



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MARCO ANTÔNIO FURTADO RODRIGUES LIMA

MODIFICANDO UM MÉTODO DE APOIO À DECISÃO PARA
TORNÁ-LO REUTILIZÁVEL E APTO A LIDAR COM
MÚLTIPLOS CENÁRIOS

FORTALEZA
2010

MARCO ANTÔNIO FURTADO RODRIGUES LIMA

**MODIFICANDO UM MÉTODO DE APOIO À DECISÃO
PARA TORNÁ-LO REUTILIZÁVEL E APTO A LIDAR COM
MÚLTIPLOS CENÁRIOS**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Orientação: Prof. Dr. Jackson Sávio de Vasconcelos Silva

FORTALEZA
2010

MARCO ANTÔNIO FURTADO RODRIGUES LIMA

**MODIFICANDO UM MÉTODO DE APOIO À DECISÃO
PARA TORNÁ-LO REUTILIZÁVEL E APTO A LIDAR COM
MÚLTIPLOS CENÁRIOS**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Aprovada em __/__/2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dsc. Jackson Sávio De Vasconcelos Silva (Orientador)
Universidade Estadual do Ceará

Prof. DSc. Gustavo Augusto Lima de Campos
Universidade Estadual do Ceará

Prof. DSc Antônio Clécio Fontelles Thomaz
Universidade Estadual do Ceará

Prof. DSc José Raimundo de Araújo Carvalho Júnior
Universidade Federal do Ceará

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

A minha mãe e a minha irmã pelo carinho, a meu irmão por alguns bons conselhos, e a meu pai pelo apoio e por ajudar também com a sua experiência.

A FUNCAP pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

A minha avó Walburga e meu avô Francisco que me acolheram nestes 2 anos e a meus tios e primos pelo apoio e pelos momentos divertidos.

A todos os meus amigos, em especial aos que compõe a galera do metal e a galera da academia, que são quase irmãos.

Aos colegas de mestrado, que me ajudaram a progredir como profissional.

Ao professor Jackson, pelo incentivo, pela orientação e pela paciência.

Ao professor Clécio, pelas sugestões.

Ao professor Gustavo, por toda a ajuda desde a época da iniciação científica.

RESUMO

O processo de tomada de decisão é complicado, pois costuma envolver vários objetivos e interesses diferentes. Para tornar este processo menos trabalhoso, surgiram os sistemas de apoio à decisão, cujo objetivo é ajudar a estruturar o problema em questão para que as alternativas que o resolvem sejam avaliadas.

Nos casos em que a decisão tem impacto no futuro, surge a necessidade de se utilizar métodos que representem as possíveis situações futuras durante a avaliação das alternativas. Uma técnica comumente usada para lidar com a criação deste tipo de representação é o planejamento de cenários, que busca gerar retratos de possíveis situações futuras que sejam coerentes, verossímeis e de fácil compreensão. O uso em conjunto desta técnica com sistemas de apoio à decisão é uma tendência recente que tem motivado interesse acadêmico.

Neste trabalho, é apresentada uma abordagem em três passos para modificar um método de apoio à decisão, permitindo que este crie sistemas de apoio à decisão que podem lidar com um número qualquer de cenários e alternativas sem a necessidade de alterações em sua modelagem ao serem introduzidos novos cenários ou alternativas. Esta abordagem também permite que os sistemas de apoio à decisão sejam reutilizáveis, isto é, que possam ser usados em instâncias diferentes do mesmo problema, como, por exemplo, avaliar alternativas para a melhoria da competitividade em filiais de uma mesma empresa.

O trabalho apresenta o embasamento teórico da abordagem, que consiste nos conceitos de sistemas teleológicos, sistemas de apoio à decisão e planejamento de cenários, e também um referencial teórico que mostra o que tem sido feito nos trabalhos que seguem esta mesma linha.

O método SMART é descrito como um exemplo de método de apoio à decisão e é modificado pela abordagem proposta para ser aplicado no problema de avaliar alternativas para filiais da empresa fictícia Lototol em três cidades diferentes, usado para demonstrar o procedimento de aplicação da abordagem.

A forma modificada do SMART, gerada para o exemplo Lototol, é utilizada para avaliar qual tipo de apartamento será mais vantajoso construir no bairro do Cocó, localizado na capital do Ceará, Fortaleza, nos cenários construídos para o mercado imobiliário da cidade no ano de 2013, com o intuito de mostrar a capacidade da abordagem de representar problemas de decisão e de provar que alterações na modelagem do sistema de apoio à decisão gerado por ela não são necessárias quando da introdução de novos cenários ou alternativas.

ABSTRACT

The decision making process is a complicated one, since it usually deals with multiple objectives and different interested parties. The decision support systems were developed to make this process simpler by helping in the creation of a structure to evaluate the alternatives that solve the problem.

In cases in which the decision has impact on the future, the need for a method to represent possible futures when evaluating alternatives rises. Scenario Planning is one of such methods. Its goals are creating portraits of the future that are coherent, credible and easy to understand. The combination of these techniques is a recent trend in academic research.

In this work, a three-step approach to modify any decision support method in order to make it able to generate decision support systems that can deal with any number of scenarios and alternatives without modifications is presented. This method also allows decision support systems to be reusable, solving different instances of the same problem, such as evaluating alternatives in different branches of the same company.

The work presents the approach's theoretical basis, which consists in the concepts of goal-seeking systems, decision support systems and scenario planning, and also a review of what has been done in works in this area.

The SMART method is described as an example of a decision support method and it's used both in the example of the application of the approach in the evaluation of alternatives for three branches of the fictitious company Lototol in three fictitious cities, and in the approach's test on the evaluation of which type of apartment to be built in the Cocó district, locate in Ceará's capitol city, Fortaleza, would bring more benefits according to the scenarios built for the city's real estate market in the year of 2015.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP – Analytic Hierarchy Process

AOMN – Agente Orientado a Metas Nebulosas

GPS – Global Problem Solver

MACBETH - Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique

SAD – Sistema(s) de Apoio à Decisão

SINDUSCON-CE - Sindicato das Indústrias de Construção do Estado do Ceará

SMART - Simple Multi-attribute Rating Technique

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Escalas de valor para o exemplo Lototol	30
FIGURA 2 – Exemplo de função de importância decrescente	35
FIGURA 3 – Exemplo de função de importância crescente	36
FIGURA 4 – Exemplo de função de importância convexa.....	36
FIGURA 5 – Pesos para Capacitação Técnica gerados pelo SWI.....	37
FIGURA 6 – Pesos normalizados dos <i>swings</i> para o exemplo Lototol	38
FIGURA 7 – Função de valor do critério VD/OF em (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008).....	42
FIGURA 8 – Função de valor do critério Valor em (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008)	42
FIGURA 9 – Função de valor para o critério VD/OF.....	44
FIGURA 10 – Função de valor para o critério Valor.....	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Níveis dos critérios nas três cidades onde estão as filiais de Lototol	28
TABELA 2 – Representação da alternativa ALT1	32
TABELA 3 – Pesos normalizados dos critérios e desempenho de ALT1	38
TABELA 4 – Configurações dos cenários.....	43
TABELA 5 – Mudanças percentuais nos cenários	44
TABELA 6 – Cenários e suas descrições em termos de valores dos critérios.....	45
TABELA 7 – Alternativas selecionadas de (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008) e seus desempenhos	46
TABELA 8 – Alternativas modificadas para o teste.....	47
TABELA 9 – Pesos dos critérios gerados pelo SW e pelo SWI.....	48
TABELA 10 – Desempenhos das ações nos cenários AA, AD, DA e DD	49
TABELA 11 – Avaliação das alternativas com pesos do SW e do SWI.....	50
TABELA 12 – Descrição em termos dos critérios do novo cenário.....	51
TABELA 13 – Descrição da nova alternativa.....	51
TABELA 14 – Avaliação das alternativas em NovoCen.....	51
TABELA 15 – Avaliação de NovaAlt em todos os cenários.....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	MOTIVAÇÃO	12
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	OBJETIVO GERAL	12
1.2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	13
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	SISTEMAS TELEOLÓGICOS	14
2.2	CENÁRIOS.....	15
2.3	SAD.....	17
2.3.1	PENSAMENTO FOCADO EM CENÁRIOS	18
2.3.2	MÉTODO SMART	19
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
4	COMO TORNAR UM MÉTODO REUTILIZÁVEL	28
4.1	PRIMEIRO PASSO: ESCALAS OU FUNÇÕES DE VALOR	30
4.2	SEGUNDO PASSO: REPRESENTAR SITUAÇÃO CORRENTE.....	31
4.3	TERCEIRO PASSO: VARIAR OS PESOS CONFORME À SITUAÇÃO.....	33
5	TESTES	40
5.1	MODELAGEM.....	41
5.2	AVALIAÇÕES E TESTES	48
6	CONCLUSÃO	53
	BIBLIOGRAFIA	56
	APÊNDICE A – Descrições das alternativas modificadas para o teste	59
	APÊNDICE B – Desempenho das alternativas	61
	APÊNDICE C – Desempenho das alternativas no teste de sensibilidade	62
	ANEXO A – Questionário para o especialista	63

1 INTRODUÇÃO

Tomar decisões é uma das tarefas mais complicadas e exaustivas que o ser humano enfrenta em seu cotidiano, tanto no plano pessoal quanto no profissional. Se já é difícil tomar decisões pessoais e operacionais no trabalho, o que dizer de decisões no nível tático de uma organização, que têm um impacto grande no desempenho da mesma, ou decisões no nível estratégico, que influenciam o funcionamento da organização em longo prazo? Para auxiliar os responsáveis por tomar tais decisões, foram criados os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD). Estes sistemas têm como objetivo ajudar empresas, órgãos públicos e até indivíduos que possuam um problema de decisão complexo a ser esclarecido e modelado, para que, no fim, possa ser tomada a decisão que melhor satisfaça os objetivos de quem os utiliza. Os sistemas que lidam com problemas de decisão que envolvem muitos objetivos, por vezes conflitantes, são chamados de Sistemas de Apoio à Decisão Multicritério.

Estes sistemas são construídos por meio de diversos métodos de apoio à decisão. Estes métodos guiam a modelagem do problema, que consiste em designar os critérios de avaliação das alternativas para a solução do problema, em descrever estas alternativas e, se necessário, em criar novas alternativas. Estes métodos também têm como objetivo aferir a importância de cada critério de avaliação e, como isso, definir o seu peso na decisão. Por fim, os métodos também ajudam a escolher qual método será usado para, a partir dos critérios designados e de seus pesos, avaliar o desempenho das alternativas em relação aos objetivos do grupo de pessoas ou organização que deverá tomar a decisão.

Freqüentemente, os tomadores de decisão deparam-se com problemas cujas alternativas de solução terão impacto no futuro da organização ou cujos impactos serão sentidos no futuro, podendo resultar em um compromisso de longo prazo para a organização. Uma decisão equivocada hoje pode gerar sérios problemas para a organização no futuro, surgindo a necessidade de se medir o impacto que uma possível decisão terá no futuro. O principal problema é que, já não há como prever o futuro, é difícil encontrar uma forma de levá-lo em consideração durante o processo de tomada de decisão.

Para resolver este problema faz-se necessário o uso de técnicas que reduzam as incertezas quanto ao futuro. Dentre estas, destacam-se modelos de previsão e técnicas de geração de cenários prospectivos. Modelos de previsão buscam, a partir de modelos matemáticos e de dados como séries históricas, prever como o será a situação ambiente no qual se insere a decisão, que pode ser, por exemplo, a área de atuação da organização

definindo as probabilidades para o acontecimento dos eventos no futuro. Já as técnicas de geração de cenários prospectivos buscam criar vários cenários possíveis que representem como o futuro pode ser a partir da extrapolação de tendências atuais, simulação dos comportamentos dos atores e etc.

Em (GODET, 1993) existem várias críticas aos modelos de previsão entre as quais podem ser destacadas o fato de normalmente não existirem informações suficientes sobre os aspectos que estão sendo considerados para prever o futuro, e de estas normalmente não serem exatas. Outro problema dos métodos de previsão é a tendência a explicar tudo baseando-se apenas em dados passados, ignorando assim possíveis rupturas de tendências. Além destas críticas, duas outras são especialmente nocivas quando estamos analisando alternativas para o futuro: a exclusão de variáveis qualitativas não quantificáveis, que são comuns em SADs e podem ser muito importantes para a decisão, e a noção de futuro único gerada a partir de previsões, que pode restringir a análise da decisão a apenas algumas poucas situações, o que é danoso pois os acontecimentos podem se encaminhar para uma situação futura completamente diferente, o que tornará os estudos feitos inúteis.

As técnicas de geração de cenários prospectivos buscam criar cenários, que, segundo (MARCIAL; GRUMBACH, 2005), são uma descrição coerente de uma situação futura e dos acontecimentos que levam da situação atual até à futura. Cenários são uma forma de representar a situação futura para que esta possa ser usada como guia para as atividades do presente. As principais características desejadas para cenários prospectivos são: a coerência, a verossimilhança, a transparência, isto é, a clareza e facilidade de compreensão, e a pertinência.

Entre as vantagens do uso de cenários pode-se citar a consideração de futuros diversos, a inclusão de variáveis qualitativas, a consideração tanto da repercussão de tendências atuais quanto de possíveis rupturas das mesmas de possíveis fatos futuros que venham a influir nos acontecimentos. A criação dos cenários também ajuda a organização a identificar variáveis chave do ambiente a serem monitoradas a fim de que se perceba para quais dos cenários o ambiente está evoluindo, permitindo que a organização prepare ou possa influenciar esta evolução, seja para acelerá-la ou para impedi-la, guiando o ambiente para uma direção mais favorável.

1.1 Motivação

Apesar de técnicas de geração de cenários prospectivos serem utilizadas em conjunto com sistemas de apoio à decisão, estes métodos não possuem ferramentas para lidar com múltiplos cenários, sendo necessária a realização de uma nova modelagem do problema de decisão em questão para cada um dos cenários criados.

Este trabalho propõe conceitos que, adaptados qualquer método de apoio à decisão multicritério, permitam a avaliação do desempenho das alternativas nos vários cenários sem que seja necessário voltar ao processo de estruturação. O uso destes conceitos permite ainda a criação de modelos de apoio à decisão que possam ser reutilizados para diversos fins, como por exemplo, um modelo para a avaliação de alternativas para filiais de uma empresa que possa ser aplicado independentemente da localização geográfica e das características da própria filial.

Por fim, outra aplicação possível é utilizar estes sistemas para automatizar os processos de tomada de decisão, criando as condições para o desenvolvimento sistemas computacionais auto-gerenciáveis, auto-escaláveis e capazes de diagnosticarem e corrigirem erros em seu funcionamento, entre outras tarefas que hoje normalmente são realizadas pelos seres humanos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Propor e testar uma abordagem para modificar métodos multicritério de apoio à decisão que possibilite sua reutilização em instâncias diferentes do mesmo problema e suportem o uso de múltiplos cenários prospectivos sem a necessidade de reestruturar o problema para cada um deles.

1.2.2 Objetivo específico

Utilizar a abordagem desenvolvida para modificar o método Simple Multi-attribute Rating Technique (SMART), com o intuito de avaliar o benefício de se construir um tipo específico de imóvel na cidade de Fortaleza em vários cenários que têm como base o ano de 2013. Outra meta é mostrar que a modelagem criada a partir da abordagem proposta permite a adição de novos cenários sem que esta modelagem precise ser modificada.

