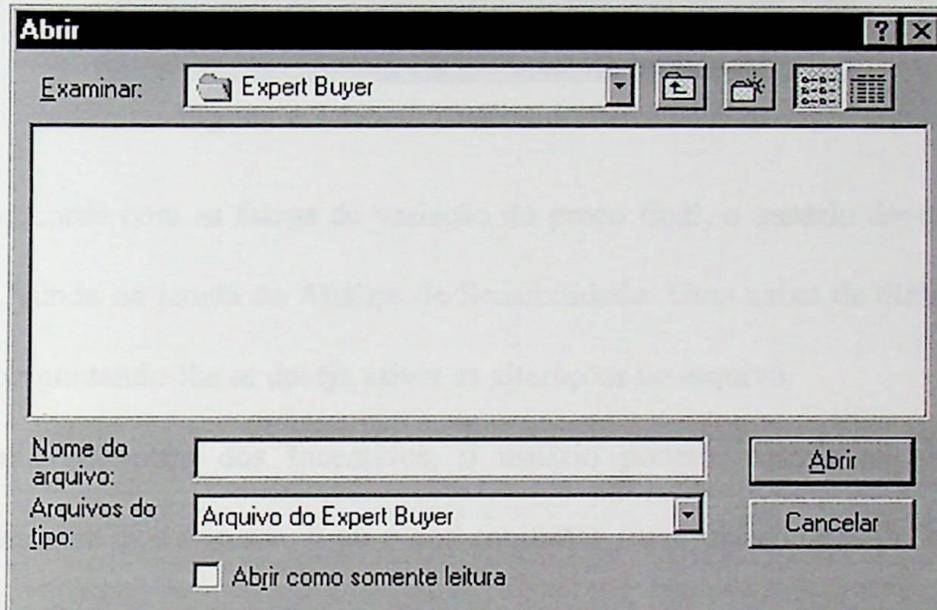


Figura 4.2 Janela Abrir

Assim que um arquivo é aberto, a sensibilidade do preço final do item ao incentivo a ser adotado para compra é visualizada, através da janela mostrada na figura 4.3. Na janela de Análise de Sensibilidade, há uma tabela semelhante à tabela 3.10 e os resultados que serão apresentados por ela, serão obtidos da mesma maneira que os resultados contidos na tabela 3.7.

Nesta janela o usuário terá como opções a *impressão* da Análise de Sensibilidade, ou, caso não concorde com alguma faixa de variação do incentivo, a *alteração* dos conjuntos *fuzzy* que geraram esta análise. Para isto basta clicar em Alterar Incentivos e uma nova janela com este nome, mostrada na figura 4.4, será aberta.

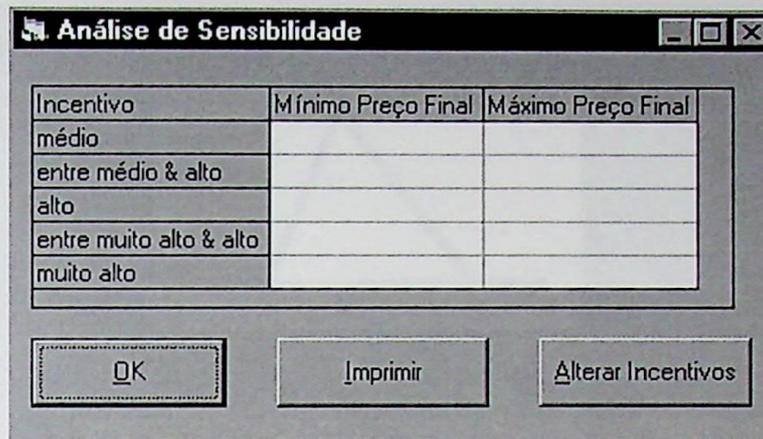


Figura 4.3 Janela Análise de Sensibilidade

Caso concorde com as faixas de variação do preço final, o usuário deverá clicar em OK, ainda na janela de Análise de Sensibilidade. Uma caixa de diálogo será aberta perguntando-lhe se deseja salvar as alterações no arquivo.

Na janela Alteração dos Incentivos, o usuário poderá realizar as alterações desejadas para os valores a , b ou c dos conjuntos *fuzzy* triangulares (a , b , c). Os novos resultados obtidos (desfuzzyficação e faixa de variação do preço final) só serão visualizados depois de se clicar em Calcular. As alterações também poderão ser impressas a partir desta janela, porém, só poderão ser salvas, juntamente com o arquivo, a partir da janela anterior (Análise de Sensibilidade). Para realizar outras alterações, o usuário deverá clicar em Voltar. Assim, uma nova janela, a Variação dos Cpk, mostrada na figura 4.5, será aberta. Nesta janela o usuário poderá visualizar a faixa de variação para o Cpk de cada característica do item a ser comprado e caso não concorde com estas faixas poderá alterá-las assim como os pesos de importância das características. Porém, as novas faixas de variação dos Cpk só serão visualizadas após o botão Recalcular ser clicado.

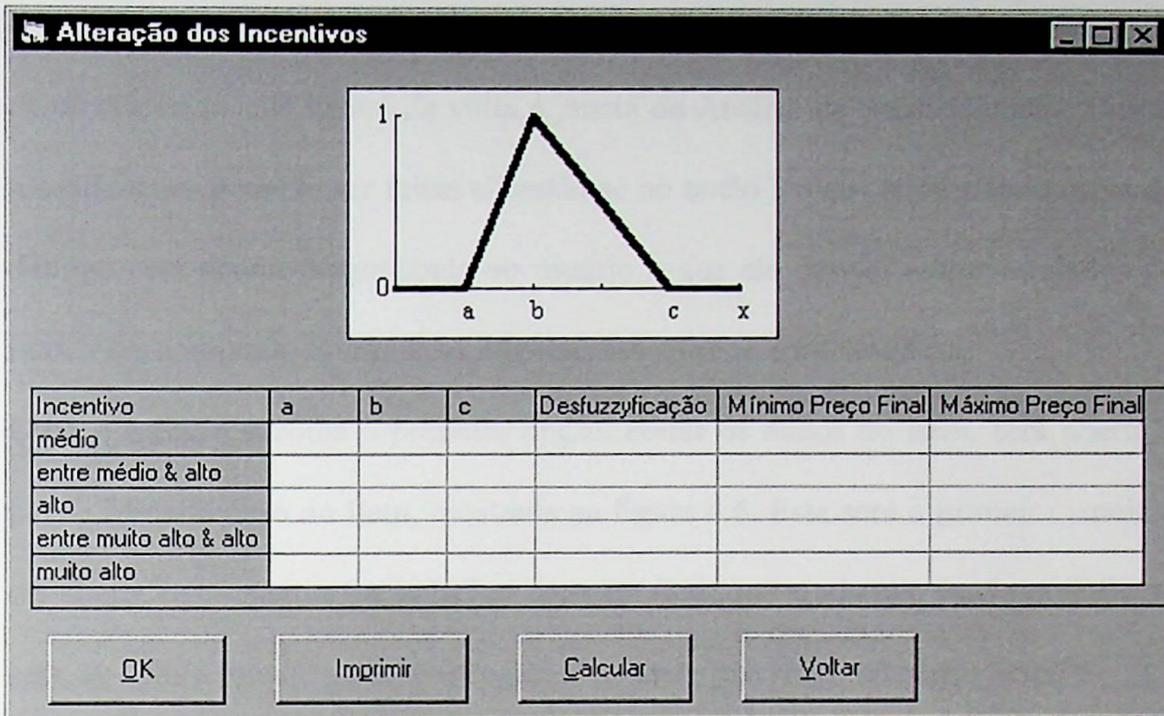


Figura 4.4 Janela Alteração dos Incentivos

Se após fazer alterações nas faixas de variação dos Cpk, pelo menos uma delas estiver fora dos limites propostos na tabela 3.4, as células correspondentes serão destacadas e uma caixa de aviso será aberta informando o ocorrido ao usuário.

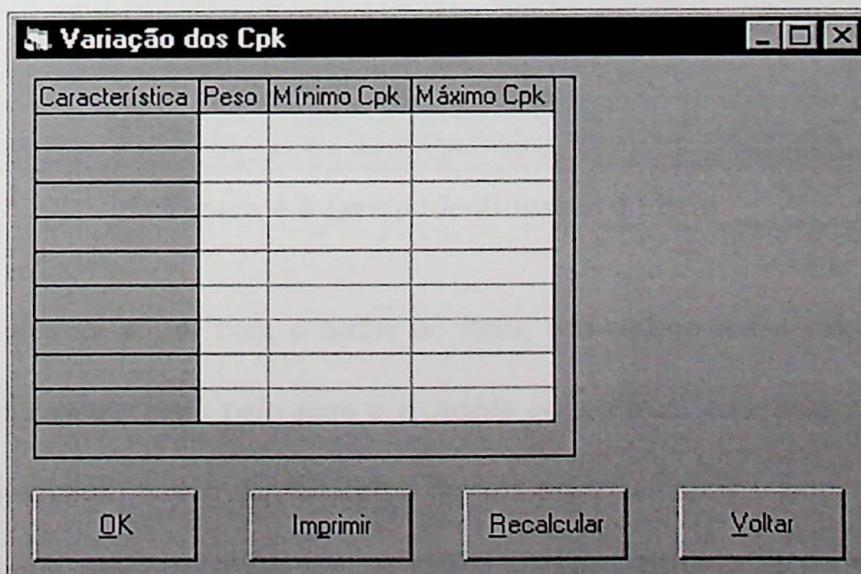
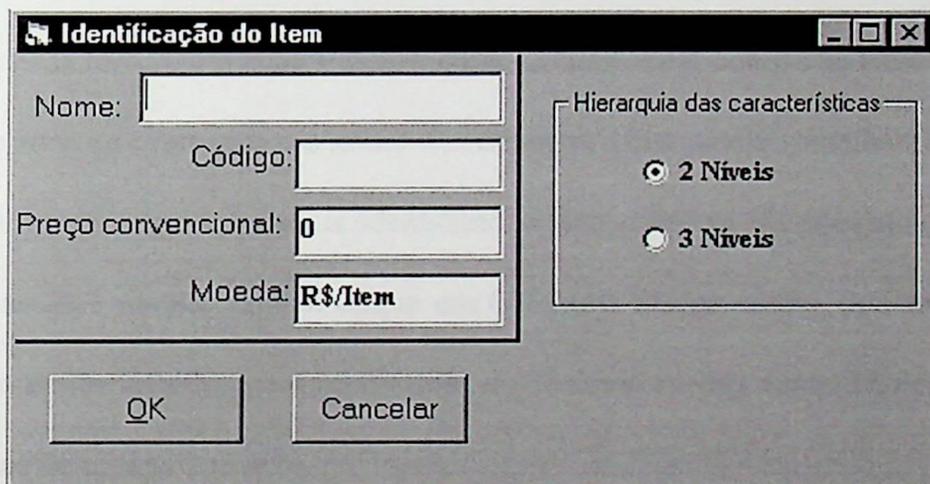


Figura 4.5 Janela Variação dos Cpk

O usuário tem como opções para esta janela a *impressão* dos resultados e sua *confirmação* (o que levará de volta à janela de Análise de Sensibilidade). Outras modificações poderão ser feitas clicando-se no botão Voltar. Assim, uma caixa de diálogo será aberta perguntando ao usuário o que ele deseja: *editar* os dados do item a ser comprado ou *rever* os julgamentos entre as características.

Caso o usuário escolha a primeira opção, editar os dados do item, será aberta a janela Identificação do Item, mostrada na figura 4.6. Esta será a primeira janela a ser aberta se o usuário for trabalhar com um item que ainda não esteja no BD, ou seja, se após a inicialização do programa optar-se por Novo no *menu* Arquivo.



A imagem mostra a janela de diálogo 'Identificação do Item'. Ela possui um título com ícone de pasta e botões de minimizar, maximizar e fechar. O formulário contém os seguintes elementos:

- Nome: campo de texto vazio.
- Código: campo de texto vazio.
- Preço convencional: campo de texto com o valor '0'.
- Moeda: campo de texto com o valor 'R\$/Item'.
- Hierarquia das características: grupo de opções com dois itens: '2 Níveis' (selecionado com um botão de rádio) e '3 Níveis' (não selecionado).
- Botões 'OK' e 'Cancelar' na base da janela.

À direita da janela, há um selo circular da 'Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFPEI', com o texto 'Biblioteca MAUÁ BIM' no centro.

Figura 4.6 Janela Identificação do Item

O usuário deverá entrar com o nome do item, seu código (caso exista), o valor convencionalmente pago pelo item e a moeda com a qual será feita a compra. O nome do item será usado no cabeçalho da tela principal após o nome do modelo computacional proposto (ex.: Expert Buyer – Pistão Hidráulico de 500 mm). O código do item, se existir, será usado como sugestão para nome do arquivo ao abrir-se a janela Salvar Como (ex.: pistao50.buy).

O último registro que o usuário deverá fazer na Janela Identificação do Item é a estrutura hierárquica utilizada para o estabelecimento dos pesos das características. Nesta versão do **Expert Buyer** as características poderão ser comparadas em hierarquias de até 3 níveis, o que possibilitará a inclusão de até 9 critérios para o julgamento da importância relativa entre elas!

Clicando em OK na janela de Identificação do Item ou escolhendo a segunda opção, *rever pesos*, na caixa de diálogo que é aberta após se escolher a opção Voltar na janela Variação dos Cpk, os julgamentos da importância relativa das características para o item poderão ser visualizados. Se a estrutura hierárquica para obtenção dos pesos for de apenas 2 níveis, então a janela Identificação das características será aberta após a identificação do item estar completa. Nesta janela o usuário fornece o número e o nome dos critérios. Uma janela semelhante a esta será aberta, em seguida, para a identificação dos critérios de comparação em hierarquias de 3 níveis. Após o clique em OK nesta última janela, iniciam-se os julgamentos dos critérios para hierarquias de 3 níveis ou das características para hierarquias de apenas 2 níveis.

Os julgamentos para estas comparações são executados em janelas semelhantes à mostrada na figura 4.6. Para hierarquias de 3 níveis será necessária, posteriormente, a abertura de mais uma janela para o julgamentos das características de acordo com cada critério.

