MARCOS COITINHO

**INFLUÊNCIA DA INCERTEZA NO PROCESSO DE
DECISÃO: PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE MELHORIA**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

São Paulo

2007

MARCOS COITINHO

**INFLUÊNCIA DA INCERTEZA NO PROCESSO DE
DECISÃO: PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE MELHORIA**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Naval e Oceânica com
ênfase em Gestão de Projetos.

Orientador:
Professor Mardel B.de Conti

São Paulo

2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Coitinho, Marcos

**Influência da incerteza no processo de decisão: priorização de projetos de melhoria / M. Coitinho. -- São Paulo, 2006.
91 p.**

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica.

1.Administração de projetos 2.Gestão de portfolio de projetos 3.Métodos multicritérios de tomada de decisão 4.Métodos de tomada de decisão sob incerteza I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica II.t.

À minha família: pai, mãe, irmãos, e
esposa. Razão do meu empenho e
dedicação.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Mardel B. de Conti pela dedicação, atenção, paciência, colaboração e incentivo. Ao Professor Moyses Szajnbock, agradeço pelos momentos que me presenteou com seus ensinamentos os quais contribuíram imensamente neste trabalho.

Aos meus familiares pela compreensão e estímulo.

A todos os colegas do curso, professores e funcionários do departamento de Engenharia Naval e Oceânica que direta e indiretamente colaboraram com este trabalho.

Aos colegas da empresa onde trabalho, os meus agradecimentos pelo apoio irrestrito que obtive durante todo o período do curso.

RESUMO

Este trabalho descreve um experimento sobre o processo de decisão para priorização de projetos de melhoria em uma indústria de bens de capital. Apenas dois critérios eram aplicados na tarefa de priorizar projetos; exigências legais e complexidade técnica, então, foi proposto avaliar os projetos através de um conjunto mais amplo de critérios, incluindo imagem da marca, participação de mercado, alinhamento estratégico, tempo de lançamento de um novo produto. Para lidar com um número maior de critérios qualitativos e quantitativos, foi introduzido desde então, dois métodos multicritérios, a saber: o uso do AHP (*analytical hierarchic process*) e o DS-AHP (*Dempster-Shafer /AHP*). Os fundamentos teóricos dos dois métodos são apresentados. O primeiro método é usado para determinar as importâncias relativas das alternativas, por meio de ponderações em cada nível da estrutura hierárquica; a qualidade dos julgamentos é avaliada por um “índice de consistência”. O segundo método também utiliza a plataforma de análise do AHP acrescentado mensuração da ignorância no processo de julgamentos por meio de probabilidades subjetivas. São comentadas as aplicações dos métodos em uma específica indústria. Foram observadas objeções dos decisores à aplicação do processo AHP, decorrentes da necessidade de numerosas re-avaliações dos julgamentos, quando o “índice de consistência” apresentava-se maior que os valores recomendados. Como ponto positivo foi destacada a simplicidade do método para aplicações no ambiente empresarial. Quanto ao método DS-AHP, o uso do conceito de crença nos julgamentos dos decisores, permitiu melhores aproximações às situações reais; neste caso, a alternativa eleita pôde ser claramente compreendida como a mais provável, e não classificada como provavelmente ou certamente a melhor. O DS-AHP quando comparado ao AHP apresenta-se como um ferramental de condução mais direta para a obtenção dos resultados principalmente no que se refere ao menor número de comparações exigidas, também ajuda o decisor a identificar e corrigir as possíveis fontes de ignorância, que podem afetar a qualidade da decisão.

Palavras Chaves: Gestão de Portfólio de Projetos, Métodos Multicritérios de Tomada de Decisão, *Analytical Hierarchy Process* (AHP), Dempster-Shafer/AHP.

ABSTRACT

This study describes an experiment about the definition of portfolio of improvement projects in an industry of capital goods, which had until recently been prioritized based mainly on legislation demand and technical complexity. It was proposed to increase the criteria numbers including: market image, market share, strategic alignment, launch time to new products. To handle several criteria with focus quantitative and qualitative aspects was necessary introduced two multicriterial methods, namely, analytical hierarchic process (AHP) and Dempster-Shafer AHP process (DS-AHP). The first referred method is used to manage the relative importance of alternatives regarding the fore mentioned criteria based on weights attributed to structure hierarchical levels. The second referred method also uses AHP platform to enable ignorance measurement based on subjective probabilities. Results from direct application of the methods in this specific industry are commented. It was observed that the decision makers have some objections with respect to the AHP process, in the sense that there were judgment inconsistencies which required additional evaluation of the candidate solutions, what was seen as somewhat tiresome. The main advantages which was emphasize by decision makers refers to the ease of application in corporate environmental .As for the DS – AHP process, the possibility of considering believes in a structured way was felt as more appropriated to the real decision process, which effectively involves uncertainties. In this way, the elected alternative can be clearly understood as most probably – and not certainly – the best. Also the DS-AHP process was seen as more directly conducive to the final results in comparison with the AHP process.

Keywords: Projects Portfolio Management, Multi-Criteria Decision Methods, Analytical Hierarchy Process (AHP), Dempster-Shafer/AHP.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Considerações Iniciais.....	1
1.2	Objetivo do Estudo.....	3
1.3	Justificativas.....	3
1.4	Formulação do Problema.....	3
1.5	Estrutura do Trabalho.....	4
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
2.1	Introdução a Gestão de Portfólio de Projetos.....	6
2.1.2	Modelos de Gestão de Portfólio de Projetos.....	9
2.1.3	Métodos e Critérios para Priorização de Projetos.....	14
2.2	Processo de Tomada de Decisão.....	17
2.2.1	Definição de Decisão.....	17
2.2.2	Tipos de Problemas de Decisão.....	19
2.2.3	Qualidade das Decisões.....	21
2.2.4	Apoio Analítico à Decisão.....	23
2.2.5	Modelos de Decisão por Múltiplos Critérios.....	24
2.3	Método AHP.....	28
2.3.1	Introdução.....	28
2.3.2	Processo de Análise do AHP.....	30
2.3.3	Estrutura Hierárquica.....	32
2.3.4	Processo de Julgamento.....	33
2.3.5	Determinação das Prioridades Relativas.....	35
2.3.6	Consistência Lógica dos Julgamentos.....	35
2.4	Incerteza no Processo de Decisão.....	36
2.5	Teoria da Evidência.....	37

2.6	Método DS-AHP.....	42
2.6.1	Introdução.....	42
2.6.2	Processo de Análise.....	43
2.6.3	Estrutura Hierárquica.....	44
2.6.4	Julgamentos Comparativos.....	44
2.6.5	Combinação das Evidências.....	46
2.6.6	Intervalos de Crença e Plausibilidade.....	46
2.6.7	Nível de Conflito.....	46
2	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	47
3.1	Natureza da Pesquisa.....	47
3.2	Método da Pesquisa.....	47
3.3	Condução do Experimento.....	47
3.4	Desenho da Pesquisa -Modelo Conceitual.....	52
4	EXPERIMENTO.....	53
4.1	Introdução.....	53
4.2	Aplicação do Método AHP.....	56
4.2.1	<i>Software</i> de Apoio Utilizado.....	56
4.2.2	Critérios –Definições e Justificativas da Escolha.....	56
4.2.3	Alternativas.....	58
4.2.4	Estrutura Hierárquica do AHP.....	59
4.2.5	Julgamentos Comparativos por Pares.....	59
4.2.6	Resultados Obtidos.....	59
4.2.7	Análise dos Resultados.....	61
4.3	Aplicação do Método DS-AHP.....	63
4.3.1	<i>Software</i> de Apoio Utilizado.....	63
4.3.2	Critérios.....	64
4.3.3	Alternativas.....	64
4.3.4	Estrutura Hierárquica do Problema de Decisao.....	64
4.3.5	Julgamentos Comparativos por Pares.....	65
4.3.6	Resultados Obtidos.....	65
4.3.7	Análise dos Resultados.....	69

5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	73
5.1	Análises dos resultados da aplicação do AHP e DS-AHP.....	73
5.2	Comparação dos Resultados.....	74
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	77
	ANEXO A.....	79
	ANEXO B.....	81
	ANEXO C.....	82
	ANEXO D.....	85
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Estrutura da Dissertação.....	4
Figura 2.1: História do Gerenciamento de Projetos.....	6
Figura 2.2: Organização Atual do Gerenciamento de Projetos.....	7
Figura 2.3: Integração de Grupos de Processos - OPM3.....	8
Figura 2.4: Processo de Gestão de Portfólio Integrado (Cooper).....	11
Figura 2.5: Composição de Portfólio (Archer).....	13
Figura 2.6: Processo de Portfólio de Produtos (Patterson).....	14
Figura 2.7: Critérios para Priorização de Projetos (Cooper).....	17
Figura 2.8: Modelo de Estrutura Hierárquica do AHP.....	32
Figura 2.9: Relação entre <i>bel</i> e <i>pls</i>	41
Figura 2.10: Estrutura Hierárquica do Método DS-AHP.....	44
Figura 3.1: Processo de Gestão Portfólio de Projetos da Organização.....	49
Figura 3.2: Modelo Conceitual de Tomada de Decisão em Gestão de Portfólio	52
Figura 4.1: Processo de Formulação da Estratégia da Organização.....	53
Figura 4.2: Participação dos Projetos de Melhoria no ano de 2005.....	54
Figura 4.3: Alocação de Recursos para Projetos Estratégicos e de Melhorias.....	54
Figura 4.4: Planejamento Trienal dos Projetos por Categoria.....	56
Figura 4.5: Estrutura Hierárquica de Decisão: Método AHP.....	59
Figura 4.6: Gráfico de Sensibilidade com Ênfase no Critério –Legislação.....	62
Figura 4.7: Gráfico de Sensibilidade com Ênfase no Critério -Financeiro.....	63
Figura 4.8: Estrutura Hierárquica - DS-AHP.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Problemas de Tomadas de Decisão.....	20
Tabela 2.2: Escala de Graduação Semântica -AHP.....	33
Tabela 2.3: Comparativo da Teoria da Evidência e Teoria Bayesiana	39
Tabela 2.4: Escala de Preferência (conhecimento).....	45
Tabela 3.1: Lista base de Critérios para o Roteiro das Entrevistas.....	50
Tabela 3.2: Lista de Critérios após 1ª Avaliação do Grupo.....	51
Tabela 3.3: Lista de Critérios após 2ª Avaliação do Grupo.....	51
Tabela 4.1: Alternativas.....	58
Tabela 4.2: Matriz de Importância Relativa dos Critérios (AHP).....	60
Tabela 4.3: Prioridades Relativas dos Critérios (AHP).....	60
Tabela 4.4: Valores Consolidados dos Pesos de Importância Relativa -AHP.....	60
Tabela 4.5: Resultado Final dos Valores de Prioridades Relativas - AHP.....	61
Tabela 4.6: Matrizes de Conhecimento -DS-AHP.....	65
Tabela 4.7: Matrizes de Conhecimento com os Pesos $\bar{p}_i$ -DS-AHP.....	66
Tabela 4.8: Pesos Normalizados das Alternativas para cada Critérios-DS-AHP.....	67
Tabela 4.9: Bpa's $m_{comb.total}$ após Combinação de Todas as Evidências.....	68
Tabela 4.10: Valores Consolidados das Medidas da TDS.....	69
Tabela 5.1: Comparação dos Resultados entre o AHP e DS-AHP.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	-Alternativa de Decisão
AHP	- <i>Analytic Hierarchic Process</i>
DS-AHP	-Dempster-Shafer-AHP
IC	-Índice de Consistência
IR	-Índice Randômico
MCP	-Matriz de Comparação Paritária
RC	-Razão de Consistência
TDS	-Teoria de Dempster-Shafer

LISTA DE SÍMBOLOS

bel	- <i>Belief function</i> (funcao de crenca)
bpa	- <i>Basic probability assignment</i> (atribuição básica de probabilidade)
dou	- <i>Doubts function</i> (Função de dúvida)
h_n	Hipótese do conjunto de discernimento
K	-Medida de conflito das evidências
m	-Massa de atribuição de probabilidade
m_{total}	-Massa de probabilidade básica total
$m_{combinada}$	-Massa de probabilidade básica combinada
n	- Número de elementos da matriz de comparação
pls	- <i>Plausibility function</i> (Função de plausibilidade)
p_{ij}	-Grau de importância relativa normalizada
$\bar{p}_i$	-Vetor prioridade
$\lambda_{m\acute{a}x}$	-Autovalor máximo
Θ	-Estrutura de discernimento

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Projetos, geralmente, têm por objetivo colocar uma organização em um novo patamar de desempenho, trazendo em sua essência a inovação, a criação de algo diferente. Entretanto, somente ter bons projetos não garante que os objetivos estratégicos sejam atingidos, pois a administração de uma organização não ocorre em um ambiente de tranquilidade, sem sobressaltos ou alterações; pelo contrário, as mudanças são a regra. Seja aumento da competitividade devido à abertura dos mercados, a redução do ciclo de vida dos produtos ou restrições de utilizações de materiais com impacto ambiental, por exemplo, a sobrevivência de um negócio anteriormente promissor pode ser colocada em risco pela realização de projetos que deixaram de atender aos propósitos estratégicos da organização.

Neste contexto, surgem as seguintes questões: Os projetos estão agrupados de algum modo? Como saber quais são os projetos mais importantes e quais deles possuem o alinhamento mais adequado ao negócio da empresa? Há um processo? Quem toma a decisão? Para responder a essas questões, é necessário que o conjunto de projetos seja analisado por técnicas que vão além da dimensão do gerenciamento de projetos e leve em consideração o plano estratégico da organização. Esse arcabouço teórico é conhecido na literatura como gerenciamento de portfólio de projetos (Carvalho; Rabechini 2005).

Cooper et al (1998), um dos principais autores na área de gestão de portfólio de projetos, descreve este processo como um gerenciamento amplo que envolve um processo dinâmico de tomada de decisões sobre projetos ativos e novos.

Tal descrição suscita algumas questões sobre como as empresas conduzem o processo de decisão e como poderiam aprimorá-lo, fazendo com que os gestores não fossem levados a tomar decisões baseadas em análises parciais das oportunidades existentes, muitas vezes desconsiderando usuais *trade-offs*.

A teoria formal da decisão provê métodos que podem auxiliar o decisor frente a problemas de diferentes graus de complexidade. Os mais utilizados atualmente surgiram a partir da década de 70, como o método da Utilidade Multiatributo (Keeney; Raiffa, 1976) e o AHP (Saaty, 1980), ambos da escola americana, e o método Electre (Roy; B., 1993), da escola francesa. A base desses métodos concentra-se na conversão dos julgamentos dos decisores em medidas quantitativas, mas não buscam medir o nível de conhecimento, desses decisores, ou seja, a quantidade de ignorância presente em cada julgamento. É conhecido que nas atividades de gerenciamento, a quantidade de informações, dados, opiniões, previsões, objetivos conflitantes pode favorecer o surgimento de incertezas. Normalmente essas decorrem da falta ou imprecisão de dados e informações, podendo gerar distorções nos resultados que métodos tradicionais como os apresentados acima não permitem identificar. Isso acaba por conduzir o decisor a um ambiente desconhecido e incerto, aumentando consideravelmente as chances de se tomar uma decisão equivocada.

Para tratar do conjunto de imperfeições do processo de decisão, há algum tempo vem se optando por métodos que adotam o uso de probabilidades subjetivas para ponderação dos julgamentos, boa parte deles se baseiam no conceito de crença da teoria bayesiana. No entanto, nos últimos anos outro conceito que não o bayesiano vem sendo aplicado, ele é conhecido como teoria de evidência (Shafer, 1976). O método que vem popularizando o uso dessa teoria é o DS-AHP, desenvolvido por Beynon e seus colaboradores no final da década de 90.

Este trabalho tem por finalidade verificar a influência da incerteza no processo de tomada de decisão em priorização de projetos de melhoria. Para este fim são utilizados dois métodos: o AHP (*Analytic Hierarchic Process*), desenvolvido por Thomas L. Saaty, que trata analiticamente um problema de decisão proporcionando qualidade dos julgamentos realizados a partir de medidas de consistência, e o Dempster-Shafer –AHP, o qual aborda a questão da incerteza ou ignorância presente em qualquer ambiente onde estejam envolvidos julgamentos subjetivos e critérios qualitativos.

1.2 Objetivo do Estudo

O objetivo desta pesquisa é verificar a influência da incerteza no processo de tomada de decisão para priorizar projetos no contexto de um experimento em uma empresa fabricante de bens de capital. Para atingir o objetivo, são aplicados dois métodos de decisão multicritérios: AHP e DS-AHP.

1.3 Justificativas

Diante da dificuldade em utilizar métodos formais para priorizar projetos, a priorização e alocação de recursos, em particular, são tratados em geral por métodos matemáticos de otimização de difícil aplicação, levando as empresas interessadas na melhoria do processo de gestão de portfólio a criar métodos próprios de tomada de decisão (Cooper et al., 1998). Esses métodos na maioria das vezes não seguem um processo lógico de análise e somente se baseiam em mecanismos de ponderação, porém sem obedecer a uma formalização matemática que possa garantir uma coerência entre os julgamentos realizados e os resultados obtidos.

Neste trabalho, são apresentados dois métodos de decisão multicritérios: o AHP determinístico e o DS-AHP probabilístico. O que se pretende com o uso dos dois métodos é tratar dessa questão no âmbito da formalização matemática, levando em conta as incertezas das informações presentes na avaliação dos projetos. Como contribuição adicional, o trabalho pretende propiciar ao tomador de decisão a escolha do método que traga maiores simplificações ao processo e auxílio na escolha das alternativas.

1.4 Formulação do Problema

A organização estudada atua no segmento de bens de capital com faturamento anual em torno de 1,5 bilhões de reais. Em média, a empresa lança no mercado um novo produto com pequenas modificações a cada um ano e meio, enquanto projetos de grande porte podem levar até quatro anos.

É comum nesta organização o uso de métodos e critérios na fase de seleção de projetos de melhoria. No entanto, na fase posterior, de priorização, utiliza-se experiência acumulada pelos decisores e apenas dois critérios técnicos: complexidade técnica do projeto e atendimento a legislações ambientais. Os demais critérios de cunho estratégico e financeiro são considerados no processo de priorização, porém eles não exercem uma função chave na tomada de decisão. Os gestores argumentam que os projetos são avaliados por estes critérios na fase de seleção e, dessa forma, não haveria a necessidade de repeti-los. Nos relatos dos gestores da organização, pelo menos 20% dos projetos de melhoria precisam ter sua prioridade revista durante o desenvolvimento do produto. Isto se deve a critérios antes desprezados, julgamentos equivocados, incerteza ou imprecisão das informações em relação aos projetos e critérios. Esse fato caracteriza uma deficiência no processo de gestão de portfólio que poderá ser aprimorada com técnicas de auxílio à tomada de decisão propostas neste trabalho.

1.5 Estrutura do Trabalho

O esquema da figura abaixo apresenta os principais temas que são abordados nessa pesquisa. O foco central está na priorização de projetos e métodos de tomada de decisão.