1.3 Estrutura da dissertação

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: no segundo capítulo são apresentados os conceitos de sistemas teleológicos, cenários prospectivos e de sistemas de apoio a decisão, que são a fundamentação teórica do trabalho realizado. No capítulo seguinte é apresentada uma revisão bibliográfica de alguns trabalhos em que ocorrem a utilização conjunta de SADs e cenários prospectivos ou em que as implicações desta utilização são discutidas. No quarto capítulo é apresentada a abordagem em três passos para modificar métodos de apoio à decisão para torná-los reutilizáveis e aptos a tratar múltiplos cenários prospectivos. No quinto capítulo são apresentados testes realizados utilizando a abordagem e, em seguida, são tiradas conclusões sobre o trabalho. Por fim, temos as referências bibliográficas utilizadas aqui.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistemas teleológicos

Em (SIMON, 1981) um sistema teleológico, ou orientado à metas, é descrito como qualquer sistema que está em comunicação com o ambiente através de dois tipos de canais: os aferentes, ou sensoriais, através dos quais o sistema recebe informação sobre o ambiente, e os eferentes, ou motores, através dos quais o sistema atua no ambiente. Estes sistemas possuem meios de armazenar em memória informações sobre estados do ambiente – informações aferentes – e sobre suas próprias ações – informações eferentes. A capacidade que estes sistemas têm de realizar objetivos depende da formação de associações entre mudanças especificadas de estados do ambiente e ações particulares que provoquem essas mudanças. Vale salientar que dependendo das características do ambiente as ações têm apenas uma descrição do seu resultado esperado, pois não se pode afirmar com certeza qual será o estado do ambiente após a aplicação de uma determinada ação se o ambiente é estocástico, por exemplo.

De acordo com esta definição, pode-se concluir que qualquer sistema que implemente um processo de tomada de decisão pode ser visto como um sistema teleológico, pois assim como um sistema teleológico, um processo de tomada de decisão mantém, em maior ou menor grau, uma representação do ambiente, informações sobre o resultado de suas ações sobre este ambiente e busca atingir os seus objetivos associando cada uma das ações às mudanças realizadas por elas no ambiente.

Um exemplo de sistema teleológico são os sistemas baseados no Global Problem Solver (GPS), cujas características são descritas em (SIMON, 1981). Este sistema armazena uma representação do estado atual do ambiente e uma representação de um estado desejado, que se objetiva atingir. Além disso, o GPS é capaz de representar as diferenças entre a situação desejada e a atual. Já sua parte eferente o GPS representa ações que tenham capacidade de modificar as situações do ambiente, sendo descritas as mudanças que estas ações provocam no ambiente. O GPS resolve os problemas selecionando ações que reduzam a diferença entre a situação corrente e a desejada através de um relacionamento entre as partes aferente e eferente do sistema.

2.2 Cenários

De acordo com (MARCIAL; GRUMBACH, 2005), os cenários são utilizados na literatura de duas formas. A primeira é como visões de futuro que servem para mostrar como o ambiente pode evoluir, para que se possa identificar possíveis mudanças, sejam elas oportunidades ou ameaças, que podem ocorrer no futuro e que ajudam na criação de estratégias de longo prazo. Já a segunda utiliza os cenários como ferramentas para melhorar o processo decisório. Neste ínterim, são utilizados como forma de avaliar opções, como visto em (GODET, 1993). Devido à natureza deste trabalho, que propõe o uso conjunto de planejamento de cenários e SADs, que são sistemas cujo principal objetivo é avaliar alternativas, seguiremos o segundo modo de utilização.

O termo cenário tem um significado muito abrangente, mas este trabalho se preocupa apenas em cenários como descrições de uma situação, ou estado, no qual um ambiente pode se encontrar, em especial quando se consideram estados que o ambiente poderá assumir no futuro. Neste caso, o ambiente pode ser descrito como tudo o que influencia e é influenciado pelo processo decisório. Segundo (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008), uma forma para se descrever este ambiente é através de sua decomposição em componentes menores que o representem e que sejam relevantes para o processo de decisão. Este ambiente é definido pelo foco do estudo, que nada mais é do que a escolha do objeto de estudo, e da abrangência temporal e geográfica do mesmo.

Existem inúmeros métodos de construção de cenários, muitos deles descritos em (MARCIAL; GRUMBACH, 2005). Como a contribuição deste trabalho não está nisso, descrevê-los a fundo está fora do escopo do mesmo. Porém, existem conceitos comuns a estes métodos que são importantes e serão apresentados nos parágrafos a seguir.

Para a construção de cenários, busca-se identificar no ambiente certas características que influenciam seu desenvolvimento, chamados em (MARCIAL; GRUMBACH, 2005) de sementes do futuro.

Entre estas sementes, destacam-se os atores, que são indivíduos grupos ou organizações que influenciam e são influenciados pelo ambiente. Cada ator busca alcançar certos objetivos e, a partir destes, cria estratégias para influenciar o ambiente para atingir os mesmos, o que comumente gera conflitos. Exemplos de atores seriam duas empresas concorrentes, os consumidores dos produtos e órgãos do governo que atuam tanto incentivando as empresas a produzirem quanto fiscalizando para que não ocorram abusos.

Outro tipo de característica importante são as tendências de peso, que são aquelas cujo encaminhamento já está em curso e cujos impactos já começam a ser importantes, como por exemplo, o aumento da expectativa de vida dos brasileiros e a gradual mudança para fontes de energia menos poluidoras.

Ao contrário das tendências de peso, fatos portadores de futuro são fatores cujos impactos atualmente são mínimos, mas que podem influenciar dramaticamente o futuro, como a criação artificial de órgãos de seres vivos e o uso de nanotecnologia em diversas áreas do conhecimento.

Um tipo importante de semente do futuro são os fatos predeterminados, que já sabemos quando irão acontecer, como, por exemplo, eleições. Em contraste, as surpresas inevitáveis são eventos que têm sua ocorrência prevista, mas não é possível estabelecer uma data para ela. Um bom exemplo foi o estouro da bolha imobiliária nos Estados Unidos em 2008.

Por fim, temos os coringas, que são eventos imprevisíveis, mas de alto impacto, para os quais só se pode criar planos de contingência, como um grande desastre natural ou um grande atentado terrorista.

Os métodos de criação de cenários, cada um à sua maneira, utilizam estas sementes. Para isso, eles buscam entre as sementes fatores críticos, também chamados de incertezas, ao estudo que está sendo realizado. Após isso, alguns buscam identificar como os atores agirão para influenciar estes fatores. Por fim, eles utilizam estas informações para montar os cenários. O método Schwartz (MARCIAL; GRUMBACH, 2005), por exemplo, escolhe os dois fatores de maior incerteza e maior influência como eixos de um plano cartesiano no qual cada quadrante representa um cenário que é depois complementado com outras informações acerca do ambiente. Já o método Godet (GODET, 1993) gera configurações para um número qualquer, definido durante o processo, de fatores e gera os cenários a partir de combinações dos fatores e depois realiza uma análise morfológica para diminuir o número de combinações a um número com o qual seja possível se trabalhar, já que com 5 fatores com 3 combinações cada teríamos 125 cenários.

O resultado da aplicação de um destes meios é um conjunto de cenários que representam possíveis situações futuras que serão utilizadas para orientar o processo de tomada de decisão.

2.3 SAD

Métodos de apoio à decisão multicritério são utilizados para gerar SAD e têm como principal objetivo criar modelos para representar problemas de decisão que não podem ser formulados por técnicas que garantam uma solução ótima para o problema, seja porque os modelos gerados por estas técnicas sejam computacionalmente intratáveis ou porque o problema tenha características que não combinem muito bem com este tipo de técnicas, como critérios qualitativos ou a presença de múltiplos interesses que possuem valores diferentes em relação ao processo de decisão.

Segundo (BANA E COSTA, 1993), os métodos de apoio à tomada de decisão buscam construir uma estrutura partilhada pelos participantes do processo de tomada de decisão e definir um método de avaliação, ao invés de se ocuparem em modelar situações pré-existentes. Estes métodos são construtivos, interativos e de aprendizagem, já que é comum a descoberta de novas informações sobre o problema durante o processo, o que pode mudar as características iniciais da modelagem.

A fase do processo em que se constrói a modelagem do sistema de apoio à decisão para a tomada de decisão, chamada de fase de estruturação, objetiva identificar as metas a serem atingidas pelo processo de tomada de decisão e a gerar descrição das alternativas e do resultado de suas aplicações. Já a fase na qual se elabora o método de avaliação, chamada de fase de avaliação, se define de que forma se dará a avaliação e se definem os pesos de cada objetivo deste processo de decisão.

Participam do processo de modelagem do SAD os atores, também chamados de *stakeholders*. Um ator pode ser uma pessoa ou um grupo de pessoas, desde que os componentes do grupo possuam os mesmos valores em relação à decisão, que está envolvido no processo de tomada de decisão, não necessariamente possuindo o poder de participar ativamente do processo de modelagem ou da tomada de decisão. Entre os atores podemos destacar o analista de decisão, também chamado de facilitador, que nada mais é do que o especialista que conduz o processo de apoio à tomada de decisão.

Durante a fase de estruturação, a partir da interação do analista com os atores e destes entre si, serão definidos os objetivos, ou critérios, que são as manifestações do desejo de um ator ou mais de ver um nível para o objetivo acrescido, decrescido ou atingido como resultado da aplicação de uma alternativa. Já descritores, ou atributos, definem quais os valores que os critérios pode assumir. Por exemplo, o descritor de um critério preço vai de zero até o valor

máximo em reais considerado no processo, enquanto o descritor de um critério qualidade poderia definir os valores baixa, média e alta. É a partir dos descritores que se define as medidas de desempenho dos valores de um critério. Um critério é qualitativo quando não há significado, em termos de preferência, no intervalo entre dois níveis de desempenho, e quantitativo quando o desempenho dos descritores é definido por uma quantia concreta que dá significado tanto ao intervalo entre dois níveis de desempenho quanto à ausência de quantidade (ÖZTÜRK; TSOUKIÀS, VINCKE, 2005).

Uma alternativa é uma das soluções possíveis para o problema que é descrita em função do conjunto de valores assumidos pelos critérios por resultado de sua aplicação e têm como objetivo ser o ponto de aplicação do modelo de apoio à decisão.

Na fase de avaliação, escolhe-se um método para avaliar as alternativas levando em conta os desempenhos destas nos critérios, ou seja, deve-se criar uma função objetivo que represente os valores dos integrantes do processo de tomada de decisão. Também é nesta fase onde são definidos os pesos de cada critério. Estes pesos representam a importância que os atores atribuem ao critério na avaliação das alternativas.

Ao fim do processo, um SAD modelado e pronto para ser utilizado na busca da melhor solução para o problema estará disponível para os atores.

2.3.1 Pensamento focado em cenários

Em (GOODWIN; WRIGHT, 2004) e em (BANA E COSTA, 1993) é apresentada uma discussão importante quando se trata de métodos de apoio à decisão. Ela consiste na dicotomia de duas abordagens para modelar um problema, o pensamento focado em valores (*value-focused thinking*) e o pensamento focado em alternativas (*alternative-focused thinking*). No primeiro, consideram-se inicialmente os objetivos dos atores, ou seja, os critérios, e então as alternativas são construídas. Já no segundo, geram-se em primeiro lugar as alternativas e então um conjunto de critérios para avaliá-las é definido. O pensamento focado em alternativas é mais natural e simples, porém tem a desvantagem de prender a análise às alternativas existentes, o que limita bastante o processo, podendo, por exemplo, fazer com que novas alternativas possivelmente não sejam consideradas por não estarem presentes no início ou que os atores se preocupem mais em defender as suas alternativas preferidas a em comunicar seus valores para gerar um sistema de avaliação mais

fundamentado. O pensamento focado em valores não sofre com os problemas do pensamento focado em alternativas, porém tende a ser mais difícil de ser aplicado por necessitar um nível de abstração e conhecimento dos próprios valores maior por parte dos atores.

A introdução de cenários no processo decisório cria um dilema parecido com o descrito acima. Devem os cenários serem considerados antes dos objetivos e alternativas ou depois? Se forem gerados após as alternativas ou dos objetivos, os cenários provavelmente serão influenciados, sendo criados com a intenção de testar as alternativas já existentes ou de representar situações que ajudem ou coloquem em cheque a realização dos objetivos, ao invés de serem gerados com o intuito de realizar um estudo prospectivo sobre o futuro. Essa problemática mostra que a introdução dos cenários resulta em um novo paradigma, o pensamento focado em cenários (*scenario-focused thinking*), no qual os cenários são gerados em primeiro lugar. Este novo paradigma possui o mesmo defeito dos outros dois, que é o de influenciar as outras fases do processo. Caso os cenários sejam discutidos primeiro, é grande a tentação de se criar objetivos que estejam de acordo com os cenários, ao invés das reais necessidades da organização. Outro desvio possível é a formulação de alternativas desenhadas especificamente para ter um bom desempenho em um ou mais dos cenários em questão, o que pode ser perigoso, já que os cenários não são a situação futura.

A introdução do pensamento focado em cenários agrava o problema de escolher qual foco utilizar durante a modelagem do problema, já que tendo agora três aspectos para levar em conta, temos seis combinações distintas deles, cada uma com vantagens e desvantagens descritas acima.

2.3.2 Método SMART

Nesta subseção será descrito o método de apoio à decisão SMART, descrito em (GOODWIN; WRIGHT, 2004), que foi escolhido neste trabalho por ser um método de apoio a decisão simples, robusto, muito utilizado na literatura para a solução dos mais diversos tipos de problemas de decisão e por conter características que facilitam a aplicação da abordagem desenvolvida. O método possui oito passos:

- 1 – Identificar quem irá tomar a decisão;
- 2 – Identificar as alternativas para a decisão;
- 3 – Identificar os critérios relevantes para a tomada de decisão e seus descritores;

4 – Descrever as alternativas determinando o desempenho destas em cada um dos atributos dos critérios;

5 – Determinar um peso para cada critério utilizando o *swing weighting*;

6 – Avaliar cada alternativa fazendo uma soma ponderada multiplicando, para cada critério, a medida de desempenho da alternativa nele pelo seu peso.

7 – Escolher a alternativa com a melhor avaliação

8 – Realizar uma análise de sensibilidade para ver o quão robusta é a decisão.

A identificação de quem irá tomar a decisão consiste em identificar os atores e, entre estes, os que têm o poder real de decisão.

Já a segunda etapa busca identificar quais são as alternativas existentes para a resolução do problema e suas características.

A identificação dos critérios pode se dar por meio de uma simples discussão na qual os atores elencam os critérios que são importantes ou, em casos de maior dificuldade, pela construção de uma árvore de valores, que começa a partir das preocupações principais dos atores, que vão sendo decompostas até chegarem em um nível no qual possam ser transformadas em critérios utilizáveis. É importante que esta fase gere um conjunto de critérios, que represente tudo o que for necessário para a tomada de decisão sem que existam redundâncias.

Vale salientar que os passos dois e três podem ter sua ordem trocada, dependendo do tipo de foco que for usado na modelagem.

O passo seguinte é definir os descritores dos critérios. Quando é utilizado o foco em alternativas, os descritores são definidos a partir dos valores que os critérios assumem nas alternativas. Já no foco em valores, eles devem ser definidos de acordo com os objetivos representados pelos critérios.

Independentemente do foco utilizado, o SMART gera escalas de valores para os critérios a partir dos descritores. Quando os critérios são qualitativos, a escala de valor é criada dando-se notas de 0 a 100 para cada valor definido no descritor, com o valor mais atrativo ganhando a nota 100, o menos atrativo a nota zero e os outros notas neste intervalo de acordo com sua atratividade. Quando o critério é quantitativo, é necessária a criação de uma função de valor que descreva a variação do desempenho de cada valor que é possível ao critério. Para gerar esta função, escolhem-se valores de referência, atribui-se a eles notas em uma escala de 0 a 100 e escolhe-se uma função que ligue os pontos $P = (\text{valor}, \text{nota})$ dois a dois. Em (GOODWIN; WRIGHT, 2004), é sugerida a atribuição da nota 100 ao valor mais atrativo e da nota zero para o menos atrativo. Em seguida, escolhe-se um valor de referência

para receber a nota cinquenta e dois para assumirem, respectivamente os valores vinte e cinco e setenta e cinco. A partir destes cinco pontos se traça a função que mapeia os valores do descritor do critério na função de valor que representa o desempenho do mesmo.