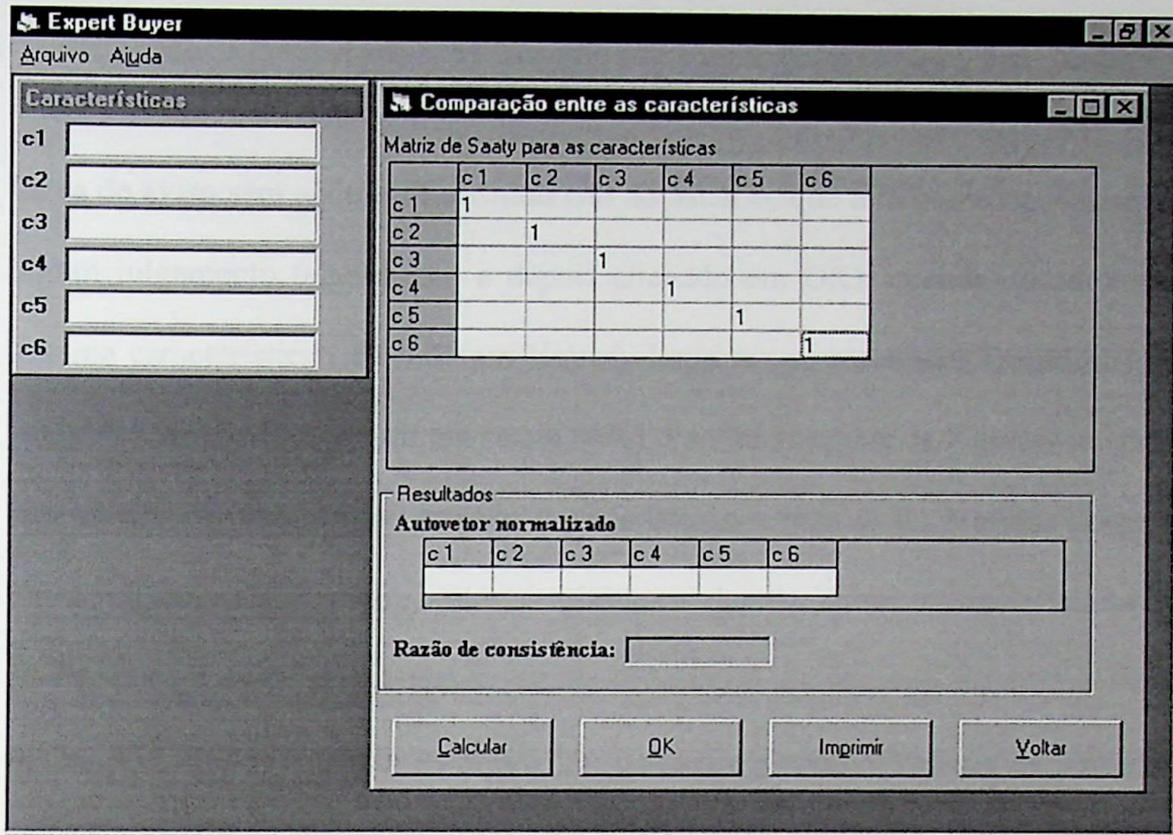


Figura 4.7 Janelas “Comparação entre as características” e “Características”

Na figura 4.7 pode ser observada, na tela do **Expert Buyer**, a janela Comparação entre as características. Esta janela traz a matriz de julgamentos (ou matriz de Saaty) para estas comparações, o autovetor já normalizado (que nos fornecerá os pesos de importância relativa entre as características) e a razão de consistência (que permitirá uma avaliação dos julgamentos). Também está presente nesta tela uma pequena janela, Características, que traz a sigla e o nome de cada característica.

Na matriz de Saaty, os julgamentos devem ser entrados baseando-se na opinião de especialista(s) na compra do item e também na Escala Fundamental de Saaty (ver Anexo A). Após comparar-se, por exemplo, a característica c_1 com a c_2 , o *software* fornecerá automaticamente a comparação de c_2 com c_1 , obtida pelo inverso da primeira.

Para se obter os resultados após o término das comparações o usuário deverá clicar em Calcular. Caso a razão de consistência obtida seja maior que 0,10 uma caixa de aviso será aberta informando isto ao usuário, que terá como opções rever algum julgamento (alterando-o e depois clicando em OK), excluir ou adicionar alguma característica (clizando em Voltar), imprimir os resultados (Imprimir) ou aceitar os resultados e seguir em frente (OK). Para hierarquias de 2 níveis só serão necessários os julgamentos entre as características, e para as de 3 níveis deverão haver julgamentos, primeiro, entre os critérios e, depois, entre as características de acordo com cada um dos critérios.

Seguindo o fluxo mostrado na figura 4.1, o usuário poderá visualizar os pesos de cada característica, já normalizados para que o maior receba o valor 1, através da janela Variação dos Cpk (figura 4.5). Caso não concorde com os pesos poderá alterá-los e obter novos intervalos de variação para os Cpk clicando em Recalcular. Se clicar em OK será aberta a janela Análise de Sensibilidade através da qual o usuário poderá salvar suas alterações após clicar novamente em OK. Ou, então, a interação usuário-**Expert Buyer** se reiniciará através dos passos anteriormente descritos.

4.3. Considerações Finais

O **Expert Buyer** foi desenvolvido utilizando-se a técnica de programação por janelas. Ou seja, na prática, cada fase do fluxograma mostrado na figura 4.1 corresponde a uma, ou mais, janela do programa. Com isto busca-se uma maior concentração do usuário, através do controle de suas opções.

Surge como problema inicial a interação usuário-**Expert Buyer** não muito amigável. Isto pode ser observado pela ausência de uma barra de ferramentas na figura 4.6. Também nesta figura observa-se que o menu principal só possui duas opções: Arquivo e Ajuda. Outros itens, como Exibir (onde o usuário escolheria quais janelas visualizar) e Janela, (para se alternar entre um arquivo e outro sem a necessidade de fechá-los) parecem ser necessários e fáceis de se implementar, necessitando de conhecimento básico em programação visual.

Outros problemas poderão ocorrer devido aos poucos recursos que as janelas de julgamentos entre características e critérios oferecem. Por exemplo, caso o usuário execute julgamentos inconsistentes ele será informado sobre isto. Porém, não saberá qual(is) julgamento(s) deve alterar. Ou seja, a revisão dos julgamentos poderá ser bastante tediosa.

O modelo computacional apresentado neste capítulo foi desenvolvido em um processador **Pentium** de 133 MHz, 16 Mb de RAM (*Random Access Memory*), monitor SVGA (*Super Video Graphics Array*) e *mouse*. Porém, um processador **486 DX2** (de apenas 66 MHz) com 8 Mb de RAM é suficiente para sua utilização; o ambiente operacional deverá ser o **Windows 95** (ou NT) uma vez que foram utilizados recursos de 32 bits, presentes na versão 4.0 do **Visual Basic**.

5. ESTUDO DE CASO

5.1. Considerações Iniciais

O objetivo deste capítulo é analisar a Metodologia Proposta, em condições reais. Para isto, inicialmente, uma empresa é selecionada e apresentada, bem como seus departamentos envolvidos com a tomada de decisões em processos de compras. Em seguida, é descrito como estas decisões são tomadas. A utilização da Metodologia Proposta é simulada, em um caso particular, ouvindo-se *especialistas* na área de compras desta empresa e utilizando-se o *software Expert Buyer*, apresentado no capítulo anterior. Finalmente, são apresentadas conclusões e comentários decorrentes do estudo deste caso.

5.2. Descrição da Empresa

Para a análise objetivada por este capítulo escolheu-se uma empresa industrial. Porém, poderia ter sido selecionada uma empresa de qualquer outro setor econômico. A relevância está no fato de que esta empresa deva realizar processos de compras com certa frequência e os itens comprados devam ter grande importância em seu produto(s) final(is). Além da satisfação destas exigências, caracterizam a empresa selecionada:

- estar sediada na cidade de Itajubá;
- ser reconhecida, internacionalmente, pela qualidade de seu produto final.
- possuir sistema de garantia da qualidade certificado pela norma ISO-9002.
- fornecer serviços de pós-venda de altíssima qualidade.

Este último aspecto acaba influenciando a relação da empresa com seus fornecedores. Ou seja, como ela realmente se preocupa com seus clientes, mesmo após a entrega e o pagamento de seus produtos, intuitivamente, acaba exigindo de seus fornecedores o mesmo tratamento.

5.2.1. Seções de suprimentos, engenharia e inspeção

Um dos esforços para se alcançar a certificação através da norma ISO-9002 foi a padronização e documentação de todos os procedimentos de compras em seu manual de garantia da qualidade (MGQ).

Nestes procedimentos, o Departamento Industrial através de seu Setor da Qualidade, constituído pelas Seções de Engenharia e Inspeção, ficou responsável pela *elaboração* da lista de fornecedores e pelas atividades de *inspeção*. Todos os outros procedimentos de compra (*cotação, seleção de fornecedor, negociação de preço e prazo...*) devem ser executados pela Seção de Suprimentos, subordinada ao Departamento Administrativo, como mostra a figura 5.1.

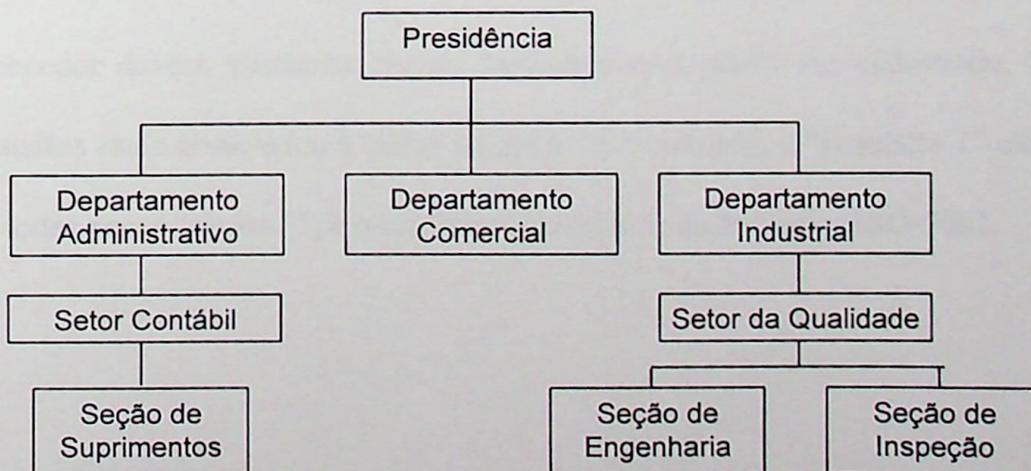


Figura 5.1 Organograma parcial da empresa

Uma decisão freqüentemente tomada pelo pessoal da Seção de Suprimentos é a seleção de fornecedores. Para um pedido de compra, só se pode selecionar um fornecedor cadastrado, ou seja, que esteja presente na lista de fornecedores. A tabela 5.1 traz um esboço da lista de fornecedores que por razões de sigilo profissional não apresenta os dados reais.

Código	Nome	Produto	Requisitos	Classe
CÓDIGO	RAZÃO	NOME DOS	REQUISITOS	--
NUMÉRICO	SOCIAL	PRODUTOS	DO MGQ	
(Ex. 1.001)	(Ex.: JN Usinagem)	(Ex.: Engrenagens, Parafusos, etc.)	(Ex.: 3 e 4)	(Ex.: 2)

Tabela 5.1 Lista de fornecedores

Todas peças ou componentes comprados são classificadas de acordo com sua importância, conforme mostrado na tabela 5.2. De acordo com o MGQ, um fornecedor deverá satisfazer alguns requisitos para poder ser cadastrado. Estes requisitos estão associados à classe da peça. Por exemplo, o “requisito 1” exigido por todas peças “classe 1”, é o credenciamento através de norma ISO-9001.

Classe	Descrição
1	Peça de vital importância para o funcionamento do produto final
2	Sem esta peça o produto funciona, mas, seu uso poderá danificá-lo
3	Peça de pouca importância. Acessório
4	Peça ou produto não utilizado no produto final

Tabela 5.2 Classificação das peças

Quando um comprador (funcionário da Seção de Suprimentos) recebe um pedido de compra, ele deve procurar na coluna Produto da lista de fornecedores, linha por linha, para saber quais fornecedores estão cadastrados para este produto. Em seguida, realiza-se a *cotação* (via telefone) de preço e prazo de entrega dos fornecedores cadastrados para tal produto. O comprador renegocia, então, com todos fornecedores tentando diminuir seus preços e prazo. E escolhe o que tiver o menor preço dentro do prazo do pedido.

Após o recebimento da mercadoria, o Setor da Qualidade realiza a inspeção. A política adotada é a NQA, estudada no capítulo 2. O valor do NQA varia em função da classe do produto. De acordo com o MGQ da empresa, um produto “classe 1” deverá possuir um lote com NQA de 10 %.

5.2.2. Comentários críticos

A lista de fornecedores, um dos documentos da qualidade da empresa, deveria servir como ferramenta para o comprador. Porém, traz informações desnecessárias para este usuário: as colunas Requisitos e Classe. Estas informações só são importantes para a Seção de Engenharia (responsável pela elaboração da lista).

Outra inconveniência encontrada na lista de fornecedores diz respeito ao seu tamanho e organização. A lista é uma só para todos produtos comprados pela empresa. Em função disto, se torna uma tabela extensa com cerca de 5 páginas. Além disto, os fornecedores são organizados pelo seu código. O mais prático para o comprador seria a organização pelos Produtos, em ordem alfabética.

Mas, existe uma desvantagem ainda maior observada na política de seleção de fornecedores utilizada atualmente pela empresa. Após um fornecedor ser selecionado para um pedido, os dados da cotação são *destruídos*. Ou seja, para um pedido futuro deverá se fazer uma nova cotação. E, ainda, não existe um acompanhamento do fornecedor, quanto ao cumprimento de seus prazos e qualidade. Ou melhor, existe, mas está em fase de implementação. Assim, estas informações ainda não são utilizadas pela comprador em um novo pedido.

Todas estas críticas podem ser solucionadas com o desenvolvimento de um BD (banco de dados). Existem diversos tipos de BD disponíveis no mercado. Porém, aplicativos como **Excel**, **Access** ou **Visual Basic** (todos comercializados pela **Microsoft Corporation**) surgem como as primeiras opções devido à sua ampla utilização do ambiente **Windows**, inclusive e principalmente, na própria empresa.

5.3. Aplicação da Metodologia Proposta

Considere-se, inicialmente, que a Seção de Suprimentos receba um pedido de compra de 100 unidades de um determinado produto, com prazo de recebimento de 42 dias. Então, o comprador entra em contato com os fornecedores cadastrados para este produto e monta um tabela semelhante à 5.3.

	Preço (\$)	Entrega (dias)
Fornecedor 1	100,00	60
Fornecedor 2	120,00	40
Fornecedor 3	130,00	30

Tabela 5.3 Primeira cotação

Em posse deste dados, o comprador renegocia preço e prazo com os fornecedores chegando à segunda cotação mostrada na tabela 5.4.