Figura. 1.1: Estrutura da Dissertação

Os capítulos estruturam-se assim:

O Capítulo 1 apresenta a visão geral da dissertação, destacando-se o problema da pesquisa, o objetivo e a justificativa;

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica. Realizou-se uma revisão bibliográfica incluindo a teoria de gestão de portfólio, a teoria da decisão e os métodos analíticos multicritérios com ênfase no AHP. Em seguida, apresentam-se os modelos probabilísticos de representação de incerteza, os conceitos da teoria da evidência e o método multicritério Dempster -Shafer –AHP;

O Capítulo 3 apresenta a metodologia da pesquisa;

O Capítulo 4 apresenta o experimento e a aplicação dos métodos multicritérios de apoio à tomada de decisão;

O Capítulo 5 apresenta os resultados obtidos;

O Capítulo 6 apresenta as conclusões e as recomendações;

O Capítulo 7 contém as referências bibliográficas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Introdução à Gestão de Portfólio de Projetos

Antes da conceituação da gestão de portfólio propriamente dita, faz-se necessário apresentar o entendimento existente sobre o conceito de portfólio. Segundo o dicionário Merriam-Webster (2001), portfólio origina-se da palavra italiana *portafoglio*, criada no século XVIII por meio da junção de *portare* (portar ou carregar) e *foglio* (folha), fazendo menção a um artefato que possibilitava o armazenamento conjunto de diversos desenhos e pinturas (Pereira, 2002). O termo, inicialmente passou a ser utilizado pelas empresas da área de finanças para definir uma seleção de investimentos, com o objetivo de diluir o risco. Mais tarde, foi estendido para a área de desenvolvimento de novos produtos visando compor um conjunto de produtos com o propósito de atender os objetivos estratégicos das empresas. A partir de 2000 o gerenciamento de portfólio surgiu, fornecendo uma perspectiva mais ampla em relação a gerenciar o negócio que os projetos apóiam. Na figura abaixo é mostrado o histórico do gerenciamento de projetos até o surgimento da gestão de portfólio de projetos.

Figura 2.1- História do Gerenciamento de Projetos (Sotille, 2006, p. 1).

O tema gerenciamento de portfólio de projetos tem sido bastante explorado na literatura atual sobre projetos, sobretudo a partir da metodologia denominada OPM3 (*Organization Project Management Maturity Model*) desenvolvida pelo PMI (2003). Suas estruturas conceituais baseadas em evoluções sucessivas contemplam, além de projetos e programas, os portfólios (ver figura 2.2). Nesta metodologia projeto é descrito como um conjunto de atividades baseada em um cronograma e orçamento, visando entregar um produto ou serviço com a qualidade exigida; programa como um gerenciamento de múltiplos projetos conectados para atendimento dos objetivos do programa e portfólio como um gerenciamento de diferentes tipos de projetos visando atingir uma combinação estratégica de tecnologias, prazos, riscos, mercados e segmentos de negócio.

Figura 2.2- Organização Atual do Gerenciamento de Projetos (Sotille, 2006, p. 2).

O modelo OPM3 amplia o conceito de gestão de projetos, relacionando os processos descritos no PMbok que são: iniciação, planejamento, execução, controle e encerramento bem como seu alinhamento às estratégias para as áreas de programas e portfólio conforme mostra a figura 2.3 (Carvalho; Rabequini 2005).

Figura 2.3- Integração dos grupos de processo OPM3 (PMI, 2003 apud Carvalho; Rabequini, 2005, p.54).

Em uma outra abordagem, Archer; Ghasemzadeh (1999), descrevem o gerenciamento de portfólio como uma coleção de projetos desenvolvidos sob a administração de uma unidade organizacional. Cada projeto pode ser relacionado a outros ou ser independente. No entanto, o mesmo deve fazer parte de objetivos estratégicos determinados e, assim, buscar recursos na organização. Esses autores ressaltam que portfólio de projetos é um conjunto de produtos desenvolvidos sob patrocínio ou gerenciamento de uma organização. Todos os produtos desse grupo concorrem por recursos limitados, sejam eles humanos, materiais ou financeiros; são interdependentes, uma vez que podem compartilhar as mesmas tecnologias e possuir objetivos conflitantes.

Para Mcgrath et al. (1992), a gestão de portfólio de produtos é descrita como o processo para gerenciar diferentes tipos de projetos visando atingir uma combinação estratégica de tecnologias, prazos, riscos, mercados e segmentos de negócio. Kendall; Rollins (2003) enfatizam que o gerenciamento de portfólio serve para garantir que o conjunto de projetos escolhido e mantido na carteira atenda os objetivos organizacionais.

Cooper et al. (2001) adicionam aos conceitos de gestão de portfólio questões sobre a dinâmica do processo de decisão, cuja lista dos projetos de pesquisa e desenvolvimento de novos produtos é constantemente atualizada e revisada. Neste processo novos projetos são avaliados, selecionados e priorizados. Projetos existentes podem ser acelerados, retardados, cancelados ou suspensos e recursos são alocados e re-alocados para os projetos ativos.

Por que é importante um bom processo de gerenciamento de portfólio? A resposta a essa questão pode ser evidenciada pelos problemas e dificuldades vividas pelas organizações quando não se possui um processo deste tipo estabelecido e efetivo. Um dos principais problemas enfrentados pelas empresas está na dificuldade em eliminar projetos que não irão gerar valor. Outra dificuldade é a não existência de critérios claros, efetivos e consistentes para a seleção e priorização. Outro aspecto ainda é o fato de que novos projetos são adicionados ao portfólio sem que haja a contrapartida dos recursos, o que pode trazer impactos no escopo, prazo e qualidade daqueles que já estão em execução.

O gerenciamento de portfólio é realizado a partir de modelos conceituais que consideram a estratégia da empresa, a revisão de fases e a revisão do portfólio de projetos. Geralmente são aplicadas às organizações que gerenciam muitos projetos e precisam, portanto, de uma forma mais profissional de administrar sistematicamente o conjunto de seus empreendimentos (Roussel et al., 1992). É neste contexto que as empresas que desenvolvem produtos de bens de capital têm buscado incorporar modelos de gerenciamento de portfólio ao processo de planejamento estratégico.

2.1.1 Modelos de Gestão de Portfólio de Projetos

Uma característica comum aos diversos modelos descritos na literatura é que esses apresentam, em maior ou menor grau, relacionamentos que integram tanto a geração de estratégias quanto o processo de desenvolvimento de novos produtos à gestão de portfólio. Cooper et al. (2001) destacam que processo de gestão de portfólio é um sistema integrado de tomada de decisão, cuja condição básica para sua

estruturação é que a escolha de projetos de novos produtos seja a operacionalização da estratégia. O autor ressalta que a estratégia do negócio e de novos produtos deve influenciar a maioria das etapas existentes no modelo.

O modelo desenvolvido por Cooper possui dois grandes blocos: o *stage-gate* e a revisão de portfólio, que trocam informações entre si (ver figura 2.4). Os blocos são compostos das seguintes etapas:

1. **verificação do atendimento a critérios obrigatórios:** o projeto quando visto isoladamente deve obrigatoriamente atender critérios, principalmente em relação a alinhamento estratégico, retorno financeiro tamanho de mercado e probabilidade de viabilidade técnica obtenção de vantagens sobre concorrência. Sugere-se que haja uma lista de verificação com estes itens, onde seja registrado se o projeto foi aprovado ou não;
2. **obtenção de notas:** caso tenha sido aprovado, o projeto recebe notas em diversos critérios, tais como: aspectos estratégicos, competitivos, de mercado, de sinergia com as competências da organização, de viabilidade técnica e de recompensa financeira. Estas notas servem para definir se o projeto deve continuar ou ser suspenso;
3. **priorização do projeto:** caso se tenha definido que o projeto deve continuar, ele é priorizado e a alocação de recursos é oficializada. Ambas as etapas dois e três relacionam-se com o bloco de revisão de portfólio, sendo que a etapa dois fornece informações de cada um dos projetos. Estas são comparadas para retornar informações sobre quantos projetos podem ser desenvolvidos dentro da quantidade de recursos disponíveis e demanda;
4. **identificação dos projetos estratégicos:** após a verificação da necessidade de revisão da estratégia do negócio, torna-se viável definir quais projetos são obrigatórios para se atingir as estratégias;
5. **comparação de projetos:** os projetos obrigatórios juntam-se aos ativos e suspensos para serem comparados entre si com o objetivo de se definir uma lista priorizada. Utilizando-se indicadores-chaves é feita uma análise

conjunta dos projetos para assegurar que o conjunto deles esteja de acordo com as diretrizes estratégicas;

6. **ajuste da decisão:** caso a análise feita na etapa anterior tenha detectado desalinhamentos ou desequilíbrios significativos, pode-se realizar um ajuste no modelo de decisão utilizado nos “*gates*” de projeto com o objetivo de corrigir estas distorções.

Figura 2.4: Processo de Gestão de Portfólio Integrado (Cooper et al., 1998 apud Carvalho, 2004, p.4).

Pode-se destacar como característica positiva deste modelo a integração da revisão de portfólio e o processo de desenvolvimento de produtos, bem como o desdobramento desses blocos em etapas que já direcionam a sua aplicação. Critica-se o modelo, porém, pelo fato de não considerar a possibilidade de *feedback* de nenhum dos dois blocos às estratégias organizacionais, bem como por não apresentar detalhes sobre os instrumentos e procedimentos específicos que devem ser utilizados para a definição das estratégias de novos produtos. O modelo utilizado pela organização estudada é semelhante ao da figura 2.4.

Outro modelo é proposto por Archer (1999), em que a gestão de portfólio de projetos é abordada como um fluxo contínuo de ações que são influenciadas pelos resultados do desenvolvimento estratégico da organização e pela metodologia de seleção de projetos escolhida (ver figura 2.5). Este modelo se inicia com a proposição de projetos que passam por um filtro preliminar onde é avaliado principalmente aspectos de viabilidade técnica e econômica para posteriormente serem analisados com base em critérios mais rigorosos. Os projetos selecionados compõem um portfólio ótimo, o qual sofre ajustes de prioridade e recursos para, então, obter o comprometimento dos principais responsáveis pela decisão de execução. Após seu desenvolvimento, os projetos são avaliados com o objetivo de verificar se as metas propostas foram atingidas, dando-se por encerrado o ciclo deste portfólio quando todos eles estiverem concluídos.

A crítica que se faz sobre este modelo está no fato de que ele apresenta o processo de gestão de portfólio como intermitente e não contínuo, uma vez que se deve desenvolver o conjunto completo de projetos para então se iniciar mais um ciclo de seleção do portfólio. Uma característica positiva em relação ao modelo de Copper é que este considera a etapa de proposição de projetos como de geração de embriões dos futuros desenvolvimentos.

Um ponto positivo que pode ser destacado é que este modelo se caracteriza pela apresentação explícita das oportunidades de *feedback* entre as fases de desenvolvimento do produto e revisão de portfólio, mecanismo importante para o aprimoramento do sistema.

Figura 2.5: Composição de Portfólio (Archer; Ghasenzadeh, 1999apud Carvalho 2004, p.5).

Outros modelos encontrados na literatura como o desenvolvido por Patterson (1999), caracteriza-se por uma visão mais abrangente da gestão de portfólio quando comparado aos demais já citados, pois ele é aplicado para liderar não só a dinâmica de inovação de produtos da organização, mas a inovação de tecnologias e competências (ver figura 2.6). Neste modelo os projetos são classificados em três tipos: investigação, desenvolvimento e melhoria. Os de Investigação, são projetos de pesquisa científica e tecnológica, cujo objetivo é incorporar conhecimentos sobre algum tema específico sem compromisso com a geração de um novo produto, o qual já é assumido pelos projetos de desenvolvimento que geralmente possuem resultados mais tangíveis e viabilizam um planejamento de tempo e recursos muito mais preciso. As ações ou projetos de melhoria são atividades de pós-venda e envolvem desde o suporte técnico ao cliente para a aplicação do produto, passando pela análise de unidades que retornaram por reclamação do mesmo, até grandes re-projetos dos produtos atuais. Esta categoria de projetos é o objeto de estudo deste trabalho.

Figura 2.6: Processo de Portfólio de Produtos (Patterson, 1999 apud Pereira, 2002, p.48).

Patterson (1999) considera essencial para a definição de estratégias competitivas de novos produtos desenvolver uma base de conhecimento que informe o comportamento interno e externo da organização a respeito de importantes quesitos, tais como: negócio, mercados, tecnologias e estratégias. Esses conhecimentos trazem uma maior confiança ao processo de planejamento estratégico, o qual orientará em quais mercados a organização deve competir e como deve agir em cada um deles. Esse modelo auxilia na identificação das competências necessárias para esta atuação, definindo se elas devem ser desenvolvidas internamente ou obtidas externamente via alianças ou aquisições.

2.1.2 Modelos e Critérios para Priorização de Projetos

Existem variedades de métodos, critérios, ferramentas e técnicas para análise, seleção e priorização de projetos. Segue abaixo alguns deles:

- a) critérios econômicos / financeiros: análise do valor presente líquido, taxa interna de retorno, retorno em valor monetário e tempo de retorno sobre o investimento;
- b) modelos de classificação: técnicas de medição de benefício (normalmente expressos em termos econômicos), custo e margem de lucro;
- c) modelos probabilísticos: Monte Carlo e árvore de decisão;
- d) modelos comportamentais: técnicas como Delphi e AHP são as mais utilizadas;
- e) modelos de otimização: rotinas ou modelos matemáticos utilizados com o objetivo de encontrar uma lista ótima de projetos;
- f) modelos de mapeamento: BCG (*Boston Consulting Group*) Cooper (2001) é um modelo para avaliar a relação risco-retorno de um projeto para a organização.

Para aplicação dos métodos como os apresentados acima, faz-se necessário definir critérios para a avaliação dos projetos. Para Cooper et al. (2001) os critérios devem responder as seguintes questões:

- O projeto ainda faz sentido do ponto de vista econômico do negócio?
- O projeto é adequado à estratégia da empresa?
- É viável tecnicamente?
- Existem recursos disponíveis para realizar os projetos?
- O mercado é grande o suficiente? Está em crescimento?
- O produto pode ser fabricado considerando as instalações existentes?
- O produto apresenta vantagem competitiva?

Mian; Daí (1999) propuseram uma estrutura de critérios a ser utilizada que os autores classificam em três grandes categorias: fatores técnicos, fatores de negócio e outras considerações da empresa. Os fatores técnicos abrangem:

- força tecnológica do produto, com base em competitividade, abrangência e a possibilidade de ser patenteado;
- disponibilidade técnica de pessoal, ou seja, quantas pessoas e quais suas habilidades;

- posição do competidor, baseando-se em conhecimento dos competidores e desempenho da própria empresa;
- orçamento e tempo restante;
- capacidade de ser projetado e fabricado, considerando viabilidade e custos;
- probabilidade de êxito técnico.

Fatores de negócio:

- potenciais financeiros, incluindo vendas e lucros;
- posição da empresa, considerando os canais de mercado, os produtos e a idéia de valor;
- probabilidade de êxito do mercado.

As considerações da empresa abrangem:

- organização e planejamento, incluindo estratégia, focos e metas;
- pessoal, ou seja, quantas pessoas e quais suas habilidades;
- balanceamento de portfólio, consistindo na extensão dos produtos existentes e novos;
- coordenação da interação de *marketing* manufatura e outros projetos de produtos.

Cooper et al. (2001) investigaram os critérios utilizados para seleção e priorização de projetos em empresas (Figura 2.7). O autor considera que a importância dada aos critérios financeiros não é novidade; porém, no que se refere ao alinhamento estratégico, foi uma constatação que reflete a tendência da gestão de portfólio.

Figura 2.7: Critérios para Priorização de Projetos (Cooper et al., 2001, p.14).

Pelo resultado obtido em mais de 200 grandes empresas que utilizam técnicas de gestão de portfólio verificou-se que os três critérios mais utilizados são: adequação à estratégia, retorno financeiro e probabilidade de sucesso (a soma de todos é maior que 100% em virtude de terem sido mencionados várias vezes por um mesmo decisor). Esta preferência pela adequação à estratégia pode ser considerada uma tendência para empresas em todo o mundo, visto que atualmente todas são afetadas em alguma medida pelas oscilações do mercado globalizado, o que exige constantes correções de estratégia do negócio.

2.2 Processo de Tomada de Decisão

2.2.1 Definição de Decisão

A palavra decisão é formada por *de* (parar, extrair ou interromper, em latim) antepondo-se à palavra *caedere* (cindir ou cortar). Etimologicamente, decisão significa parar de cortar ou deixar fluir. Uma decisão precisa ser tomada sempre que se esteja diante de um problema com mais de uma opção para solução. Mesmo que haja uma única ação a tomar para solucionar um problema, existe a possibilidade de

tomar ou não esta ação e, portanto, concentrar-se no problema certo possibilitará direcionar corretamente todo o processo.

Segundo Malczewski (1999) decisões são necessárias quando uma oportunidade ou problema existe, ou quando algo não é o que deveria ser, ou ainda quando existe uma oportunidade de melhoria ou otimização.

O autor classifica as decisões em várias formas, tais como:

- a) simples
- b) complexas
- c) estratégicas

As decisões simples geralmente envolvem um único parâmetro para escolha, enquanto as complexas devem atender a múltiplos objetivos e geralmente seus impactos não podem ser corretamente identificados. As decisões estratégicas envolvem múltiplos objetivos, avaliação de critérios qualitativos e quantitativos e julgamentos subjetivos.

Para Miettinen; Pekka (1999), o tomador de decisão se envolve em muitas situações do mundo real com vários critérios de decisão qualitativos e quantitativos cujos valores para classificação das alternativas nos critérios podem ser atribuídos por números imprecisos. De acordo com Hopwood (1980), as incertezas têm efeito direto sobre a maneira como o processo de decisão na organização é realizado.

Pode-se afirmar que no ambiente empresarial, em um mercado globalizado cada vez mais competitivo, busca-se tomar decisões mais rápidas, corretas e abrangentes. As decisões visam minimizar perdas, maximizar ganhos e criar uma situação em que, comparativamente, o decisor acredite na obtenção de ganhos entre o estado da natureza em que se encontrava e o que irá encontrar após implementar a decisão.

2.2.2 Tipos de Problemas de Decisão

Os problemas de decisão podem ser classificados conforme sua estruturação (Keeney; Raiffa, 1976). Essa classificação considera a existência de três categorias:

- a) problemas estruturados: são aqueles cuja solução pode ser alcançada, seguindo-se processos lógicos e muito bem definidos. Os sistemas de informações tradicionais buscam resolvê-los. São problemas rotineiros e repetitivos, por isso programáveis em computador. Nesta situação, a decisão é conhecida e está sujeita a resultados conhecidos;
- b) problemas semi-estruturados: usam determinados procedimentos matemáticos nas partes estruturadas do problema que está sendo analisado. As decisões finais são tomadas com base em critérios subjetivos e de difícil quantificação. Partes estruturadas do problema são solucionadas por um programa de computador e outras são resolvidas pelo julgamento do decisor. Neste tipo de problema, a probabilidade dos estados da natureza é assumida como se elas fossem conhecidas;
- c) problemas não-estruturados: são os problemas para os quais não existem processos lógicos e bem definidos para resolução. Devido ao seu caráter não quantificável, sua resolução é fruto da intuição humana; está sujeito a probabilidades subjetivas. São problemas complexos ou desconhecidos para organização e resistentes às implantações computacionais. Essa decisão em muitos casos está sujeita mais fortemente aos efeitos da ignorância ou condições de incerteza.

Turban; Aronson (1998) apud Shimizu (2001) apresentam uma classificação semelhante a fornecida por(Keeney; Raiffa, 1976)., conforme tabela 2.1;

Tabela 2.1: Problemas de tomada de decisão (Shimizu, 2000 apud Murakami, 2003, p.42).