Tendo em mãos as escalas e funções de valor dos critérios, deve-se identificar o desempenho de cada alternativa em cada critério e, em seguida, definir os pesos de cada critério. Identificar o desempenho das alternativas nos critérios consiste simplesmente em conferir o desempenho do valor do descritor resultante da aplicação da alternativa na escala ou função de valor do critério, sendo o processo repetido para cada critério.

Para a identificação dos pesos, o SMART utiliza a técnica chamada *swing weighting* (SW). Ela consiste em considerar uma opção cujos desempenhos para os critérios seja o menor, isto é, que possua o valor menos atrativos para todos os critérios. Em seguida, pergunta-se aos atores qual dos critérios eles trocariam do valor menos atrativo para o mais atrativo, o *swing*, se apenas este critério pudesse ser escolhido para alteração. Tendo sido escolhido este critério, se repete o processo para todos os outros, de forma que teremos uma ordenação dos mesmos de acordo com a prioridade que é dada ao critério na hora de escolhê-lo para o *swing*.

A partir desta ordenação, o processo continua de forma análoga à criação de escalas de valores para os critérios. O critério de maior prioridade recebe o peso 100 e compara-se a importância dos *swings* dos outros critérios em relação ao *swing* de maior prioridade, o que gera os pesos dos outros *swings*. Um *swing* cuja importância seja vinte por cento menor que a do *swing* mais atrativo resultará num peso oitenta para seu respectivo critério. A diferença é que neste caso o *swing* de menor prioridade, ou seja, o menos atrativo, não recebe peso zero, já que isto retiraria o critério a qual o *swing* pertence da avaliação. No fim, os pesos são normalizados.

Após todas estas etapas, avaliam-se as alternativas. Esta avaliação se dá pela soma dos resultados das multiplicações do desempenho da alternativa em cada critério pelo peso do mesmo. A alternativa a ser escolhida é a que possuir o maior valor nesta soma. Este método de avaliação é chamado de agregação aditiva.

A última fase do processo é a realização de uma análise de sensibilidade, que objetiva verificar a robustez da decisão. Esta análise é realizada modificando-se os valores usados na análise, especialmente os pesos dos critérios. Caso a classificação das alternativas, em especial da de melhor desempenho, não se alterem ou não se modifiquem significativamente dada uma variação significativa, mas não extrema, dos valores usados na análise, pode-se concluir que os resultados são confiáveis e que a alternativa escolhida é uma solução robusta.

Já quando esta classificação varia com facilidade ao se mudarem os valores, não se pode garantir a robustez da decisão, o que significa que o problema deve ser estudado mais profundamente antes de uma decisão definitiva ser tomada.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É muito fácil encontrar referências sobre planejamento de cenários e aplicações de sistemas de apoio à decisão na literatura. Porém existem poucos trabalhos que utilizam as duas técnicas em conjunto e, entre estes, muitos se focam em avaliar os cenários em si (CHOI; PARK, 2001), para descobrir qual é o mais interessante para o tomador de decisão, ao invés de avaliarem o desempenho das alternativas, utilizando os cenários como forma de avaliar a repercussão destas no futuro.

Mesmo assim, é possível encontrar algumas iniciativas que buscam combinar as vantagens de ambas as técnicas para produzir uma decisão melhor. Em (GODET, 1993), é demonstrado o uso do método Multipol. Ele consiste em, após a definição de critérios e alternativas, criar conjuntos de pesos para os critérios, sendo estes conjuntos denominados políticas. O método então avalia as alternativas em relação aos critérios e às políticas por meio de somas ponderadas, ou seja, para cada política temos uma avaliação de todas as alternativas. Após esta avaliação, o método passa para uma segunda fase, que consiste em avaliar as políticas em relação aos cenários usando os critérios. Isso é feito da mesma maneira que a etapa anterior, mas colocando as políticas como alternativas e os cenários como conjuntos de pesos para os critérios. Nas duas etapas são realizados testes de sensibilidade.

Com esta avaliação das políticas e dos produtos, os participantes do processo de decisão podem escolher a quais critérios dar mais importância, de acordo com os cenários apresentados, na hora de escolher a melhor alternativa. O ponto fraco deste método é que ele não testa as alternativas em relação aos cenários e sim os pesos que serão levados em conta na hora de avaliar estas alternativas. Isso impede que as alternativas tenham sua robustez testada em relação aos cenários. Além disso, ele não permite que as alternativas tenham desempenhos diferentes em um critério quando o cenário muda.

Em (GOODWIN; WRIGHT, 2004) é feita uma discussão sobre a utilidade do planejamento de cenários quando é necessário levar em conta possibilidades futuras, são apresentados alguns métodos de geração de cenários, são apontados os benefícios de se usar o planejamento de cenários em conjunto com métodos de apoio à decisão e é apresentado um método de combinar as duas técnicas baseado no SMART. É também descrita a aplicação do método no problema de avaliar estratégias em um horizonte de 10 anos no futuro para uma empresa de correios recentemente privatizada. O método apresentado possui 10 passos, descritos a seguir:

- 1 – Formular cenários;
- 2 – Formular critérios;
- 3 – Projetar as alternativas;
- 4 – Verificar a factibilidade das alternativas;
- 5 – Para cada critério:
 - a) Ordenar cada combinação cenário/alternativa do melhor para o pior;
 - b) Dar à melhor combinação a nota 100 e à pior a nota 0;
 - c) Dar notas entre 0 e 100 para as outras combinações;

6 – Remover as alternativas cujo desempenho em qualquer critério é tal que a torne inaceitável de acordo com algum método de eliminação, como, por exemplo, a necessidade de resultar pelo menos em um valor mínimo definido para um critério;

- 7 – Realizar o SW entre os critérios;

8 – Para cada combinação cenário/alternativa, use os desempenhos e pesos para gerar uma avaliação agregada;

9 – Criar uma matriz cenário/alternativa e usá-la para comparar os desempenhos das alternativas, prestando atenção na robustez das mesmas entre os cenários.

- 10 – Realizar uma análise de sensibilidade.

Este método é fácil de ser utilizado e tem a grande vantagem de ser baseado em um método já consagrado na literatura da área de análise de decisão. O método também permite a variação dos desempenhos das alternativas nos critérios com a variação dos cenários. Porém, os pesos são fixos, isto é, são os mesmos em todos os cenários. O método também não apresenta um método para a escolha das alternativas, se preocupando exclusivamente em aferir o desempenho de cada uma em cada cenário.

Já em (MONTIBELLER; GUMMER; TUMIDEI, 2007), o método descrito acima é utilizado em dois processos reais de tomada de decisão. O primeiro era avaliar alternativas para manter a competitividade de uma agência de seguros na Inglaterra em cenários de mudança da situação do mercado e das regulamentações do governo. O segundo era avaliar alternativas para uma empresa italiana que trabalhava na compra de terrenos para utilizar como armazéns ou então adaptar estes terrenos para uso industrial ou comercial. A empresa queria avaliar as alternativas que possuía dada a possibilidade de o terreno, que inicialmente era rural ter sua destinação modificada. Neste trabalho surgiu a necessidade de se terem pesos diferentes em cenários distintos, o que não é possível no método apresentado em (GOODWIN; WRIGHT, 2004). Isto forçou os autores a dividir o processo em dois modelos diferentes, um para cada cenário do caso da empresa italiana.

Por fim, o trabalho apresenta uma medida de robustez para avaliar as ações através dos cenários após elas terem seus desempenhos gerados pela abordagem sugerida em (GOODWIN; WRIGHT, 2004), chamada de robustez inter-cenário. A medida consiste em, para cada cenário, subtrair-se o desempenho da alternativa do desempenho máximo possível, convencionalmente o valor 100 e depois escolher o maior valor entre todos os cenários. Por exemplo, se no cenário A a avaliação de uma alternativa é 80 e no cenário B é 70, a robustez inter-cenário da alternativa é menor entre a robustez dela no cenário A, que é 20, a do cenário B, que é 30, ou seja, a robustez inter-cenário da alternativa é 30. Quanto menor for o valor desta medida, maior é valor do pior desempenho da alternativa através dos cenários e mais robusta é a alternativa. Segundo os autores, o método ajudou a melhorar o entendimento do problema pelos tomadores de decisão, mas estes tiveram dificuldades na quinta etapa do método, dado o grande número de pares cenário/alternativa que o método precisa que eles analisem. A verificação da necessidade de pesos variáveis foi uma descoberta interessante e a medida de robustez ajuda a escolher qual das alternativas escolher.

No trabalho apresentado em (DURBACH; STEWART, 2003), é definida uma abordagem que combina planejamento de cenários com programação multi-objetiva, abordagem esta que é testada em um exemplo fictício. De acordo com o artigo, como as avaliações nos critérios podem ser consideradas variáveis aleatórias, existe uma distribuição de probabilidade multivalorada que define a realização de todas as avaliações possíveis. Ainda segundo o artigo, cada realização desta distribuição corresponde a um possível futuro, ou seja, um cenário. O objetivo não é especificar a distribuição inteira, e sim caracterizar a distribuição ao usar os cenários construídos. A abordagem proposta consiste em criar um programa multi-objetivo para cada cenário e depois, se necessário, fazer uma agregação das avaliações entre os cenários. Desta forma, os cenários se encontram no nível acima dos programas em uma hierarquia de objetivos. O objetivo é avaliar as alternativas com os programas multi-objetivo e então realizar uma agregação através dos cenários. O desempenho das ações nos critérios e os pesos dos mesmos nos programas multi-objetivos são gerados de forma análoga à usada no método SMART.

O artigo também discute como gerar pesos para os cenários para a agregação e apresenta duas formas de fazê-lo. A primeira é realizar o SW entre as combinações cenário/critério, e a segunda consiste em, após a realização do SW entre os critérios em cada cenário, escolher um dos critérios e comparar *swings* do pior para o melhor nível deste critério em cada um dos cenários, realizando um SW que visa descobrir em qual cenário aquele *swing* é mais atrativo. Em seguida avalia-se a atratividade dos outros *swings* em relação à do

primeiro, o que gera pesos para os cenários. No momento da agregação, o peso atribuído ao cenário pelo processo acima é multiplicado pelo peso dos critérios gerados pelo SW para este cenário, o que é repetido para todos os cenários e gera o peso a ser utilizado na agregação.

Finalmente, após apresentar as funções de agregação para os programas multi-objetivo que geram as avaliações das alternativas nos cenários e do programa que agrega as avaliações de cada cenário, o artigo discute o uso de duas normas nesta agregação: a norma de Arquimedes e a norma de Tchebycheff. Segundo o artigo, a primeira busca por alternativas cuja média dos desempenhos seja boa e a segunda busca alternativas robustas, isto é, ela penaliza alternativas que tenham desempenhos muito ruins em um ou mais critérios. Como a abordagem realiza duas agregações, o artigo discute o uso das quatro combinações possíveis destas métricas, desde não usar nenhuma em ambas agregações até usar ambas nas duas agregações.

Em (STEWART, 2005), é feita uma discussão sobre as vantagens de se utilizar planejamento de cenários e SAD em conjunto e são discutidos dois modelos para combinar as duas técnicas. O modelo A é o apresentado em (GOODWIN; WRIGHT, 2004), que já foi descrito anteriormente. Após defini-lo o trabalho discute métodos que ajudem a selecionar uma alternativa após todas serem avaliadas, já que o modelo A deixa isso por conta dos tomadores de decisão. Uma das formas sugeridas é realizar um SW entre os cenários baseado em um critério, como visto em (DURBACH; STEWART, 2003), e a outra é usar uma função “max-min” da forma:

$$A = \max \{ \min \{ a_i \} \}$$

Onde A é a avaliação global da alternativa considerando todos os cenários e a_i é a avaliação da alternativa no cenário i .

Já o modelo B consiste em, ao invés de pares cenário/alternativa, usar pares cenário/critério, que o autor chama de metacritérios. O modelo então procede da mesma forma que os métodos tradicionais de apoio à decisão. A vantagem deste modelo é que ele permite que as estruturas de preferência variem de acordo com os cenários. Já o método de geração de pesos para a agregação é igual ao segundo método proposto em (DURBACH; STEWART, 2003), já descrito acima.

Além dos trabalhos supracitados, deve-se considerar o trabalho apresentado em (RAM; MONTIBELLER; MORTON, 2009). Neste, a discussão principal é sobre a robustez das alternativas, que, segundo os autores, são somente tão robustas quanto o número de cenários diversos considerado. Isto ocorre porque quanto mais cenários são considerados na avaliação da alternativa, em mais possíveis situações futuras do ambiente a alternativa é

considerada, o que torna os atores mais seguros sobre os impactos desta no futuro. Além desta discussão, o artigo apresenta uma metodologia para combinar planejamento de cenários e SAD. O teste da metodologia consiste em ajudar na resposta da seguinte questão: como pode o governo de Trinidad e Tobago garantir a segurança alimentar nos próximos oito anos? A metodologia é composta por seis passos, que serão descritos a seguir.

O primeiro passo consiste em definir a questão estratégica que será respondida, ou seja, é definido o foco do estudo. No caso, foi escolhida a da segurança alimentar em Trinidad e Tobago. Já no segundo, são identificadas as incertezas-chave, que são os eventos cujos resultados influenciarão a decisão a ser tomada.

No terceiro passo identificam-se os critérios e as alternativas e no quarto são gerados os cenários. Os cenários são gerados através da utilização da análise morfológica. Primeiro definem-se as possíveis configurações das incertezas, por exemplo, ocorreu e não ocorreu, e depois se geram combinações destas configurações. Depois, procura-se combinações que sejam impossíveis, para que sejam eliminadas. As combinações que não forem eliminadas são consideradas como cenários.

A quinta etapa consiste em utilizar os conceitos de sistemas de apoio à decisão para cada cenário, ou seja, será feita uma modelagem por cenário. Os desempenhos das alternativas nos critérios e os pesos dos critérios em cada cenário são definidos da mesma forma que no método SMART. Em seguida, definidos os desempenhos e os pesos, é realizada a avaliação das alternativas através dos cenários.

Finalmente, no sexto passo, o método calcula o arrependimento de cada alternativa como forma de medir a robustez da mesma. O cálculo é feito da seguinte maneira: primeiro escolhe-se um valor para indexar os resultados das avaliações e depois se subtrai o valor indexado da avaliação de cada alternativa do valor indexado da melhor avaliação naquele cenário. Após o cálculo, os valores dos arrependimentos devem ser utilizados como guias para a tomada de decisão. No artigo, estes valores são comparados em um gráfico de dispersão, que mostra o arrependimento de cada alternativa em cada um dos cenários.

Após esta breve contextualização, o próximo capítulo apresenta uma nova abordagem para a combinação de SAD e planejamento de cenários, levando em conta os avanços apresentados na literatura e que tenta resolver alguns dos problemas presentes nas abordagens já existentes.

4 COMO TORNAR UM MÉTODO REUTILIZÁVEL

Um problema comum a vários métodos amplamente utilizados de tomada de decisão, como o Analytic Hierarchy Process (AHP), descrito em (SAATY, 2005), o Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH), presente em (BANA E COSTA; DE CORTE; VANSNICK, 2005) e o SMART (GOODWIN; WRIGHT, 2004), é o criarem SADs que são baseados em uma instância específica do problema para o qual foram modelados e que, por este motivo, não podem ser reutilizados em outras instâncias do mesmo problema, gerando a necessidade de uma modelagem completamente nova para cada nova instância. Um exemplo deste tipo de aplicação ocorre quando se necessita avaliar as mesmas alternativas em contextos diferentes. No parágrafo abaixo é apresentado um exemplo para ilustrar esta limitação dos métodos.