	Preço (\$)	Entrega (dias)
Fornecedor 1	100,00	45
Fornecedor 2	107,00	40
Fornecedor 3	110,00	30

Tabela 5.4 Segunda cotação

Ao entrar novamente em contato com o Setor Industrial, que fez a solicitação de compra, o comprador é informado que o recebimento não pode ser prorrogado para 45 dias. Assim, apenas os dois últimos fornecedores da tabela 5.4 podem ser selecionados para este pedido! Porém, qual deles escolher? E quanto pagar?

Para tomar estas decisões, o comprador pode fazer uso da Metodologia Proposta. Inicialmente, adota-se como preço convencional para o produto, o valor unitário de \$108,50 (valor médio entre os oferecidos pelos fornecedores). Em seguida, o pessoal da Seção de Engenharia é ouvido a respeito de quais são as características mais importantes no produto. Com auxílio do Modelo Computacional Proposto, obtém-se os pesos de importâncias das características, através dos julgamentos realizados por estes especialistas, conforme mostra a figura 5.2.

Expert Buyer
Arquivo Ajuda

Características

c1 altura principal
c2 altura interna
c3 largura
c4 espessura da aba
c5
c6
c7
c8
c9

Comparação entre as características

Matriz de Saaty para as características

	c1	c2	c3	c4
c1	1	3	1	9
c2	1/3	1	1/4	2
c3	1	4	1	7
c4	1/9	1/2	1/7	1

Resultados

Autovetor normalizado

c1	c2	c3	c4
0,995	0,279	1,000	0,130

Razão de consistência: **0,08**

Calcular OK Imprimir Voltar

Figura 5.2 Julgamentos e pesos de importância das características

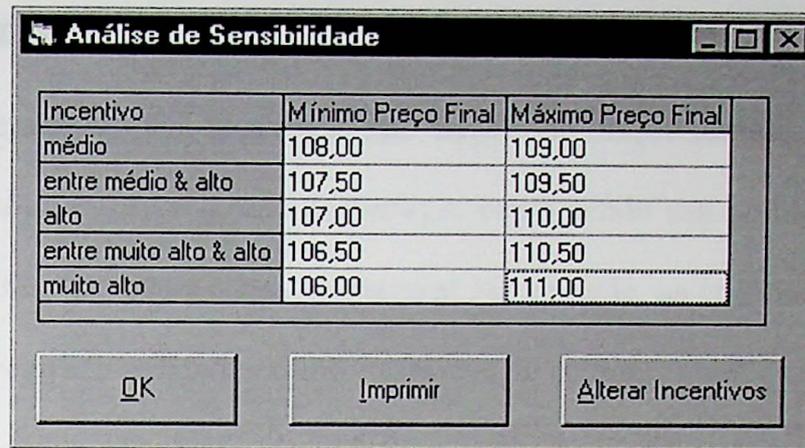
De acordo com a opinião dos especialistas, o produto comprado possui como características importantes: *altura principal*, *altura interna*, *largura* e *espessura da aba*. De acordo com a escala fundamental de Saaty (Anexo A), a *altura principal* foi considerada moderadamente mais importante que a *altura interna*.

Analisando-se os pesos observa-se que as características mais importantes do produto são a *altura principal* e a *largura*. Os julgamentos dos especialistas podem ser considerados consistentes, uma vez que sua razão de consistência foi menor que 0,10. As informações seguintes obtidas pelo **Expert Buyer** são os intervalos de variação dos Cpk, mostrados na figura 5.3

Característica	Peso	Mínimo Cpk	Máximo Cpk
altura principal	0,995	1,7	2,0
altura interna	0,279	1,0	1,3
largura	1,000	1,7	2,0
espessura da aba	0,130	0,6	1,0

Figura 5.3 Intervalos de variação dos Cpk das característica

Conforme a Metodologia Proposta, os intervalos de variação dos Cpk foram obtidos utilizando-se conceitos de capacidade do processo e conjuntos *fuzzy*. Com a aprovação dos especialistas na qualidade do produto, estes valores devem ser impressos e repassados para os fornecedores. Os intervalos de variação do valor que será pago ao fornecedor em função do incentivo à qualidade podem ser visualizados na figura 5.4. Estes intervalos também foram obtidos com aplicação de conjuntos *fuzzy*, que poderão ser alterados. Neste caso, a experiência do comprador torna-o especialista em “quanto um fornecedor está disposto a receber”.



Incentivo	Mínimo Preço Final	Máximo Preço Final
médio	108,00	109,00
entre médio & alto	107,50	109,50
alto	107,00	110,00
entre muito alto & alto	106,50	110,50
muito alto	106,00	111,00

Figura 5.4 Sensibilidade do preço final ao incentivo

As informações da figura 5.4 também devem ser impressas e repassadas aos fornecedores.

Se o Fornecedor 2 aceitar fornecer o pedido pelo incentivo *muito alto*, se observará um comportamento *otimista* da sua parte. Ou seja, este fornecedor aceitará correr o risco de receber menos do que pediu, caso entregue produtos cujos processos apresente valores de Cpk's próximos dos mínimos exigidos. Em compensação, poderá receber um bônus muito maior caso consiga fornecer produtos com os Cpk's máximos especificados.

Um comportamento *pessimista* poderá ser observado se o Fornecedor 3 não se mostrar interessado, justificando que será penalizado por seus processos não conseguirem alcançar os Cpk's especificados.

Sob as circunstâncias acima descritas o Fornecedor 2 seria selecionado. Assim, foi apresentada à empresa uma metodologia alternativa para seleção de fornecedores, que considera também a qualidade dos produtos comprados. Devido às modificações necessárias em seus atuais procedimentos de compra, a empresa avaliará, oportunamente, a possibilidade de utilizar esta nova metodologia.

5.4. Considerações Finais

Apesar da empresa, em particular sua Seção de Suprimentos, considerar o trinômio *qualidade-preço-prazo de entrega*, como sendo sua política de seleção de fornecedores, isto não é o que se observa! Na verdade, os critérios *qualidade e prazo de entrega* são utilizados como condições de contorno: têm de ser satisfeitos para que um fornecedor possa ser cadastrado. O critério *preço* é que determina o vencedor. Porém, na última hora podem entrar critérios subjetivos. Um deles é o *atendimento pós-venda* oferecido pelo fornecedor em pedidos anteriores.

A aplicação da Metodologia Proposta fornece uma nova maneira de se considerar outros critérios, como, por exemplo, a qualidade, na seleção de fornecedores. Ainda com esta aplicação, pode-se informar ao fornecedor selecionado quais as características mais importantes do item que está sendo comprado, ordem de importância e intervalos de variação para os seus Cpk's.

Numa situação mais simples, o comprador deverá realizar apenas os julgamentos aos pares entre as características (método AHP), não necessitando ter conhecimentos sobre conjuntos *fuzzy*. Caso não concorde com o resultado final (o intervalo de variação do valor a ser pago por item), aí terá que alterar os conjuntos *fuzzy*, inicialmente propostos para o fator de incentivo.

6. CONCLUSÕES

6.1. Considerações Gerais

Através do Estudo de Caso, foram identificadas algumas dificuldades da implantação da Metodologia Proposta por esta dissertação. A primeira dificuldade encontrada está relacionada ao fato de que os processos de compras não são executados por apenas uma seção da empresa. Ao contrário, envolvem seções de diferentes departamentos. Assim, a decisão de implantar esta metodologia, ou de adotar uma das políticas estudadas no capítulo Revisão Bibliográfica, deverá possuir o apoio da alta administração da empresa.

Nas entrevistas conduzidas durante o Estudo de Caso, notou-se que na Seção de Suprimentos não há uma disposição para se trabalhar com métodos como o AHP (mesmo com a utilização de *softwares* que executariam os cálculos, imprimiriam os resultados, etc.). A justificativa foi que “a dinâmica da empresa” não permitiria que se levasse muito tempo para se tomar uma decisão como a seleção de um fornecedor para um pedido urgente. Na verdade a utilização do AHP seria útil para que o comprador possa incluir os critérios subjetivos que adota neste processo, atribuir pesos para critérios, obter as prioridades entre fornecedores e checar a consistência de seus julgamentos. Ou seja, teria um maior domínio de sua decisão. E um *software* bem utilizado, faria com que se ganhasse tempo!

Na empresa estudada, a política de inspeção continuará sendo a NQA. Como justificativa foi apresentado o fato de que muitos produtos comprados são inspecionados visualmente, ou seja, com auxílios de gabaritos: executa-se inspeção *por atributos*. “O cálculo do Cpk necessita de inspeções por variáveis” foi uma justificativa errônea apresentada pelo Setor da Qualidade. Além disso, o uso da NQA na empresa foi justificado pela “realidade das indústrias manufatureiras do país”.

A aplicação dos conjuntos *fuzzy* e do método AHP na Q-pricing reduzem a adoção arbitrária de valores. O AHP orienta um estudo sobre o item comprado para a obtenção de suas características mais importantes e seus pesos de importância. Os conjuntos *fuzzy* fornecem valores iniciais, que poderão ser alterados, de acordo com a opinião de especialistas.

E como foi observado ao fim da Revisão Bibliográfica, a utilização dos métodos AHP e dos conjuntos *fuzzy* pode ser adaptada para as outras políticas estudadas naquele capítulo.

O *software Expert Buyer*, descrito no capítulo Modelo Computacional Protótipo, mostrou-se bastante prático e fácil de se executar na simulação apresentada no Estudo de Caso. Porém, uma rotina de seleção multicriterial de fornecedores (aproveitando as subrotinas do AHP, mas com janelas específicas para isto) surge como uma das possíveis inovações para sua próximas versões. Assim como a inclusão de outras políticas, como a NQA.

6.2. Contribuição do Trabalho

Segundo o prof. Falconi, um dos introdutores da gerência pela Qualidade Total no país, “os métodos com que muitas empresas brasileiras atuam no setor de compras são, de fato, inadequados” (CAMPOS, 1992).

Por outro lado, os processo de compras têm sua importância aumentada pelas atuais tendências do mercado mundial, como, por exemplo, Terceirização e Globalização. A Terceirização aumenta o número de itens comprados por uma empresa, enquanto que a Globalização exige, cada vez mais, que as empresas se tornem “companhias de classe mundial, capazes de fornecer e comprar peças, equipamentos e serviços de todos e para todos os pontos do mundo” (MARINHO e AMATO NETO, 1997).

A Metodologia Proposta, para a política Q-pricing, procurou atender ao Quarto Ponto de Deming, que enunciado como “acabe com a prática de fechar negócios apenas pelo preço” (DEMING, 1986) se relaciona diretamente com os processos de compras. Porém, para isto ponto eram utilizados incentivos baseados na distribuição da qualidade (Cpk) dos itens comprados e calculados com a adoção arbitrária de valores.

O comprador pode não ter este valores e também não possuir valores iniciais como base para adotá-los. Assim, o AHP e os conjuntos *fuzzy* se mostraram alternativas eficientes. Sua utilização na Metodologia Proposta é a principal contribuição deste trabalho.

6.3. Propostas para Trabalhos Futuros

O presente trabalho, através de sua Metodologia Proposta apresentou, de maneira didática, uma metodologia alternativa para execução de um processo específico da Administração da Produção. Para isto foi efetuado um estudo sobre como as empresas o executam e que também abordou trabalhos recentes, nas literaturas nacional e internacional, sobre o tema. Consegui-se com esta dissertação, eliminar, ou reduzir, a adoção arbitrária de valores, desvantagem freqüentemente observada, com a utilização do método AHP e dos conjuntos *fuzzy*.

A utilização de outros modelos matemáticos, como Redes Neurais, Algoritmos Genéticos, Programação Linear, Cadeias de Markov, etc., e a comparação com os apresentados neste trabalho é uma fonte para novas pesquisas.

O aprimoramento do Modelo Computacional Proposto, através de novas versões, e a implantação de outras políticas de compra como a Planilhas de Fornecedores, surgem como trabalhos eminentes a serem executados como pesquisas de iniciação científica, estágios, etc.

Apêndice A – CONJUNTOS FUZZY

A.1. Considerações Iniciais

Segundo MONTEVECHI (1995), os processos de decisão, freqüentemente, envolvem incertezas e ambigüidades. E sob tais circunstâncias, os conjuntos *fuzzy*, ou *nebulosos*, têm provado ser uma ferramenta efetiva para levar em consideração o impreciso.

Inicialmente propostos por ZADEH (1965), só recentemente começaram a ser aplicados com sucesso na solução de problemas nas empresas, cujo processo envolve as três fases mostradas na figura A.1 e apresentadas neste apêndice.

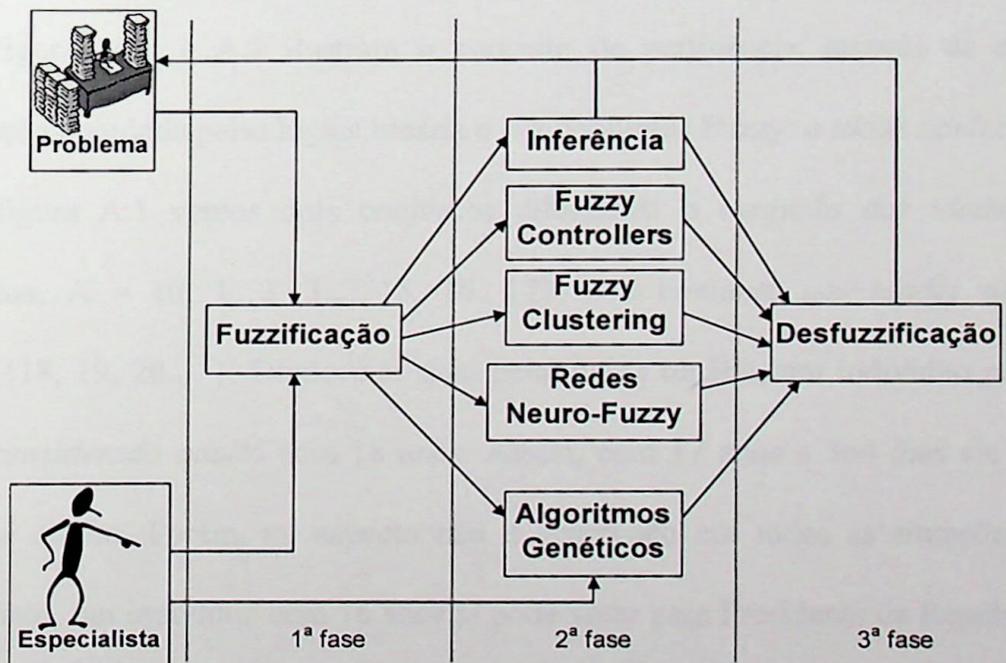


Figura A.1 Análise de problemas por conjuntos *fuzzy*
(adaptado de WEBBER, 1997)

A.2. Fuzzyficação

Na lógica binária existem duas únicas situações possíveis: 0 ou 1. Na lógica dos conjuntos *fuzzy*, trabalha-se com um intervalo de transição entre estes valores denominado *função de pertinência*, μ , dos elementos de um conjunto.