		Níveis de Decisão			
		Operacional	Tático	Estratégico	
Tipos de Problema	Estruturado	Características	Bem definido, repetitivo	Objetivo bem definido alternativas a serem escolhidas	
		Duração/frequência	Dias/um mês	Um a cinco anos	
		Decisor Complexidade	Chefe de seção Nenhuma	Gerente Baixa	Diretoria Média
	Semi-Estruturado	Características	Bem definido, rotina variada	Definido em vários níveis diferentes	Novos serviços planejamentos
		Duração/frequência	Dias/semana	Mês/um ano	Anos
		Decisor Complexidade	Chefe de secção Baixa	Gerente Média	Diretoria Alta
	Não-Estruturado	Características	Rotina sujeito a imprevistos	Não rotineiras	Projetos
		Duração/frequência	Dias por período	Ad hoc	Anos
		Decisor Complexidade	Chefe de secção Média	Gerente Alta	Diretoria Muito Alta

A preocupação com a estruturação dos problemas de decisão foi apresentada inicialmente como um procedimento sistemático em uma sequência bem definida de etapas; (Howard, 1998). Svenson; Maule (1993) apresentaram uma distinção em relação aos problemas de decisão: bem definidos ou pouco definidos. O problema bem definido é caracterizado por três elementos: objetivos, alternativas de escolha e informações. Por outro lado, o problema pouco definido é reconhecido quando falta informação sobre alguns dos elementos mencionados, particularmente a pouca clareza dos objetivos. Para Kenney; Raiffa (1999), os objetivos ajudam a determinar quais informações devem ser obtidas, permitem justificar decisões perante os outros, estabelecem a importância de uma escolha e permitem estabelecer o tempo e o esforço necessário para cumprir uma tarefa.

Uma grande variedade de ferramentas tem sido desenvolvida para auxiliar as pessoas a escolherem a melhor opção entre as alternativas apresentadas para uma determinada situação. Neste caso, a estrutura do problema estaria determinada, permitindo o conhecimento das opções, atributos que seriam usados para

julgamentos, resultados e incertezas que poderiam interferir nesses resultados. Isto ocorre em boa parte das decisões relativas ao trabalho de rotina praticado nas organizações. Porém, partes significativas das decisões estratégicas inseridas em ambientes de gestão de portfólio são pouco estruturadas, não pertencendo a essa categoria de decisão (Engelman et al., 1985).

Em seu estudo sobre as decisões que são tomadas em organizações, Mintzberg et al (2001) defendem que a decisão estratégica é tipicamente não estruturada, no sentido de que a forma do processo de decisão seria nova para a organização e que não existiria um conjunto de resultados conhecidos. Engelman et al. (1985) destacam que a estrutura corresponderia ao cenário do problema com as principais questões colocadas para se tomar a decisão. A estrutura seria definida pelas questões de hipóteses, propósito do negócio e pessoal envolvido.

2.2.3 Qualidade das Decisões

Qualidade da decisão é a questão central deste estudo e por essa razão, considera-se fundamental a exposição dos principais conceitos relacionados ao assunto. A teoria da decisão não é uma teoria descritiva ou explicativa, já que não faz parte de seus objetivos descrever ou explicar como ou porque as pessoas agem de determinada forma ou tomam certas decisões. Trata-se, ao contrário, de uma teoria prescritiva que pretende ajudar pessoas a tomarem decisões de acordo com um conjunto de critérios bem definidos em face de suas preferências básicas e pode ser aplicada a problemas de diferentes níveis de complexidade. Com base nesta proposição, a teoria da decisão ajuda a obter a solução de um problema mais complexo, pois o ser humano tem capacidade cognitiva limitada; assim, tem limitações para compreender e processar todas as informações que recebe.

Segundo Kaufman (1999), são três as fontes de restrição cognitiva:

- a) capacidade limitada do processamento do cérebro;
- b) desconhecimento de todas as alternativas possíveis para se resolver o problema;

c) influência dos aspectos emocionais e afetivos.

Assim, teoria da decisão pode ser definida como um processo decisório que compreende um conjunto de procedimentos e métodos de análise que procuram assegurar a coerência, a eficácia e a eficiência das decisões tomadas em função das informações disponíveis, antevendo possíveis cenários.

A visão orientada para o processo decisório, por parte daqueles que atuam no campo de análise e teoria da decisão, teve sua origem nos fundamentos teóricos dessa disciplina (Vlek, 1984). Suas raízes, de acordo com Fishburn (1989), são muito antigas, mas sua forma moderna surge com a teoria da utilidade esperada (Ramsey, 1931) e a teoria dos jogos (Neumann; Morgenstern, 1944).

Por outro lado, nas décadas subseqüentes, o resultado (e não o processo) das decisões foi considerado o principal valor na definição da qualidade, e as pessoas, por não conhecerem a teoria da decisão, orientavam-se pelo senso comum. Para Baron (2000), as pessoas tendem a julgar a qualidade de uma decisão pelo resultado obtido. Segundo Russo; Schoemaker (1993), a explicação para essa valorização do resultado em detrimento do processo advém do fato das organizações freqüentemente recompensarem ou punirem seus funcionários com base nos resultados alcançados, negligenciando o desempenho nos processos. No entanto, ainda é forte entre os autores da teoria da decisão a importância do processo ao resultado para se avaliar a qualidade de uma decisão.

Uma outra corrente de pensamento defendida por Edward (1984) diz que o princípio que orienta uma boa decisão é a maximização da utilidade subjetiva esperada. A grande questão que surge a partir daí, então, é como conseguir estruturar a decisão e obter os números relacionados a ela.

Para Majone (1984), o principal critério de avaliação oferecido pela teoria da decisão é a consistência. Uma boa decisão seria uma decisão consistente. Esse critério confirmou a relevância do processo na avaliação da qualidade de uma

decisão. O autor ressalta, porém, que esse critério captura apenas uma pequena parcela do que deve fazer parte da noção de uma boa decisão.

Uma outra forma de abordar a qualidade de uma decisão é oferecida por Kiss (1984). O autor argumenta que não existe uma boa decisão e que a solução ótima de um modelo não é a solução ótima de um problema, a menos que o modelo seja a representação perfeita do problema, o que nunca ocorre. Com base nesta afirmação e considerando que a decisão é tão boa quanto o modelo que se está gerenciando, o autor conclui que a qualidade de uma decisão será sempre imperfeita ou que não existirá uma boa decisão. Simon (1978) apud Majone (1984) argumentam que, em situações com alto grau de incerteza e envolvendo questões de elevada complexidade cognitiva, é levada em conta a racionalidade do processo, além da racionalidade das ações escolhidas.

Mas como é possível saber se a decisão é boa? Essa questão é respondida por Matheson, D; Matheson, J. (1997), citando a resposta dada por Arno Penzias, prêmio Nobel e cientista chefe do laboratório da AT & T: “Como você sabe que está trabalhando em um bom projeto?” Penzias; “Eu respondo de forma simples: imagine que aquilo que está fazendo terá 100% de sucesso; encontre quanto se ganhará de dinheiro, multiplique pela probabilidade de sucesso e divida pelo custo. No entanto, se você não sabe quem precisa de alguma coisa, por que você está fazendo essa coisa? Se você não sabe quanto irá ganhar não somente em recursos, mas em anos da sua vida, por que você está fazendo isso? Você deve conhecer as três coisas!” De maneira geral, a qualidade da decisão não depende do resultado, mas da maneira como se desenrola o processo de análise de todas as etapas.

2.2.4 Apoio Analítico a Decisão

Em poucas atividades as pessoas têm tanta experiência quanto na tomada de decisão. O ato de decidir é bastante comum a todas as pessoas, mas, apesar de se tomar diariamente dezenas de decisões, às vezes não nos damos conta de quão complexo é o mecanismo envolvido nessas ações. Segundo Goodwin; Wright (2000),

o processo de tomada de decisão pode ser considerado tão fundamental quanto o de respirar: um processo natural e automático, essencial para a vida.

Nos últimos anos, vem crescendo o interesse das organizações na adoção de uma metodologia formal de apoio à decisão com o intuito de permitir que uma decisão importante esteja amparada por análises consistentes e racionais. Este fato deve-se, talvez, pelo surgimento de técnicas com apoio computacional que tornaram os processos mais simplificados.

As técnicas de apoio à decisão são um conjunto de procedimentos ou métodos de análise que visam assegurar a coerência, a eficácia e a eficiência das decisões tomadas em função das informações disponíveis, antevendo os possíveis cenários. De modo geral, os métodos de apoio à decisão visam proporcionar os seguintes benefícios:

- oferecer meios estruturados para a análise e avaliação de problemas complexos, procurando oferecer um entendimento claro e abrangente do problema;
- proporcionar mecanismos para a organização de problemas a partir de uma estrutura que facilite a identificação de alternativas de ação, resultados esperados e probabilidades de ocorrência;
- facilitar a organização de valores e objetivos fundamentais atrelados à decisão;
- promover a comunicação e, conseqüentemente, o entendimento e consenso entre as pessoas envolvidas no processo decisório;
- facilitar a defesa ou a justificativa de um ponto de vista ou rumo de ação escolhida a partir da adoção de métodos racionais e lógicos.

Geralmente recomenda-se o uso formal da teoria da decisão para problemas complexos envolvendo múltiplos critérios, cujos impactos não podem ser corretamente identificados.

2.2.5 Modelos de Decisão por Múltiplos Critérios

Os métodos de decisão por múltiplos critérios são recomendados para apoiar e conduzir grupos de decisores na avaliação e escolha da alternativa - solução em relação ao conjunto de decisões factíveis e não-factíveis para dado problema.

Nas decisões em grupo, as preferências individuais podem ser combinadas de modo a resultar em uma decisão colegiada. Dessa forma, essa decisão é consequência de um intercâmbio de decisões dos membros do grupo do qual emana a negociação das propostas aceitáveis. Se o compromisso é obtido, elas são automaticamente acordadas. Um ponto importante da decisão é a objetividade: os participantes podem divergir na avaliação, mas a decisão grupal é objetiva e final.

A abordagem multicritério não visa apresentar ao decisor uma solução única para o seu problema e sim, apoiar o processo decisório por meio de recomendação de alternativas a quem deve tomar a decisão. Se a qualidade da informação disponível ao longo do processo de resolução de um problema complexo for boa, também será a forma de tratamento analítico daquela informação. Ou seja, essa forma deve agregar valor à qualidade da informação, promovendo uma perfeita simbiose entre esta e a qualidade do apoio à tomada de decisão.

Segundo Bouyssou (1989), uma das vantagens da abordagem multicritério é dividir o processo de construção do modelo em duas fases: a primeira ocupa-se da construção dos critérios de avaliação e a segunda dos parâmetros que serão usados para agregação destes critérios. Essa abordagem baseia-se na crença de que o uso de diversos critérios de avaliação, ao invés de um único, influi positivamente no processo de construção de um modelo. Segundo o autor, essa crença reside em assumir que na maioria dos contextos decisórios é possível identificar um pequeno número de pontos de vistas, usualmente entre três e não muito mais do que dez, segundo os quais é possível construir uma família de critérios que é exaustiva e simples o suficiente para ser aceita como base na discussão por todos os atores envolvidos no processo decisório.

Decisões baseadas em julgamentos intuitivos ou critérios técnicos sem um tratamento matemático apropriado muitas vezes pode coincidir com uma das boas soluções do problema em questão, mas nem sempre podemos afirmar que esta solução seja a mais desejável segundo os valores daquele que decide. Logo, isto implica que a atitude de tomada de decisão nem sempre é efetuada de maneira lógica por uma questão de simplificação ou mesmo de limitação do ser humano em analisar toda a gama de possibilidades, pois a solução de um problema envolve muito mais que uma simples tomada de decisão. Brans et al. (1986) ressaltam que um contexto decisório que envolve múltiplos critérios não é um problema matematicamente bem definido. Usualmente não é possível achar uma solução que otimize simultaneamente todos os critérios. Contudo, um método para apoiar a decisão utilizando múltiplos critérios deve ser simples, ou seja, ter um grau de complexidade que não impeça a compreensão do tomador de decisão. O método a ser adotado não deve ser uma caixa preta que produza uma solução sem que o decisor compreenda como ela foi obtida (Brans et al., 1986).

Na literatura são encontrados diversos métodos multicritérios de apoio à decisão (Ehrlich, 2004); (Gomes et al., 2002): esses métodos geralmente estão classificados de acordo com a escola de origem, européia ou americana. Da escola americana pode-se destacar o MAUT (*Multi-Attribute Utility Theory*) considerado de difícil aplicação para o emprego de critérios subjetivos e o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), de uso mais largamente disseminado inclusive no ambiente empresarial, e uma série de métodos de origem européia englobados pela sigla MCDA (*Multi-Criteria Decision Aid*), dos quais se destacam o Electre (*Élimination et Choix Traduisant la Réalité*), já desenvolvido em várias versões, o Promethee (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) e o Gaia (*Geometrical Analysis for Interactive Assistance*).

Cada um desses métodos envolve um diferente processo de modelagem, ou seja, uma representação simplificada da realidade, por meio da qual se procura identificar e destacar os elementos mais importantes para a tomada de decisão. Em um processo de modelagem, substitui-se a abrangência da realidade pelo poder de

análise e de experimentação. Segundo Ehrlich (2004), os elementos de um modelo são:

- Variáveis de controle ou decisão: aquelas sobre as quais se pode atuar para atingir os objetivos;
- Variáveis de estado ou de natureza: aquelas sobre as quais não se tem controle, mas que afetam as consequências ou resultados de uma decisão;
- Estrutura do modelo: que em geral corresponde às equações que define as relações entre as variáveis;
- Parâmetros: que são os valores numéricos introduzidos;
- Critérios de decisão ou preferências;
- Objetivos ou metas.

Por meio do modelo, pretende-se analisar diferentes cenários de uma forma que seria impossível no contexto global da realidade, obter elementos para a tomada de decisão e verificar a estabilidade dos resultados, quando de uma análise de sensibilidade. Entre os benefícios resultantes da utilização de modelos para o apoio à decisão, citam-se (Ehrlich, 2004):

- Identificar os elementos relevantes para a decisão e descartar os irrelevantes;
- Educar a intuição;
- Comunicar e discutir a estrutura e os parâmetros;
- Analisar situações complexas;
- Analisar muitas alternativas;
- Comunicar resultados;
- Analisar a estabilidade dos resultados.

No processo de escolha do método a ser empregado na solução de um problema específico, devem-se levar em conta (Dodgson et al., 2001):

- Consistência e lógica de cada método;
- Transparência;
- Facilidade de uso;

Tendo em vista esses aspectos, além da maior disseminação no meio empresarial, quando comparados aos demais métodos, será usado neste trabalho o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para análise de decisão sob certeza e o DS-AHP (Dembster-Shafer –AHP) um método multicritério considerado como uma extensão do AHP para tomada de decisão sob incerteza.

2.3 Método AHP

2.3.1 Introdução

O método AHP, de nome traduzido para o português como método de análise hierárquica foi desenvolvido na década de 1970, nos Estados Unidos, por Thomas L. Saaty. A idéia básica foi à criação de um procedimento de decomposição do problema de decisão por hierarquias, seguida da síntese pela identificação de relações através da escolha consciente. Uma hierarquia é definida pelo autor como uma abstração da estrutura de um sistema para estudar as interações funcionais de seus componentes e seus impactos no sistema total (Saaty, 1990).

A idéia que originou o método reflete a forma pela qual a mente humana usualmente reage a um problema complexo. Diante de um grande número de elementos a serem considerados, ela tende a dividi-los em grupos, segundo propriedades comuns, para hierarquizá-los, decompondo a complexidade encontrada, descobrir relações entre eles e tornar a sintetizá-los (Schmidt, 1995). Segundo Saaty (1990), quando pensamos, identificamos objetos ou idéias e sua inter-relação. Quando identificamos alguma coisa, decompomos a complexidade encontrada. Quando descobrimos relações, sintetizamos. Esse é o processo fundamental da percepção: decomposição e síntese.

O AHP permite incorporar tanto critérios qualitativos quanto quantitativos no processo de tomada de decisão. Segundo Laurindo et al. (2002), o modelo usa julgamentos comparativos de pares de fatores, estudando sua consistência e sua validade, de forma a não deixar de levar em consideração a ambigüidade decorrente da associação de números a julgamentos.

Esse método tem sido empregado para situações de definição de prioridades, avaliação de custos e benefícios, alocação de recursos, mensuração de desempenho, avaliação ou pesquisa de mercado, determinação de requisitos e decisões estratégicas. (Morita et al., 1999).

Kimura; Suen (2003), aplicaram o AHP integrado ao *Balanced Scorecard* para avaliar o desempenho empresarial de três unidades de negócio sob diversas perspectivas financeiras ou não-financeiras. Segundo os autores, a comparação dos conjuntos de indicadores das três unidades de negócio com o uso do AHP permitiu que o desempenho de cada indicador fosse colocado sob uma perspectiva quantitativa conduzindo a comparações numéricas mais realistas.

Jansen et al. (2004) usaram o AHP na tomada de decisão de investimentos para escolha de nova fonte de energia térmica em uma empresa do segmento eletro-eletrônico. Os autores destacam que apesar da necessidade de avaliação da viabilidade técnica e econômica, vem crescendo de importância nos últimos anos o uso de critérios subjetivos para decisão de investimentos em instalações industriais, particularmente no que se refere ao impacto ambiental do uso de produtos tóxicos gerando despesas adicionais a médio e longo prazo à empresa, além de prejuízo à saúde e ao bem estar das pessoas, o que é o mais grave. O uso do AHP permitiu, neste caso, a mensuração desses aspectos e proporcionou uma medida quantitativa vinda dos julgamentos dos decisores. Esse mecanismo transformou impressões em valores mensuráveis para serem comparados a outros critérios.

Para Tálamo; Carvalho (2004), o AHP pode ser aplicado na seleção de objetivos de uma RCE (rede de cooperação empresarial). Os autores argumentam que a abertura de mercado no início da década de 90 criou uma nova ordem econômica, com base na estruturação de novas formas de organização da produção e ênfase na competitividade e inovação tecnológica. Neste cenário, o método AHP, que tem como característica ser um processo de tomada de decisão em equipe que demanda consenso entre os decisores tornou-se a ferramenta ideal para a definição dos objetivos da RCE. Além disto, é importante salientar que os dados identificados

como prioritários, foram coincidentes com os objetivos gerais do grupo, inclusive revelando objetivos que inicialmente não eram tão claros aos integrantes.

Apesar do amplo e crescente espectro de aplicações do AHP, existem algumas restrições quanto ao uso deste método, que podem ser aprofundadas nos trabalhos de Dyer (1990a; 1990b) e (Saaty; 1990). Um dos problemas apontados no AHP é a quantidade de comparações paritárias necessárias, que cresce muito rapidamente com o tamanho da matriz destas comparações. Existem técnicas que permitem reduzir este número de comparações paritárias. Outra crítica freqüente a este método é a *reversão de ordem*, ou seja, a alteração das alternativas dominantes em função da inclusão ou exclusão de alternativas irrelevantes (Morita et al., 1999).

2.3.2 Processo de Análise do AHP

O processo de análise do AHP permite estruturar hierarquicamente qualquer problema complexo, com múltiplos critérios e múltiplos decisores. Trata-se de um processo flexível, que usa a lógica e ao mesmo tempo a intuição. O ingrediente principal que tem levado as aplicações com o AHP a terem sucesso, é a capacidade de incluir e medir fatores importantes, qualitativos ou quantitativos sejam eles, tangíveis ou intangíveis, além da facilidade de uso. Na aplicação consideram-se as diferenças e os conflitos de opiniões. O problema da decisão está em escolher a alternativa que melhor satisfaz o conjunto total dos objetivos. Além disso, torna-se necessário determinar a força com a qual os vários elementos de um certo nível influenciam os elementos do nível mais alto seguinte, para que se possam computar as forças relativas dos impactos dos elementos sobre o nível mais baixo e sobre os objetivos gerais.