Suponha que uma empresa chamada Lototol tenha três filiais em diferentes cidades: a cidade A em um país desenvolvido, a cidade B em um país emergente e a cidade C em um país pobre. A empresa quer criar um SAD geral para ser utilizado em todas as filiais, utilizando os mesmos critérios de avaliação em todas. Obviamente, cada filial tem suas características próprias e isso significa que a avaliação de alternativas em cada uma delas é uma instância diferente do problema de avaliar ações que é o objetivo do SAD geral. Se, por exemplo, os critérios nível de capacitação técnica e salário médio dos funcionários fossem escolhidos, é natural esperar que o impacto de uma alternativa ALT1 que vise capacitar os funcionários, mas que aumente os custos, seja diferente em cada filial. Para exemplificar melhor, os níveis correntes dos critérios nas três cidades são apresentadas na tabela 1:

TABELA 1: Níveis dos critérios nas três cidades onde estão as filiais de Lototol

Cidade / Critério	Capacitação Técnica	Salário Médio
A	Alta	Alto
B	Média	Baixo
C	Baixa	Baixo

De acordo com os dados da tabela, é fácil notar que a alternativa ALT1 não será tão proveitosa na filial em A, que já possui funcionários capacitados, quanto em C que possui funcionários de baixo nível técnico. Melhorar as capacidades dos funcionários pode significar que os seus salários deverão ser melhores, o que não é interessante para a filial em A, na qual os salários já são altos, e não é tão problemático na filial em C que tem funcionários que

ganham pouco. A alternativa ALT1 também teria um bom desempenho na filial em B, que também paga salários baixos e se beneficiaria de uma melhor capacitação dos funcionários.

Outro problema que os métodos de suporte à decisão modernos enfrentam é o uso de planejamento de cenários no processo de decisão, como visto em (MONTIBELLER; GUMMER; TUMIDEI, 2007) e em (STEWART, 2005). Não é difícil perceber a presença do mesmo problema descrito nos parágrafos anteriores, já que se houverem três cenários, seriam necessárias três modelagens para avaliar o impacto de uma alternativa em todos os cenários.

O restante deste capítulo apresenta um método em três passos para modificar um processo de apoio à decisão para torná-lo reutilizável, de forma que possa gerar estruturas de tomada de decisão gerais que lidem com os problemas acima.

A principal contribuição deste trabalho para a resolução destes problemas é mostrar como tornar a fase de estruturação de um SAD independente da instância do problema que criou a necessidade de um processo de apoio à decisão. Com isso, o SAD gerado será independente desta instância e poderá ser utilizado também em outras instâncias do mesmo problema. Isto também tornar o SAD capaz de lidar com uma grande quantidade de cenários, já que estes podem ser vistos como uma instância diferente do mesmo problema.

Outra contribuição do trabalho é a criação de um método de definição de pesos para os critérios que permita que estes variem de acordo com as mudanças nas instâncias consideradas, o que significa que em cada instância, que pode ser uma situação corrente do ambiente ou um cenário, possuirá um conjunto próprio de pesos para os critérios. A principal característica deste método é que, a partir de julgamentos iniciais feitos na fase de avaliação, os pesos nos cenários são gerados sem a necessidade da intervenção dos atores, o que significa que novos cenários podem ser considerados sem a necessidade de voltar à fase de definição de pesos para os critérios.

É importante lembrar que, apesar de ter como objetivo flexibilizar ao máximo os SAD, os critérios de avaliação se mantêm constantes e qualquer alteração neles resultará na necessidade de se modificar o SAD, já que critérios diferentes implicam em avaliações diferentes.

Outra limitação do método apresentado a seguir é que ele apenas se preocupa em descobrir o desempenho das alternativas nas diversas situações do ambiente ou cenário, não propondo uma forma de, dados os desempenhos das alternativas nas situações ou cenários, escolher uma delas, limitando-se a gerar informações para um processo de avaliação a ser feito pelos atores e pelo facilitador. Felizmente, não é difícil encontrar métodos de comparação entre alternativas através dos cenários em trabalhos presentes na literatura, como

(RAM; MONTIBELLER; MORTON, 2009) e (DURBACH; STEWART, 2003), por exemplo.

4.1 Primeiro Passo: escalas ou funções de valor

O primeiro passo consiste em permitir que aos participantes do processo de decisão criem quantas alternativas quiserem sem a necessidade de se alterar a estrutura do sistema. Para isto, estes métodos precisam de uma forma de avaliar os desempenhos das alternativas nos critérios que seja independente do conjunto de alternativas, isto é, precisam de uma avaliação absoluta. Isso é muito simples de se fazer porque já é feito pelos métodos que constroem escalas ou funções de valor para os critérios, como o SMART (GOODWIN; WRIGHT, 2004), apresentado na seção anterior, e o MACBETH (BANA E COSTA; DE CORTE; VANSNICK, 2005). Isto ajuda a tornar o SAD reutilizável porque as alternativas são descritas e avaliadas de acordo com os descritores de impacto dos critérios e escalas ou funções de valor para estes, que são independentes das alternativas, o que não é o que ocorre em métodos que avaliam as alternativas por meio de comparações entre elas, como o AHP (SAATY, 2005). Nestes métodos, a introdução, modificação ou remoção de uma alternativa resulta na necessidade de se reavaliarem todas as outras.

A figura 1 mostra as escalas de valor dos critérios para o exemplo Lototol, apresentado na seção anterior.

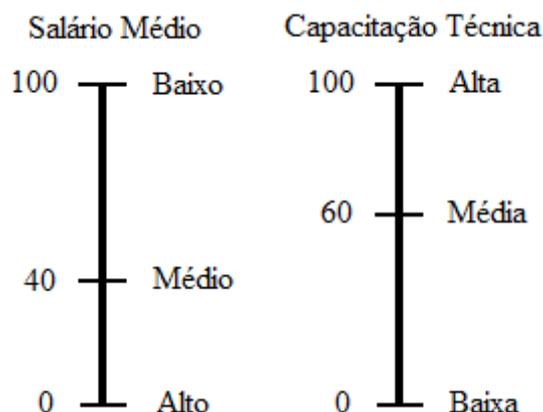


FIGURA 1: Escalas de valor para o exemplo Lototol.

4.2 Segundo Passo: representar situação corrente

O segundo passo é permitir que os sistemas operem em diferentes instâncias do mesmo problema, como descrito na introdução deste capítulo. No capítulo anterior, durante a apresentação dos sistemas teleológicos, foi mostrado que SADs podem ser considerados sistemas teleológicos. O grande problema é que nos SADs as informações sobre o ambiente no qual ocorre a decisão são normalmente implícitas. O segundo passo consiste em tornar estas informações explícitas, para que possam ser utilizadas no SAD, de forma que ele seja reutilizável e suporte o uso de cenários.

Uma técnica para tornar estas informações explícitas é utilizada num sistema chamado Agente Orientado a Metas Nebulosas (AOMN), apresentado em (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008). O AOMN é baseado no GPS, que foi descrito no capítulo anterior.

O AOMN, assim como o GPS, guarda uma representação do estado corrente do ambiente e de um estado meta que ele deseja atingir, sendo capaz de representar as diferenças entre eles. Para isso, o AOMN usa os critérios de decisão não apenas como ferramentas de avaliação, mas como variáveis ambientais que descrevem o estado do ambiente, ou seja, a situação corrente, com cada configuração de valores representando uma situação diferente.

Se voltarmos ao exemplo Lototol, podemos considerar a combinação do nível corrente de cada critério em cada cidade como um estado ou situação corrente. Também é fácil ver que isso permite ao SAD lidar com cenários, já que um cenário pode ser encarado como um estado que o ambiente assumirá no futuro e que pode ser descrito da mesma forma.

Como na maioria dos SADs o objetivo é ter o valor mais atrativo em todos os critérios, normalmente não há a necessidade de se ter um estado meta explícito como no AOMN e no GPS.

A idéia por trás desta modificação é a de que as diferenças entre os impactos de uma ação se originam do fato de que em cada situação ou cenário, os critérios, que estão sendo usados como descritores do ambiente no qual se dá a decisão, têm diferentes níveis e representam estados diferentes do ambiente. Dada esta premissa, uma conclusão bastante plausível é a de que ao aplicar uma mesma alternativa em ambientes diferentes, ela resulte em mudanças diferentes no mesmo, isto é, em níveis diferentes nos critérios.

O GPS também armazena informações sobre como suas ações modificam o ambiente e busca escolher, do conjunto de ações, a que atinja ou o deixe mais próximo de atingir a meta. As descrições das alternativas na maioria dos métodos de suporte à decisão cumprem este

papel. Porém, a introdução da capacidade de representar os estados do ambiente torna estas descrições inúteis, pois elas só conseguem representar o resultado da aplicação das alternativas em um único estado que está implícito na modelagem do SAD. O AOMN resolve este problema descrevendo cada ação como regras condicionais que descreve o resultado da aplicação da ação para cada valor que o critério possa assumir no ambiente. Esta representação permite ao sistema lidar com qualquer ambiente apresentado a ele.

Formalmente, podemos definir uma Situação Corrente SC por um conjunto de valores correntes de cada um dos critérios tais que $SC = \{C_1, C_2, \dots, C_i\}$, onde C_i representa um nível do descritor D_i do critério i . Também é possível definir uma Situação Realizada, $RS_n = \{R_{1n}, R_{2n}, \dots, R_{in}\}$, onde R_{in} representa o nível do descritor D_i do critério i resultante da aplicação de uma alternativa A_n qualquer em uma dada situação corrente SC . Uma alternativa A_n , pertencente ao conjunto AP de Alternativas Possíveis, é definida como um conjunto de proposições da forma “se D_i é C_i , então D_i é R_i ”, que descrevem o resultado da aplicação de A_n em qualquer situação corrente SC .

Tomando a alternativa ALT1 como exemplo, ter-se-ia a representação mostrada na tabela 2, na qual N representa o nível corrente do critério:

TABELA 2: Representação da alternativa ALT1

Alt1			
Capacitação Técnica		Salário Médio	
Se N = baixa	então N = média	Se N = baixo	então N = baixo
Se N = média	então N = alta	Se N = médio	então N = alto
Se N = alta	então N = alta	Se N = alto	então N = alto

Esta solução resulta em dois problemas. O primeiro é o caso de um ou mais critérios serem quantitativos, o que pode ser resolvido construindo-se as regras usando intervalos ou *clusters* como antecedentes e, possivelmente, conseqüentes. O segundo é a necessidade de um número muito grande de regras necessárias para descrever cada ação quando o número de critérios é grande ou quando os critérios podem assumir uma gama ampla de valores.

Felizmente, existem técnicas que ajudam a reduzir o número de regras, como a utilização de disjunções nos antecedentes, o que aumenta o poder descritivo das regras, a lógica nebulosa, que é utilizada pelo AOMN, o uso de *clusters* nas regras, ou ainda a utilização de conseqüentes que, ao invés de designarem um estado específico do ambiente, modifiquem o estado corrente, como, por exemplo, um que defina um aumento percentual no nível do descritor de um critério e uma diminuição percentual no de outro critério.

Finalmente, vale a pena comentar que esta abordagem permite que os antecedentes descrevam o estado do ambiente independentemente dos critérios, ao contrário do que é proposto no AOMN. Por exemplo, uma característica que pode influenciar bastante a situação de um ambiente de decisão é uma troca de governo, fato que não pode ser traduzido diretamente em um critério. Esta mudança na abordagem não gera alterações na avaliação final das alternativas e não aumenta ou diminui a capacidade do sistema de representar o problema, já que uma característica como a citada acima pode ser traduzida em mudanças nos níveis dos critérios que descrevem o ambiente. Também é possível que sejam usados como antecedentes, ou seja, como descritores do cenário, valores que representem apenas parte dos descritores possíveis para o critério, sem que toda sua amplitude esteja descrita nas regras, bastando garantir que nenhuma das descrições de cenários extrapole este intervalo reduzido de descritores.

4.3 Terceiro Passo: variar os pesos conforme à situação

O terceiro e último passo surgiu para resolver um problema abordado em (MONTIBELLER; GUMMER; TUMIDEI, 2007). Em um dos problemas apresentados neste trabalho foi necessário que os pesos dos critérios variem de acordo com o cenário, o que é razoável, já que é possível que os tomadores de decisão tenham prioridades diferentes em situações diferentes. Portanto, para criar um método de suporte a decisão que seja reutilizável e apto a lidar com cenários é necessária uma abordagem que permita que os pesos designados pelo cliente variem de acordo com o estado do ambiente ou cenário. No trabalho mencionado acima, isto foi conseguido ao se quebrar o SAD em dois, um para cada cenário. Como isso contraria a filosofia da abordagem proposta nesta dissertação, que é a criação de um método que suporte múltiplas situações ou cenários sem que sejam necessárias modificações na modelagem, foi necessário criar uma solução para este problema que não envolva dividir o SAD.

A conclusão a que se chegou foi um método que gere os pesos a partir da correspondência entre os níveis dos critérios que representam um cenário e um conjunto de valores que represente a atratividade da manutenção ou aumento do desempenho a partir de cada nível do descritor de cada critério. Isto significa que cada nível do critério terá atrelado a si um valor que representa o quão atrativa é a permanência no nível ou uma mudança para um

nível mais atrativo na escala de valor do critério. Este valor, de agora em diante, será denominado importância, para que não haja confusão com a atratividade dos níveis do descritor de um critério. Esta solução necessita de um método para descobrir estes valores.

Para isso, este trabalho propõe usar uma forma modificada do SW, apresentado anteriormente, chamada de *swing weighting* intra-critério (SWI). Este método, ao invés de escolher o *swing* mais atrativo entre os *swings* do descritor de menor preferência para os de maior preferência para cada critério, compara *swings* de cada descritor do critério para o descritor mais atrativo do critério, incluindo deste para si mesmo. Assim como no SW, atribui-se o valor 100 ao *swing* intra-critério mais importante e aos outros valores que representem a sua importância em relação ao mais importante, sendo estes valores normalizados no final. Em seguida, este processo é repetido para cada critério.

Quando este método é utilizado, existem duas possibilidades: a primeira é a de que o critério seja qualitativo e a segunda de que seja quantitativo. No primeiro caso o, o critério só pode assumir os níveis representados no descritor e os *swings* os utilizarão como base. O resultado será uma escala que contém os níveis e os pesos correspondentes à importância de se manter no nível corrente ou de mudar para um nível mais atrativo do descritor.

No segundo caso, algumas considerações devem ser feitas. A primeira é a escolha de valores de referência para realizar os *swings*, da mesma forma que o SMART escolhe para gerar as funções de valor. É importante destacar que não é necessário que os valores de referência usados no SWI sejam os mesmos usados para a construção da função de valor, podendo-se inclusive usar um número diferente de valores de referência, como, por exemplo, escolher quatro valores de referência para realizar os julgamentos do SWI em um critério que possui três níveis de referência na sua função de valor. Outra consideração que deve-se fazer é definir se os julgamentos feitos para os valores de referência servirão para os intervalos entre estes, tornando-os discretos, ou se não servirão. No primeiro caso, volta-se à situação de quando o critério é qualitativo. Já no segundo caso, sugere-se que, após a normalização dos pesos atribuídos aos *swings*, os pesos gerados sejam usados para criar uma função de importância, que ajuda a encontrar a importância de se manter ou melhorar o desempenho a partir de qualquer um dos níveis do descritor.