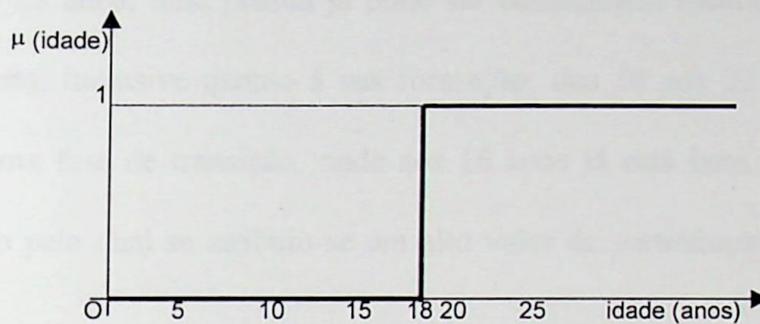


Figura A.2 Idade adulta pela lógica binária

As figuras A.2 e A.3 ilustram o conceito de pertinência, através da mesma situação abordada pelas lógicas binária e por conjuntos Fuzzy: *a idade adulta*.

Na figura A.1 vemos dois conjuntos diferentes: o *conjunto das idades não adultas*, $A = \{0, 1, 2, 3, \dots, 15, 16, 17\}$, e o *conjunto das idades adultas*, $B = \{18, 19, 20, \dots\}$. Observa-se que, pela lógica binária, um indivíduo *passa a ser considerado adulto* com 18 anos. Assim, com 17 anos e 364 dias ele *ainda não é adulto*. Porém, tal aspecto não é observado em todas as situações. Por exemplo, um indivíduo com 16 anos já pode votar para Presidente da República, e com esta idade já se pode obter uma Carteira de Motorista em alguns países. Por outro lado, 23 anos é a idade em que geralmente se completa um curso superior.

Assim, de acordo com a opinião de uma pessoa poderão ser obtidos os valores:

$$\mu(\text{idade}) = \begin{cases} 0 & \text{idade} \leq 10 \\ 0,7 & \text{idade} = 16 \\ 1 & \text{idade} \geq 23 \end{cases} \quad (\text{A.1})$$

Ou seja, até os 10 anos de idade tem-se certeza que uma pessoa ainda não é adulta; a partir dos 23 anos, uma pessoa já pode ser considerada adulta, sob quaisquer ponto de vista, inclusive quanto à sua formação; dos 10 aos 23 anos, a pessoa passa por uma fase de transição, onde aos 16 anos já está bem próxima de ser adulta, razão pela qual se atribuiu-se um alto valor de pertinência ($\mu = 0,7$) para esta idade.

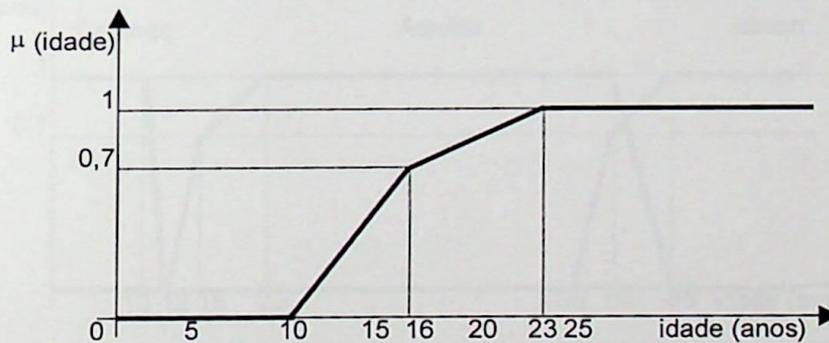


Figura A.3 Idade adulta como um conjunto *fuzzy*

É importante destacar que estes valores poderão variar ao ouvir-se a opinião de uma outra pessoa. Assim, surge o conceito de *especialista*: uma pessoa que realmente entende do assunto em questão, e que será ouvida no estabelecimento dos valores de pertinência.

Um conjunto *fuzzy*, A, é representado utilizando-se da sua função de pertinência μ_A . Se considerarmos A como um conjunto discreto temos:

$$A = \sum \mu_A(x) / x \quad (\text{A.2})$$

Mas, se considerarmos-lo contínuo, então teremos:

$$A = \int \mu_A(x) / x \quad (\text{A.3})$$

Onde a barra, “/”, indica a associação do valor x à sua pertinência e os símbolos “ Σ ” e “ \int ”, representam a união dos elementos que compõem A .

Para tratar o assunto *idade adulta* de uma maneira detalhada, mais dois conjuntos *fuzzy* poderiam ser estabelecidos levando-se em consideração que: a partir de 65 anos uma pessoa passa a ser considerada *idosa* e até os 12 anos ela ainda seria uma *criança*, de acordo do com o Estatuto da Criança e do Adolescente (CONGRESSO NACIONAL, 1990).

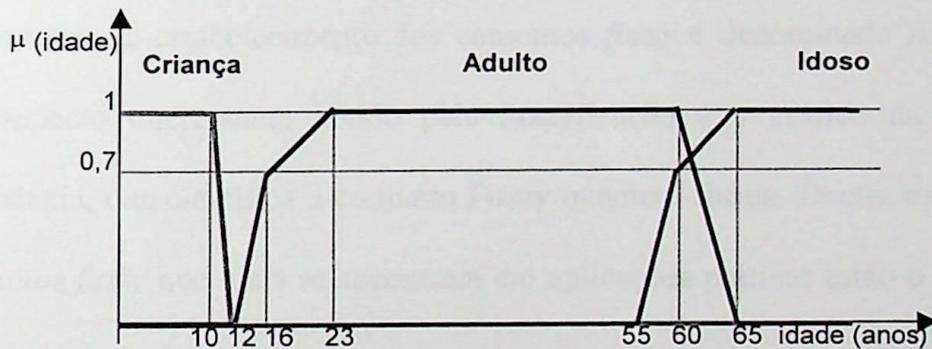


Figura A.4 Conjuntos *fuzzy* para as idades infantil, adulta e idosa

Com este detalhamento, passaríamos a contar com 3 conjuntos, conforme a figura A.4: os conjuntos *Criança*, *Adulto* e *Idoso*, A , B e C , respectivamente, cujas funções de pertinência seriam dadas pelas equações (A.4), (A.5) e (A.6).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 10 \\ -\frac{x}{2} + 6 & 10 \leq x \leq 12 \\ 0 & x \geq 12 \end{cases} \quad (\text{A.4})$$

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 12 \\ \frac{7}{40}x - 2,1 & 12 \leq x \leq 16 \\ \frac{3}{70}x + \frac{1}{70} & 16 \leq x \leq 23 \\ 1 & 23 \leq x \leq 60 \\ -\frac{1}{5}x + 13 & 60 \leq x \leq 65 \\ 0 & x \geq 65 \end{cases} \quad (\text{A.5})$$

$$\mu_C(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 55 \\ \frac{7}{50}x - \frac{77}{10} & 55 \leq x \leq 60 \\ \frac{3}{50}x - \frac{29}{10} & 60 \leq x \leq 65 \\ 1 & x \geq 65 \end{cases} \quad (\text{A.6})$$

O processo de estabelecimento dos conjuntos *fuzzy* é denominado *fuzzyficação*. Um aspecto interessante obtido pela fuzzyficação é o gráfico da função de pertinência, que classifica o conjunto Fuzzy quanto à forma. Dentre os “tipos” de conjuntos *fuzzy* que mais se encontram em aplicações práticas estão o senoidal, o triangular e o trapezoidal.

Segundo COX (1994), os conjuntos *fuzzy* senoidais são mais utilizados ao se estudar situações onde existe incerteza sob a dispersão de uma característica em torno de um valor central (que por si só já é incerto). A figura A.5 aborda através de conjuntos *fuzzy* a situação de se estimar quais são os números *em torno de cinco*. Nota-se que, ambos conjuntos *fuzzy* senoidal e triangular trazem valores de pertinência iguais nos pontos 0, 5 e 10, onde a função de pertinência assume valores máximos e mínimos.

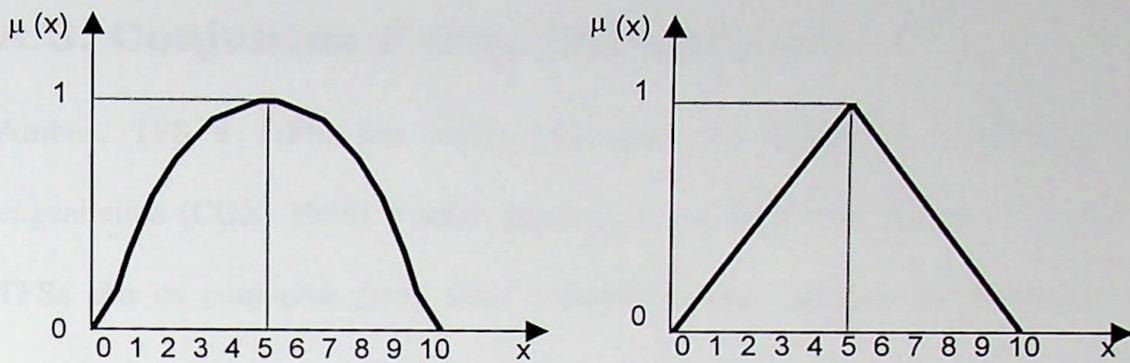


Figura A.5 Conjuntos *fuzzy* para “em torno de cinco”

Um conjunto *fuzzy* senoidal se assemelha a uma distribuição de probabilidades normal e por isso é utilizado em alguns casos. Sua diferença principal com a distribuição de probabilidades é que a área sob a curva não precisa ser necessariamente igual a 1.

Os conjuntos *fuzzy* triangular (TFS – *Triangular Fuzzy Set*) e trapezoidal (TrFS – *Trapezoidal Fuzzy Set*) são, freqüentemente, representados na forma vetorial: (a_1, a_2, a_3) para um TFS e (a_1, a_2, a_3, a_4) para um TrFS. A figura A.6 traz estes dois conjuntos:

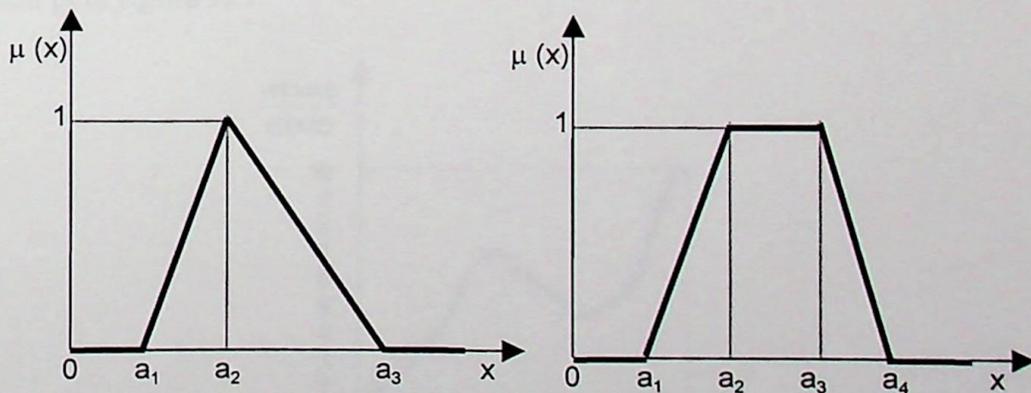


Figura A.6 Conjuntos *fuzzy* triangular e trapezoidal

O TFS, é considerado um caso particular do TrFS, em que $a_2 = a_3$.

A.3. Conjuntos *Fuzzy* Triangulares

Ambos, TFS e TrFS, são muito utilizados em ambientes controlados por engenheiros (COX, 1994). Porém, segundo KAUFMANN e GUPTA (1991), os TFSs são os conjuntos *fuzzy* mais encontrados nos estudos de problemas de engenharia e administração. Pois, além de possuírem fácil fuzzyficação, também possuem operações (que não foram utilizadas nesta dissertação, como *soma*, *adição*, *multiplicação por escalar*, *ordenação*, *sobreposição*, etc.) simples de se executar. Ou seja, trabalhar com TFSs é, relativamente, mais fácil.

Realmente, a fuzzyficação de um TFS é bastante simples, uma vez que o especialista só necessita informar três valores: a_1 , o menor elemento do conjunto Fuzzy (valores menores que a_1 possuem pertinência zero); a_2 , o elemento de pertinência máxima; e a_3 , o maior elemento (valores maiores que a_3 possuem pertinência zero).

Porém nem sempre é possível se trabalhar com TFSs, como mostra a situação abordada pela figura A.7:

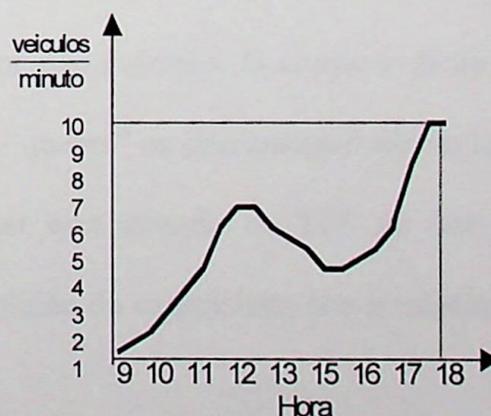


Figura A.7 Trânsito na Oitava avenida de Nova Iorque (adaptado de COX, 1994)

Nesta avenida, o trânsito pode ser considerado *leve* após as 9 horas, quando já passou o horário do *rush* matinal; daí ele aumenta no horário do almoço; em seguida, cai; e volta a crescer, chegando a ficar realmente pesado às 18 horas, horário do *rush* noturno. Ouvindo-se um nova-iorquino especialista em trânsito, o conjunto *fuzzy* mostrado na figura A.8 poderia ser estabelecido.