Algumas definições são dadas abaixo para melhor compreensão do método:

- **decisores** são os indivíduos que fazem escolhas e assumem preferências, são identificados como uma entidade única, chamada de decisor, agente ou tomador de decisão;

- **modelo** é o conjunto de regras e operações matemáticas que permite transformar as preferências e opiniões dos decisores em um resultado quantitativo;
- **alternativas** são ações globais, que podem ser avaliadas isoladamente; representando diferentes cursos de ação, diferentes hipóteses sobre a natureza de uma característica ou diferentes conjuntos de características;
- **critérios** são as ferramentas que auxiliam a comparação das ações em relação aos pontos de vistas particulares. Roy (1968); Bouyssou (1989) definem um critério mais precisamente como uma função de valor real no conjunto A das alternativas, de modo que seja significativo comparar duas alternativas a e b de acordo com um particular ponto de vista. É a expressão qualitativa ou quantitativa de um ponto de vista utilizado na avaliação das alternativas. Cada alternativa possui um valor segundo cada critério e a cada critério está associado um sentido de preferência, indicando se o valor é tanto melhor quanto mais elevado (maximização), ou se o valor é tanto melhor quanto mais baixo (minimização); uma escala (por exemplo, ótimo = três; bom = dois; ruim = um) pode ser usada como uma estrutura de preferências;
- **elementos de decisão** são critérios, alternativas e sub critérios de uma estrutura hierárquica;

O AHP abrange quatro etapas distintas: estruturação ou decomposição do problema em níveis, julgamentos comparativos, determinação das prioridades relativas e consistência lógica (Saaty, 2004).

Na etapa da estruturação desenha-se um modelo formal representando o objeto de decisão ou o problema que se deseja solucionar, e, em seguida, definem-se os elementos de decisão que são os critérios e as alternativas. A segunda etapa refere-se aos julgamentos dos decisores (são os indivíduos que fazem escolhas e assumem preferências, são identificados como uma entidade única) das comparações por pares dos elementos de decisão, auxiliando na determinação das prioridades ao longo da hierarquia, normalmente de baixo para cima.

A terceira etapa é a determinação das prioridades relativas, ou seja, os pesos de cada elemento dentro do respectivo nível de decisão e entre os grupos de elementos. A última etapa é a verificação da consistência dos julgamentos buscando-se evitar que existam falhas de lógica à medida que cresce o número de comparações.

2.3.3 Estrutura Hierárquica

Na figura 2.8 é mostrada a estruturação dos objetivos, critérios e alternativas na forma hierárquica, típica de uma aplicação do método AHP.

Figura 2.8: Modelo de Estrutura Hierárquica (adaptado de Saaty, 2004, p.12).

Deste modo, a hierarquia pode ser construída em inúmeros níveis desejados, sendo fixado o objetivo principal no primeiro nível, a definição dos critérios no segundo nível as alternativas no terceiro e assim por diante. A ordenação serve para dois propósitos: fornecer uma visão global da relação complexa inerente à situação e, ajudar o tomador de decisão a avaliar se os critérios de cada nível são da mesma ordem de magnitude, assim ele pode comparar cada elemento homogêneo apuradamente.

2.3.4 Processo de Julgamento

Nesta etapa, o decisor faz a comparação par a par de cada elemento de decisão de um dado nível hierárquico reportando-se a seguinte pergunta: Qual elemento satisfaz mais e o quanto mais? Para avaliação da importância relativa entre os elementos, Saaty (2004) propõe a utilização de uma escala de 1-9 (ver tabela 2.2).

Tabela 2.2: Escala de graduação semântica (adaptada de Saaty, 2004, p.5).

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Um atividade é muito fortemente favorecida em relação a outra; sua denominação de importância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza
2,4,6,8		Quando se procura uma solução de compromisso entre duas definições

Por que esta escala é preferível a todas as outras? A resposta a esta questão é dada pela lei psicofísica de Weber-Fecher (Saaty, 1980 apud Fecher T.G., 1860). Esta lei estabelece uma relação entre estímulo e resposta de uma pessoa quando submetida a um experimento de comparação de objetos. Ela fornece procedimentos matemáticos para decomposição da magnitude dos estímulos. Em experimentos realizados pelos autores, o nível de magnitude dos estímulos obtido em comparações paritárias de atividades relativas comparáveis alcançou um total de nove. Na prática, a habilidade das pessoas para fazer distinções qualitativas é bem representada por cinco atributos: igual, fraco, forte, muito forte e absoluto. Podem-se estabelecer compromissos entre valores intermediários quando uma precisão maior for necessária. No entanto, a totalidade requererá nove valores e eles podem ser consecutivos, o que validaria a escala resultante na prática.

Após a comparação dos critérios par a par de um determinado nível de decisão, as alternativas que estão na base da hierarquia são comparadas sob o ponto de vista de um determinado critério do nível hierárquico superior. Considerando uma estrutura completa, os elementos de cada nível formam apenas um grupo de elementos. Se um grupo tem k elementos relacionados ao nível acima, significa que será necessário comparar k vezes os mesmos pares. Será necessário gerar k matrizes de comparação pareadas do mesmo grupo, uma para cada critério de decisão do nível superior.

Os pesos obtidos através dos julgamentos das comparações pareadas são dispostos na forma matricial. Forma-se uma matriz quadrada com cada linha e cada coluna de mesmo índice correspondendo a cada um dos elementos de decisão. O peso a_{ij} de posição (i, j) refere-se à importância relativa do critério representado na linha i sobre o critério na coluna j . Elementos a_{ii} da matriz na diagonal principal recebem o valor 1 e a matriz resulta recíproca com relação à diagonal principal, $a_{ji} = 1/a_{ij}$. A ponderação é feita com base em opiniões de especialistas, portanto, envolvendo subjetividades. Não há necessidade de manter coerência entre julgamentos transitivos da importância das comparações entre os critérios ou entre alternativas. Portanto, podem resultar inconsistências.

A matriz A de importância relativa na comparação pareada dos elementos de decisão, é representada por:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

2.3.5 Determinação das Prioridades Relativas

A terceira etapa consiste em calcular as prioridades relativas dos elementos que estão sendo comparados em um determinado nível ou entre os grupos de

elementos (Saaty, 1990). Procedese uma normalização dos pesos por coluna, isto é, divide-se o peso de cada elemento da matriz em uma determinada coluna pelo total de pesos naquela coluna. O grau de importância relativa normalizado p_{ij} é dado por:

$$p_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}, j=1, \dots, n, \quad i=1, \dots, n \quad (1)$$

Em seguida, calcula-se a média dos pesos normalizados referentes a cada linha. Tais pesos médios normalizados são utilizados no processo de tomada de decisão. O grau de importância médio normalizado $\bar{p}_i$ ou vetor prioridade, é uma medida de importância dos critérios e terá a seguinte forma:

$$\bar{p}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{ij} \quad j=1, \dots, n \quad (2)$$

2.3.6 Consistência Lógica dos Julgamentos

O método AHP permite trabalhar com subjetividades das preferências. No entanto, a qualidade da decisão final depende da consistência dos julgamentos entre os pares de critérios e alternativas.

Saaty (1980) define um indicador para medir a inconsistência das comparações, conhecido como índice de consistência;

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

IC de uma matriz de comparação pareada é usado para mostrar quanto o autovalor $\lambda_{\max}$ está afastado de n (tamanho da matriz) então, o desvio é dado por: $(\lambda_{\max} - n)$. Saaty (2004) demonstrou que $\lambda_{\max} \geq n$ é sempre maior ou igual ao número de elementos de decisão de uma matriz de comparação paritária. Esta diferença é medida em relação ao número dos graus de liberdade desta matriz $(n-1)$.

Saaty (1980) estabelece que o IC deve ser pequeno para que as matrizes de comparação por pares tenham o mínimo de consistência e que a inconsistência deve

ser de uma ordem de grandeza, uma potência de 10 ou de no máximo 10 vezes menor, o que implica estar na faixa dos 10%. Se IC for maior que 10%, a matriz de comparação por pares não toleraria as inconsistências dos julgamentos, o que reduziria a naturalidade dos julgamentos.

2.4 Incerteza no Processo de Decisão

O que o tomador de decisão quer é prever o futuro, mesmo num ambiente onde existe incerteza. A incerteza é uma característica do indivíduo, que está olhando o problema, e é gerada pela qualidade e quantidade de informações obtidas, complexidade é uma característica do problema.

A origem da análise de decisão incorporando a noção de incerteza surgiu com os trabalhos de Wald (1950); Savage (1972). Esses autores estabeleceram regras abrangentes para a teoria da decisão estatística, propondo o uso da teoria Bayesiana para solução de problemas com elevado grau de incerteza, o qual assume como premissa básica à adoção de um conjunto de probabilidades a priori.

Entretanto, o uso amplo da técnica Bayesiana na modelagem de problemas envolvendo incerteza tem recebido várias críticas no meio acadêmico. Uma das mais frequentes refere-se ao uso da probabilidade a priori e distribuição de probabilidades. Segundo Walley (1987); Caselton; Luo (1992), a dificuldade que surge quando se aplica a análise Bayesiana convencional usando fontes de informações imprecisas é que, mesmo nesta situação, o parâmetro estatístico de incerteza relacionada à informação deve ser representado com uma distribuição de probabilidade convencional.

Os críticos defendem que em problemas com elevado grau de incerteza como é o caso das decisões estratégicas, não se pode obter uma distribuição de probabilidade, e que assumir probabilidades a priori pode ser uma premissa perigosa quando se trata de decisões que envolvem recursos preciosos para as organizações.

Nessa categoria de problema é preciso um modelo alternativo a fim de permitir avaliar o grau de certeza de uma situação dado um conjunto de informações ou dados imprecisos sem recorrer necessariamente a eventos passados, mas debruçando-se sobre o conhecimento das pessoas a respeito dessa nova situação. Este tipo de problema é muito comum em sistemas complexos de informações que envolvem tomadas de decisão e nesses casos a incerteza é abordada no contexto de ignorância. Segundo Smithson (1989), a ignorância tem sido tratada usualmente como ausência ou distorção do conhecimento verdadeiro e incerteza como alguma forma de informação não completa.

Para tratar dos vários tipos de incertezas, existem diferentes técnicas. Segundo Klir; Folger (1988) cada uma das teorias atua em diferentes setores da incerteza:

- a) a teoria da evidência
- b) a teoria de conjuntos;
- c) a teoria de conjuntos difusos;
- d) a teoria de possibilidades;
- e) a teoria de possibilidades

Das abordagens mais tradicionais existentes para a modelagem e tratamento de incertezas, será usada neste trabalho a teoria da evidência o qual trata incerteza no contexto da ignorância. (Shafer, 1976).

2.5 Teoria da Evidência

Durante séculos, a idéia de grau de crença em valores numéricos foi relacionada à idéia de chance. Para muitos matemáticos, as duas idéias são unificadas sob o nome de probabilidade. No entanto, somente pode-se compreender a teoria da evidência se esta idéia for rejeitada (Shafer, 1976).

As chances surgem somente de experimentos aleatórios como o arremesso de uma moeda, por exemplo. O resultado varia randomicamente assim que se demonstra a tendência de um determinado resultado ocorrer. Só então, chama-se chance de

ocorrência. No entanto, mesmo com diversos experimentos aleatórios, nunca será possível obter o valor exato para as chances reais. Assim, elas podem ser encaradas como uma característica do mundo real e não do nosso conhecimento ou crença. Em muitas situações, não é possível a realização de experimentos para determinar chances. As pessoas geralmente atribuem certo grau de crença baseando-se nos seus próprios julgamentos. Mesmo que o corpo de evidências seja, para o julgador, vago e muitas vezes confuso, o entendimento pode dar-se em certo grau de crença em que um dado conjunto de evidência venha suportar uma dada proposição. E o que fazer com a parcela de crença que não foi atribuída e determinada à proposição? Na teoria da evidência essa quantidade é descrita como a nossa falta de conhecimento ou ignorância, e pode ser mensurável.

A TDS (Teoria da evidência) originou-se com o trabalho de Dempster (1967) sobre probabilidades inferiores e superiores e teve continuidade com Shafer (1976), que refinou e estendeu as idéias. O investimento no modelo Dempster-Shafer para o tratamento de incertezas em sistemas baseados em conhecimento foi motivado especialmente por problemas de decisão encontrados usando métodos puramente probabilísticos.

Schubert (1994) aponta a TDS como uma generalização da teoria Bayesiana de probabilidades que utiliza grau de crença. Essa teoria estima o grau com que uma dada coleção de evidências suporta a veracidade de uma hipótese, enquanto a Bayesiana estima o grau de certeza de ocorrência de uma dada hipótese, dada uma coleção de evidências. A teoria Bayesiana não lida com representação de ignorância e a dificuldade é que esta teoria não distingue falta de crença de descrença. Ela não permite negar a crença de uma proposição, ou seja, a crença em A necessariamente exige que a descrença seja direcionada para $\bar{A}$, já, a TDS permite representar tanto a imprecisão quanto a incerteza, surgindo como uma abordagem mais flexível que a teoria Bayesiana tendo como principal vantagem a habilidade de lidar com ignorância e a falta dela, fornecendo estimativas explícitas de imprecisões e conflitos entre informações de diferentes fontes.

Uma das características da TDS é que ela atribui valores de crença a subconjuntos e a cada elemento do conjunto de hipóteses; assim, reflete mais precisamente o processo de acúmulo de evidências (Gordon; Shortliffe, 1984). Para Beynon (2002a), o fato de a TDS permitir a quantificação da probabilidade subjetiva cria o recurso de atribuir medidas de probabilidades bpa's (*basic probability assignment*) ou em português, atribuição de probabilidade básica, para grupos de alternativas de decisão, diferentemente da teoria clássica da probabilidade que permite apenas atribuir probabilidades a alternativas individualmente. Na tabela 2.3 podem ser verificadas as principais diferenças entre a teoria da probabilidade e a teoria da evidência.

Tabela 2.3-Comparativo da Teoria da Evidência e Teoria Bayesiana	
Teoria da Evidência	Teoria da probabilidade (bayesiana)
Massa de probabilidade (elemento focal, varia de 0 á 1).	Probabilidade (varia de 0 á 1).
Verifica se um conjunto de evidência suporta a veracidade de uma hipótese.	Baseado num conjunto de evidência qual a probabilidade de ocorrência de uma hipótese.
Admite incerteza associada a evidência	Não admite incerteza associada e evidência
Não há exigência de definição de probabilidade a priori.	Quando não se conhece a probabilidade assume-se probabilidades a priori.
Não há independência entre as evidências.	Evidências mutuamente exclusivas.
A crença na veracidade e na negação da hipótese sempre será menor que 1 (interpretação subjetiva).	Uma evidência que suporta a ocorrência de uma hipótese obriga que a negação receba a probabilidade restante, somando 1.
$Bel(A) + Bel(\neg A) \leq 1$	$P(A) + P(\neg A) = 1$

A formalização da teoria da evidência parte de um conjunto de hipóteses chamado de estrutura de discernimento $\Theta = \{h_1, h_2, h_3, \dots, h_n\}$, sendo Θ um conjunto de todas as possíveis hipóteses h_n . Os argumentos a seguir são trazidos de (Uchoa, 1998).

A estrutura de discernimento possui duas propriedades:

- ser exaustiva, entendida como completa (contém toda possível hipótese primitiva);
- ter as hipóteses primitivas em Θ mutuamente exclusivas.

O papel do domínio Θ do problema, na TDS se assemelha ao do espaço amostral Ω na teoria de probabilidade. A diferença é que, na TDS o número de possíveis hipóteses é o número de elementos de 2^Θ , enquanto que na Teoria de Probabilidade, o número de elementos de Ω é $|\Omega|$.

A função $m: 2^\Theta \rightarrow [0,1]$ representa a atribuição básica de probabilidade (*bpa*) ou função de massa, na qual satisfaz:

1. $m(\emptyset) = 0$
2. $m(A) \geq 0, \forall A \in 2^\Theta$
3. $\sum_{A \in 2^\Theta} m(A) = 1$

A quantidade $m(A)$ é definida como o número de probabilidade básica do subconjunto A . Qualquer subconjunto de Θ para qual $m(A)$ é diferente de 0 é chamado de elemento focal e representa a exata crença da proposição representada por A . Essa probabilidade representa a força da evidência a favor de A . A probabilidade atribuída a todos os subconjuntos soma um e o conjunto vazio $m(\emptyset)$ a crença ou *bpa* é zero. Essa quantidade $m(A)$ não é a crença total em A . Para se obter a crença total, deve-se adicionar a $m(A)$ as quantidades $m(B)$ para todo subconjunto B de A .

Essa medida de **crença** (*bel*) ou probabilidade inferior é a função $bel: 2^\Theta \rightarrow [0,1]$, que é obtida da soma das probabilidades dos subconjuntos das probabilidades em questão, esta medida representa a confiança que se tem em A ou em qualquer sub-conjunto de A ;

$$bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B), \text{ para todo } A \subseteq \Theta \quad (4)$$

Outra propriedade desta teoria é a medida de **plausibilidade** (*pls*) representada pela função $pls: 2^\Theta \rightarrow [0,1]$,

$$pls(A) = \sum_{B \cap A \neq \emptyset} m(B), \text{ para todo } A \subseteq \Theta \quad (5)$$

Pls ou probabilidade superior de A fornece a quantidade máxima de crença que pode ser atribuída a A . Essa medida representa o quanto se falhou para desacreditar A . Se $bel(A)$ representa a crença exatamente em A , sabendo que $bel(A) \leq pls(A)$, obtemos o intervalo de crença em A . Relação entre bel e pls pode ser representada graficamente como segue:

Figura 2.9: Relação entre bel e pls (adaptado de Soares; Perdoncini, 1999, p.309).

A TDS fornece um método de combinação de evidências de diferentes fontes conhecido com regra Dempster (Beynon et al., 2000); (Shafer, 1976). Esse método permite que funções de crença possam ser combinadas, produzindo novas funções de crença. Esse procedimento independe da ordem na qual as evidências surgem, mas exige que as hipóteses primitivas consideradas sejam mutuamente exclusivas e exaustivas (Stein, 1993). A partir destas hipóteses, é possível construir hipóteses mais elaboradas que não sejam mutuamente exclusivas.

Uma outra propriedade é o fator K , pode ser interpretado como a medida de conflito entre as fontes de evidências, além de exercer uma função de normalização na combinação (Beynon, 2002b). O valor de K representa a massa que seria atribuída ao conjunto ϕ (conjunto vazio) se a massa não fosse normalizada. Este valor pode ser utilizado para avaliar a qualidade da combinação. Quando mais se aproximar de um $K \cong 1$, mostra que existe forte conflito. Neste caso recomenda-se reavaliar as fontes de evidências e atribuição de probabilidades. O ideal é que este valor não ultrapasse 0,5.

2.6 Método DS-AHP

2.6.1 Introdução

O método Dempster-Shafer –AHP ou DS-AHP, introduzido por Beynon et al (2000) e desenvolvido mais tarde por Beynon et al. (2000), é um método de suporte à decisão que incorpora a teoria da evidência no AHP. Quando comparado ao AHP tradicional, ele permite maior controle dos julgamentos, identificando níveis de favorecimento em relação a grupos de alternativas de decisão. Mais especificamente, o DS-AHP possibilita análises adicionais dos níveis de incerteza e conflito.