Esta função é gerada da seguinte forma: primeiro, desenha-se um gráfico cujo eixo das ordenadas representa a importância do nível do descritor e o das abscissas os valores que o descritor do critério pode assumir. Em seguida, são colocados nos gráficos os pontos que representam as coordenadas dos valores de referência. Por fim, retas ligando cada ponto com o ponto a seguinte em termos das abscissas são traçadas. Para melhor ilustrar o conceito por

trás do uso deste tipo de função, são apresentados três exemplos que demonstram a lógica que o inspirou.

Na figura 2 é apresentada uma função na qual o peso do critério aumenta à medida em que o seu desempenho diminui, isto é, um critério no qual quanto menor for o desempenho, maior a importância deste ser mantido ou aumentado e, portanto, maior deve ser o seu peso.

Um exemplo disso seria um critério disponibilidade de alimentos. Quanto menor for esta disponibilidade, maior é a necessidade de ela aumentar e, quando já é suficiente, a importância de melhoras decresce.

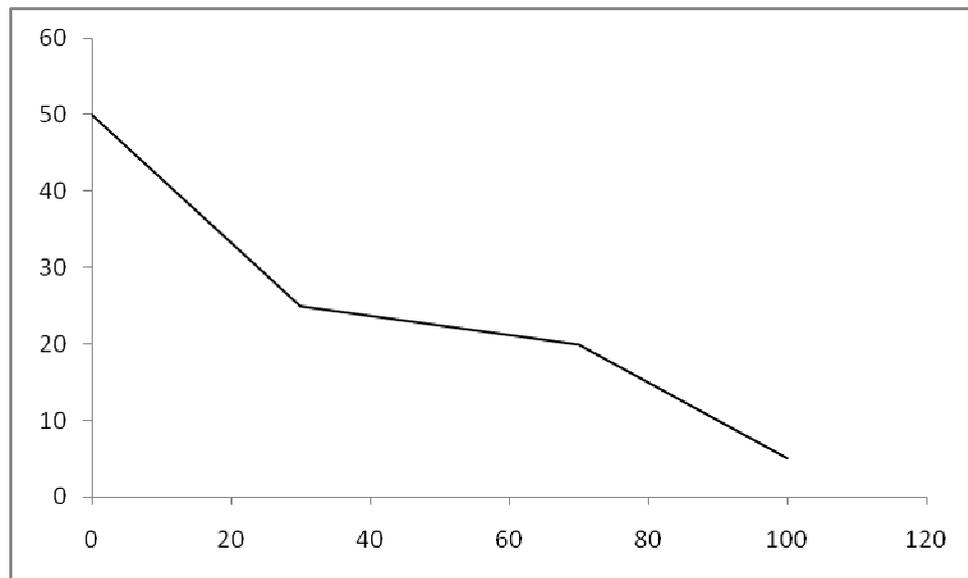


FIGURA 2: Exemplo de função de importância decrescente.

Olhando a figura 3, pode-se ver uma situação contrária à anterior. Temos uma função na qual o peso aumenta à medida em que o desempenho aumenta. Um exemplo seria um critério que represente a proximidade de um objetivo. Quanto maior for o desempenho, mais perto se está e, estando mais perto, maior esforço deve ser direcionado para atingir este objetivo. Neste caso também é importante que o peso aumente para que alternativas que piorem o desempenho do critério, isto é, se afastem do objetivo, tenham uma menor probabilidade de serem aceitas.

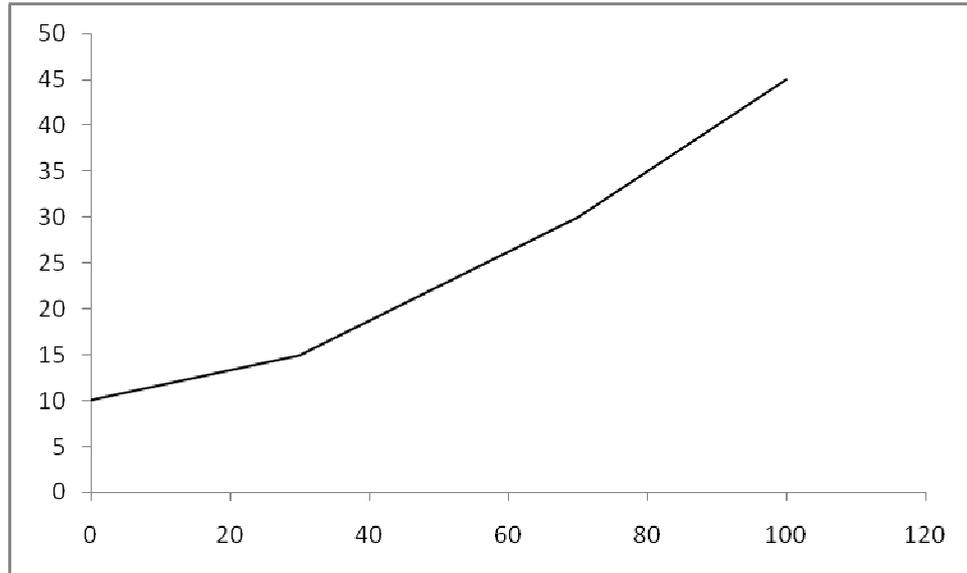


FIGURA 3: Exemplo de função de importância crescente

Já na figura 4, tem-se um critério no qual se deseja atingir certo nível do descritor e qualquer coisa acima deste nível já não é interessante. Neste critério, à medida que se aproxima da meta, o peso aumenta. Depois de atingida a meta, a importância de se manter ou melhorar o desempenho vai se tornando cada vez menor, diminuindo os pesos. Um exemplo seria um critério que designasse a participação acionária em uma empresa. Até atingir 50% mais uma ação, o que daria controle total da empresa, o peso vai aumentando. Depois disso, qualquer aumento já não é tão importante, já que não influencia no controle da empresa.

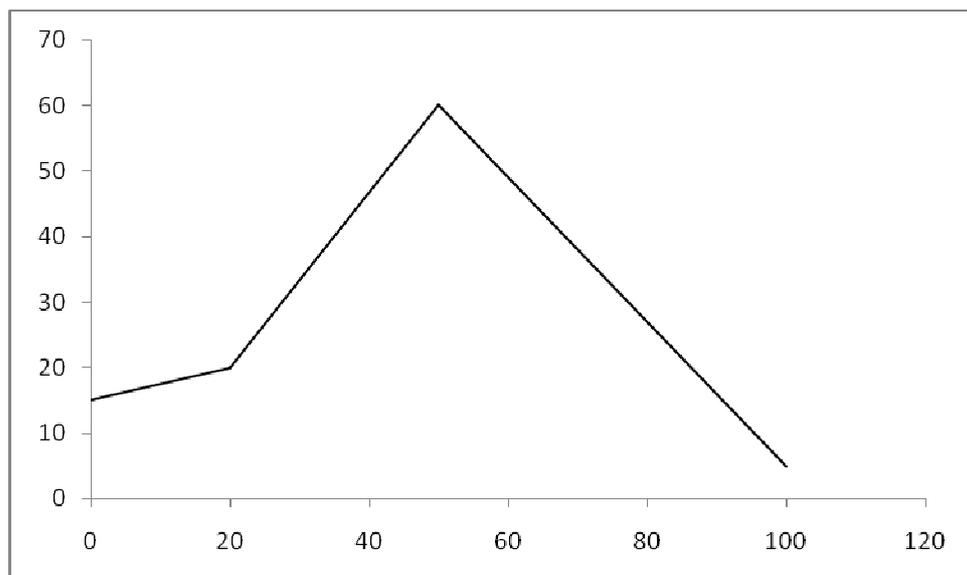


FIGURA 4: Exemplo de função de importância convexa

Estes três tipos de função, que com certeza não são os únicos possíveis, servem como exemplos de construção de funções que definem o peso do critério dado que o nível do

mesmo no cenário, da mesma forma que a tabela mencionada para o caso do critério ser qualitativo.

É importante notar que o uso de uma função linear para ligar os pontos no gráfico e gerar a função foi escolhido por questões de facilidade e, se necessário, podem ser usados outros tipos de função, como a função quadrática ou a logarítmica para fazer este papel.

Para melhor exemplificar o processo, considere-se novamente o critério capacitação técnica do exemplo Lototol. Os atores deverão escolher o mais importante entre os três *swings*: de baixa para alta, de média para alta e de alta para alta. Supondo que o *swing* de média para alta tenha sido escolhido, ele recebe um peso de valor 100 e os atores devem comparar os outros *swings* em relação a ele. Imagine que os atores tenham identificado que o primeiro e o segundo *swings* tenham, respectivamente, 60% e 40% da importância do primeiro o que dá a eles pesos de 60 e 40, respectivamente. A figura 5 mostra estes pesos.

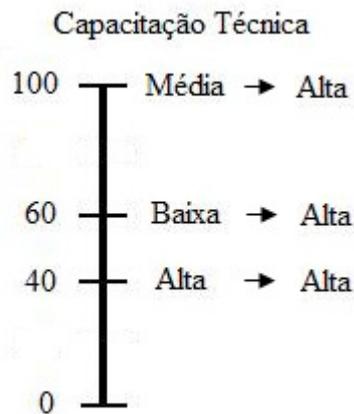


FIGURA 5: Pesos para Capacitação Técnica gerados pelo SWI

Vale salientar que o peso utilizado é sempre o designado pela relação entre o estado do ambiente e o seu *swing* correspondente, isto é, o *swing* do nível corrente do ambiente para o nível mais atrativo, mesmo quando uma alternativa mude o descritor de um critério para um nível menos atrativo, já que a própria diminuição de atratividade no critério já diminui a avaliação da alternativa. Isso ocorre porque uma mudança no *swing* de referência poderia perturbar o processo ao aumentar demais o impacto do critério na decisão no caso da mudança para um *swing* de maior peso ou diminuir o impacto de uma perda de valor no critério caso mude para um *swing* de menor peso. Por exemplo, no critério capacitação técnica do exemplo das três filiais, partindo do descritor médio, o *swing* de referência para o peso será sempre o de médio para alto, mesmo que a alternativa mude o descritor de médio para baixo. Isso ocorre porque uma mudança no *swing* de referência poderia perturbar o processo ao aumentar demais o impacto do critério na decisão no caso da mudança para um *swing* de maior peso ou

diminuir o impacto de uma perda de valor no critério caso mude para um *swing* de menor peso.

Considere que repetindo o processo para os *swings* de alto para baixo, médio para baixo e baixo para baixo do critério salário médio temos, respectivamente, os seguintes pesos para os *swings*: 100, 80 e 20. Estes pesos serão então normalizados. A figura 6 mostra os pesos normalizados dos *swings* para os dois critérios do exemplo Lototol.

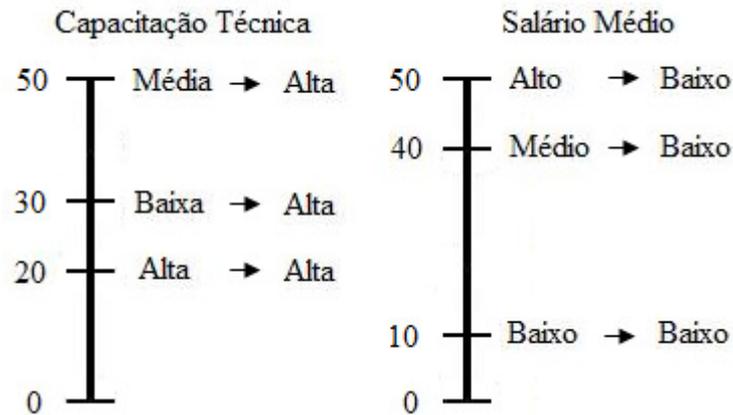


FIGURA 6: Pesos normalizados dos *swings* para o exemplo Lototol

Tendo em mãos a importância dos *swings*, só é necessário relacionar o valor corrente dos critérios com os pesos dos *swings* intra-critério para cada critério. Por exemplo, na cidade B, onde se situa uma filial da Lototol, os valores para capacitação técnica e salário médio são Média e Baixo. Usando a tabela 1 como referência, pode-se ver que os *swings* que descrevem a importância das mudanças no estado a partir destes valores são de Média para Alta no primeiro critério e de Baixo para Baixo no segundo. Os pesos destes *swings* são, respectivamente, 50 e 10. Após uma normalização, temos um peso de 0,83 para o critério capacitação técnica e de 0,17 para salário médio. A Tabela 3 mostra os pesos normalizados dos dois critérios nas cidades A, B e C, assim como a avaliação da alternativa ALT1 em cada cidade.

TABELA 3: Pesos normalizados dos critérios e desempenho de ALT1

	Capacitação Técnica				Salário Médio				Avaliação
	Corrente	Realizado	Desempenho	Peso	Corrente	Realizado	Desempenho	Peso	
A	Alta	Alta	100	0,29	Alto	Alto	0	0,71	29
B	Média	Alta	100	0,83	Baixo	Baixo	100	0,17	100
C	Baixa	Média	60	0,75	Baixo	Baixo	100	0,25	70

A teoria que justifica esta modificação é a de que os pesos para cada critério só variam com a mudança de cenários porque em cada cenário o critério é descrito por um nível, do qual

depende a prioridade ou preferência de modificação do nível do critério para a decisão. Voltando ao exemplo Lototol, o maior peso para o critério salário médio na cidade A se justifica por esta ter um desempenho ruim neste critério, e, segundo a modelagem, uma melhora neste critério dado o nível em que se encontra tem grande prioridade.

Apesar de resolver o problema, este método tem uma peculiaridade. Por ser intra-critério, ele ignora as relações inter-critérios que são normalmente usadas para designar os pesos. Isso pode ser resolvido fazendo-se uma média do peso aferido SWI com o aferido por um método de designação de pesos inter-critério, apesar de esta solução não necessariamente representar a verdadeira importância dos critérios na decisão.

Por fim, vale notar que o processo decisório não necessariamente necessitará dos três passos apresentados acima e processo pode utilizar apenas o passo um ou os passos um e dois sem problema, contanto que os pré-requisitos para cada passo sejam cumpridos.

5 TESTES

Para testar a abordagem proposta, será realizado um teste baseado no problema apresentado em (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008). Neste trabalho, foi abordado o problema da escolha de um bairro e das características de um imóvel a ser construído na cidade de Fortaleza de modo que seja vendido o mais rápido possível. O problema foi abordado utilizando-se o AOMN e a metodologia MACBETH. Para efeitos de simplificação só foram utilizados dados referentes ao ano de 2007 e considerados seis bairros da cidade: Aldeota, Cocó, Meireles, Mucuripe, Fátima e Papicu. Os dados foram cedidos pelo Sindicato das Indústrias de Construção do Estado do Ceará (SINDUSCON-CE).

Neste trabalho os dados e a modelagem feita com o método MACBETH serão utilizados como base para um estudo do impacto das alternativas em diversos cenários criados para o mercado imobiliário, tendo como base o ano de 2013. O objetivo é mostrar a capacidade da abordagem de gerar SADs que possam lidar com um número qualquer de cenários.

O uso de cenários justifica-se porque, como visto em (CORREIA, 2002), o mercado imobiliário é um mercado imperfeito. Em um mercado perfeito, o valor de venda, a quantidade de unidades ofertadas e de vendidas estaria em um patamar de equilíbrio e uma mudança em qualquer uma delas implicaria em mudanças em uma ou mais das outras, mudanças estas que levariam de volta a um patamar de equilíbrio, que não necessariamente é o inicial. Por exemplo, em um mercado perfeito, um aumento no valor de venda das unidades implicaria numa redução das vendas, o que por sua vez forçaria a diminuição dos preços. Esta diminuição então incentivaria novas vendas, o que incentiva um novo aumento de preços. Este ciclo se repete até que os dois critérios entrem em um patamar de equilíbrio.