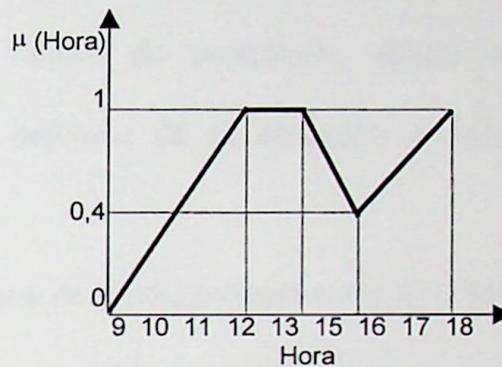


Figura A.8 Conjunto *fuzzy* para “trânsito pesado na Oitava avenida de Nova Iorque”

O processo de fuzzyficação permite, através de rápida observação na figura A.8, uma análise geral de como o trânsito se comporta, nesta importante avenida, durante o horário comercial. Por outro lado, a ordem de grandeza do trânsito em número de veículos, e sua variação minuto por minuto, mostradas na figura A.7 foram perdidas em favor desta síntese. O conjunto *fuzzy* neste caso não é mais trapezoidal: ocorre uma “quebra” ou *descontinuidade* em torno das 16 horas.

Deve-se, portanto, evitar esta indução ao TFS na fase de fuzzyficação. Uma solução seria ouvir a opinião do especialista sob a existência, ou não, de quebras ou descontinuidades.

A.4. Desfuzzyficação

Desfuzzyficação (*defuzzification*) é o processo de conversão de vários conjuntos *fuzzy* em um único conjunto ou de um único conjunto *fuzzy* em um número real..

A desfuzzyficação de um conjunto *fuzzy* é necessária, por exemplo, quando o resultado final da aplicação deva ser um valor único, e não uma faixa de variação com seus possíveis valores de ocorrência. Ainda segundo COX (1995), desfuzzyficação “é o processo de se encontrar o valor esperado para uma variável”.

Existem vários processos de desfuzzyficação. COX (1994) cita, entre outros: o centróide, a maior altura e a média do intervalo de maior altura. Para os TFSs, os métodos convergem para o mesmo valor ou para valores próximos. KAUFMANN e GUPTA (1991) propõe o método do *representativo ordinário*, \hat{A} , de um conjunto *fuzzy* A, que, para um TFS pode ser obtido pela equação (3.7), onde $A = (a_1, a_2, a_3)$ é o TFS que se deseja desfuzzyificar.

$$\hat{A} = \frac{a_1 + 2a_2 + a_3}{4} \quad (3.7)$$

A figura A.9 traz o exemplo de desfuzzyficação pelos métodos representativo ordinário, centróide e maior altura. Como o TFS do exemplo (0, 2, 5) não é simétrico, sua desfuzzyficação pelos métodos citados obteve resultados diferentes, embora próximos entre si como mostra a tabela A.1.

Método	Resultado
Centróide	3,10
Representativo ordinário	2,75
Maior altura	2,00

Tabela A.1 Desfuzzyficação do TFS (1, 2, 6)

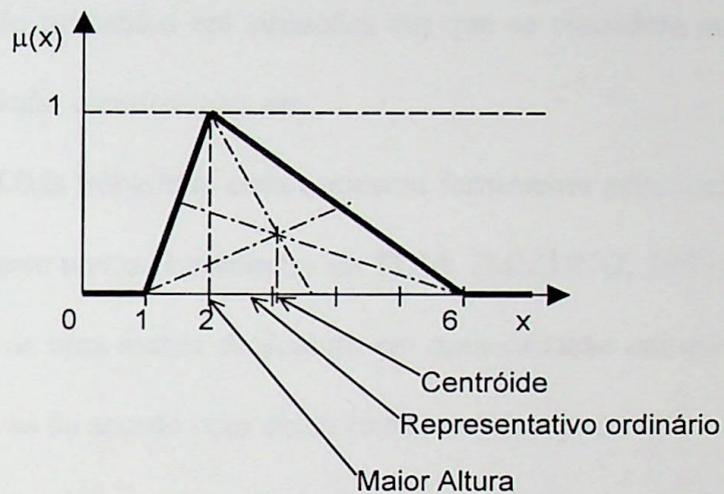


Figura A.9 Desfuzzyficação do TFS (1, 2, 6)

O exemplo acima também ilustra que os métodos do centróide e representativo ordinário são, nesta ordem, mais sensíveis à assimetria do TFS. O método *representativo ordinário* foi utilizado na Metodologia Proposta por apresentar maior sensibilidade à assimetria que o método *maior altura* e ao fato de ser mais simples de se calcular que o *centróide*,

Apêndice B – DECISÃO MULTICRITERIAL

B.1. Considerações Iniciais

Os métodos multicriteriais de auxílio à decisão (MCDMs – *Multiple Criteria Decision Methods*) são utilizados em situações em que se considera mais de um critério: *custo, qualidade, atendimento, etc.*

Basicamente, os MCDMs trabalham com a mesma ferramenta principal: a *matriz de decisão*, uma das sete novas ferramentas da TQM (MIZUNO, 1993). A tabela B.1 traz um exemplo de uma matriz de decisão em uma situação em que se deseja analisar três alternativas de acordo com cinco critérios diferentes.

	critério 1	critério 2	critério 3	critério 4	critério 5
alternativa 1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}
alternativa 2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}
alternativa 3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}

Tabela B.1 Matriz de decisão

Na matriz de decisão, a_{ij} representa o desempenho da alternativa i segundo o critério j . A maneira com que um MCDM *trabalha* os a_{ij} é que o torna diferente dos demais. Métodos como o ELECTRE (*Elimination and Choice Translating Reality*) fornecem apenas a ordenação das alternativas com base em *princípios de dominância*. Outros métodos fornecem, além desta priorização, uma *medida do desempenho* das alternativas, considerando todos os critérios.

Devido a esta limitação, o método ELECTRE não pôde ser utilizado na Metodologia Proposta. Porém, existem hoje vários MCDMs que fornecem valores de desempenho global das alternativas, merecendo ser citados:

- o Método de Análise Hierárquica (AHP – *Analytic Hierarchy Process*), proposto por SAATY (1977) e considerado, atualmente, o MCDM mais utilizado em todo o mundo;
- o Método de Análise em Redes (ANP – *Analytic Network Process*), também proposto por SAATY (1996);
- a Abordagem de Decisão Fuzzy (FDA – *Fuzzy Decision Approach*) baseada em conjuntos *fuzzy* e proposta por LIANG e WANG (1992);
- o MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) proposto por BANA E COSTA e VASNICK (1994);
- a TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), cujo desenvolvimento se deve a HWANG e YOON (1981);

No capítulo 3, propôs-se a utilização do AHP, no modelo proposto por esta dissertação, devido à utilização deste MCDM ser útil em mais de uma fase da abordagem Q-Pricing, conforme a figura 3.1. Além disto, segundo SANTANA (1996), o AHP pode ser considerado um método mais robusto, por assegurar a consistência dos dados de sua matriz de decisão.

As próximas seções deste apêndice trazem as fases do AHP, resumos sobre trabalhos que trazem comparações do AHP com outros MCDMs e, finalmente, as considerações finais.

B.2. O Método de Análise Hierárquica

B.2.1. Um breve histórico

A história do AHP começou no início da década de 70, quando o exército, grandes empresas e o governo dos Estados Unidos representavam uma importante demanda por um método de auxílio à tomada de decisão, com suas importantes e complexas necessidades. Foi assim que a empresa **Incorporated Expert Choice** foi fundada por experientes consultores, respeitados no meio acadêmico norte americano. Entre eles, os Drs. Thomas L. Saaty e Ernest H. Forman, ambos professores da Wharton Business School.

Posteriormente, SAATY (1977) apresentou o AHP através de artigo em periódico de Matemática e Psicologia. Logo em seguida, o método começou a ser investigado por pesquisadores de diversas áreas. Três anos mais tarde foi publicado o livro homônimo do AHP (SAATY, 1980). Na mesma época, foi lançado o *software* **Expert Choice**, desenvolvido pelo Dr. Forman. Ambos livros e *software* tiveram papéis decisivos para a difusão do AHP nos meio acadêmico e empresarial. Atualmente, a empresa possui clientes como **IBM, Xerox, NASA, General Motors, 3M**, etc. utilizando seu *software* que já está na versão 9.0.

No início dos anos 90, o AHP *chegou* ao Brasil com o lançamento do livro “Método de Análise Hierárquica” (SAATY, 1991), traduzido pelo Dr. Wainer da Silveira e Silva da Universidade Federal Fluminense. Recentemente, LOMBARDO (1996) listou mais de 1.500 trabalhos que descrevem o AHP, trazem aplicações, críticas, aperfeiçoamentos, etc.

B.2.2. Estruturação

O AHP é executado através de três fases, sendo que a primeira, *estruturação*, consiste na obtenção do modelo de decisão. No AHP, este modelo possui a forma de uma hierarquia (daí o nome do método). É importante observar que, nesta fase, os especialistas já se começam a ser ouvidos. A figura B.1 traz o exemplo de um modelo de decisão, com três níveis hierárquicos, obtido por uma estruturação.

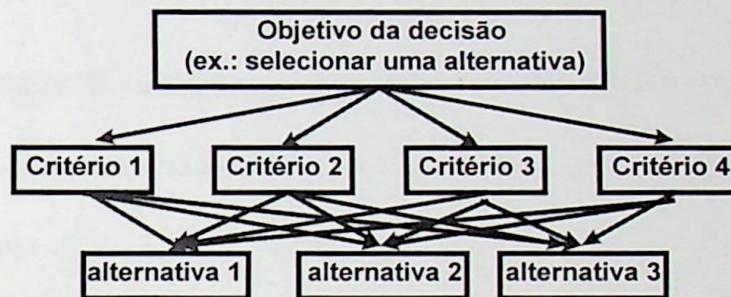


Figura B.1 Estrutura de decisão hierárquica em três níveis

Na fase seguinte do AHP, os elementos de um nível hierárquico serão comparados entre si. De acordo com MILLER (1956 *apud* SAATY, 1991), o ser humano possui como limite 7 ± 2 itens em comparações simultâneas. Assim, o número 9 poderia surgir como limite de elementos por nível. Porém, ao se observar hierarquias com mais de três níveis, conclui-se que este limite se aplica para cada nó. A figura B.2 traz o exemplo de uma hierarquia com quatro níveis. Nesta hierarquia, observa-se que o segundo nível (com os critérios) possui dois nós. Assim, o terceiro nível (o dos sub-critérios) poderia possuir até 18 elementos (2×9). Esta regra é válida para todos os níveis com exceção do último (alternativas), pois, *o limite do AHP são nove alternativas!*

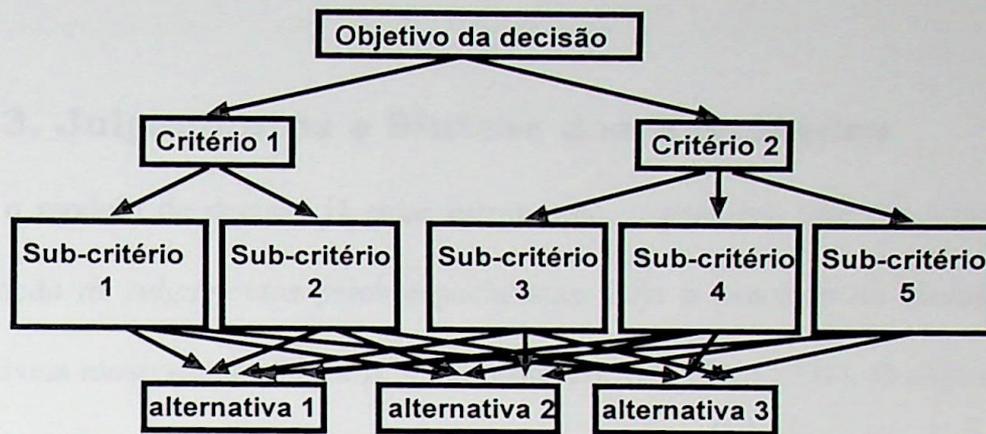


Figura B.2 Estrutura de decisão hierárquica em quatro níveis

Existem dois tipos de estruturação: *Bottom-Up* e *Top-Down*. O tipo *Bottom-Up*, útil quando as alternativas são melhor compreendidas que os objetivos, possui os seguintes passos:

- identificação das alternativas;
- listagem dos prós e contras de cada alternativas (estes serão os critérios ou sub-critérios da estrutura de decisão);
- obtenção dos critérios e do objetivo da decisão a partir dos prós e contras listados anteriormente.

O tipo *Top-Down* é melhor aplicado à decisões de natureza mais estratégica onde os objetivos são melhores entendidos que as alternativas (INCORPORATED EXPERT CHOICE, 1995). Estes são os passos de uma estruturação *Top-Down*:

- identificação do(s) objetivo(s) principal(is) da decisão;
- identificação dos sub-objetivos, critérios, sub-critérios, e assim por diante.
- agrupamento das alternativas no último nível hierárquico

B.2.3. Julgamentos e Síntese dos Resultados

Após o modelo de decisão já estar estruturado, a próxima fase do AHP será a *realização de julgamentos* pelos especialistas. Seja o exemplo da hierarquia de dois níveis mostrada na figura B.3, proposto por SAATY (1991). O objetivo é se estimar a distância entre a Filadélfia e as cidades presentes no segundo nível hierárquico.

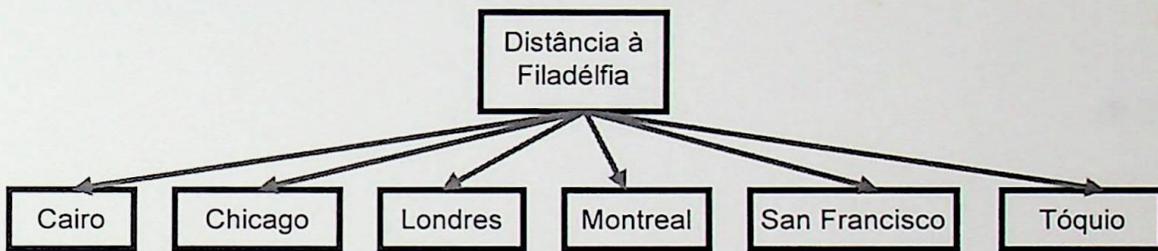


Figura B.3 Estrutura hierárquica para estimar a distância à Filadélfia

Considerou-se como *especialista*, um passageiro aéreo experiente, que se baseou no cansaço obtido com o voo. O especialista realizou julgamentos entre as cidades duas a duas, comparando qual delas seria mais distante da Filadélfia, utilizando para isto a Escala Fundamental de Saaty apresentada no Anexo A.