Beynon et al (2000) usou o método para seleção de instituições de ensino de MBA (*Master Business Administration*) com base em critérios de: localização, tamanho da universidade, foco em pesquisa, qualidade de ensino, ambiente saudável. O objetivo foi à redução 100 para 3 do número de instituições para visita dos interessados que desejassem ingressar em boas escolas de MBA.

Em uma outra aplicação, Beynon (2005) introduziu o método para seleção de uma proposta de projeto para um fundo de pesquisa. O número de propostas somou 12 e essas foram avaliadas levando-se em conta critérios de complexidade técnica, originalidade, relevância e nível de investimentos. O objetivo era selecionar a mais apropriada em relação às diretrizes estratégicas do órgão de fomento à pesquisa.

Baysal et al. (2004) aplicaram o método para seleção de fornecedores. Para os autores, a decisão que levou o grupo a adotar o DS-AHP foi baseada no maior número de critérios e alternativas que se pode utilizar quando comparado ao AHP.

Os casos encontrados na literatura citados neste trabalho destacam como vantagens do DS-AHP a redução das comparações entre as alternativas de decisão e a medida de ignorância para os julgamentos, o que exige dos julgadores bons conhecimentos a respeito do projeto em avaliação. Como desvantagem, destaca-se a pouca familiaridade dos julgadores com os conceitos de crença, causando certo grau de confusão na interpretação dos resultados.

2.6.2 Processo de Análise do DS-AHP

O método DS-AHP é constituído de cinco etapas distintas:

1. Estruturação do problema
2. Julgamentos comparativos
3. Combinação das evidências
4. Intervalos de crença e plausibilidade
5. Nível de conflito

Na primeira etapa, o conceito adotado para estruturação hierárquica de um problema de decisão é muito similar ao que já foi visto no AHP, contendo; o objetivo, os critérios e alternativas, com a diferença que o DS-AHP permite o agrupamento de alternativas. Na etapa de julgamentos comparativos, o cálculo dos pesos dos critérios é realizado de forma idêntica ao AHP, a mudança ocorre apenas durante a comparação das alternativas para cada critério. Através de um procedimento prévio de análise, o grupo decisor elimina da estrutura hierárquica as alternativas menos relevantes, assim, com a estrutura “*enxuta*” procedem-se à comparação das alternativas em relação ao conjunto de todas elas formando matrizes de conhecimento. O passo seguinte é a adição dos pesos dos critérios, calculados pelo método AHP, às matrizes de conhecimento. Essa característica do DS-AHP o torna, mais simples de ser aplicado quando comparado a outros métodos de decisão multicritérios inclusive ao AHP. Na etapa de combinação das evidências, os pesos dos julgamentos que compõe as matrizes de conhecimento, após um processo de normalização, são somados uns aos outros através de um processo de soma ortogonal. Este método considera cada critério uma evidência, assim, se uma alternativa possuir peso em mais de um critério eles devem ser somados. Na quarta etapa os *bpa's* combinados são convertidos em intervalos através das expressões de crença (*bel*) e plausibilidade (*pls*). Por último é necessário avaliar a qualidade da combinação das evidências, para isso, o método fornece uma medida de nível de conflito K , que é calculada através da manipulação da expressão de combinação de evidências.

2.6.3 Estrutura Hierárquica.

Nesta primeira etapa, são estabelecidos: o objeto de decisão os critérios e as alternativas (figura 2.10).

Figura 2.10- Estrutura hierárquica DS-AHP (adaptado de Beynon, 2000, p.43).

Além de se estabelecer a estrutura do problema, elimina-se da estrutura hierarquia do problema, através dos julgamentos dos decisores, as alternativas com menos preferências relativas a Θ (conjunto de discernimento) para um dado critério e, assim, reduz-se o número de comparações.

2.6.4 Julgamentos Comparativos

Na segunda etapa, pares de critérios são comparados com base em uma escala semântica similar ao método AHP (2.3.4), a fim de se obter o vetor prioridade $\bar{p}_i$ para os critérios. Em seguida efetua-se a comparação das alternativas para cada critério utilizando-se a escala de valores da tabela 2.4.

Tabela 2.4: Escala de preferência (Beynon, 2000, p.43).

Conhecimento	Classificação numérica
Extremamente favorável	6
Entre fortemente e extremamente favorável	5
Fortemente favorável	4
Entre moderadamente e fortemente favorável	3
Moderadamente favorável	2

A matriz de importância relativa da comparação entre os conjuntos de alternativas dentro de cada critério é chamada de matriz de conhecimento e será expressa por C_c :

$$C_c = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & a_{1n} \\ 0 & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

O valor zero que aparece na matriz indica que não foi possível afirmar preferência entre grupos de AD's (alternativas de decisão). A comparação das AD's somente pode ser feita de forma independente mediante preferência delas em relação a Θ .

Outra propriedade do método é que os valores de $\bar{p}_i$ obtidos na comparação dos critérios , mesmo procedimento do AHP , são incorporados na matriz de conhecimento C_c . Sendo $\bar{p}_i$ a medida da importância relativa dos critérios, e a_{ij} o valor da preferência que o decisor atribui para uma dada AD's, então o valor de importância relativa resultante será $\bar{p}_i \times a_{ij}$ para a última coluna j e $(1/\bar{p}_i \times a_{ij})$ para a última linha i . Os valores de $\bar{p}_i$ não são aplicados aos valores de 1 e 0. A matriz resultante será C_p (matriz após a influência dos pesos dos critérios)

$$C_p = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & \bar{p}_1 \times a_{1n} \\ 0 & 1 & \cdots & \bar{p}_1 \times a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/(\bar{p}_1 \times a_{1n}) & 1/(\bar{p}_1 \times a_{2n}) & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

O peso final de cada alternativa dentro de cada critério é obtido procedendo-se normalização dos valores da matriz (Beynon , 2000) A soma total da coluna será 1; assim, esses valores podem ser classificados como probabilidades básicas atribuídas (*bpa's*), e os critérios, as fontes de evidências denotados por, $m_1, \dots, m_n$.

2.6.5 Combinação das Evidências

As evidências, elas podem ser combinadas usando a regra de Dempster (Shafer, 1976). As probabilidades atribuídas (*bpa*'s) a cada alternativa quando avaliada por cada critério são integradas em uma única (*bpa*) (Beynon et al, 2001). Os valores obtidos são a exata crença em grupos de alternativas baseado nos conjuntos de critérios avaliados.

2.6.6 Intervalos de Crença e Plausibilidade

Os valores combinados de probabilidade atribuída formam os intervalos de crença *bls* e plausibilidade *pls* para os subconjuntos da estrutura de discernimento Θ . Esses intervalos fornecem graus de crença para permitir avaliar a veracidade das alternativas. Segundo Beynon (2000), o resultado é interpretado como a quantidade de evidência a favor e contra uma alternativa. Assim, uma proposição estará mais próxima da verdade à medida que os valores de *bls* e *pls* se aproximarem de um, e o inverso denotará forte evidência contra a proposição

2.6.7 Nível de Conflito

Para avaliar a qualidade da combinação das evidências, este método fornece uma medida de conflito entre as evidências, o qual é denotado por *K*. (Beynon 2000; 2002a; 2002b).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 Natureza da Pesquisa

Este trabalho trata da priorização de projetos de melhoria com base em métodos de tomada de decisão multicritérios. Para este fim, opta-se por uma pesquisa descritiva com enfoque qualitativo. Este estudo é caracterizado também pela indisponibilidade, dentro do conhecimento do autor, de estudos científicos quanto à aplicabilidade dos modelos propostos AHP e DS-AHP na priorização de projetos de melhoria e análise do processo de priorização.

3.2 Método da Pesquisa

O método utilizado é o experimento aplicado em uma empresa de bens de capital. Esta empresa desenvolve e executa seus próprios projetos de produtos na planta do Estado de São Paulo.

Uma preocupação que sempre paira sobre experimentos é de como se pode generalizar a partir de um caso único. Yin (1990) responde a esta questão comparando estudos de casos a experimentos. O autor defende que ambos são generalizáveis a proposições teóricas, e não a populações. Nesse sentido, o estudo de caso, assim como o experimento, não representa uma amostragem, e o objetivo do pesquisador é expandir e generalizar teorias, conduzindo uma generalização analítica e não estatística.

3.3 Condução do Experimento

Nesse trabalho o método do experimento foi conduzido a partir de evidências de quatro fontes de dados:

1. documentos: lista de projetos, lista de critérios de seleção de projetos estratégicos, metodologia de desenvolvimento de projetos, planilhas de cálculos de viabilidade econômica e metodologia de gestão de portfólio;

2. entrevistas focadas: foi elaborado um roteiro de entrevistas (Anexo C) para identificar os critérios mais importantes para seleção de projetos de melhoria segundo o julgamento dos participantes; além disso, foram realizadas duas entrevistas abertas com os especialistas das áreas de Estratégia (PE) e Desenvolvimento para a compreensão do processo de gestão de portfólio e do problema da pesquisa respectivamente;
3. observação direta: julgamentos dos participantes durante a aplicação dos métodos de suporte a decisão;
4. observação do participante: o problema da observação do participante é que ele tem grande capacidade de produzir vieses, pois o investigador pode assumir posições ou advogar contra os interesses das práticas científicas recomendadas. Assim, para minimizar este efeito, não foi permitida a adição de opinião própria sobre a interpretação dos resultados, mas apenas informações sobre o processo de tomada de decisão, pois tais informações são parte de um relatório corporativo disponível para consulta aos funcionários responsáveis pelo planejamento de projetos.

Para Yin (1990), a escolha da técnica mais apropriada para a investigação que se deseja realizar vai depender basicamente de três condições:

- a) do tipo de questão de pesquisa;
- b) do controle que o investigador possui sobre os eventos comportamentais reais;
- c) do grau de foco em eventos contemporâneos ou históricos.

Através de um roteiro (vide anexo C), desenvolvido em conjunto com a área de Planejamento Estratégico, e aplicado a atores de diferentes níveis hierárquicos referentes às áreas de (3 pessoas) desenvolvimento, (1 pessoa) *marketing*, (2 pessoas) qualidade, (1 pessoa) *controlling* e (1 pessoa) foi possível mapear o processo de gestão de portfólio de projetos da organização (figura 4.2), e identificar os critérios mais relevantes para priorizar os projetos.

O modelo de gestão de portfólio utilizado é mostrado na Figura 4.2. Fases de proposição, seleção e priorização de projetos são interligadas pela metodologia de desenvolvimento de produtos. Uma vez levantada a viabilidade técnica e econômica, o projeto passa a pertencer oficialmente ao portfólio de projetos. Neste trabalho será realizada uma priorização de projetos que já foram selecionados pela organização.

Figura 3.1: Processo de Gestão Portfólio de Projetos da Organização

Em seguida através do mesmo questionário buscou-se obter os critérios mais relevantes para priorização dos projetos, segundo o julgamento dos decisores. A formulação das questões do questionário para obtenção dos critérios seguiu a lista de

23 critérios (tabela 3.1) apresentada pela empresa como lista já em uso para fase de seleção de projetos.

Tabela 3.1: Lista base de critérios para o roteiro das entrevistas

Mercado
1 Participação de mercado
2 Preço
3 Reação dos competidores
4 Volume de vendas
Econômico/ Financeiro
5 VPL- (Valor Presente Líquido)
6 TIR- (Taxa Interna de Retorno)
7 Pay Back-(Tempo de retorno do investimento)
8 Margem de contribuição
9 ROI - (Retorno Sobre o Investimento)
10 ROS - (Retorno Sobre Vendas)
Estratégicos
11 Ganho de escala
12 Atendimento a nichos de mercado
13 Mudança de fornecedores estratégicos
14 Participação em licitações
Desenvolvimento e Manufatura
14 Inovação tecnológica
15 Atendimento às legislações
16 Velocidade de lançamento do produto no mercado
17 Falhas do produto durante o período de garantia
18 Recursos de fabricação
19 Recursos de desenvolvimento
Consumidor
20 Imagem da marca
21 Nível de satisfação do consumidor
22 Aceitação do consumidor
23 Atendimento de pós-vendas

Após a aplicação do questionário, a lista sofreu uma redução para 14 critérios (Tabela 3.2); uma vez que se identificaram sobreposições entre critérios dos diversos grupos, porém, a maior concentração foi observada no desenvolvimento / manufatura e estratégicos. A eliminação de critérios similares é essencial quando se pretende avaliar alternativas pelo uso de métodos multicritérios, a eficácia do método não depende apenas da escolha dos critérios mais relevantes, mas se esses não estão duplicados.

Tabela 3.2: Lista de critérios após 1ª avaliação do grupo

Mercado	
1	Participação de mercado
2	Preço
3	Reação aos competidores
4	Volume de vendas
Econômico/ Financeiro	
1	VPL- (Valor Presente Líquido)
2	TIR- (Taxa Interna de Retorno)
3	Margem de contribuição
Estratégicos	
4	Ganho de escala
5	Atendimento a nichos de mercado
6	Participação em licitações
Desenvolvimento e Manufatura	
7	Atendimento às legislações
8	Velocidade de lançamento do produto no mercado
Consumidor	
9	Imagem da marca
10	Nível de satisfação do consumidor

Após o início das comparações com o uso da metodologia AHP, foram identificados mais sobreposições de critérios. O grupo percebeu mais uma vez critérios similares, tais como: nível de satisfação do cliente, participação em licitações, atendimento a nichos de mercado, TIR, VPL, volume de vendas, reação dos competidores e preço. Assim, pós a retirada desses critérios a composição final da lista foi reduzida para 6 conforme abaixo:

Tabela 3.3. Lista de critérios após avaliação 2ª avaliação do grupo.

Mercado	
1	Participação de mercado
Econômico/ Financeiro	
2	Margem de contribuição
Estratégicos	
3	Ganho de escala
Desenvolvimento e Manufatura	
4	Atendimento às legislações
5	Velocidade de lançamento do produto no mercado
Consumidor	
6	Imagem da marca

3.4 Desenho da Pesquisa -Modelo Conceitual

O modelo conceitual busca ilustrar esquematicamente como o estudo do problema definido preliminarmente será desenvolvido. O esquema da figura 3.2 descreve qual o processo e, em quais partes dele os métodos de auxílio à decisão serão aplicados para realização do experimento.

Em gestão de portfólio métodos de auxílio à tomada de decisão geralmente são aplicados durante o processo de seleção, balanceamento e priorização de projetos. Neste trabalho o foco será no processo priorização. Pode-se observar no esquema abaixo que a priorização está na sequência do processo de seleção. Esta separação foi exigida, pois, como a empresa estudada não possui um modelo formal estabelecido de gestão de portfólio, na prática, essas fases ocorrem simultaneamente. Com base em alguns dos modelos descritos neste trabalho, esses processos foram separados, sendo a fase de seleção sob responsabilidade do *board* e a priorização do departamento de desenvolvimento de produtos. Com isso, a relação dos projetos a serem priorizados partiu de uma lista existente aprovada pelo processo de seleção da organização.

Figura 3.2: Modelo conceitual de tomada de decisão em gestão de portfólio.

4. EXPERIMENTO

4.1 Introdução

Com o compromisso de preservar a confidencialidade da empresa, a mesma será denominada por Organização. Na Organização, a responsabilidade pela coordenação da formulação da estratégia e a definição do portfólio de projetos é da área de PE (Planejamento Estratégico). O processo de formulação (figura 4.1) é executado anualmente, quando o planejamento de curto e longo prazo é avaliado. É neste processo que se define o portfólio de produtos que serão mais adiante convertidos em projetos.

Figura 4.1: Processo de Formulação da Estratégia da Organização

A definição do portfólio é uma fase do planejamento estratégico e sua composição tem validade para dez anos. Este ciclo é realizado anualmente, de forma a se adequar às tendências identificadas na economia, nas legislações pertinentes, no comportamento dos clientes, nas ações dos concorrentes e no setor de atuação. A Organização normalmente adota o critério financeiro nestas reavaliações. Na Organização, os projetos de produtos pertencem à categoria de desenvolvimento e melhoria (ver Figura 4.2). Na categoria de desenvolvimento, predominam aqueles

considerados estratégicos, ou seja, obrigatórios para que se atinjam as metas do negócio. Os demais que requerem pequenas modificações de produtos são responsáveis geralmente pela manutenção da participação em nichos de mercados ou melhoria da satisfação de clientes chaves para a Organização.

Figura 4.2: Participação dos Projetos de Melhorias em 2005

Os projetos estratégicos, em geral, são responsáveis por uma mudança completa da linha de produtos, consumindo a maior parte da mão-de-obra e dos recursos disponíveis da organização. Os de melhoria são executados à medida que se consegue alocar recursos ociosos.

Figura 4.3: Alocação de Recursos para Projetos Estratégicos e de Melhorias.

A parte clara do gráfico representa os especialistas alocados para realização de projetos estratégicos e a parte escura, os de melhorias. A capacidade máxima de recursos (pessoas) da empresa para essas atividades está limitada pela linha tracejada. Neste caso, a organização precisa de praticamente o dobro de recursos ao longo do ano de 2005 para a realização dos projetos de melhorias simultaneamente aos estratégicos a fim de atender o planejamento estabelecido pela diretoria.

No entanto, a área que executará os projetos não receberá mão de obra adicional e, portanto não poderá atender aos prazos dos projetos de melhoria. Diante dessa situação, duas alternativas muito comuns em gestão de projetos surgem para solução do problema: liberação de horas-extras ou postergação do prazo de entrega dos projetos. Porém as duas trazem consequências indesejáveis: a primeira, elevação do custo do projeto e a segunda, além da elevação do custo, a insatisfação do cliente por não receber o produto na data acordada.

Assim, surgiu uma terceira alternativa na qual se propõe uma priorização dos projetos de melhoria que levasse a empresa a executar primeiro aqueles relevantes para seu negócio, obedecendo as restrições de prazo, custos e qualidade.

A definição dos projetos que seriam avaliados partiu de uma lista pré-estabelecida de trinta e sete, já aprovada pelo *board* da empresa, porém ainda não se tinha definido a prioridade para execução na área de desenvolvimento de produtos. Assim, foi proposto inicialmente à área de planejamento estratégico a aplicação dos métodos de tomada de decisão AHP e DS-AHP no conjunto dos trinta e sete projetos para a obtenção de um *ranking* de prioridade que viesse a auxiliar a execução na área de desenvolvimento. Porém, dos trinta e sete projetos somente sete estavam efetivamente liberados para execução e os demais ainda precisavam cumprir alguma exigência burocrática dentro da organização para posterior liberação a execução. Dessa forma o experimento foi realizado em 7 (4.4) projetos de melhoria a fim de obter a priorização do projeto para execução dentro da área de desenvolvimento.

Projetos	Qtde	Anos																																				
		2005												2006												2007												
Estratégicos		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	
E1	1																																					
E2	1																																					
E3	1																																					
Melhorias																																						
A	1																																					
B	1																																					
C	1																																					
D	1																																					
E	1																																					
F	1																																					
G	1																																					
Total	10																																					

▽ Data prevista de conclusão dos projetos estratégicos

▼ Data prevista de conclusão dos projetos de melhorias

Figura 4.4: Planejamento Trienal dos Projetos por Categoria.

4.2 Aplicação do Método AHP

4.2.1 Software de Apoio Utilizado

Na aplicação do método AHP, utilizou-se como ferramenta de apoio o programa *Superdecision*[®] 1.6.0, desenvolvido por Thomas L. Saaty. O programa abrange, entre outras funções, a estruturação de um problema com objetivos, critérios e alternativas, a comparação par a par e a obtenção de quantificações. O programa também apresenta em cada etapa a razão de consistência de cada julgamento efetuado, servindo como indicação da necessidade de revisá-lo caso o limite de aceitação seja excedido.