Infelizmente, não é isso que ocorre no mercado imobiliário. Vários motivos para isso são apresentados em (CORREIA, 2002). Um destes motivos é o fato de a oferta de imóveis em uma determinada região é limitada. Por exemplo, se ocorrer um grande aumento na demanda em um mercado de bens de consumo, é possível, dentro de certos limites, expandir a produção o quanto for necessário para atender esta demanda. Isso não acontece no mercado imobiliário, já que não se pode criar mais espaço dentro de uma cidade. Outro motivo são os aspectos psicológicos dos componentes do mercado. Em uma situação de crise é possível que os preços caiam. Em um mercado perfeito isto incorreria em um aumento de vendas, mas não é necessariamente isso que acontece, já que em uma situação de crise as pessoas podem se

preocupar mais em poupar do que em fazer novas aquisições, o que quebra o ciclo de equilíbrio. Por fim, vale destacar mais uma das muitas características que tornam o mercado imobiliário imperfeito: a ação dos especuladores. Os especuladores são agentes do mercado que compram imóveis hoje com a esperança de vendê-los mais caro no futuro. Segundo (CORREIA, 2002), se a tendência de subida de preços dos imóveis for estável, os especuladores tendem a manter a proporção de vendas em relação às ofertas quando estas aumentam, o que impede que os preços caiam para que o equilíbrio de um mercado perfeito seja atingido.

A tarefa da criação de cenários contou com a ajuda de especialistas do mercado imobiliário, que foram entrevistados por meio de um questionário desenvolvido especialmente para este problema. O questionário é apresentado no anexo A deste trabalho.

A seção seguinte mostra como foram criados os cenários e como foi adaptada a modelagem gerada pelo método MACBETH para o problema apresentado em (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008) para o uso neste trabalho. Não foi necessária a utilização de nenhuma ferramenta específica em nenhuma parte deste trabalho, com exceção da geração das funções de valor adaptadas e do cálculo do desempenho dos níveis dos descritores dos critérios, que foram geradas pelo software M-MACBETH, para garantir a fidelidade à modelagem realizada em (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008).

5.1 Modelagem

Na modelagem apresentada em (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008), foram utilizados quatro critérios: o número de quartos, a área útil em metros quadrados, a razão da média anual por bairro e número de quartos da quantidade de vendas pela mesma média da quantidade de ofertas de imóveis (multiplicada por 1000 para transformar as razões em números inteiros), que será chamado aqui de VD/OF, e a média anual por bairro e por número de quartos do preço do metro quadrado na venda do imóvel, que aqui será chamado de Valor. Os dois últimos critérios, considerados variáveis de mercado e são quantitativos, serão utilizados neste trabalho, já que são os únicos que variam de acordo com os cenários, sendo os outros considerados aqui como características das ações. As figuras 7 e 8 mostra as funções de valor presentes em (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008)

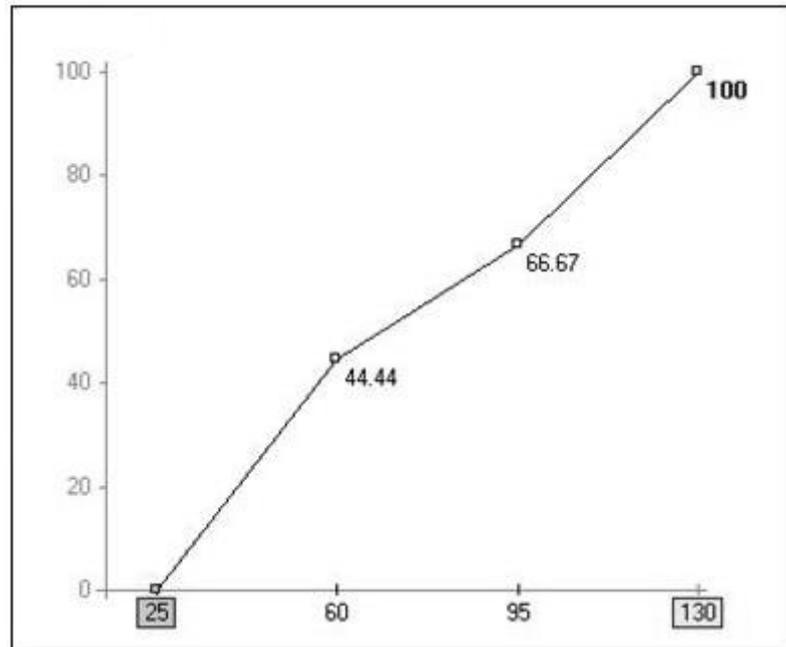


FIGURA 7: Função de valor do critério VD/OF em (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008)

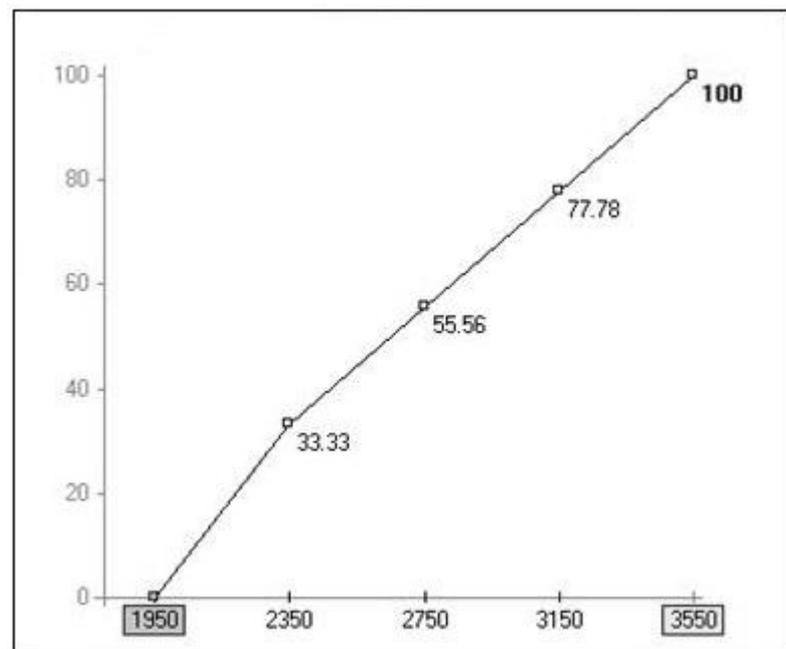


FIGURA 8: Função de valor do critério Valor em (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008)

O passo seguinte foi a criação dos cenários. Para isso, foram definidos, com a ajuda de um profissional do mercado, os fatores críticos, ou incertezas, que influenciam a situação do mercado. Estas incertezas são: o crédito para a pessoa física e o crédito para as construtoras. Cada uma destas incertezas pode assumir três configurações, que são o seu aumento, sua manutenção ou diminuição. Por exemplo, o crédito para as pessoas físicas pode aumentar, se manter no nível atual ou diminuir. Os cenários são formados a partir das combinações destas

configurações, de forma análoga à que é feita em (RAM; MONTIBELLER; MORTON, 2009). A tabela 4 mostra as configurações de cada cenário.

TABELA 4: Configurações dos cenários

Cenário	Créd. Pessoa Física	Créd. Construtoras
AA	aumenta	aumenta
AM	aumenta	mantém
AD	aumenta	diminui
MA	mantém	aumenta
MM	mantém	mantém
MD	mantém	diminui
DA	diminui	aumenta
DM	diminui	mantém
DD	diminui	diminui

Dados os critérios e os cenários, o passo seguinte consistiu em representar cada cenário em função de valores dos descritores dos critérios, para que estes valores possam ser utilizados como antecedentes nas regras que irão compor as alternativas. Como os critérios são quantitativos, foi necessário criar uma forma de traduzir as variações das incertezas em termos numéricos. Para isso, pediu-se ao especialista que avaliasse como as variações das configurações das incertezas aumentavam ou diminuíam, em termos percentuais, o número de vendas, de ofertas e o valor da venda. Para facilitar processo, perguntou-se a ele o quanto representavam, em porcentagem, os valores pequeno, médio e grande, tanto para aumento como para diminuição nos níveis das incertezas. O questionário presente no anexo A mostra como isto foi feito. A tabela 5 mostra as mudanças percentuais nos critérios em cada um dos cenários. Estas porcentagens foram geradas somando-se as porcentagens definidas pelo especialista para cada um dos critérios. No caso da configuração da incerteza ser de diminuição, a porcentagem recebia sinal negativo e no caso de ser de manutenção, a porcentagem era zero.

TABELA 5: Mudanças percentuais nos cenários

Cenário	Ofertas	Vendas	Valor
AA	16	45	30
AM	10	20	15
AD	0	0	0
MA	6	25	15
MM	0	0	0
MD	-10	-10	-15
DA	-4	15	0
DM	-10	-10	-15
DD	-20	-20	-30

Como se poder ver, os cenários AD e MM resultam nas mesmas mudanças, assim como o fazem os cenários MD e DM. Portanto, os cenários MM e DM não serão considerados na avaliação das alternativas.

Com as variações definidas em termos de porcentagem, o próximo passo foi alterar os descritores dos critérios, já que os valores mudaram, por causa da inflação, que foi considerada de 4,5% ao ano, de acordo com o centro da meta do governo federal, e por causa do aumento da amplitude gerados pelas incertezas. Os valores de referência dos critérios para a criação da função de valor foram escolhidos da mesma forma que em (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008), que é a forma sugerida em (GOODWIN; WRIGHT, 2004) para o método SMART. As Figuras 9 e 10 mostram as funções de valor geradas para este trabalho.

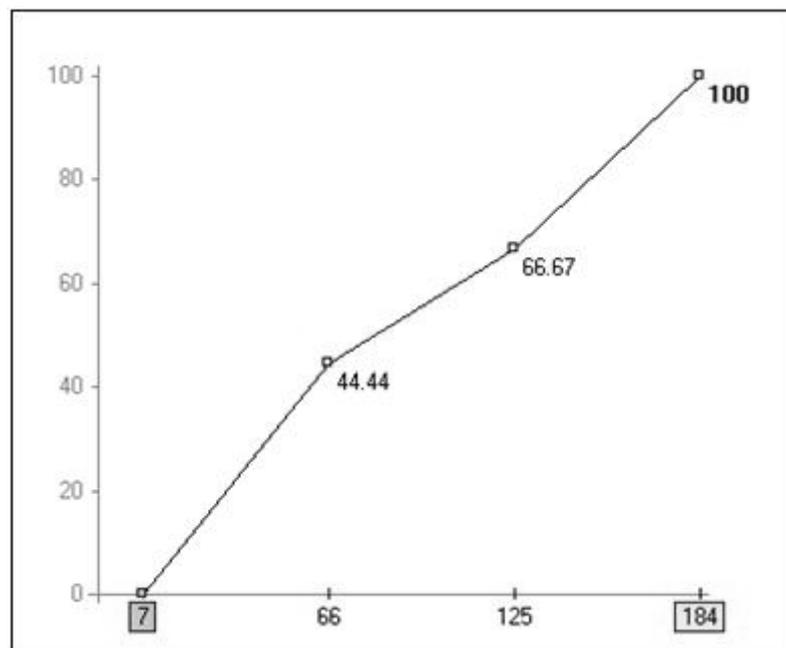


FIGURA 9: Função de valor para o critério VD/OF

Restou o problema de como descrever os cenários em termos de níveis dos critérios. Isto foi feito descrevendo os cenários em termos das mudanças que causam nos pisos dos critérios em termos percentuais. Por exemplo, digamos que em um cenário C houve um aumento de 20% no critério Valor e uma diminuição de 30% no VD/OF. Neste caso, o cenário será descrito pela combinação de valores do piso de Valor aumentado em 20% e do piso de VD/OF diminuído em 30%. Como o piso de VD/OF, que é zero, não funciona nesta solução, decidiu-se usar o valor um de piso, de forma que as alterações em termos de porcentagem façam sentido.

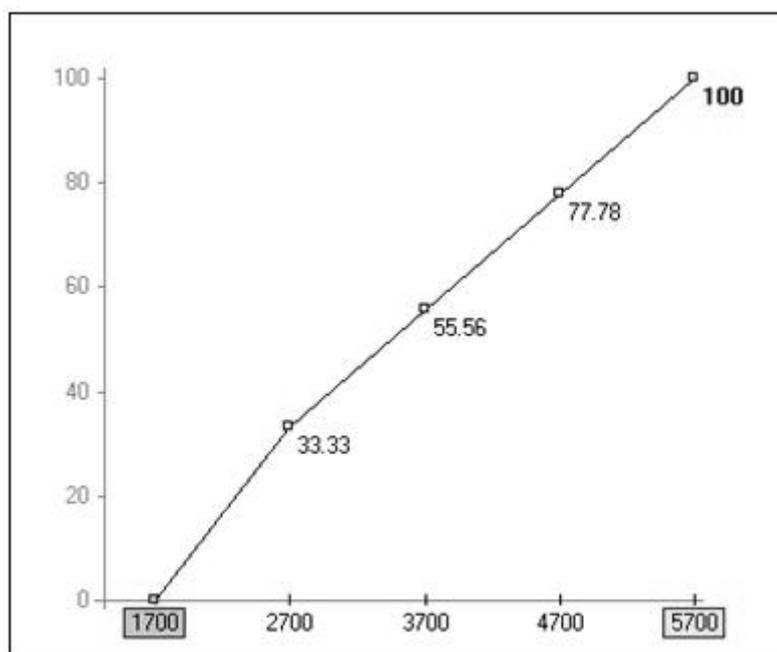


FIGURA 10: Função de valor para o critério Valor

A tabela 6 mostra os cenários gerados e suas descrições em termos de valores dos critérios.

TABELA 6: Cenários e suas descrições em termos de valores dos critérios.

Cenário	VD/OF	Valor
AA	21,65	3171,48
AM	24,80	2805,54
AD	27,06	2349,6
MA	22,95	2805,54
MD	27,06	2073,66
DA	22,59	2349,6
DD	27,06	1707,72

A seguir, foi necessário adaptar as alternativas de (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008) para que suportem a abordagem proposta. A tabela 7 mostra estas alternativas e seus desempenhos nos critérios.

TABELA 7: Alternativas selecionadas de (LIMA; SILVA; CAMPOS, 2008) e seus desempenhos.

Bairro(Ação)	Abreviação	Área	N_Dorm	VD/OF	Valor
meireles1	Mei1	40-55	1	125,00	2.708,95
meireles10	Mei10	101-140	3	85,17	2.919,79
aldeota2	Ald2	56-70	2	37,82	2.574,83
aldeota4	Ald4	101-140	2	37,82	2.574,83
coco8	Coc8	71-100	3	46,73	2.496,08
coco11	Coc11	140+	4 ou +	111,11	2.581,99
mucuripe3	Muc3	71-100	2	90,99	2.728,66
mucuripe5	Muc5	140+	2	90,99	2.728,66
papicu1	Pap1	40-55	2	79,84	1.957,65
papicu9	Pap9	101-140	3	47,00	2.283,54
fátima1	Fat1	40-55	3	72,01	2.444,28

Pode-se notar que as alternativas Ald2 e Ald4 só diferem entre si pelo número de quartos e a área do apartamento. O mesmo ocorre para Muc3 e Muc5. Como estes critérios não serão utilizados neste trabalho, as alternativas teriam o mesmo desempenho e, por isso, serão fundidas em duas novas alternativas chamadas, respectivamente de Ald e Muc cujas características serão o bairro e a disjunção dos valores dos critérios área e número de quartos das duas alternativas que as originaram.