	CAI	TYO	ORD	SFO	LGW	YMX
Cairo (CAI)	1	1/3	8	3	3	7
Tóquio (TYO)	3	1	9	3	3	9
Chicago (ORD)	1/8 0,125	1/9	1	1/6 0,167	1/5 0,2	2
San Francisco (SFO)	1/3	1/3	6	1	1/3	6
Londres (LGW)	1/3	1/3	5	3	1	6
Montreal (YMX)	1/7 0,143	1/9 0,111	1/2	1/6	1/6	1

Tabela B.2 Matriz de julgamentos para estimação da distância à Filadélfia

De acordo com os julgamentos mostrados na tabela B.2, o especialista considerou, por exemplo, Tóquio um *pouco mais distante* que Cairo da Filadélfia. Observa-se que a matriz A, matriz dos julgamentos da tabela B.2, é uma matriz recíproca [equação (B.1)] e positiva [equação (B.2)].

$$a_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{a_{ji}} & i \neq j \\ 1 & i = j \end{cases} \quad (\text{B.1})$$

$$a_{ij} > 0 \quad , \forall i, j \quad (\text{B.2})$$

Da reciprocidade resulta que, o especialista não necessita realizar todos julgamentos em uma matriz de julgamentos. Uma vez que os valores situados abaixo da diagonal principal da matriz são os recíprocos dos correspondentes acima da diagonal, e os valores na diagonal principal são todos iguais a 1, apenas os julgamentos situados acima da diagonal principal são necessários. Portanto, o número de julgamentos necessários para obtenção da matriz A, para cai de 36 (6×6) para 15 ($5 + 4 + 3 + 2 + 1$). A equação (B.3) traz fórmula de cálculo do número de julgamentos necessários, J, onde n é o número de elementos no nó ao qual a matriz de julgamentos diz respeito, ou seja, a ordem da matriz.

$$J = \frac{n(n-1)}{2} \quad (\text{B.3})$$

A distância relativa à Filadélfia, são obtidos pelo *autovetor* P da matriz A que satisfaz (B.4), onde λ é o *autovalor* do autovetor.

$$A \times P = \lambda \times P \quad (\text{B.4})$$

Hoje em dia, existem programas computacionais (MATLAB, MATCAD, etc.) capazes de calcular o autovetor da matriz de uma dada equação. Porém, SAATY (1991) propôs maneiras de se estimar o autovetor, através de cálculos simples. Uma delas é a da média geométrica dos elementos da correspondente linha de A:

$$P_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} \quad (\text{B.5})$$

Com os valores da tabela B.2, obtém-se:

$$P = \begin{bmatrix} 2,35 \\ 3,60 \\ 0,31 \\ 1,05 \\ 1,47 \\ 0,25 \end{bmatrix}$$

O autovetor pode ser normalizado para que a soma de seus elementos seja igual a 1. Assim, P' pode ser obtido através de (B.5), para $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

$$p'_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (\text{B.5})$$

Logo:

$$P' = \begin{bmatrix} 0,260 \\ 0,399 \\ 0,035 \\ 0,116 \\ 0,163 \\ 0,027 \end{bmatrix}$$

A tabela B.3 traz uma comparação dos dados reais (distância a Filadélfia em milhas) com os elementos de P'.

	distância à Filadélfia (milhas)	distância normalizada	P'
Cairo	5.729	0,278	0,260
Tóquio	7.449	0,361	0,399
Chicago	660	0,032	0,035
San Francisco	2.732	0,132	0,116
Londres	3.658	0,177	0,163
Montreal	400	0,019	0,027

Tabela B.3 Comparação dos Resultados obtidos com a distância à Filadélfia

Observa-se que realmente houve uma proximidade dos resultados obtidos com o AHP e os valores reais. Além disto o AHP permite a verificação da consistência dos julgamentos. Uma matriz de julgamentos consistente deverá satisfazer (B.5), para todos $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$:

$$a_{ij} = \frac{p_i}{p_j} \tag{B.5}$$

Mas, a matriz A será consistente se, e somente se, λ for igual a n. E λ sempre será maior ou igual a n (SAATY, 1996). O autovalor λ pode ser estimado por (B.6) que utiliza o autovetor normalizado P' e S, vetor auxiliar utilizado neste cálculo, obtido por B.7:

$$\lambda = S \times P' \tag{B.6}$$

$$s_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} \tag{B.7}$$

Substituindo os valores da tabela B.2, obtém-se o vetor auxiliar S e o autovalor λ :

$$S = [4,93; 2,22; 29,50; 10,33; 7,70; 31,00]$$

$$\lambda = [4,93; 2,22; 29,50; 10,33; 7,70; 31,00] \times \begin{bmatrix} 0,260 \\ 0,399 \\ 0,035 \\ 0,116 \\ 0,163 \\ 0,027 \end{bmatrix} = 6,49$$

Uma medida da consistência dos julgamentos é o índice de consistência, c_I , que mede o afastamento entre λ e n:

$$c_I = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (\text{B.6})$$

Uma medida melhor é a razão de consistência, c_R , que considera também um erro aleatório obtido em função da ordem da matriz de julgamentos:

$$c_R = \frac{c_I}{c_A} \quad (\text{B.7})$$

onde c_A é o índice aleatório de consistência obtido pela Tabela de Inconsistência Aleatória apresentada no Anexo B. Substituindo valores nas equações (B.6) e (B.7), obtém-se:

$$c_I = \frac{6,49 - 6}{6 - 1} = 0,098$$

$$c_R = \frac{0,098}{1,25} = 0,078$$

Segundo SAATY (1996), o autovetor P poderá ser aceito para valores de c_R menores ou iguais a 0,10. Acima deste valores os julgamentos do especialista merecem ser revistos.

B.3. Comparação do AHP com Outros Métodos

Neste item, serão apresentadas algumas comparações do AHP com outros métodos, afim de justificar sua aplicação na Metodologia Proposta no Capítulo 3.

B.3.1. AHP e FDA

Segundo GOTHB e WARREN (1995), um MCDM pode ser considerado bom a partir de seus resultados. Se metodologias diferentes levarem a resultados diferentes, então as razões para divergência deverão ser analisadas para que o MCDM apropriado possa ser selecionado para a situação em questão.

AHP e FDA foram selecionados para um estudo de caso em uma situação onde se necessitava de um MCDM prático e fácil de se aplicar e explicar. A administração de um hospital deveria tomar a decisão de se continuar com o equipamento de arquivamento e recuperação de dados de radiografias em filmes, ou implementar a utilização de um equipamento novo baseado em tecnologia digital. Estas eram as duas alternativas, e foram denominadas *Antigo* e *Novo*, respectivamente. Três critérios principais foram considerados: *custo*, *produtividade* e *risco*. Os valores subjetivos foram fornecidos por *médicos*, considerados *especialistas* por sua experiência. As tabelas B.4 e B.5 trazem as matrizes de decisão para o caso utilizando-se os dois MCDMs.

Na tabela B.4 pode-se notar que o AHP permite a combinação de valores quantitativos (como o custo) com os valores subjetivos fornecidos pela opinião dos especialistas, trazendo os pesos das alternativas já normalizados.

	Produtividade	Risco	Custo
Antigo	0,117	0,688	0,613
Novo	0,883	0,312	0,387

Tabela B.4 Matriz de decisão pelo AHP

Da tabela B.5 vemos que, pela FDA, os desempenhos das alternativas *Antigo* e *Novo* em cada critério são TrFS. Estes valores foram obtidos através da opinião dos especialistas sobre o desempenho das alternativas em cada sub-critério. Todos valores de desempenho foram ponderados pelo peso do critério, também atribuído pelos especialistas através de TrFSs.

	Produtividade	Risco	Custo
Antigo	(0,06; 0,18; 0,20; 0,44)	(0,34; 0,65; 0,66; 0,81)	(570, 600, 670, 708)
Novo	(0,33; 0,65; 0,65; 0,88)	(0,29; 0,60; 0,61; 0,85)	(803, 850, 910, 960)

Tabela B.5 Matriz de decisão pela FDA

Pode-se observar ainda que os dados da tabela B.5 não estão normalizados como os da B.4, estando inclusive os dados de *custo*, em milhares de dólares por ano, como custo anual equivalente. Através de desfuzzyficação e normalização, poderia-se obter uma outra tabela e compará-la com a B.4. Porém, como o que interessa é o desempenho global das alternativas esta nova tabela não foi apresentada.

Para avaliar a sensibilidade do resultados dos MCDMs quanto a uma mudança na política administrativa do hospital, foram definidas 9 políticas conforme a tabela B.6.

Política	Descrição
1	Peso maior para a Produtividade
2	Pesos iguais
3	Peso maior para os Custos
4	Peso maior para os Riscos
5	Peso um pouco maior para os Riscos e menor para a Produtividade
6	Peso um pouco maior para os Custos e os Riscos
7	Peso um pouco maior para os Riscos
8	Peso um pouco maior para a Produtividade
9	Peso um pouco maior para os Riscos e menor para os Custos

Tabela B.6 Políticas administrativas

Para comparar os resultados obtidos pelos dois MCDMs, a margem de superioridade da alternativa *Novo*, MSN , foi calculada pela equação B.10:

$$MSN = \frac{Novo - Antigo}{Antigo} \quad (B.10)$$

onde *Antigo* e *Novo* são os desempenhos das respectivas alternativas, obtidos por cada MCDM para cada política administrativa.

Com os resultados da tabela B.7, observa-se que em cada MCDM as alternativas obtiveram desempenho similar. Em apenas duas políticas houve uma variação superior a 25%. Embora uma alternativa diferente tenha superado a outra em duas políticas diferentes, em apenas uma houve diferença significativa (política 4). A maior diferença entre os métodos foi constatada para a política 8, com 36%.

Política	AHP			FDA		
	Antigo	Novo	MSN	Antigo	Novo	MSN
1	0.381	0.619	62%	0.345	0.585	70%
2	0.470	0.530	13%	0.445	0.555	25%
3	0.501	0.499	-0.4%	0.510	0.525	3%
4	0.523	0.477	-9%	0.445	0.520	17%
5	0.390	0.535	37%	0.400	0.475	19%
6	0.415	0.525	27%	0.420	0.490	17%
7	0.425	0.575	22%	0.400	0.500	25%
8	0.360	0.575	60%	0.420	0.520	24%
9	0.410	0.595	45%	0.420	0.525	25%

Tabela B.7 Sensibilidade à política administrativa

Segundo GHOTB e LEWIS (1995), ambos os métodos foram considerados úteis na abordagem desta complexa decisão. *Nenhum método pôde ser considerado superior.*

B.3.2. AHP e MACBETH

SCHMIDT (1995) defendeu sua dissertação de mestrado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) comparando os métodos AHP e MACBETH. De um lado, o AHP (SAATY, 1977) com quase 2 décadas de ampla aplicação no meio empresarial, mais especificamente nos Estados Unidos. Do outro, o MACBETH (BANA E COSTA e VASNICK, 1994), recentemente proposto, estava começando a atrair atenção do meio acadêmico. A estadia do professor Bana em Florianópolis, gerou nove artigos para o 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) ocorrido em 1996, todos tendo como co-autor o professor Leonardo Ensslin (atual supervisor do laboratório de metodologias Multicriteriais de Apoio à Decisão da UFSC). Ambos professores, Bana e Ensslin são, atualmente, críticos das fases de estruturação e julgamentos do AHP.

SCHMIDT (1995) focalizou o Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da UFSC (PPGEP-UFSC), sob o ponto de vista dos alunos, num estudo comparativos dos dois MCDMs citados. A decisão a ser tomada era “como aperfeiçoar a *competitividade* do PPGEP-UFSC?”.

A falta de domínio no AHP propiciou um erro de nomenclatura que, no entanto, não comprometeu o estudo para este método. Como se analisaria apenas um programa de pós-graduação, SCHMIDT (1995) afirmou que seu modelo de decisão apresentava *uma única alternativa*. Na verdade, os *sub-critérios* de seu modelo de decisão eram as *alternativas* ou *ações a serem tomadas* para o aperfeiçoamento da competitividade do PPGEP-UFSC. ***Uma decisão com uma alternativa só não existe!***

No estudo em questão um grupo de alunos (mestrandos e doutorandos) foi reunido, apresentado à metodologia do AHP e ouvido para a estruturação do modelo de decisão e para o estabelecimento de julgamentos necessários.

Para atingir o objetivo principal, os alunos sintetizaram três critérios: *qualificação para pesquisa* (QP), *contribuição para a comunidade* (CC) e *formação competitiva* (FC). QP está relacionado ao incentivo dado para a pesquisa pura e aplicada; o critério CC é importante porque afeta, diretamente, o objetivo principal: sem a comunidade não seria possível, nem preciso desenvolver a pesquisa. Um terceiro critério considerado, FC, representa a formação dada aos alunos, que é um dos critérios responsáveis para que o curso se torne competitivo. O terceiro nível da hierarquia destaca as condições necessárias para se atingir o objetivo principal: *qualidade das aulas* (QA), *infra-estrutura de trabalho* (IT), *qualidade dos docentes* (QD), *valorização da dissertação/tese* (VD), *remuneração/bolsa* (RB), *quantidade de alunos que entram* (AE), *renome do curso* (RC). A estrutura hierárquica, para o AHP, está apresentada na figura B.4:

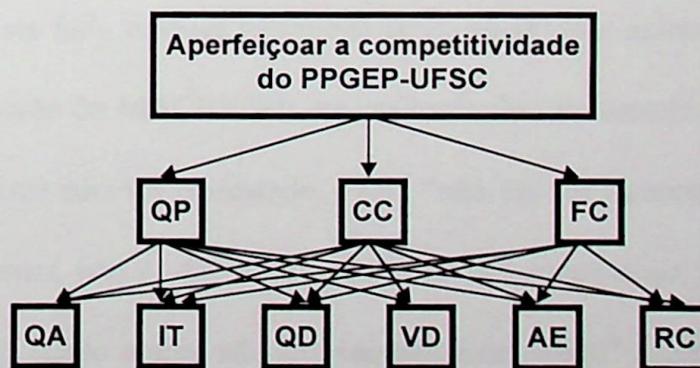


Figura B.4 Modelo de decisão pelo AHP

Então o grupo de alunos realizou julgamentos aos pares entre os critérios e depois sob quais condições seriam mais importantes dentro de cada critério. Chegou-se, assim, ao desempenho global das alternativas: devem ser alvo de análise a *infra-estrutura de trabalho* com 23,16%, seguida pela *valorização da dissertação/tese* com 20,40%, *qualidade das aulas* com 19,22%, *qualidade dos docentes*, 17,94%, *remuneração/bolsa*, 12,77%, *renome do curso*, 4,30% e *quantidade de alunos entrantes* com 2,20%.