4.2.2 Critérios – Definições e Justificativas da Escolha

Definições dos critérios selecionados para priorização dos projetos:

- **participação de mercado** é definida como a manutenção ou o incremento da participação no mercado com o novo produto. O percentual é estabelecido por pesquisas de mercado que apontam tendências. Também é avaliado o volume de vendas previsto para o novo produto;

- **econômico financeiro** é definido, neste experimento, como a margem de contribuição prevista para o produto. A empresa estabeleceu, há alguns anos, uma meta de margem para novos produtos de, no mínimo, 35%;
- **estratégico** é o mais difícil de ser definido, pois envolve uma rede complexa de interesses e, em muitos casos, as informações relevantes para tomada da decisão são confidenciais no nível da alta direção da empresa. No entanto, neste experimento será considerado a possibilidade de ganho de escala com a comunização de peças para produtos comercializados no mercado asiático e europeu;
- **legislação** é definida como as exigências do governo brasileiro e de outros países para autorizar a comercialização dos produtos. Neste experimento, são consideradas as seguintes legislações:
 - emissões de poluentes: CONAMA 315-02;
 - ruídos: CONAMA 272-00;
 - pesos e dimensões: CONTRAN 012-98;
 - segurança veicular: CONTRAN 014-98 equipamentos obrigatórios;
 - CONTRAN 048-98 cinto de segurança.
- **imagem da marca** é definida como o número de indicadores entre oito avaliáveis, na qual a marca dos produtos da organização atingiu valores superiores a concorrência no ano de 2004. Todos os indicadores (anexo D), que compõem o **indicador global** de imagem da marca têm como objetivo medir a satisfação do cliente em relação aos aspectos do produto e serviços. Abaixo estão listados os campos avaliados pela pesquisa :
 1. Qualidade nos primeiros meses;
 2. Confiabilidade de entrega;
 3. Qualidade do conceito do produto;
 4. Qualidade ao longo do ciclo de vida do produto;
 5. Qualidade dos serviços de financeiros;
 6. Qualidade do atendimento;
 7. Disponibilidade operacional;
 8. Custo de operação do produto.

- **prazo de lançamento do produto** é definido entre um e dois anos. É um critério relevante, sobretudo pelo impacto que atrasos de lançamentos exercem sobre o posicionamento e faixa de preço dos produtos, podendo acentuar a vantagem da concorrência. A pressão exercida pelo mercado sobre as empresas para a redução do tempo de lançamento pode afetar as etapas para conclusão dos testes, com consequências desastrosas para a qualidade do produto. Exemplo comum nos últimos anos são os chamados *recalls*, que obrigam os fabricantes a trocar um componente defeituoso.

Esses critérios foram utilizados tanto no método AHP quanto no DS-AHP, a fim de permitir a comparação dos resultados. Adicionalmente uma pesquisa bibliográfica dos critérios também foi realizada, tanto para diagnosticar a situação existente como para fundamentar teoricamente ou ainda justificar a contribuição da própria pesquisa. A pesquisa bibliográfica constitui parte da pesquisa descritiva realizada, com o intuito de juntar informações e conhecimentos prévios acerca do problema para o qual se procura resposta.

4.2.3 Alternativas

As letras para identificação dos projetos são fictícias tendo em vista a manutenção da confidencialidade de informações.

Tabela 4.1: Alternativas

Critérios	A	B	C	D	E	F	G
1 Participação de mercado	aumentar	aumentar	aumentar	manter	manter	manter	manter
2 Preço	aumentar	manter	aumentar	reduzir	amentar	aumentar	aumentar
3 Tempo de lançamento do produto (anos)	1,5	2	1	2	2,5	1,5	2
4 Margem de contribuição	aumentar	aumentar	manter	manter	aumentar	reduzir	manter
4.1 Boa	x	x			x		
4.2 Aceitável			x	x			x
4.3 Insuficiente						x	
5 Payback (após os lançamento)	1,5	2	2	2,5	2	2	1,5
6 VAL (taxa de desconto objetivo)	boa	aceitável	aceitável	aceitável	aceitável	boa	insuficiente
6.1 Boa	x					x	
6.2 Aceitável		x	x	x	x		
6.3 Insuficiente							x
7 Exigência de atendimento a legislação	sim	não	não	não	não	sim	não
8 Impacto Estratégico	baixo	baixo	médio	alto	alto	médio	alto
8.1 Ganho de escala	não	não	sim	sim	não	sim	não
8.2 Participação de licitações	não	não	não	não	sim	não	não
8.3 Atendimento a nichos de mercados	sim	sim	não	sim	sim	não	não
9 Aceitação do Consumidor	alta	alta	alta	alta	alta	alta	alta
10 Imagem da Marca	melhorar	melhorar	manter	manter	melhora	manter	manter

4.2.4 Estrutura Hierárquica do AHP

É composta por níveis e sub-níveis de acordo com a quantidade de critérios e sub-critérios envolvidos (Figura 4.5). Neste experimento a estrutura foi definida em: objeto de decisão, critérios e alternativas.

Figura 4.5: Estrutura hierárquica de decisão: Método AHP

4.2.5 Julgamentos Comparativos por Pares

Uma vez definida a estrutura hierárquica, cumpre-se realizar os julgamentos comparativos entre os pares de critérios estabelecidos. As discussões em grupo realizaram-se pela metodologia AHP com o apoio do *software Superdecision*® 1.6.0 e o acompanhamento constante da razão de consistência.

4.2.6 Resultados Obtidos

Nesta etapa são oferecidas sete alternativas que reúnem os requisitos a serem usados na priorização dos projetos. Inicia-se a escolha montando-se as matrizes de importância relativa dos critérios pelas quais definem-se as respectivas prioridades relativas (tabela 4.2).

Tabela: 4.2 - Matriz de Importância Relativa dos Critérios-AHP

Matriz A	Imagem da Marca	Legislação	Financeiro	Participação de Mercado	Estratégico	Prazo de lançamento
Imagem da Marca	1	1/5	1/4	1/2	1/3	2
Legislação	5	1	2	5	3	4
Financeiro	4	1/2	1	4	2	3
Participação de Mercado	2	1/5	1/4	1	1/2	2
Estratégico	3	1/3	1/2	2	1	4
Prazo de Lançamento	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1

Com o uso do *software*, obtêm-se os pesos relativos (tabela 4.3) ou o vetor prioridade para os critérios.

Tabela 4.3- Prioridades relativas dos Critérios -AHP

Cálculo do vetor prioridade (Critérios)	
Imagem da marca	0,07
Legislação	0,38
Financeiro	0,25
Participação de mercado	0,09
Estratégico	0,16
Prazo de Lançamento	0,06

A sessão de julgamentos dos critérios teve duração aproximada de duas horas; todos os participantes tiveram oportunidade de rever seus julgamentos e conferir a racionalidade de suas posições até que a consistência fosse alcançada. A partir daí, construiu-se uma matriz de importância relativa para cada critério, considerando, então, todas as alternativas selecionadas. Com o mesmo procedimento aplicado às matrizes de comparação dos critérios, obtêm-se a seguinte tabela:

Tabela 4.4: Valores Consolidados dos Pesos de Importância Relativa -AHP

Alternativas	Imagem	Legislação	Financeiro	Participação de Mercado	Estratégico	Prazo de lançamento
A	0,241	0,359	0,228	0,261	0,038	0,189
B	0,219	0,082	0,230	0,277	0,035	0,071
C	0,082	0,075	0,080	0,237	0,099	0,371
D	0,074	0,073	0,107	0,054	0,248	0,066
E	0,230	0,073	0,239	0,060	0,234	0,031
F	0,077	0,255	0,035	0,054	0,098	0,188
G	0,077	0,082	0,081	0,056	0,248	0,081
Soma	1	1	1	1	1	1
IC	0,003	0,021	0,039	0,005	0,009	0,038

O resultado final combinado é apresentado considerando os julgamentos do grupo. Essa sessão de julgamento concluiu que o grupo prefere estabelecer um grau de priorização para realização de projetos seguindo a ordem apresentada na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Resultado Final dos Valores de Prioridades Relativas - AHP

Projetos	Prioridade
A	25%
E	15%
F	14%
B	13%
C	11%
D	11%
G	11%

O índice de consistência que mede a qualidade dos julgamentos é determinado de acordo com a expressão abaixo, em que n é o número de critérios e $\lambda_{\max}$ o autovalor máximo, de uma matriz quadrada recíproca de comparação pareada:

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)}$$

A inconsistência pode ser inerente ao comportamento humano e deve servir, em uma matriz de decisão, muito mais como um fator de alerta para o decisor do que um erro não desejado. Observamos, nesse caso, que os valores da prioridade relativa dos critérios estão consistentes em $IC = 0,04$ ou 4% ou seja, abaixo dos 10% recomendado por Saaty (1990).

4.2.7 Análise dos Resultados

Um passo importante em qualquer estudo é a verificação da validade dos resultados. A questão, freqüentemente levantada, reside em quão sensível são as prioridades em relação a pequenas variações dos valores dos julgamentos. Deseja-se que as prioridades não flutuem largamente por causa dessas modificações no julgamento.

Considerando-se pequena a diferença entre a soma das pontuações das alternativas E,F,B,C,D e G tornou-se interessante realizar uma análise de sensibilidade, fazendo variar os pesos dos critérios mais importantes apontados pelo grupo decisor, legislação e financeiro, a fim de verificar a consequência no ordenamento final das alternativas.

A Figura 4.6 mostra a variação do peso final das alternativas, em função da variação da importância relativa do critério legislação. Observa-se que as alternativas A e E apresentaram variações, porém, ainda se mantiveram nas primeiras posições, se confirmando como as melhores alternativas. As alternativas B,C,D e G praticamente se mantiveram estáveis, mostrando insensibilidade à alteração do critério legislação. Por outro lado a alternativa F foi sensível a esta variação, porém somente após redução de 10% da importância do critério legislação

Figura 4.6-: Gráfico de análise de sensibilidade com ênfase no critério -Legislação

Na Figura 4.7 observa-se que a variação dos pesos finais das alternativas é avaliada em função da importância relativa do critério financeiro. Observa-se que as alternativas permanecem estáveis, mostrando insensibilidade ao critério. Entretanto isso não quer dizer que o aspecto financeiro não seja um ponto importante a ser levado em consideração, pelo contrário, o fato é que todas as alternativas têm um forte apelo financeiro para organização e o impacto do peso deste critério tem

comportamento homogêneo entre as alternativas impedindo que houvesse troca de posições no ordenamento final das alternativas.

Figura 4.7: Gráfico de análise de sensibilidade com ênfase no critério -Financeiro

Daí conclui-se que a análise de sensibilidade mostrou que pequenas mudanças nos julgamentos não variam a ordem de prioridade das alternativas, e que dessa forma validando os resultados apresentados na tabela 4.5. A análise não revelou qualquer condição particular que requeira recomendações adicionais.

4.3 Aplicação do Método DS-AHP

4.3.1 Software de Apoio Utilizado

Na aplicação do método DS-AHP, utilizou-se como ferramenta de apoio o programa *Dempster-Shafer –engine*[®] da empresa Adrian O'Neill sediada nos Estados Unidos. O programa abrange, entre outras funções, o cálculo das crenças (*bel*), plausibilidades (*pls*) e a combinação de evidências. Este *software* não estrutura o problema de decisão, apenas auxilia nos cálculos. A estruturação completa do problema foi realizada com auxílio do *software* Microsoft[®] Excel.

4.3.2 Critérios

Foram considerados os mesmos utilizados pelo método AHP (ver 4.2.2).

4.3.3 Alternativas

Foram consideradas as mesmas utilizadas pelo método AHP (ver tabela 4.1).

4.3.4 Estrutura Hierárquica do Problema de Decisão

No DS-AHP, o número de comparações de alternativas é reduzido se comparado ao método tradicional AHP (Beynon et al., 2000). Isso acontece em virtude da preferência que se atribui aos grupos de AD's, em relação às alternativas individuais. O método é baseado na medida de favorecimento dos julgamentos de uma alternativa em relação a um grupo de AD's ou estrutura de discernimento $\Theta = \{A, B, C, D, E, F, G\}$. Tanto os critérios quanto as alternativas são os mesmos usados pelo método AHP. Comparando previamente as alternativas em cada critério, são mantidas somente aquelas que apresentam, segundo o julgamento dos decisores, a maior relevância para aquele critério; as demais são descartadas. Assim, obtém-se uma visão inicial de quais alternativas, ou grupos delas, devem pertencer à estrutura hierárquica conforme mostrado na figura abaixo:

Figura 4.8: Estrutura hierárquica –DS-AHP

4.3.5 Julgamentos Comparativos

Tomando-se por base a estrutura hierárquica (figura 4.8), são construídas as matrizes de conhecimento nas quais os grupos de alternativas são comparados em relação à estrutura de discernimento Θ , segundo cada critério (Beynon et al., 2000). Para o julgamento, usa-se uma escala com seis unidades que, similarmente ao AHP, reflete a preferência do decisor na comparação de um grupo de alternativas com o conjunto de todas elas.

4.3.6 Resultados Obtidos

Através dos julgamentos do grupo decisor com base na escala de favorecimento da tabela 2.3, foram geradas matrizes de conhecimento para cada alternativa conforme tabela 4.

Tabela 4.6: Matrizes de Conhecimento -DS-AHP

Imagem da Marca		
	{A,B,E}	{Θ}
{A,B,E}	1	6
{Θ}	1/6	1

Legislação		
	{A,F}	{Θ}
{A,F}	1	5
{Θ}	1/5	1

Financeiro			
	{A,B,E}	{C,D,G}	{Θ}
{A,B,E}	1	0	5
{C,D,G}	0	1	3
{Θ}	1/5	1/3	1

Impacto Estratégico			
	{C,F}	{D,E,G}	{Θ}
{C,F}	1	0	6
{D,E,G}	0	1	4
{Θ}	1/6	1/4	1

Participação de Mercado		
	{A,C,D,F}	{Θ}
{A,C,D,F}	1	4
{Θ}	1/4	1

Prazo de Lançamento			
	{C}	{A,F}	{Θ}
{C}	1	0	5
{A,F}	0	1	3
{Θ}	1/5	1/3	1

Observando a matriz de conhecimento, nota-se que a pontuação é igual a um na diagonal principal; isso se deve à comparação da preferência entre grupos de alternativas consigo mesma. Os valores da última coluna são as preferências de certos grupos AD de cada linha em relação a Θ . Os zeros que aparecem na matriz de

conhecimento indicam que não há atribuição de conhecimento entre os grupos de alternativas.

O próximo passo é a construção de uma matriz de comparação dos critérios, como acontece no método AHP. Beynon (2000) sugere que o vetor prioridade seja calculado usando a mesma escala de nove unidades do AHP. Neste caso, a matriz das importâncias relativas dos critérios poderá ser assumida como a mesma, possuindo dessa forma os mesmos valores do vetor prioridade.

Em seguida, incorporam-se esses valores dentro de cada matriz de conhecimento (tabela 4.7). Esse procedimento é realizado multiplicando-se os elementos na última coluna (exceto a última entrada dessa coluna, cujo valor é um) pelo respectivo valor de importância para esse critério. Sendo $\bar{p}_i$ o valor de importância e a_{ij} a importância relativa entre as alternativas, resultam-se, então, $\bar{p}_i \times a_{ij}$ e, pela posição simétrica na linha, obtém-se a recíproca $1/(\bar{p}_i \times a_{ij})$. Os valores de 0 e 1 da matriz de conhecimento não são afetados pelo peso $\bar{p}_i$.

Tabela 4.7: Matrizes de conhecimento com os pesos $\bar{p}_i$ -DS-AHP

Imagem da Marca		
	{A,B,E}	{Θ}
{A,B,E}	1	0,399
{Θ}	0,011	1

Legislação		
	{A,F}	{Θ}
{A,F}	1	1,891
{Θ}	0,156	1

Financeiro			
	{A,B,E}	{C,D,G}	{Θ}
{A,B,E}	1	0	1,241
{C,D,G}	0	1	0,745
{Θ}	0,050	0,083	1

Impacto Estratégico			
	{C,F}	{D,E,G}	{Θ}
{C,F}	1	0	0,974
{D,E,G}	0	1	0,649
{Θ}	0,027	0,041	1

Participação de Mercado		
	{A,C,D,F}	{Θ}
{A,C,D,F}	1	0,354
{Θ}	0,022	1

Prazo de Lançamento			
	{C}	{A,F}	{Θ}
{C}	1	0	0,280
{A,F}	0	1	0,168
{Θ}	0,011	0,019	1

Com isso pode-se obter o vetor de conhecimento normalizado para cada critério, cuja soma deverá necessariamente ser igual a um (ver tabela 4.8).

Tabela 4.8: Pesos Normalizados das Alternativas para cada Critérios – DS / AHP.

Imagem da Marca		Legislação	
{A,B,E}	0,285	{A,F}	0,654
{ Θ }	0,715	{ Θ }	0,346
Financeiro		Impacto Estratégico	
{A,B,E}	0,416	{C,F}	0,371
{C,D,G}	0,249	{D,E,G}	0,248
{ Θ }	0,335	{ Θ }	0,381
Participação de Mercado		Prazo de Lançamento	
{A,C,D,F}	0,261	{C}	0,193
{ Θ }	0,739	{A,F}	0,116
		{ Θ }	0,691

Esse valor de prioridade para cada alternativa no respectivo critério é conhecido no método DS-AHP como atribuição de probabilidade básica (*bpa*). Neste experimento, definire-se *bpa* como m , sendo: m_1 , imagem da marca; m_2 , legislação; m_3 , financeiro; m_4 , impacto estratégico; m_5 , participação de mercado; e m_6 , prazo de lançamento.

Pode-se observar que nos subconjuntos gerados a partir das *bpa*'s, uma mesma alternativa consta em vários critérios. O método DS-AHP considera cada um deles uma fonte de evidência. Os subconjuntos de alternativas para cada critério são:

$$\begin{aligned}
 m_1 &= (\{A, B, E\}) \quad m_1 = (\{\Theta\}) \\
 m_2 &= (\{A, F\}) \quad m_2 = (\{\Theta\}) \\
 m_3 &= (\{A, B, E\}) \quad m_3 = (\{C, D, G\}) \quad m_3 = (\{\Theta\}) \\
 m_4 &= (\{C, F\}) \quad m_4 = (\{D, E, G\}) \quad m_4 = (\{\Theta\}) \\
 m_5 &= (\{A, C, D, F\}) \quad m_5 = (\{\Theta\}) \\
 m_6 &= (\{C\}) \quad m_6 = (\{A, F\}) \quad m_6 = (\{\Theta\}) = 0,691
 \end{aligned}$$

Pela teoria da evidência, é permitido considerar essas fontes como independentes e assim, cada alternativa representará um pedaço de evidência correspondente àquele critério. Esses pedaços podem ser somados por intermédio da regra de **combinação de evidências** de Dempster e a probabilidade básica atribuída definida como $m_{combinada}$ (Beynon 2001a). Sendo as evidências m_n independentes,

o subespaço de probabilidade das combinações será o produto das probabilidades individuais:

$$m_{combinada} = m_1 \otimes m_3 \otimes m_5 \otimes m_2 \otimes m_4 \otimes m_6$$

Em seguida calcula-se o valor final de K , o qual após todas as combinações foi de $k = 0,83$, mostrando que existe certo grau de conflito entre as evidências. O resultado da combinação da evidência $m_{comb.total}$ é apresentado na tabela abaixo:

Tabela 4.9: Bpa's $m_{comb.total}$ após combinar todas as evidências

AD's	{A}	{C}	{D}	{E}	{F}	{AF}	{CD}	{CF}	{DG}	{DEG}	{ABE}	{CDG}	{ACDF}	{Θ}
M combinada total	0,27	0,16	0,01	0,02	0,12	0,12	0,01	0,05	0,05	0,02	0,03	0,08	0,01	0,04

Os valores da Tabela 4.9 são as quantidades de crenças nos grupos de alternativas de decisão baseada nas combinações de evidências dos seis critérios e, portanto, $m_{comb.total}(\Theta)$ passa a ser o valor de incerteza das combinações, que neste caso é 4%. Usando $m_{comb.total}$, pôde-se construir o **intervalo de crença** (*bel*) e **plausibilidade** (*pls*) para os subconjuntos da estrutura de discernimento Θ , no qual não se estabelece necessariamente um *ranking* das alternativas, como no método AHP, mas valores de crença dos decisores em relação aos projetos que devem ser priorizados são interpretados através dos intervalos de crença e plausibilidade. Segue as principais medidas obtidas pela avaliação dos intervalos (Beynon 2000,2002a, 2002b);

- descrença (dúvida) é o valor da crença na falsidade da proposição. $Descrença = \neg Bel$;
- ambigüidade ocorre na região $Pls(x)-Bel(x)$, onde a afirmação e a negação da proposição não podem ser identificadas;
- grau de certeza é medido pela diferença entre os valores de confirmação e negação, ou seja, a probabilidade adicional de x ser correta em relação à de x ser errada, $Bel(x) - \neg Bel(x)$;
- fator de certeza é definido como a probabilidade adicional da validade de x e a soma das probabilidades de x estar certo e de estar errado. $R = [Bel(x) - \neg Bel(x)] / [Bel(x) + \neg Bel(x)]$.