As alternativas para o teste realizado aqui são compostas de conjuntos de regras condicionais, como descrito no capítulo anterior. Para montar as regras foram utilizados como antecedentes os níveis dos critérios que representam cada cenário e como consequentes os desempenhos das alternativas modificados pelos eventuais aumentos ou diminuições percentuais implicados pelos cenários. Como a descrição das ações é complexa e precisa de bastante espaço, serão mostradas, na tabela 8, apenas três das alternativas modificadas. O resto das alternativas pode ser visto no apêndice A.

TABELA 8: Alternativas modificadas para o teste

Mei			
VD/OF		Valor	
Se N = 21,65	então N = 100,00	Se N = 1707	então N = 2363,09
Se N = 22,59	então N = 104,35	Se N = 2074	então N = 2869,47
Se N = 22,95	então N = 106,00	Se N = 2440	então N = 3375,84
Se N = 24,80	então N = 114,58	Se N = 2806	então N = 3882,22
Se N = 27,06	então N = 125,00	Se N = 3172	então N = 4388,60

Ald			
VD/OF		Valor	
Se N = 21,65	então N = 30,26	Se N = 1707	então N = 2246,09
Se N = 22,59	então N = 31,57	Se N = 2074	então N = 2727,40
Se N = 22,95	então N = 32,07	Se N = 2440	então N = 3208,71
Se N = 24,80	então N = 34,67	Se N = 2806	então N = 3690,01
Se N = 27,06	então N = 37,82	Se N = 3172	então N = 4171,32

Muc			
VD/OF		Valor	
Se N = 21,65	então N = 72,79	Se N = 1707	então N = 2380,28
Se N = 22,59	então N = 75,96	Se N = 2074	então N = 2890,35
Se N = 22,95	então N = 77,16	Se N = 2440	então N = 3400,41
Se N = 24,80	então N = 83,41	Se N = 2806	então N = 3910,47
Se N = 27,06	então N = 90,99	Se N = 3172	então N = 4420,53

Para finalizar foram definidos os pesos dos critérios. Para isso, foram utilizados o SW, apresentado em (GOODWIN; WRIGHT, 2004) e o SWI, desenvolvido neste trabalho. Os dois métodos foram utilizados em conjunto fazendo-se uma média dos pesos gerados por cada um deles. Isto foi feito para que os pesos pudessem variar de acordo com os cenários, o que é possível graças ao SWI, sem que perdessem o caráter inter-critério pelo qual o SW é responsável. Para os testes, utilizaram-se como valores de referência para o SWI os valores dos pisos dos descritores dos critérios modificados pelas porcentagens dos cenários, da mesma forma que foi feito com os antecedentes das regras, para facilitar a correspondência.. Para gerar mais facilmente os pesos dos dois critérios, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$P_c = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_c - (0,5 \times V_{min})}$$

Na fórmula, P_c é o peso do critério no cenário, V_{max} é o valor máximo do piso gerado através de uma das modificações percentuais em um cenário, V_{min} é o valor mínimo gerado por uma destas modificações e V_c o valor do descritor do critério no cenário. Depois de

gerados, os pesos são normalizados em relação aos pesos dos outros níveis do descritor e então é feita a correspondência com os níveis dos critérios nos cenários. Depois disso, os pesos dos dois critérios são normalizados. A tabela 9 mostra os pesos gerados pelo SW e os pesos gerados pelo SWI para cada um dos critérios em cada cenário.

TABELA 9: Pesos dos critérios gerados pelo SW e pelo SWI

Pesos SW	
VD/OF	Valor
0,6	0,4

Pesos SWI		
Cenário	VD/OF	Valor
AA	0,68	0,32
AM	0,56	0,44
AD	0,45	0,55
MA	0,60	0,40
MD	0,39	0,61
DA	0,55	0,45
DD	0,31	0,69

A seção a seguir mostra as avaliações das alternativas e testes que demonstram a robustez da abordagem apresentada.

5.2 Avaliações e Testes

Com a estruturação completa e sendo utilizado o método de avaliação do método SMART, que consiste em uma soma ponderada dos desempenhos das alternativas, temos os desempenhos de todas as alternativas em todos os cenários. Os desempenhos nos cenários AA, AD, DA e DD são apresentados, em ordem decrescente, na tabela 10. O desempenho das ações nos outros cenários são apresentados no apêndice B.

TABELA 10: Desempenhos das ações nos cenários AA, AD, DA e DD

AA			
Alternativa	VD/OF	Valor	Avaliação
Mei1	62,17903	70,86	62,18
Coc11	57,85141	66,29	57,85
Mei10	57,27378	78,45	57,27
Muc	55,89832	71,57	55,90
Fat1	46,52578	61,33	46,53
Coc8	37,48238	63,2	37,48
Ald	35,08849	66,03	35,09
Pap9	23,05	55,55	34,82
Pap1	15,86632	43,81	15,87

AD			
Alternativa	VD/OF	Valor	Avaliação
Mei1	66,67	48,35	58,01
Coc11	61,44	44,84	53,59
Mei10	51,66	54,19	52,86
Muc	53,86	48,9	51,52
Fat1	46,7	41,02	44,01
Coc8	29,93	42,46	35,85
Ald	23,21	44,64	33,34
Pap9	30,13	36,57	33,17
Pap1	0,74	24,65	12,04

DA			
Alternativa	VD/OF	Valor	Avaliação
Mei1	58,89	48,25	54,37
Coc11	54,52	44,84	50,41
Mei10	46,36	54,19	49,69
Muc	48,19	48,9	48,49
Fat1	40	41,02	40,43
Coc8	24,11	42,46	31,91
Ald	18,51	44,64	29,62
Pap9	24,28	36,57	29,50
Pap1	0	24,65	10,48

DD			
Alternativa	VD/OF	Valor	Avaliação
Mei1	66,67	22,1	42,44
Mei10	51,66	28,23	38,92
Coc11	61,44	18,41	38,04
Muc	53,86	22,67	36,90
Fat1	46,7	14,41	29,14
Coc8	29,93	15,91	22,31
Ald	23,21	18,2	20,49
Pap9	30,13	9,73	19,04
Pap1	0,74	0,26	0,48

Pode-se ver que, apesar das variações nos desempenhos das ações, suas posições se mantêm estáveis, com a exceção do cenário DD, onde Mei10 e Coc11 trocam de posição. Em alguns cenários Pap9 chega muito perto do desempenho de Ald, mas não chega a ultrapassá-la. Estes resultados mostram que, dentro das variações de valor resultantes das informações providas pelo especialista, a posição das alternativas não varia significativamente com os cenários.

O último passo na aplicação do método é a realização de um teste de sensibilidade. Para isto, foi escolhido um subconjunto das alternativas para serem re-avaliadas utilizando-se apenas os pesos gerados pelo SW e depois apenas com os gerados pelo SWI. A tabela 11 mostra a avaliação das alternativas de acordo com os pesos gerados pelo SW e pelo SWI nos cenários AA, AD, DA e DD. O resto das avaliações se encontra no apêndice C.

TABELA 11: Avaliação das alternativas com pesos do SW e do SWI.

AA			
SWI		SW	
Mei1	61,66	Mei1	62,69
Coc11	57,35	Mei10	58,53
Mei10	56,02	Coc11	58,35
Muc	54,97	Muc	56,83
Fat1	45,65	Fat1	47,40
Coc8	35,96	Coc8	39,01
Pap9	33,59	Ald	36,92
Ald	33,25	Pap9	36,05
Pap1	14,21	Pap1	17,52

AD			
SWI		SW	
Mei1	56,68	Mei1	59,34
Mei10	53,04	Coc11	54,80
Coc11	52,39	Mei10	52,67
Muc	51,15	Muc5	51,88
Fat1	43,60	Fat1	44,43
Coc8	36,76	Coc8	34,94
Ald	34,90	Pap9	32,71
Pap9	33,64	Ald	31,78
Pap1	13,78	Pap1	10,30

DA			
SWI		SW	
Mei1	54,10	Mei1	54,63
Coc11	50,16	Coc11	50,65
Mei10	49,88	Mei10	49,49
Muc	48,51	Muc	48,47
Fat1	40,46	Fat1	40,41
Coc8	32,37	Coc8	31,45
Ald	30,27	Pap9	29,20
Pap9	29,81	Ald	28,96
Pap1	11,09	Pap1	9,86

DD			
SWI		SW	
Mei1	36,03	Mei1	48,84
Mei10	35,55	Coc11	44,23
Muc	32,42	Mei10	42,29
Coc11	31,86	Muc	41,38
Fat1	24,50	Fat1	33,78
Coc8	20,29	Coc8	24,32
Ald	19,77	Pap9	21,97
Pap9	16,11	Ald	21,21
Pap1	0,41	Pap1	0,55

Nota-se que Mei1 continua sempre sendo a melhor alternativa e Pap10 a pior, mesmo com as mudanças nos pesos. A maioria das alternativas continua aproximadamente na mesma posição, o que mostra que a falta de variação na posição através dos cenários se dá por causa das características das ações, e não dos pesos. Contudo, nestes testes notou-se que as alternativas Mei10 e Coc11 trocam constantemente de posição. O mesmo ocorre com Ald e Pap9. Porém, a mudança mais radical se dá no cenário DD, no qual Coc11 é superada também por Muc, que na maioria dos cenários tem desempenho próximo de Coc11 e Mei10, mas só neste cenário ultrapassa uma delas. Estas mudanças de posição indicam que não se pode afirmar com segurança qual destas alternativas é melhor que a outra ou outras, sendo necessário um estudo mais aprofundado para uma melhor avaliação.

Por fim, para demonstrar a robustez da abordagem, foi realizado mais um teste. Este consistiu em adicionar um novo cenário, descrito na tabela 12, e uma nova alternativa, descrita na tabela 13, para mostrar que o modelo realmente suporta a introdução de novos cenários e para mostrar que o modelo permite a criação de novas alternativas sem

necessidades de alteração. A nova alternativa, chamada NovaAlt, não existia e foi criada artificialmente apenas para este teste. Já o novo cenários, denominado NovoCen foi gerado a partir de uma configuração aleatória dos valores definidos pelo especialista.

TABELA 12: Descrição em termos dos critérios do novo cenário.

Cenário	VD/OF	Valor
NovoCen	24,80	2073,66

TABELA 13: Descrição da nova alternativa.

NovaAlt			
VD/OF		Valor	
Se N = 21,65	então N = 100,00	Se N = 1707	então N = 1707,71
Se N = 22,59	então N = 104,35	Se N = 2074	então N = 2073,65
Se N = 22,95	então N = 106,00	Se N = 2440	então N = 2439,59
Se N = 24,80	então N = 114,58	Se N = 2806	então N = 2805,53
Se N = 27,06	então N = 125,00	Se N = 3172	então N = 3171,46

A tabela 14 mostra a avaliação das alternativas originais em NovoCen e a tabela 15 mostra a avaliação de NovaAlt em todos os cenários.

Assim como nas outras mudanças de cenário, não houve mudanças significativas nas posições das alternativas em NovoCen, o que reforça as conclusões retiradas a partir da observação dos outros cenários. NovaAlt tem um desempenho mediano, mantendo-se sempre acima de Fat1, ficando sempre na quinta posição no *ranking* das alternativas.

TABELA 14: Avaliação das alternativas em NovoCen.

NovoCen			
Alternativa	VD/OF	Valor	Avaliação
Mei1	62,74	37,1	50,42
Coc11	57,95	34,11	46,50
Mei10	48,99	42,06	45,66
Muc	51	37,56	44,54
Fat1	42,19	29,63	36,16
Coc8	26,99	31,46	29,14
Ald	20,84	33,94	27,13
Pap9	27,18	23,96	25,63
Pap1	0,24	12,45	6,11

TABELA 15: Avaliação de NovaAlt em todos os cenários.

AA			AM		
VD/OF	Valor	Avaliação	VD/OF	Valor	Avaliação
57,25	43,81	52,38	62,74	35,68	48,03
AD			MA		
VD/OF	Valor	Avaliação	VD/OF	Valor	Avaliação
66,67	24,65	46,81	59,51	35,68	46,55
DA			MD		
VD/OF	Valor	Avaliação	VD/OF	Valor	Avaliação
58,89	24,65	44,34	66,67	23,96	43,45
DD			NovoCen		
VD/OF	Valor	Avaliação	VD/OF	Valor	Avaliação
66,67	0,26	30,56	62,74	12,45	38,58

Como se pode ver, o método consegue lidar com novas alternativas e cenários sem a necessidade de alterações no modelo gerado. Pode-se argumentar que o modelo apresentado neste trabalho não é tão robusto, já que se fosse apresentado a ele um cenário descrito por pisos dos critérios alterados por uma porcentagem diferente das retiradas das entrevistas com os especialistas, ele não poderia lidar com ele. Isso, porém, é uma limitação do modelo gerado na fase de estruturação e não da abordagem.

6 CONCLUSÃO

O processo de tomada de decisões é complicado, pois é comum que envolva múltiplos objetivos e a participação de diversos interessados, cada um desejando que o processo reflita, em maior ou menor grau, seus valores subjetivos. É para ajudar a resolver este problema que os métodos de apoio à decisão existem. Eles permitem que se monte uma estrutura comum para a tomada de decisões que leve em consideração todos os aspectos citados acima, gerando um SAD.

Um problema comum a todos os métodos de apoio à decisão é a dificuldade em lidar com incertezas na decisão, em especial nos casos em que esta incerteza é em relação aos impactos que a decisão terá no futuro. Para estes casos, é necessária a utilização de alguma técnica que lidem com as incertezas em relação ao futuro em combinação com os métodos de apoio à decisão.

Dentre as várias técnicas que lidam com estas incertezas, uma das que mais se destaca é o planejamento de cenários, técnica há muito utilizada por diversas organizações em estudos estratégicos sobre o futuro. O objetivo do planejamento de cenários é criar uma representação de possíveis situações futuras para que se possa levar em consideração possíveis encaminhamentos futuros em estudos realizados no presente.

Outro problema dos SAD presentes na literatura é a impossibilidade de serem utilizados em instâncias diferentes do problema para o qual foram estruturados, como problemas parecidos mas de magnitudes diferentes, por exemplo.

Este trabalho propôs uma abordagem para modificar métodos de apoio à decisão que possibilite para que possam lidar com os dois problemas supracitados sem a necessidade de modificações na estruturação ou de dividir o SAD.

O uso de cenários em conjunto com SADs é interessante para agentes do mercado imobiliário, pois é comum que os investimentos feitos nele tenham seu retorno apenas em médio prazo, já que é necessário tempo até se construírem edifícios, o que torna muito útil saber que tipo de imóvel construir para conseguir melhores resultados.

Infelizmente, mesmo se baseando em dados reais e tendo contado com a ajuda de um especialista do mercado, o modelo gerado neste trabalho tem função puramente acadêmica e precisa de muitos ajustes para poder ser utilizado no mercado real.

Mesmo assim, o modelo e os testes realizados com ele mostraram que a abordagem em três passos para modificar métodos de apoio à decisão de modo que gerem SADs reutilizáveis e que suportem quantos cenários forem possíveis de se criar dentro das limitações do modelo gerado.

A abordagem proposta neste trabalho é relevante por estar em sintonia com o estado da arte no uso conjunto das duas técnicas. A abordagem permite que as alternativas sejam avaliadas em um grande número de cenários, o que, como visto em (RAM; MONTIBELLER; MORTON, 2009), possibilita verificar a real robustez de uma alternativa. Além disso, a abordagem, ao permitir a adição de novos cenários e alternativas sem a necessidade de modificar a modelagem, responde à pergunta feita no trabalho citado acima de como estender uma abordagem combinada de SAD e planejamento de cenários para um grande número de cenários e alternativas.