Segundo SCHMIDT (1995), o MACBETH é “uma abordagem interativa que auxilia a construção de medidas cardinais de julgamentos sobre o grau de atratividade para o qual os elementos de um grupo de ações potenciais finito, A, possui critérios P”. O que no MACBETH se denomina *grupo de ações* são as *alternativas*, e o grupo de critérios são denominados *pontos de vistas*, existindo *pontos de vistas fundamentais* (PVFs) e *pontos de vistas elementares* (PVEs), também denominados *descritores*. Ao aplicar o MACBETH, SCHMIDT (1995) cometeu o mesmo erro da aplicação do AHP (confundir *sub-critérios* com *alternativas*). Este fato, embora não tenha comprometido a aplicação do AHP, foi crucial na aplicação do MACBETH: um passo da fase de estruturação (ordenar os níveis de impacto) não foi executado. Pois, “não era do interesse deste trabalho avaliar *alternativas*, isto é, *diferentes cursos de pós-graduação*, e sim determinar pontos de vistas, sendo assim, não se executou este passo.” Assim, o MACBETH foi aplicado com uma estrutura diferente da mais adequada que deveria considerar, como alternativas, as ações para se aperfeiçoar a competitividade do curso de pós-graduação. Estas ações fizeram parte do grupo de PVFs, que neste caso foram

treze, superando a importante consideração que o número de pontos de vista não deve ser muito grande, lembrando-se o estudo de MILLER (1956, apud SCHMIDT, 1995), sobre o limite psicológico de 7 ± 2 itens.

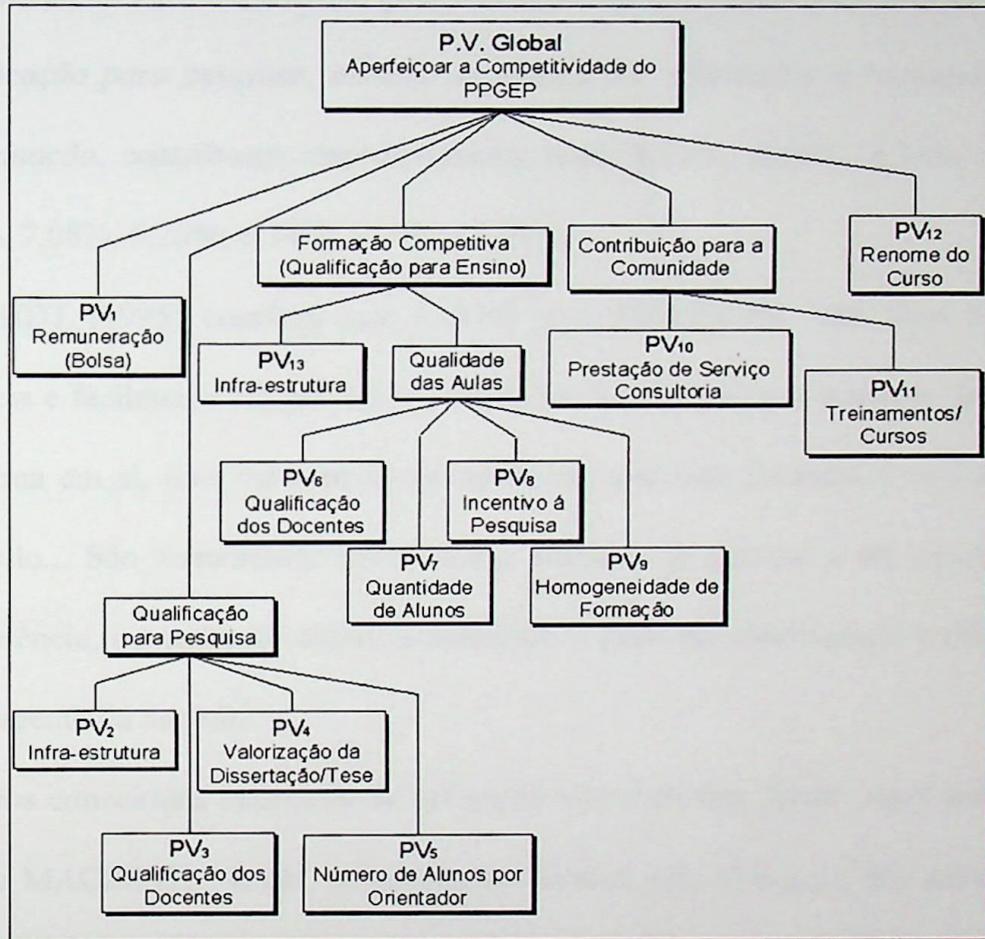


Figura B.5 Modelo de decisão pelo MACBETH (SCHMIDT, 1995)

Mesmo com equívocos no modelo de decisão do MACBETH, pôde-se chegar à conclusão que o ponto de vista que mais influencia, na visão dos alunos, para atingir o objetivo principal de “aperfeiçoar a competitividade do PPGE”, é o ponto de vista *consultoria e prestação de serviço para a comunidade* que contribui com 10,86% do valor global, seguido muito de perto pelo ponto de vista *treinamento/cursos para a comunidade*, que contribui com 10,74%.

A *infra-estrutura em formação competitiva* contribui com 10,39%, *qualidade dos docentes em formação competitiva*, *infra-estrutura em qualificação para pesquisa*, *incentivo à pesquisa*, *renome do curso*, *remuneração(bolsa)*, *valorização da dissertação/tese*, *quantidade de alunos*, *qualidade dos docentes em qualificação para pesquisa*, *número de alunos por orientador* e *homogeneidade de formação*, contribuem respectivamente com: 8,62%, 8,50%, 8,38%, 7,79%, 7,44%, 7,08%, 6,26%, 6,14%, 5,79% e 2,01%.

SCHMIDT (1995) concluiu que o AHP e o MACBETH “são dois métodos flexíveis e facilmente adaptáveis às mudanças. Mudanças que ocorrem não só no problema em si, mas também no contexto em que está inserido e na forma de encará-lo... São ferramentas muito úteis, auxiliam o decisor a ter confiança e competência, aumentando significativamente o grau de objetividade e eficiência no momento da decisão.”

Os erros conceituais ocorridos na aplicação dos métodos, foram *mais influentes para o MACBETH*. Assim, os resultados obtidos pela aplicação dos métodos, a priori, não poderiam ser comparados, mesmo porque, não foi mencionado se os mesmos *especialistas* (grupo de alunos) foram utilizados.



B.3.3. AHP e decisão em grupo

SRISOEPARDANI (1996) comparou o AHP com outros métodos de tomada de decisão em grupo. RUBIN (1984 apud SRISOEPARDANI, 1996) propôs seis indicadores de qualidade para a tomada de decisão em grupo:

- *eficiência,*
- *desenvolvimento e análise das alternativas,*
- *justiça,*
- *satisfação e moral dos membros dos grupos,*
- *eficácia da liderança e*
- *crescimento com o tempo.*

Os indicadores foram transformados em critérios para a avaliação dos métodos de decisão em grupo. Porém, algumas modificações foram necessárias: *eficiência* foi eliminada por ser fortemente dependente da maneira com que os grupos são formados e liderados; *crescimento com o tempo* denominado como *aprendizado*; um método que permite *liderança e aprendizado efetivos* propiciará *satisfação e moral dos membros dos grupos*, assim este último não foi explicitamente considerado como critério.

Embora nenhum MCDM tenha sido incluído, a pesquisa ressaltou que o AHP fornece uma maneira simples e prática de se negociar com alternativas tangíveis ou intangíveis. O AHP se sobressaiu na comparação com os outros métodos (*Brainstorming*, Votação, Análise Conjunta, Análise Bayesiana, etc.).

B.3.4. AHP e ANP

No ano passado foi proposto por SAATY (1996) um novo método, derivado do AHP, que procurava solucionar uma de suas limitações: a dependência entre elementos de um mesmo nível hierárquico. Nesta obra, o AHP passou a ser definido por seu autor como “um caso particular do ANP”.

Para poder incluir elementos não totalmente independentes, o modelo de decisão do ANP não possui mais a forma de hierarquia e sim de uma rede. Assim, um problema de tomada de decisão analisado pelo AHP com uma hierarquia simples, com três níveis, como mostra a figura B.6, poderá ser analisado pelo ANP através da rede da figura B.7.

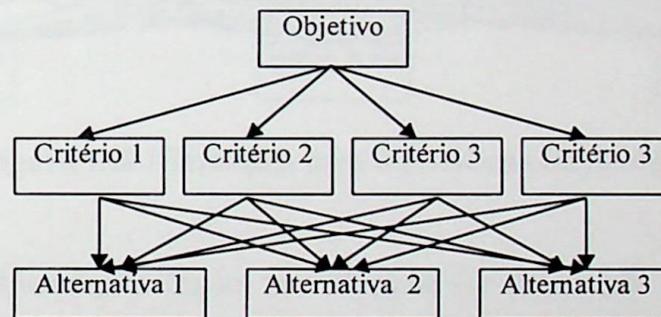


Figura B.6 Hierarquia com três níveis

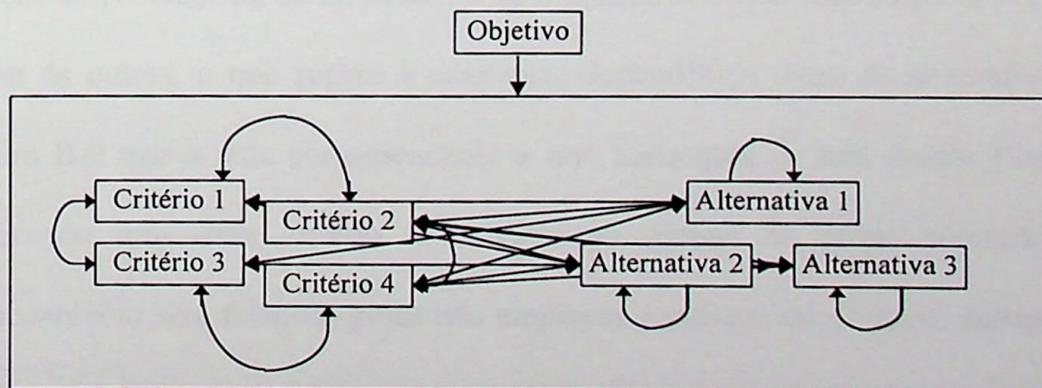


Figura B.7 Rede corresponde à hierarquia mostrada na figura B.6

Um exemplo clássico para uma situação onde o AHP teoricamente não poderia ser utilizado foi apresentado por SAATY (1996): a estimativa do líder do mercado norte-americano de *fast-food*. A figura B.8 traz uma hierarquia para esta decisão, onde podem ser observados os critérios (2º nível hierárquico), os sub-critérios (3º nível) e as alternativas (no último nível): Mc Donald's, Burger King e Wendy's.

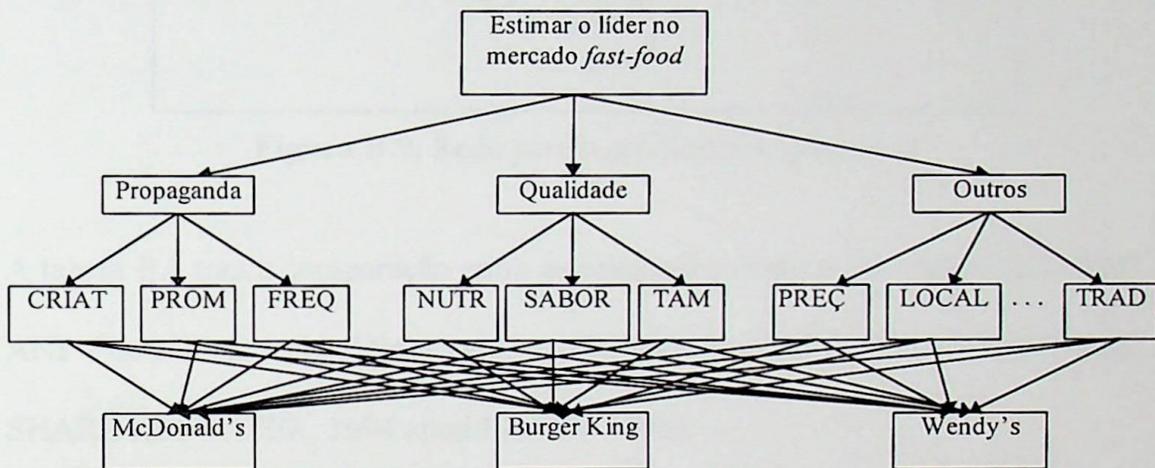


Figura B.8 Hierarquia para o problema do *fast-food*

A existência de interdependências fica clara se for observado que, por exemplo, uma diminuição no preço do produto afeta à propaganda que a empresa veicula na criação de promoções, ou no aumento da frequência. O que uma empresa faz pode afetar às outras, o que sugere a existência dependência entre as alternativas. A Figura B.9 traz a rede correspondente a esta hierarquia de três níveis. Pode ser observado que cada critério se tornou um *grupo*. O grupo rotulado por *Concorrência* será formado pelas três empresas presentes no 4º nível hierárquico da figura 4. Nota-se também a presença de *feedback's* em três grupos.

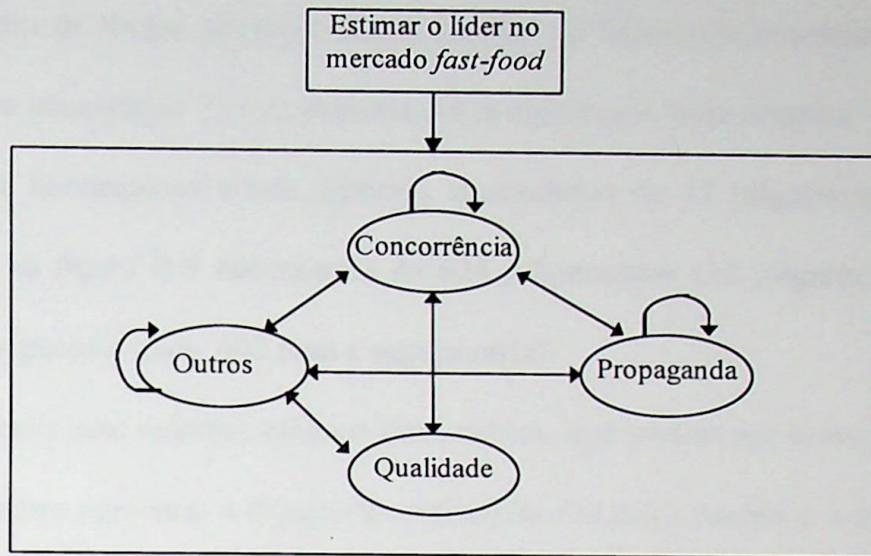


Figura B.9. Rede para o problema do *fast-food*

A tabela B.8 traz a comparação entre os resultados obtidos utilizando-se o AHP o ANP e os valores reais obtidos pelas vendas no mês de março de 1993 (MARKET SHARE REPORTER, 1994 apud SAATY 1996).