Na Tabela 4.10, estão relacionados os valores de crença, plausibilidade, descrença, ambigüidade, grau de certeza e fator de certeza.

Tabela 4.10: Valores consolidados das medidas da TDS

Projetos(x)	Bel (x)	Pls (x)	Dúvida	Ambiguidade	Grau de Certeza	Fator de certeza
{A}	0,27	0,47	0,53	0,20	-0,25	-0,31
{C}	0,16	0,35	0,65	0,19	-0,48	-0,60
{D}	0,01	0,00	1,00	-0,01	-0,99	-0,97
{E}	0,02	0,11	0,89	0,09	-0,87	-0,96
{F}	0,12	0,34	0,66	0,22	-0,55	-0,70
{AF}	0,51	0,64	0,36	0,13	0,15	0,17
{CD}	0,19	0,44	0,56	0,25	-0,37	-0,49
{CF}	0,33	0,59	0,41	0,26	-0,08	-0,11
{DG}	0,07	0,23	0,77	0,16	-0,70	-0,84
{AE}	0,29	0,51	0,49	0,22	-0,19	-0,25
{AEF}	0,41	0,68	0,32	0,27	0,09	0,12

4.3.7 Análise dos Resultados

O exame dos resultados colhidos com a aplicação do método mostra que os elementos focais {A}, {C} e {F} possuem pequenos valores de crença, indicando que existe alguma massa de evidência a favor das hipóteses A, C e F. Para {D}, {E} as crenças apresentadas estão em valores próximos de zero o que indica forte evidência contra estas hipóteses. Outra medida que confirma essa constatação são os valores de dúvida para os mesmos grupos de alternativas.

Por outro lado, {A,F} e {C,F} e {A, E} e {A, E,F} mostram forte evidência a favor e, com isso passam a ser consideradas as melhores opções de projetos, indicando para a área de desenvolvimento que ela poderá optar pela realização de qualquer um desses projetos sem exigir, necessariamente, uma ordem para a escolha. No entanto, Beynon (2000) recomenda que no caso de ser observada elevada crença em um grupo de alternativas, o decisor deverá investigar as diferenças desses projetos por meio dos intervalos de crenças individuais. No caso em estudo, o elemento com maior crença foi A, tornando-se, então, prioritário.

O DS-AHP, similarmente ao índice de consistência do AHP estabelece uma medida de conflito das evidências por meio da regra de combinação Dempster: Neste experimento, o nível de conflito sobre todos os pedaços de evidência é igual a $K = 0,83$, indicando algum nível de conflito entre as evidências e os julgamentos feitos a favor de certos grupos de alternativas de projetos em cada critério. A teoria da evidência teve origem no trabalho de Dempster sobre probabilidades imprecisas. Essa imprecisão é refletida claramente nas diferenças entre crença e plausibilidade.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Análise dos Resultados da Aplicação do AHP e DS-AHP

Na primeira parte do experimento, foi aplicado o método AHP. Cada uma das etapas de análises comparativas dos critérios e alternativas durou cerca de uma hora e trinta minutos. Os pesos de cada projeto foram: *A* (25%), seguida pelo *E* (15%), *F* (14%) e *B* (13%) e, as demais posições, *C*, *D* e *G* com 11%. A pontuação próxima entre algumas alternativas sugere que os projetos analisados por esses critérios diferenciam-se por grupo e não individualmente. A principal razão deste agrupamento pode ser atribuída às suas similaridades em muitos critérios, situação observada com frequência em projetos de melhoria.

No método DS-AHP, observou-se que os valores mais altos de crenças (*bel*) apontam para as hipóteses $\{A, F\}$ (0,51), $\{A, E, F\}$ (0,41), $\{C, F\}$ (0,33), $\{A, E\}$ (0,29) e $\{A\}$ (0,27), ao passo que a negação (descrença) apresenta valores elevados (0, 36), (0, 32), (0, 41), (0, 49), (0, 53) respectivamente. Nota-se que, neste caso, o elevado valor de descrença indica a existência de ambigüidade (0, 13), (0, 27), (0, 26), (0, 22) e (0, 20), ou seja, o valor de probabilidade atribuído a uma região do conhecimento onde não é esclarecido se a força da evidência está a favor ou contra as alternativas.

A maior plausibilidade foi observada no subconjunto de alternativas $\{A, E, F\}$, ou seja, as evidências indicaram que neste subconjunto existe a maior probabilidade de se encontrar alternativas verdadeiras para atendimento do objetivo.

Os graus de certeza positivos das alternativas $\{A, F\}$, $\{A, E, F\}$, indicam que a probabilidade na afirmação da hipótese é maior que na negação e, portanto pode-se ter maior certeza em relação ao julgamento realizado para estes subconjuntos. Os fatores de certeza indicaram que na ponderação final, 12% do potencial das informações são a favor das hipóteses $\{A, E, F\}$. Segundo Beynon (2000), do ponto de vista metodológico, quanto maior o número de informações e o conhecimento dos decisores sobre as alternativas e critérios, maior a tendência do aumento dos níveis

de crença sobre as alternativas e, conseqüentemente, redução de ambigüidades e dúvidas.

O resultado apresentado pela aplicação dos métodos mostrou-se coerente à característica dos projetos avaliados, havendo consenso no grupo de que o uso dos métodos AHP e DS-AHP proporcionou confiança dos participantes a cerca dos resultados obtidos.

Outro ponto observado é que pelo método analítico AHP o resultado final é mostrado através dos pesos relativos para as alternativas sem qualquer margem de confiança, o que torna difícil para o decisor avaliar o quanto é possível acreditar no *ranking* final, a não ser que se observe valor de inconsistência acima do recomendado, o que não ocorreu neste estudo. O decisor não tem outra escolha a não ser confiar no resultado apresentado.

Em relação ao DS-AHP, observou-se que o método ajuda o decisor a não ser induzido a optar imediatamente por uma alternativa que obteve um maior valor de crença sem antes avaliar as medidas de plausibilidade e ambigüidade. Isto significa que, caso o decisor não se sinta confiante em escolher a alternativa com maior valor de crença devido a elevado grau de ambigüidade, ele poderá rever os critérios e alternativas além de verificar junto ao grupo decisor quais as pessoas na organização que possuem conhecimento suficiente dos elementos de decisão envolvidos a fim de contribuir para a redução das incertezas.

5.2 Comparação dos Resultados

O primeiro ponto que se pode destacar da aplicação dos métodos reside na redução do número de comparações entre as alternativas, enquanto no AHP ocorreram 168, no DS-AHP foram apenas 30. O baixo número de comparações trouxe mais agilidade na obtenção dos resultados pelo método DS-AHP com conseqüente preferência do seu uso.

Em segundo lugar está o *ranking* de alternativas. Na Tabela 5.1 são apresentados os resultados justapostos:

Tabela 5.1: Comparação dos resultados entre o AHP e DS-AHP

Classificação	Método AHP	Classificação (maior evidência a favor)	Método DS/AHP
1 ^a	A	1 ^a	{A, F}
2 ^a	E	2 ^a	{A, E, F}
3 ^a	F	3 ^a	{C, F}
4 ^a	B	4 ^a	{A, E}
5 ^a	C, D e G	5 ^a	{A}
		6 ^a	{C, D}
		7 ^a	{C}
		8 ^a	{F}
		9 ^a	{D, G}
		10 ^a	{E}
		11 ^a	{D}

Na comparação, observa-se que no DS-AHP o subconjunto de projetos {A, F} concentra a maior evidência a favor das hipóteses, ocupando a primeira posição, enquanto que os mesmos projetos estão na ordem 1^o e 3^o pela aplicação do AHP.

Nota-se que a maior diferença entre os resultados está na posição do projeto *B* no *ranking*, que obteve o quarto lugar no AHP, mas no DS-AHP não foi relacionado. Para entender as razões dessa divergência, é preciso observar o mecanismo de comparação das alternativas pelo método AHP, que as realiza em cada critério de forma independente. Este procedimento não é requerido necessariamente no DS-AHP, pois a seleção prévia das alternativas é feita para eliminar as pouco relevantes. Assim, com realização das comparações para todos os critérios, algumas alternativas surgem como não relevantes de forma isolada, como o caso de *B* e *G*, que apareceram menos vezes nos critérios avaliados quando comparadas às demais. Dessa forma, no cômputo final, momento em que todas as evidências são comparadas, estas alternativas puderam ser suprimidas da relação, pois apresentaram valores muito baixos de crença. Daí, explica-se a ausência da alternativa *B* na relação final.

Outro ponto observado relaciona-se à forma pela qual se escolhe um projeto dentre um grupo de três $\{A, E, F\}$. Nessa situação, recomenda-se avaliar o conjunto de medidas conforme (tabela 4.8). Contudo, a quantidade de crença individual (*bel*) é ainda a que fornece a informação mais relevante para se conhecer as evidências que se mostram a favor de uma dada alternativa.

De forma geral, houve pouca diferença no *ranking* de importância das alternativas pelos dois métodos. Esse resultado refletiu a expectativa do grupo, pois o que se aguardava como benefício do método não estava nas posições, mas, sobretudo, na obtenção de medidas de incerteza que pudessem auxiliar as escolhas.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho verificou a influência da incerteza no processo de decisão para priorizar projetos mediante o uso de dois métodos multicritérios: o AHP e o DS-AHP. A influência da incerteza foi analisada em duas perspectivas:

- A) Na comparação dos resultados entre o *ranking* dos projetos, e;
- B) Na preferência do tomador de decisão a respeito da utilização de cada método.

Na comparação dos resultados observa-se a não existência de grandes diferenças no *ranking* dos projetos resultantes da aplicação dos dois métodos. Em contra partida, o DS-AHP mostrou elevadas faixas de incerteza, representadas pelo “grau de dúvida”, inclusive para projetos com elevado “nível de crença”. Uma investigação para identificar as causas do conflito sugere que ele decorre de falhas na estruturação do problema: nos critérios, nos objetivos e nas alternativas adotados, ou na imperfeição dos julgamentos realizados, decorrentes de juízos contraditórios, ou pela diferença de conhecimentos entre os tomadores de decisão.

A proporção de 20% dos projetos que são cancelados ou re-priorizados na organização esta coerente com o nível de incerteza presente nos julgamentos conforme apresentado pelo método DS-AHP. Apesar de muitas empresas aceitarem uma “margem de erro” dessa grandeza, no caso da empresa estudada isto indica uma deficiência no processo de gestão de portfólio o que vem causando a reavaliação por parte da matriz quanto a liberação para a realização de novos projetos na planta de São Paulo.

Na preferência pelos métodos aplicados, buscou-se compreender se a medida de ignorância, os intervalos de crença e o índice (K) de conflito dos julgamentos do DS-AHP tornam-o mais atrativo para a aplicação em situações que envolvem critérios qualitativos e julgamentos subjetivos, quando comparado ao AHP, o qual não permite qualquer questionamento quando o índice de consistência (IC) se apresenta dentro dos valores recomendados de 10%. Neste ponto, em particular, o

grupo de decisores avalia que não se pode desprezar a presença da incerteza no processo de decisão, e que sua identificação e mensuração é essencial para que se possa validar o *ranking* das alternativas.

Um ponto para avaliação observado na aplicação do DS-AHP é que, apesar de ter uma formalização matemática obedecendo aos axiomas estatísticos, ainda será preciso um maior aprofundamento a respeito dos efeitos da escala usada para comparação das alternativas no nível de conflito K e quantidade máxima de critérios e alternativas que possam ser avaliadas pelo método.

Comparando os argumentos, conclui-se que aqueles favoráveis são mais significantes e que, por esta razão, esses métodos constituem boas opções no que se refere ao aprimoramento do processo de decisão, mostrando-se válidos para aplicação em situações práticas em gestão de portfólio de projetos.

Por fim, o que parece constituir um obstáculo à adoção desses métodos é a subjetividade a eles inerente, o que pode motivar resistências à sua utilização. Em particular no DS-AHP, adiciona-se a novidade do método e conceitos pouco utilizados de crença e plausibilidade em áreas que não sejam da engenharia da computação.

Portanto, considerando que muitas corporações e órgãos governamentais estejam obtendo resultados satisfatórios através da aplicação destes métodos, pode-se vislumbrar como viável a ampliação do seu uso em diversas áreas da gestão para um futuro próximo. O seu emprego na área de abrangência do presente trabalho é um assunto a ser explorado e desenvolvido.

ANEXO A – MATRIZES DE COMPARAÇÃO PARITÁRIAS DO MÉTODO AHP.

Matriz de importância relativa: Imagem da Marca

Imagem da Marca							
Matriz B	A	B	C	D	E	F	G
A	1	1	3	4	1	3	3
B	1	1	2	3	1	3	3
C	1/3	1/2	1	1	1/3	1	1
D	1/4	1/3	1	1	1/3	1	1
E	1	1	3	3	1	3	3
F	1/3	1/3	1	1	1/3	1	1
G	1/3	1/3	1	1	1/3	1	1

Matriz de importância relativa: Participação de mercado

Participação de mercado							
Matriz C	A	B	C	D	E	F	G
A	1	1	1	5	4	5	5
B	1	1	1	6	5	6	4
C	1	1	1	4	3	4	5
D	1/5	1/6	1/4	1	1	1	1
E	1/4	1/5	1/3	1	1	1	1
F	1/5	1/6	1/4	1	1	1	1
G	1/5	1/4	1/5	1	1	1	1

Matriz de importância relativa: Impacto Estratégico

Estratégico							
Matriz D	A	B	C	D	E	F	G
A	1	1	1/3	1/5	1/6	1/3	1/6
B	1	1	1/3	1/7	1/6	1/4	1/6
C	3	3	1	1/3	1/2	1	1/3
D	5	7	3	1	1	3	1
E	6	6	2	1	1	3	1
F	3	4	1	1/3	1/3	1	1/3
G	6	6	3	1	1	1	1

Matriz de importância relativa: Prazo de lançamento

Prazo de Lançamento							
Matriz G	A	B	C	D	E	F	G
A	1	3	1/3	4	5	1	3
B	1/3	1	1/5	1	4	1/4	1
C	3	5	1	5	6	3	4
D	1/4	1	1/5	1	3	1/4	1
E	1/5	1/4	1/6	1/3	1	1/5	1/4
F	1	4	1/3	4	5	1	2
G	1/3	1	1/4	1	4	1/2	1

Matriz de importância relativa: Financeiro

Financeiro							
Matriz E	A	B	C	D	E	F	G
A	1	1	3	3	1	7	2
B	1	1	3	2	1	6	4
C	1/3	1/3	1	1	1/4	3	1
D	1/3	1/2	1	1	1/4	3	3
E	1	1	4	4	1	4	2
F	1/7	1/6	1/3	1/3	1/4	1	1/3
G	1/2	1/4	1	1/3	1/2	3	1

Matriz de importância relativa-Legislação

Legislação							
Matriz F	A	B	C	D	E	F	G
A	1	3	4	4	5	3	3
B	1/3	1	1	1	1	1/3	1
C	1/4	1	1	1	1	1/4	1
D	1/4	1	1	1	1	1/5	1
E	1/5	1	1	1	1	1/4	1
F	1/3	3	4	5	4	1	3
G	1/3	1	1	1	1	1/3	1

ANEXO B – TABELAS DE COMBINAÇÃO DE EVIDÊNCIAS DO MÉTODO DS-AHP

Tabelas com valores de combinação de evidências para todos os critérios

		Financeiro (A,B,E)		Financeiro (C,D,G)		Financeiro Θ	
Imagem da Marca (A,B,E)	0,285	(A,B,E)	0,42		0,25		0,33
		(A,B,E)	0,12	0	0,07	ABE	0,10
Imagem da Marca Θ	0,715	(A,B,E)	0,30	CDG	0,18	Θ	0,24

		Participação de mercado (A,C,D,F)		Participação de mercado Θ	
			0,26		0,74
(A,B,E)	0,55	A	0,14	A,B,E	0,41
CDG	0,19	C,D	0,05	C,D,G	0,14
Θ	0,26	A,C,D,F	0,07	Θ	0,19

		Legislação (A,F)		Legislação Θ	
			0,65		0,35
A	0,14	A	0,09	A	0,05
C,D	0,05	0	0,03	CD	0,02
A,B,E	0,41	A	0,27	ABE	0,14
C,D,G	0,14	0	0,09	CDG	0,05
A,C,D,F	0,07	AF	0,04	ACDF	0,02
Θ	0,19	AF	0,12	Θ	0,07

		Impacto estratégico (C,F)		Impacto estratégico (D,E,G)		Impacto estratégico Θ	
			0,37		0,25		0,38
A	0,47	0	0,174	0	0,12	A	0,18
AF	0,19	F	0,072	0	0,05	AF	0,07
CD	0,02	C	0,007	D	0,00	CD	0,01
CDG	0,16	C	0,060	DG	0,04	CDG	0,06
ABE	0,06	0	0,021	E	0,01	ABE	0,02
ACDF	0,03	CF	0,010	D	0,01	ACDF	0,01
Θ	0,08	CF	0,028	DEG	0,02	Θ	0,03

		Prazo do lançamento (C)		Prazo do lançamento (A,F)		Prazo de lançamento Θ	
			0,19		0,116		0,69
A	0,28	0	0,054	A	0,032	A	0,19
C	0,10	C	0,020	0	0,012	C	0,07
D	0,02	0	0,003	0	0,002	D	0,01
E	0,02	0	0,004	0	0,003	E	0,01
F	0,11	0	0,022	F	0,013	F	0,08
AF	0,11	0	0,022	AF	0,013	AF	0,08
CF	0,06	C	0,011	F	0,007	CF	0,04
CD	0,01	C	0,002	0	0,001	CD	0,01
DG	0,06	0	0,012	0	0,007	DG	0,04
ABE	0,03	0	0,006	A	0,004	ABE	0,02
CDG	0,10	C	0,018	0	0,011	CDG	0,07
DEG	0,03	0	0,006	0	0,003	DEG	0,02
ACDF	0,02	C	0,003	AF	0,002	ACDF	0,01
Θ	0,04	C	0,009	AF	0,005	Θ	0,03

Tabela com os valores do fator K para cada soma ortogonal dois a dois. Os valores destacados em amarelo são os valores consolidados de K e de todos os sub-conjuntos formados a partir da combinação das evidências.

r	K=1-r	A	B	C	D	E	F	G	AF	CD	CF	DG	DEG	ABE	CDG	ACDF	Θ	Total
0,07	0,93													0,55	0,19		0,26	1,00
		0,14								0,05				0,41	0,14	0,07	0,19	1,00
0,13	0,87	0,47							0,19	0,02				0,16	0,06	0,03	0,08	1,00
0,36	0,64	0,28		0,10	0,02	0,02	0,11		0,11	0,01	0,06	0,06	0,03	0,03	0,10	0,02	0,04	1,00
0,17	0,83	0,27		0,16	0,01	0,02	0,12		0,12	0,01	0,05	0,05	0,02	0,03	0,08	0,01	0,04	1,00

ANEXO C - ROTEIRO PARA SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO, ENTREVISTADOS E QUESTIONÁRIO.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica

São Paulo, 15 de junho de 2005.