Outra vantagem da proposta apresentada aqui é que nela o número de julgamentos de preferência entre alternativas ou níveis de impacto destas nos critérios é independente do número de cenários ou de alternativas, ao contrário das outras abordagens presentes em (RAM; MONTIBELLER; MORTON, 2009), (MONTIBELLER; GUMMER; TUMIDEI, 2007) e (DURBACH; STEWART, 2003). Segundo estes mesmos trabalhos, esta é a fase mais complicada, já que julgar preferências é uma tarefa complexa e fazê-lo muitas vezes é desgastante. Da mesma forma que as preferências mencionadas acima, as preferências entre os critérios também são independentes da quantidade de cenários na abordagem proposta. Mas como nada é perfeito, ao criar-se esta facilidade nos julgamentos de preferência, cria-se uma maior dificuldade na descrição das alternativas e surge a necessidade de se representar os cenários em termos de valores dos critérios. Aparentemente, estas tarefas são mais simples, porque descrever as alternativas consiste em definir regras condicionais, o que já é feito implicitamente em métodos que utilizam escalas e funções de valor, como o SMART, só que apenas uma vez, e definir os cenários consiste apenas em descobrir quais os níveis dos descritores dos critérios na situação representada pelo cenário. No entanto, esta aparente maior facilidade deve ser verificada em testes reais.

Entre os trabalhos futuros gerados a partir deste, podemos citar a óbvia necessidade de aplicar a abordagem em um problema real, descobrindo as suas reais limitações na fase de estruturação, e realizar um estudo sobre a possibilidade de se comparar os *swings* intra-critério de cada descritor para o descritor classificado imediatamente acima em termos de

preferência, ao invés de comparar os *swings* de cada descritor para o descritor de maior preferência entre todos, modificação que não teve seu impacto testado ainda.

BIBLIOGRAFIA

BANA E COSTA, Carlos; DE CORTE, Jean-Marie; VANSNICK, Jean-Claude. On the Mathematical Foundation of MACBETH. In: FIGUEIRA, José; GRECO, Salvatore; EHRGOTT, Matthias. (Organizadores). **Multiple Criteria Decision Analysis State of the Art Surveys**. Nova Iorque: Springer-Media, 2005. p. 409 - 442.

BANA E COSTA, Carlos. Processo de Apoio à Decisão: Actores e Acções; Estruturação e Avaliação. Lisboa, 1993. Disponível em <<http://www.deg.ist.utl.pt/ensino/adCommonFiles/ProcessoApoioDecisao.pdf>>. Acesso em 22 mai., 2008.

CHOI, Dong-Jin; PARK, Heekyung. Analysis of Water Privatization Scenarios in Korea with Multi-criteria Decision Techniques. In: GIMBEL, Rolf; GAGNON, Graham; WATANABE, Yoshimasa. **Journal of Water Supply: Research and Technology – Aqua**. Londres: IWA Publishing, 2001. p. 335-352

DURBACH, Ian; STEWART, Theodor. Integrating scenario planning and goal programming. In: STEWART, Theodor (Editor). **Journal of Multi-criteria Decision Analysis**. Estados Unidos da América: John Wiley and Sons, 2003. Volume 12. p. 261-271.

GODET, Michel. **Manual de Prospectiva, Da Antecipação à Acção**. Lisboa: D. Quixote, 1993.

GOODWIN, Paul; WRIGHT, George. **Decision Analysis for Management Judgment**. 3. ed. Inglaterra: John Wiley & Sons, 2004.

LIMA, Marco; SILVA, Jackson; CAMPOS, Gustavo. Aplicação de um Agente Nebuloso Orientado à Utilidade em Sistemas de Apoio à Decisão. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15, 2008, Bauru, SP. **Anais do XV Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, 2008.

MARCIAL, Elaine; GRUMBACH, Raul. **Cenários Prospectivos: como construir um futuro melhor**. 3. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2005.

MONTIBELLER, Gilberto; GUMMER, Haidee; TUMIDEI, Daniele. Combining scenario planning and multi-criteria decision analysis in practice. Londres: Operational Research Group, Department of Management, London School of Economics and Political Science, 2007. Disponível em: <<http://www.lse.ac.uk/collections/operationalResearch/pdf/Working%20Paper%20LSEOR%2007.92.pdf>>. Acesso em 24 set. 2010.

ÖZTÜRK Meltem; TSOUKIÀS Alexis; VINCKE, Phillippe. Preference Modelling. In: FIGUEIRA, José; GRECO, Salvatore; EHRGOTT, Matthias. (Organizadores). **Multiple Criteria Decision Analysis State of the Art Surveys**. Nova Iorque: Springer-Media, 2005. p. 27 -71.

CORREIA, Paulo. O Valor do Solo. In: _____. **Políticas de Solos no Planeamento Municipal**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002. p. 89-183.

RAM, Camelia; MONTIBELLER, Gilberto; MORTON, Alec. The Use of Scenario Planning and MCDA: An Application to Food Security in Trinidad & Tobago. Londres: Operational Research Group, Department of Management, London School of Economics and Political Science, 2009. Disponível em: <<http://www.lse.ac.uk/collections/operationalResearch/pdf/LSE%20Working%20Paper%20105-Revised.pdf>>. Acesso em 24 set. 2010.

SAATY, Thomas. The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making. In: FIGUEIRA, José; GRECO, Salvatore; EHRGOTT, Matthias. (Editores). **Multiple Criteria Decision Analysis State of the Art Surveys**. Nova Iorque: Springer-Media, 2005. p. 345 - 407.

SIMON, Herbert. A Ciência do Projecto. In: _____. **As Ciências do Artificial**. Coimbra: Arménio Amado, 1981. p. 193-238.

STEWART, Theodor. Dealing with Uncertainties in MCDA. In: FIGUEIRA, José; GRECO, Salvatore; EHRGOTT, Matthias. (Organizadores). **Multiple Criteria Decision Analysis State of the Art Surveys**. Nova Iorque: Springer-Media, 2005. p. 445 - 470.

APÊNDICE A – Descrições das alternativas modificadas para o teste

Mei10			
VD/OF		Valor	
Se N = 21,65	então N = 68,14	Se N = 1707	então N = 2547,01
Se N = 22,59	então N = 71,10	Se N = 2074	então N = 3092,80
Se N = 22,95	então N = 72,23	Se N = 2440	então N = 3638,59
Se N = 24,80	então N = 78,07	Se N = 2806	então N = 4184,38
Se N = 27,06	então N = 85,17	Se N = 3172	então N = 4730,17

Coc8			
VD/OF		Valor	
Se N = 21,65	então N = 37,38	Se N = 1707	então N = 2177,40
Se N = 22,59	então N = 39,01	Se N = 2074	então N = 2643,98
Se N = 22,95	então N = 39,63	Se N = 2440	então N = 3110,57
Se N = 24,80	então N = 42,83	Se N = 2806	então N = 3577,16
Se N = 27,06	então N = 46,73	Se N = 3172	então N = 4043,74

Coc11			
VD/OF		Valor	
Se N = 21,65	então N = 88,89	Se N = 1707	então N = 2252,34
Se N = 22,59	então N = 92,75	Se N = 2074	então N = 2734,98
Se N = 22,95	então N = 94,22	Se N = 2440	então N = 3217,63
Se N = 24,80	então N = 101,85	Se N = 2806	então N = 3700,27
Se N = 27,06	então N = 111,11	Se N = 3172	então N = 4182,92

Pap1			
VD/OF		Valor	
Se N = 21,65	então N = 6,39	Se N = 1707	então N = 1707,71
Se N = 22,59	então N = 6,66	Se N = 2074	então N = 2073,65
Se N = 22,95	então N = 6,77	Se N = 2440	então N = 2439,59
Se N = 24,80	então N = 7,32	Se N = 2806	então N = 2805,53
Se N = 27,06	então N = 7,98	Se N = 3172	então N = 3171,46

Pap9			
VD/OF		Valor	
Se N = 21,65	então N = 37,60	Se N = 1707	então N = 1991,99
Se N = 22,59	então N = 39,23	Se N = 2074	então N = 2418,85
Se N = 22,95	então N = 39,85	Se N = 2440	então N = 2845,71
Se N = 24,80	então N = 43,08	Se N = 2806	então N = 3272,56
Se N = 27,06	então N = 47,00	Se N = 3172	então N = 3699,42

Fat1			
VD/OF		Valor	
Se N = 21,65	então N = 57,61	Se N = 1707	então N = 2132,21
Se N = 22,59	então N = 60,11	Se N = 2074	então N = 2589,11
Se N = 22,95	então N = 61,07	Se N = 2440	então N = 3046,02
Se N = 24,80	então N = 66,01	Se N = 2806	então N = 3502,92
Se N = 27,06	então N = 72,01	Se N = 3172	então N = 3959,82

APÊNDICE B – Desempenho das alternativas

AM			
Alternativa	VD/OF	Valor	Avaliação
Mei1	62,74	59,61	61,43
Coc11	57,95	55,57	56,95
Mei10	48,99	66,32	56,25
Muc	51	60,24	54,87
Fat1	42,19	51,18	45,95
Coc8	26,99	52,83	37,81
Ald	20,84	55,34	35,29
Pap9	27,18	46,06	35,09
Pap1	0,24	35,68	15,08

MA			
Alternativa	VD/OF	Valor	Avaliação
Mei1	59,51	59,61	59,55
Coc11	55,07	55,57	55,27
Mei10	46,79	66,32	54,60
Muc	48,64	60,24	53,28
Fat1	40,73	51,18	44,91
Coc8	24,58	52,83	35,88
Ald	18,88	55,34	33,46
Pap9	24,74	46,06	33,27
Pap1	0	35,68	14,27

MD			
Alternativa	VD/OF	Valor	Geral
Mei1	66,67	37,1	51,81
Coc11	61,44	34,11	47,70
Mei10	51,66	42,06	46,83
Muc	53,86	37,56	45,67
Fat1	46,7	29,63	38,12
Coc8	29,93	31,46	30,70
Ald	23,21	33,94	28,60
Pap9	30,13	23,96	27,03
Pap1	0,74	12,45	6,63

NovoCen			
Alternativa	VD/OF	Valor	Geral
Mei1	62,74	37,1	50,42
Coc11	57,95	34,11	46,50
Mei10	48,99	42,06	45,66
Muc	51	37,56	44,54
Fat1	42,19	29,63	36,16
Coc8	26,99	31,46	29,14
Ald	20,84	33,94	27,13
Pap9	27,18	23,96	25,63
Pap1	0,24	12,45	6,11

APÊNDICE C – Desempenho das alternativas no teste de sensibilidade

AM			
SWI		SW	
Mei1	61,37	Mei1	61,49
Coc11	56,91	Coc11	57,00
Mei10	56,57	Mei10	55,92
Muc	55,04	Muc	54,70
Fat1	46,12	Fat1	45,79
Coc8	38,30	Coc8	37,33
Ald	35,93	Pap9	34,73
Pap9	35,44	Ald	34,64
Pap1	15,75	Pap1	14,42

MA			
SWI		SW	
Mei1	59,55	Mei1	59,55
Coc11	55,27	Coc11	55,27
Mei10	54,60	Mei10	54,60
Muc	53,28	Muc	53,28
Fat1	44,91	Fat1	44,91
Coc8	35,88	Coc8	35,88
Ald	33,46	Ald	33,46
Pap9	33,27	Pap9	33,27
Pap1	14,27	Pap1	14,27

MD			
SWI		SW	
Mei1	48,77	Mei1	54,84
Mei10	45,85	Coc11	50,51
Coc11	44,90	Mei10	47,82
Muc	43,99	Muc	47,34
Fat1	36,37	Fat1	39,87
Coc8	30,86	Coc8	30,54
Ald	29,70	Pap9	27,66
Pap9	26,40	Ald	27,50
Pap1	7,83	Pap1	5,42

NovoCen			
SWI		SW	
Mei1	48,36	Mei1	52,48
Mei10	45,10	Coc11	48,41
Coc11	44,58	Mei10	46,22
Muc	43,46	Muc	45,62
Fat1	35,14	Fat1	37,17
Coc8	29,50	Coc8	28,78
Ald	28,19	Ald	26,08
Pap9	25,37	Pap9	25,89
Pap1	7,09	Pap1	5,12

ANEXO A - Questionário para formulação de cenários para o mercado imobiliário atual em Fortaleza.

Parte 1 – Definição das porcentagens

Nesta parte, o objetivo é descobrir que valores representam, em termos percentuais, mudanças pequenas grandes e médias em variáveis do mercado, como número de vendas de imóveis e etc.

Exemplo: Quanto representa, em termos percentuais, um **aumento no número de imóveis comercializados** que poderia ser caracterizado como: pequeno, médio ou grande?

Pequeno	Médio	Grande
5%	10%	15%

1 – Quanto representa, em termos percentuais, um **aumento no número de imóveis comercializados** que poderia ser caracterizado como: pequeno, médio ou grande?

Pequeno	Médio	Grande

2 – Quanto representa, em termos percentuais, um **aumento no número de ofertas de imóveis** que poderia ser caracterizado como: pequeno, médio ou grande?

Pequeno	Médio	Grande

3 – Quanto representa, em termos percentuais, um **aumento no valor de venda dos imóveis** que poderia ser caracterizado como: pequeno, médio ou grande?

Pequeno	Médio	Grande

4 – Quanto representa, em termos percentuais, uma **diminuição no número de imóveis comercializados** que poderia ser caracterizado como: pequena, média ou grande?

Pequeno	Médio	Grande

5 – Quanto representa, em termos percentuais, uma **diminuição no número de ofertas de imóveis** que poderia ser caracterizado como: pequena, média ou grande?

Pequeno	Médio	Grande

6 – Quanto representa, em termos percentuais, uma **diminuição no valor de venda dos imóveis** que poderia ser caracterizado como: pequena, média ou grande?

Pequeno	Médio	Grande

Parte 2 – Definição dos impactos das incertezas

Nesta fase, deve-se marcar a opção que representa a magnitude da influência da incerteza em cada uma das características de mercado.

Exemplo: Qual a influência do **aumento** no crédito para pessoa física no **aumento no número de imóveis comercializados**?

Pequeno	X
Médio	
Grande	

Incerteza 1: **Crédito para pessoa física.**

1 - Qual a influência do **aumento** no crédito para pessoa física no **número de imóveis comercializados**?

Pequeno	
Médio	
Grande	

2 - Qual a influência do **aumento** no crédito para pessoa física no **número de ofertas de imóveis**?

Pequeno	
Médio	
Grande	

3 - Qual a influência do **aumento** no crédito para pessoa física no **valor de venda dos imóveis**?

Pequeno	
Médio	
Grande	

4 - Qual a influência da **diminuição** do crédito para pessoa física no **número de imóveis comercializados**?

Pequeno	
Médio	
Grande	

5 - Qual a influência da **diminuição** do crédito para pessoa física no **número de ofertas de imóveis**?

Pequeno	
Médio	
Grande	

6 - Qual a influência da **diminuição** do crédito para pessoa física no **valor de venda dos imóveis**?

Pequeno	
Médio	
Grande	

Incerteza 2: **Crédito para construtoras**

1 - Qual a influência do **aumento** no crédito para construtoras no **número de imóveis comercializados**?

Pequeno	
Médio	
Grande	

2 - Qual a influência do **aumento** no crédito para construtoras no **número de ofertas de imóveis**?

Pequeno	
Médio	
Grande	

3 - Qual a influência do **aumento** no crédito para construtoras no valor de **valor de venda dos imóveis**?

Pequeno	
Médio	
Grande	

4 - Qual a influência da **diminuição** do crédito para construtoras no **número de imóveis comercializados**?

Pequeno	
Médio	
Grande	

5 - Qual a influência da **diminuição** do crédito para construtoras no **número de ofertas de imóveis**?

Pequeno	
Médio	
Grande	

6 - Qual a influência da **diminuição** do crédito para construtoras no **valor de venda dos imóveis**?

Pequeno	
Médio	
Grande	