	Hierarquia Simples	Hierarquia Complexa	Rede	Valores Reais
McDonald's	0,4640	0,5427	0,5603	0,5823
Burger King	0,2305	0,2689	0,2778	0,2857
Wendy's	0,3055	0,1884	0,1621	0,1320

Tabela B.8 Comparação entre os resultados do AHP e do ANP

Observa-se que, no problema estudado, com o ANP foi obtida uma maior precisão nos resultados do que com o AHP. Além disso, estudando-se um problema onde, a princípio, existem relações de dependência entre elementos de um mesmo nível hierárquico com o AHP corre-se o risco de obter uma inversão de prioridades (problema de ordenação) entre duas alternativas.

Porém, para se chegar ao vetor de prioridades da hierarquia mostrada na figura B.8 seriam necessários 79 julgamentos. Uma hierarquia mais simples, com apenas três níveis hierárquicos e três critérios, necessitaria de 12 julgamentos. A rede mostrada na figura B.9 necessitaria de 624 julgamentos (22 julgamentos para a matriz dos pesos e mais 602 para a supermatriz).

Para diminuir este esforço, existem duas saídas, que podem ser tomadas isoladas ou de maneira conjunta: a *departamentalização* dos julgamentos e a utilização de técnicas de diminuição do número de julgamentos. Na departamentalização dos julgamentos, profissionais de propaganda fariam os julgamentos relativos à propaganda, os da cozinha julgariam em relação à qualidade da comida, e assim por diante. Todos realizariam os julgamentos da matriz dos pesos. É uma medida eficiente, pois seria aplicada nos julgamentos entre os elementos dos grupos, que são em maior número. Entre as técnicas de diminuição do número de julgamentos, merece ser citada a *Incomplete Pairwise Comparisons* proposta por HARKER (1987).

B.4. Considerações Finais

Nenhum dos trabalhos apresentados na seção anterior concluiu que o método AHP seja inferior a pelo menos um deles. Pelo contrário, os resultados obtidos podem ser considerados relativamente próximos e a aplicação do AHP possui vantagens evidentes em alguns casos.

Talvez a primeira decisão a ser tomada seja como tomá-la, ou seja, se for utilizado um MCDM como ferramenta de auxílio à decisão, qual utilizar? Para responder esta questão a situação com que a decisão será tomada é que levará à escolha. Dispõe-se de tempo para tomar a decisão? Existem mais de nove alternativas? As alternativas e os critérios de decisão são totalmente independentes?

A negação de uma das perguntas acima implica na possibilidade de não poder se aplicar o AHP. Porém, com o progresso obtido através da aplicação de centenas de estudos de casos (LOMBARDO, 1996) e com a afirmação simultânea das três questões anteriores, recomenda-se a utilização do AHP e espera-se inclusive a obtenção de bons resultados, senão ótimos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), **NBR-5426 – Planos de Amostragem e Procedimentos de Inspeção por Atributos – Procedimentos**, Rio de Janeiro/RJ, 1977a
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), **NBR-5429 – Planos de Amostragem e Procedimentos de Inspeção por Variáveis – Procedimentos**, Rio de Janeiro/RJ, 1977b
- BANA E COSTA, C. A., VANSNICK, J. C. “MACBETH - An Interactive Path Towards the Construction of Cardinal Value Functions”, **International Transactions in Operational Research**, vol. 1, n. 4, p. 489-500, 1994
- CAMPOS, V. F., **TQC: Controle de Qualidade Total (no Estilo Japonês)**, Bloch Editores S. A., Rio de Janeiro/RJ, 1992
- CONGRESSO NACIONAL, “Estatuto da Criança e do Adolescente”, lei nº 8.069/90, **Diário Oficial da União**, Brasília/DF, 1990
- COSTA, M. R., SOUZA, L. G., “Uma Abordagem das Dimensões Críticas da Empresa do Futuro - A Organização Voltada para a Aprendizagem”, **XVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais em CD-ROM, Piracicaba/SP, 1996
- COX, E., **Fuzzy Logic for Business and Industry**, Incorporated Charles River Media, Rockland, Estados Unidos, 1995
- COX, E., **The Fuzzy Systems Handbook**, Incorporated Academic Press, Londres, Inglaterra, 1994
- DEMING, W. E., **Out Of Crisis**, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Estados Unidos, 1986
- DESAI, M. P., “Implementing a Supplier Scoreboard Program”, **Quality Progress**, vol. 29, n. 2, p. 73-75, 1996
- FRIAS JR., J. B., **Gestão de Fornecedores: da Homologação à Parceria**, trabalho de formatura, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 1995
- GIAMATTEY, R. H., “Sistemas Inteligentes e a Manipulação de Informações”, **XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais em CD-ROM, Gramado/RS, 1997

- GOMES J. O., MEIRELLES L. "Terceirização: Notas Sobre o Estado da Arte", **XIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais, vol. I, p. 524-530, João Pessoa/PB, 1994
- GOMES, C. F., GOMES, L. F., "Aplicação da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - ALINA - em um Processo de Produção Industrial Executando uma Priorização Logística de Fornecedores", **XVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais em CD-ROM, Piracicaba/SP, 1996
- GOMES, C. F., MURY, A. R., "Aplicação da Teoria dos Conjuntos Aproximativos na Redução de Critérios no Método de Análise Hierárquica (AHP) em um Processo de Avaliação de Pessoal", **XVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais em CD-ROM, Piracicaba/SP, 1996
- GOTHB, F., WARREN, L., "A Case Study Comparison of the Analytic Hierarchy Process and a Fuzzy Decision Methodology", **The Engineering Economist**, v. 40, n. 3, p. 233-246, 1995
- HARKER, P. T. **Incomplete Pairwise Comparisons in the Analytic Hierarchy Process**, *Mathematical Modeling*, vol. 9, n. 11, p. 837-848, 1987
- HEINRITZ, S. F., FARELL, P. V., **Compras (Princípios e aplicações)**, Editora Atlas S. A., São Paulo, 1977
- HWANG, C. L., YOON, K., **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications**, Springer-Verlag, Berlim, Alemanha Ocidental, 1981
- IBM CORPORATION, **Process Control, Capability and Improvement**, The Quality Institute, New York, Estados Unidos, 1984
- INCORPORATED EXPERT CHOICE, **Expert Choice Tutorial**, Expert Choice for Windows (version 9.0), Pittsburgh, Estados Unidos, 1995
- KAUFMAN, A., GUPTA, M. M., **Fuzzy Mathematical Models In Engineering and Management Science**, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdã, Holanda, 1991
- LOMBARDO, S. B., **References and Dissertations on the Analytic Hierarchy Process (1976-1996)**, University of Pittsburgh, Pittsburgh, Estados Unidos, 1996

- MARINHO, B. L., AMATO NETO, J., "A Necessidade de Gerenciamento da Qualidade de Fornecedores no Ambiente Globalizado", **XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais em CD-ROM, Gramado/RS, 1997
- MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO FEDERAL E REFORMA DO ESTADO, "Consulta Pública: Anteprojeto de Nova Lei de Licitações", **Diário Oficial da União**, Brasília/DF, 1997
- MIZUNO, S., **Gerência para Melhoria da Qualidade: As Sete Novas Ferramentas de Controle da Qualidade**, LTC Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro/RJ, 1993
- MONTEVECHI, J. A., **Contribuição para Identificação de Similaridades entre Peças – Abordagem baseada na Lógica Fuzzy em sistemas de Apoio Computadorizados**, tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 1995
- NAKAGAWA, M., **ABC: Custeio Baseado em Atividades**, Editora Atlas S. A., São Paulo/SP, 1995
- PAMPLONA, E. O., "As Armadilhas do Sistema de Custos ABC", **XVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais em CD-ROM, Piracicaba/SP, 1996
- QUELHAS, O. L., QASSIM, R. Y., "Seleção de Fornecedores Baseado no Critério do Custo Total Mínimo", **XVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais em CD-ROM, Piracicaba/SP, 1996
- SAATY, T. L., "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures", **Journal of Mathematical Psychology**, vol. 15, p. 234-281, 1977
- SAATY, T. L., **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority, Setting and Resource Allocation**, McGraw-Hill, Inc., 1980
- SAATY, T. L., **Método de Análise Hierárquica**, Makron Books, McGraw Hill do Brasil, Rio de Janeiro/RJ, 1991
- SAATY, T. L., **Decision Making With Dependence And Feedback: The Analytic Network Process**, RWS Publications, Pittsburgh, Estados Unidos, 1996
- SALOMON, V. P., MONTEVECHI, J. A., "Uma Nova Abordagem para Processos de Aquisição Baseada no Controle Estatístico do Processo, Método de Análise Hierárquica e Lógica Fuzzy", **XVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais em CD-ROM, Piracicaba/SP, 1996

- SANTANA, E. A., "Múltiplos Critérios: Uma Alternativa, Apesar das Fragilidades das Soluções", **XVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais em CD-ROM, Piracicaba/SP, 1996
- SCHMIDT, A. M., **Processo de Apoio à Tomada de Decisão Abordagens: AHP e MACBETH**, dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 1995
- SINDIPEÇAS (Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores), **Autopeças: o salto decisivo rumo ao ano 2000**, São Paulo/SP, 1991.
- SPRAGUE, R. H., CARLSON, E. D., **Building Effective Decision Support Systems**, Englewood Cliffs, Estados Unidos, 1982
- SPRAGUE, R. H., "Estrutura para o Desenvolvimento de Sistemas de Apoio à Decisão", In: **Sistemas de Apoio à Decisão (Colocando a Teoria na Prática)**, Editora Campus Ltda., Rio de Janeiro/RJ, 1991
- SRISOEPARDANI, K. P., **The Possibility Theorem for Group Decision Making**, tese de doutorado, Katz Graduate School of Business, University of Pittsburgh, Estados Unidos, 1996
- TAGUCHI, G., **Introduction To Quality Engineering**, American Supplier Institute, Inc., Dearborn, Estados Unidos, 1986
- WEBBER, R., "Data Analysis Applications of Neural and Fuzzy Systems in Industry", **5th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing**, Aachen, Alemanha, 1997
- WEED, R. M., "The Proof is in the Pavement", **Civil Engineering**, p. 67-69, August, 1993
- WINDHAM, J., "Implementing of Deming's Fourth Point", **Quality Progress**, vol. 28, n. 12, p. 43-48, 1995
- ZADEH, L. A., "Fuzzy Sets", **Information and Control**, vol. 8, p. 177-200, 1965

Anexo A

ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY

Valor	Definição	Explicação
1	Igual importância	Dois elementos contribuem igualmente
2	Fraca	
3	Importância moderada	A experiência ou julgamento é levemente a favor de um elemento sobre o outro
4	Mais que moderada	
5	Forte importância	Um elemento é fortemente favorecido sobre o outro
6		
7	Muito forte ou importância demonstrada	Um elemento é fortemente dominante
8	Muito, muito forte	
9	Importância extrema	A evidência sobre a favor de um elemento sobre o outro é da maior ordem de afirmação
Recíprocos dos números acima	Se um elemento i recebe um dos valores não nulos acima quando comparado com o j , o j receberá o valor recíproco quando comparado com i	Uma consideração razoável
Números racionais	Valores fora da escala	Para aumentar a consistência

Anexo B

TABELA DE INCONSISTÊNCIA ALEATÓRIA

Ordem da matriz de julgamentos	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice aleatório de consistência (c_A)	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45

Anexo C

RELAÇÃO DE ARTIGOS ORIGINADOS POR ESTE TRABALHO

MONTEVECHI, J. A., PAMPLONA, E. O., SALOMON, V. P., "The Adviser Professor Selection: An Analytic Hierarchy Model", **Xth World Productivity Congress**, proceedings disks, Santiago, Chile, 1997

MONTEVECHI, J. A., SALOMON, V. P., "A New Approach For The Procurement Process Based On The Capability Study And Fuzzy Sets, **5th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing**, proceedings, vol. 2, p. 1575-1578, Aachen, Alemanha, 1997

SALOMON, V. P., MONTEVECHI, J. A., "Uma Nova Abordagem para Processos de Aquisição Baseada no Controle Estatístico do Processo, Método de Análise Hierárquica e Lógica Fuzzy", **XVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais em CD-ROM, Piracicaba/SP, 1996

SALOMON, V. P., MONTEVECHI, J. A., "Método de Análise em Redes: o Sucessor do Método de Análise Hierárquica ?", **XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais em CD-ROM, Gramado/RS, 1997

Anexo D

PRONUNCIAMENTO DA BANCA EXAMINADORA



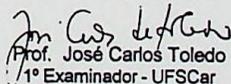
Ministério da Educação e do Desporto
ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ
Reconhecida Lei 3232 - 05/01/1917

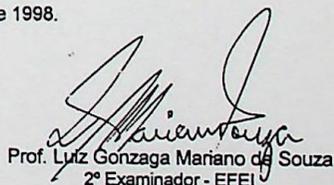
ANEXO I

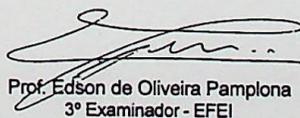
PRONUNCIAMENTO DA BANCA EXAMINADORA

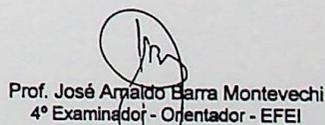
A Banca Examinadora, abaixo assinada, nomeada pela Portaria nº 096 de 13 de abril de 1998, considerando o resultado do Julgamento da Prova de Defesa Pública da Dissertação de Mestrado intitulada: "Contribuição para Auxílio à Decisão em Processos de Compras" apresenta pronunciamento no sentido de que o Coordenador dos Cursos de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Escola Federal de Engenharia de Itajubá solicite ao DRA (Departamento de Registro Acadêmico) a expedição do título de **Mestre em Ciências em Engenharia de Produção, na Área de Concentração em Qualidade e Produtividade**, satisfeitas as demais exigências regimentais, a **Valério Antonio Pamplona Salomon**.

Itajubá, 15 de abril de 1998.


Prof. José Carlos Toledo
1º Examinador - UFSCar


Prof. Luiz Gonzaga Mariano de Souza
2º Examinador - EFEI


Prof. Edson de Oliveira Pamplona
3º Examinador - EFEI


Prof. José Arnaldo Barra Montevechi
4º Examinador - Orientador - EFEI