Prezado Senhor,

Sou aluno do Programa de Mestrado em Engenharia Naval da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e atualmente trabalho sob a orientação do Professor Mardel de Conti no desenvolvimento da dissertação de mestrado na área de Gestão de Projetos. Esta dissertação de Mestrado, com o título sugerido de Métodos de Tomada de Decisão em Gestão de Portfólio de Projetos propõem-se avaliar a influência da decisão no processo de tomada de decisão a partir da aplicação de dois métodos: AHP (*Analytic Hierarchic Process*) e (Dempster-Shafer - AHP) para priorização de projetos de melhorias.

Objetiva-se um processo de tomada de decisão estruturado considerando a influência de todos os critérios objetivos e subjetivos envolvidos, garantido dessa forma a eficácia do processo de priorização. É justamente neste ponto onde se solicita a sua contribuição, pois ela será considerada no experimento definido para esta dissertação. Serão consideradas as opiniões dos diversos atores, que direta ou indiretamente participam do processo de tomada de decisão.

Agradeço sua colaboração, certo de que a mesma contribuirá para uma melhor compreensão do processo de tomada de decisão na priorização de projetos de melhoria da empresa em estudo.

Atenciosamente,

Marcos Coitinho

Tabela-Participantes dos julgamentos e entrevistas.

Grupo	Entrevistado	Função	Área de Atuação
A Marketing	1 (EB)	Engº de Marketing	Representante de Marketing no Gerenciamento de Projetos - Caminhões
B Estratégia	2 (RP)	Analista Estratégia	Gestão de Portfólio de Projetos Estratégicos
	3 (AS)	Engº de Desenvolvimento	Planejamento de Projetos Caminhões
C Desenvolvimento	4 (AO)	Supervisor de Desenvolvimento	Capacidade de Desenvolvimento e Planejamento de Prazos de Projetos
	5 (MA)	Supervisor de Desenvolvimento	Planejamento de Projetos Ônibus
	6 (WW)	Engº da Qualidade	Representante da Qualidade no Gerenciamento de Projetos-Caminhões
D Qualidade	7 (JR)	Engº da Qualidade	Representante da Qualidade no Gerenciamento de Projetos- Ônibus
E Financeira	8 (SG)	Supervisor Financeiro	Controlling de Projetos

Questionário

Tópicos	Questões
Base para tomada de decisão	1
Conhecimento do conceito de revisão de portfólio-1, 2.	
Critérios utilizados para tomada de decisão	3
Alternativas de decisões	5
Documentação utilizada	4

Roteiro das entrevistas

Entrevistado:

Função:

Área:

Data:

Hora:

1. No seu ponto de vista, como você descreveria o processo de Gestão de Portfólio?
2. Como a revisão do portfólio acontece?
3. Dos critérios abaixo, quais são os utilizados pelo Time de Produto (TP) para tomada de decisão?

Participação de Mercado()

Preço ()

Reação em relação aos competidores ()

Volume de vendas ()

Outros _____

- Econômico /Financeiro ()

VPL- Valor Presente Líquido ()

TIR- Taxa Interna de Retorno ()

Payback - Retorno sobre o Capital Investido ()

Margem de Contribuição ()

ROI – Retorno sobre o Investimento ()

Outros _____

- Estratégicos ()

Estratégia mundial do grupo visando ganho de escala, com comunização de peças ()

Atendimento aos mercados estratégicos, interno e externo ()

Participação em licitações ()

Outros _____

- Desenvolvimento e Manufatura ()

Inovação ()

Atendimento a legislação ()

Velocidade de lançamento do produto no mercado ()

Mudança de fornecedores estratégicos ()

Capacidade atual de fabricação, *lay-out* das instalações, M. O ()

Capacidade atual de desenvolvimento disponibilidade de M. O ()

Outros _____

- Consumidor ()

Imagem da marca ()

Nível de satisfação ()

Aceitação do consumidor ()

Capacidade da rede de assistência técnica em lidar com a nova tecnologia ()

Outros _____

4 Existe um documento interno que indique quais critérios devem ser utilizados para a tomada de decisão?

5 Quais são as decisões possíveis no âmbito da área de desenvolvimento?

Cancelar () Congelar () Continuar ()

ANEXO D –INDICADORES DE SATISFAÇÃO DO CLIENTE

Figura 1: Relatório de tomada de decisão para seleção de projetos

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCHER, N, P; GHASEZADEH, F. An **integrated framework for Project portfolio selection**. International Journal of Project Management vol.17, n 4, p.207-216, 1999.

ARCHER, N, P. **Project Selection and Management**. Mc Master School of Business, 1999. Apostila de Graduação.

BAYSAL, E.M. TOKLU, B. ERCENGİZ, A. **Dempster-Shafer AHP model in supplier selection**.YA/EM'2004 - Yöneyim Araştırması/Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi, 15-18 Haziran, Gaziantep - Adana 2004.

BARON, J. **Thinking and deciding**, 3.ed. New York: Cambridge University Press, 2000. 576p.

BEYNON, M.J.; CURRY, B.; MORGAN, P. **The Dempster-Shafer theory of evidence: an alternative approach to multicriteria decision modelling**. OMEGA, v.28, n.1, p.37-50, 2000.

BEYNON, M.J. **DS/AHP method: A mathematical analysis, including an understanding of uncertainty**, European Journal of Operational Research, v.140, p.148–164, 2002a.

BEYNON, M.J. **An Investigation of the Role of Scale Values in the DS/AHP Method of Multi-Criteria Decision Making**. Journal of Multicriteria Decision Analysis; OMEGA v.11, p.327-343. 2002b.

BEYNON, M. J. **Understanding local ignorance and no-specificity within the DS-AHP method of multi-criteria decision making**. European Journal of Operational Research; v.163, p.403-417. 2005.

BOUYSSOU, D. **Modeling inaccurate determination, uncertainty, imprecision using multiple criteria** .In: LOCKETT, A.G., ISLEI, G. (Ed.) Improving Decision Making in Organizations, Berlin: Springer, p.78-87, 1989.

BRANS, J. P.; VINCKE, PH.; MARESCHAL, B.: **How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method**, European Journal of Operational Research v.24, p.228-238, 1986.

CARVALHO, M.M., **Gestão de Portfólio**, São Paulo, POLI-USP, 2004, apostila da disciplina PRO-5824.p.4-5.

CARVALHO, M.M; REBECHINI, JR.R. **Construindo competências para gerenciar projetos: teoria e casos**. São Paulo: Editora Atlas, 2005, p.54.

CASELTON, W.F.; LUO, W. **Decision making with imprecise probabilities: Dempster-Shafer theory and applications.** Water Resources Research, v.28, n.12, p.3071-83. 1992.

COOPER, R.G.; EDGETT, S.J.; KLEINSCHMIDT E.J. **Portfolio management for new products.** New York: Perseus Books, 1998.230p.

COOPER, R.G.; EDGETT, S.J.; KLEINSCHMIDT E.J. **Portfolio Management – Fundamentals to New Product Success**, Product Development Institute: Working Paper n 12, pg.

— — — —. **Portfolio Management for new product development: Result of an industry practice study**, Product Development Institute: Working Paper n 13, p.14, 2001.

DEMPSTER, A. P. **Upper and Lower Probabilities Induced by a Multivalued Mapping.** Annals Mathematics Statistics, v .38, p. 325-339, 1967.

DEWEY, J. **How we think.** New ed. Boston: D.C. 1933 Heath apud Mintzberg, Henry et al. **The structure of “unstructured “decision processes.** Administrative. Science Quartely. [S.I], v.21, p. 246-275, 1976.

DYER, J.S. **A clarification of “Remarks on the Analytic Hierarchy Process”.** Management Science, v.36, n.3, p.274-275, Mar 1990b.

DYER, J.S. **Remarks on the Analytic Hierarchy Process.** Management Science, v.36, n.3, p.249-258,Mar. 1990a.

DODGSON, J., SPACKMAN, M., PEARMAN, A., PHILIPS, L., Department of Transport, Local Government and the Regions, **Multi Criteria Analysis: A Manual**, Londres, 2001.

EDWARDS, W. **How to make good decisions.** 1984. In: VLEK, C.What constitutes good decisions? Acta psychologica. [S. I], v.13, p.17-37,1992.

EHRlich, P.J. **Procedimentos para Apoio às Decisões-Gestão dos Riscos e de Objetivos Conflitantes.** São Paulo, FGV-SP, 2004. Apostila de aula.

ENGELMANN, P. D.; GETTYS C.F. **Divergent thinking in act generation.** Acta Psychologica, [S.I] v. 60, p. 39-56, 1985.

FISHBURN, P. C. **Foundations of decision analysis: along the way.** Management Science. [S.I], v. 35, nº 4, p. 387-405, 1989.

GOMES, L.F.A.M., GOMES, C.F.S., ALMEIDA, A.T., **Tomada de Decisão Gerencial - Enfoque Multicritério**, Editora Atlas, São Paulo, 2002.

GOODWIN, P.; WRIGHT, G. **Decision Analysis for Management Judgment.** 2ed.New York: Wiley, 2000.308p.

GORDON, J.; SHORTLIFFE, E.H. **The Dempster-Shafer Theory of Evidence, In: Rule –based expert systems.** New York: Addison-W, .p.272-292. 1994.

HOPWOOD, A.G. **The organizational and behavioral aspects of budgeting and control in topics in management accounting.** Philip Allen Deddington, p221-240, 1908.

HOWARD, R. **A decision Analysis: Practice and Promise.** Management Science. v. 34, n.6, p. 679-695, Jun.1988.

KIMURA, H; SUEN, S.A. **Ferramentas de Análise gerenciais baseadas em modelos de decisão Multicriteriais.** RAE-eletrônica, v. 2, nº1, Jan-Jun. 2003.

JANSEN, C.K.L; SHIMIZU, T; JANSEN, U.J; **Uma análise de investimentos considerando fatores intangíveis.** Enegep. XXIV Encontro Nac. de Engenharia de Produção - Florianópolis, 03 - 05 de Nov, 2004.

JOHNSON, J.G.; RAAB, M. **Take the first: option-generation and resulting choices.** Organizational Behavior and human decision process. [S.I], v.91, p.215-219, 2003.

KAUFMAN, B.E. **Emotional arousal as a source of bounded rationality.** Journal of Economics Behavior & Organization.n.38, p.135-144, 1999.

KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decision with multiple Objectives: Preferences and Value tradeoffs.** New York: Wiley, 1976.569p.

KIMURA,H.;SUEN,A.S.**Ferramentas de análise gerencial baseadas em modelos de decisão multicriterias.** RAE-eletrônica, n. 1,v.2, jan-jun/2003.

KENDALL, G.I.; ROLLINS, S.C. **Advanced project protfolio management and PMO multiplying ROI at warp speed.** J.Roos Publishing International Institute for learning, Boca Raton, Florida, 2003.

KISS I. **Modeling Good decisions.** In: VLEK, C. **What constitutes good decisions?** Acta psychological. [S.I], v. 56, p.5-27, 1984.

KLIR, G. J. AND T. A. FOLGER (1988). **Fuzzy Sets, Uncertainty and Information** New Jersey: Prentice-Hall. MAJONE, G. **Good Decisions is more than a right decision.** 1984. In Vlek, Charles **What constitute a good decisions?** Acta psychologica. [S.1], v. 56, p.5-27, 1984.

LAURINDO, F.J.B.; CARVALHO, M.M.; PESSÔA, M.S.P.; SHIMIZU, T. **Selecionando uma aplicação de tecnologia da informação com enfoque na eficácia: um estudo de caso de um sistema para pcp.** *Gestão & Produção*, 2002.

MAJONE, G.**Good decision is more than a right decision.**1984.In: VLEK, C.**What constitutes a good decision?** Acta psychological. [S.I], v.56, p.5-27, 1984.

MALCZEWSKI, J. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. New York; John Wiley and Sons, 1999. 392p

MATHESON, D.; MATHESON, J. **The Smart Organization: Creating Value through Strategic R&D**. Massachusetts: Harvard Business School Press, 1997, 304p.

McGRATH, M.E; ANTONY, M.T.; SHAPIRO, A.R. **Product development: success through product and cycle-time excellence**. Newton: Butterworth-Heinemann, 1992 250p.

MIAN, S.A.; DAI, C.X. **Decision making over the project life cycle: an analytical hierarchy approach**. *Project Management Journal*, v.30, n.1, p.40-52, mar, 1999.

MIETTINEM, K.; PEKKA, S. **Decision-aid for discrete multiple criteria decision making problems with imprecise data**. *European journal of operational research* v119, p.50-60, 1999.

MINTZBERG, HENRY; WESTEY, Frances. **It's not what you think**. MIT Sloan Management Reviews. [S.I], p.85-93, 2001.

MORITA, H; SHIMIZU, T. LAURINDO, F.J.L. **Modelos para estruturar e avaliar alternativas de decisão em Tecnologia da Informação**. In: XIX ENEGEP - encontro nacional de engenharia de produção e V congresso internacional de engenharia industrial, Rio de Janeiro, 1999. Anais. Rio de Janeiro: XIX ENEGEP, 1999. 1CD-ROM.

MURAKAMI, M., **Decisão Estratégica em TI: Estudo de Caso**. São Paulo. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo, 2003. 167p.

NEUMANN, V. J.; MORGENSTERN, O. **Theory of games and economic behavior**. New Jersey: Princeton University Press .1944. 704p.

PATTERSON, M.L. **Leading product innovation: accelerating growth in a product –based business**, New York: John Wiley & Sons, 1999.

PEREIRA, A.R., **Modelo de gestão de portfólio para alinhar os projetos de novos produtos às estratégias corporativas**. Florianópolis: Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. 112p.

PMI – PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A guide to the organization project management maturity model (OPM3 Guide)**. Upper Darby, PA, 2003.

RAMSEY, F.P. **Truth and probability** In: ROUTLEDGE; KEGAN, P. *The foundations of mathematics and others logic essays*. London, p.156-198, 1931.

RABEQUINI, JR.R; MAXIMIANO, A.C. A; MARTINS, A.V. **Adoção de gerenciamento de portfólio como uma alternativa gerencial: o caso de uma empresa prestadora de serviço de interconexão eletrônica.** Revista Produção vol.15 nº 3, São Paulo, set-dec. 2005.

ROUSSEL, P. A; SAAD, K.N. BOHLIN, N. **Pesquisa e desenvolvimento: como integrar P&D ao plano estratégico das empresas como fator de produtividade e competitividade.** São Paulo: Editora Saraiva, 1992.

ROY, B. **Classement et choix en presence de points de vue multiple: La methode.** ELECTRE. R.I.R.O, v. 8,1968, p.57-75.

RUSSO, J. E; SCHOEMAKER, P.J.H. **Tomada de decisões-armadilha.** Tradução de Nivaldo Montigelli Jr. São Paulo: Editora Saraiva, 1993.

SAATY, T.S. **The analytic hierarchy process** planning priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill, 1980. 287p.

SAATY, T.S. **How to make a decision:** The analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, Amsterdam, v.48, 1990, p.9-26.

SAATY, T.S. **Decision making-The analytic hierarchy and network process (AHP/ANP).** Journal of Systems Science and Systems Engineering, vol.13, n. 1, p.1-34, march, 2004.

SAVAGE, L.J. **The foundation of Statistics.** 2. ed. New York: Dover Publications, 1972. 310p.

SCHMIDT, A. M. A., **Processo de Apoio à Tomada de Decisão,** Dissertação de Mestrado, Florianópolis, 1995.

SCHUBERT, J. **Cluster –Based specification techniques in Dempster-Shafer Theory for an evidential intelligence analysis of multiple targets track.** Stockholm: Department of Numerical Analysis and Computer Science Royal Institute of Technology, 1994. (Report S-100 44).

SHAFER, G.A **Mathematical Theory of Evidence.** NJ: Princeton University Press, 1976.297p.

SHIMIZU, T. **Decisão nas organizações –** Introdução aos problemas de decisão encontradas nas organizações e nos sistemas de apoio a decisão. São Paulo: Editora Atlas, 2001.317p.

SIMON, H.A., **Rationality as process and as product of thought.** American economic review. [S.1], v.68, p. 1-16, 1978 apud MAJONE, G. Good Decisions is more than a right decision. 1984. In Vlek, Charles **What constitute a good decisions?** Acta psychologica. [S.1], v. 56, 1984, p.5-27.

SMITHSON, M. **Ignorance and Uncertainty: Emerging Paradigms**. New York: Springer-Verlag, 1989. 393p.

SOARES, P.C; PERDONCINI, L.C. **Incerteza e combinação de evidências: a questão dos diamantes do rio Tibagi-pr (Brasil)**. Revista Brasileira de Geociências, v.29, p.309, setembro de 1999.

SOTILLE, M. Gerenciamento de Portfólio de Projetos. São Paulo. Disponível em www.pmtech.com.br, acesso em 01/12/2006.

STEIN, R. **The Dempster-Shafer Theory of Evidential Reasoning - AI Expert**, v.8, p.26-31. Aug. 1993.

SVENSON, O.; MAULE, A. J. (Ed.) **Time pressure and stress in human judgment and decision making**. New York: Plenum Press, 1993, 335p.

TÁLAMO, R.J; CARVALHO, M.M; **Seleção dos objetivos fundamentais de uma rede de cooperação empresarial**. GESTÃO & PRODUÇÃO, v.11, n.2, p.1-20, mai.-ago. 2004.

TURBAN, E.; ARONSON, J.E. **Decision support systems and intelligent systems**. 5 th ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 1998 apud SHIMIZU, T. **Decisão nas organizações: Introdução aos problemas de decisão encontrados nas organizações e nos sistemas de apoio a decisão**. São Paulo: Atlas .2001.

VLEK, C. **What constitutes a good decision?** Acta psychologica. [S. I], v.56, p.5-27, 1984. WALD A. **Statistical decision functions**. New York: John Wiley, 1950. 179p.

WALLEY P. **Belief-function representations of statistical evidence**. Annals Statistics, v.10, p.741-61. 1987.

YIN, R.K. **Case Study Research: Design and Methods**. Newbury Park: Sage, 1990. 166p.

UCHÔA, J. Q. **Representação e indução de conhecimento usando teoria de conjuntos aproximados**. Dissertação de Mestrado. São Carlos, UFSCar, 1998. 237p.