

O USO DE LÓGICA FUZZY PARA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS E EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

THE USE OF FUZZY LOGIC FOR REAL ESTATE ASSESSMENT AND APPLICATIONS

Renato de Mello *E-mail: renato1mello@gmail.com

Rubens Santello **E-mail: rubens4@uol.com.br

*Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), São Bento do Sul, SC

**Inka Engenharia e Arquitetura Ltda, Florianópolis, SC

Resumo: Este trabalho apresenta um método de apoio à decisão para avaliação de imóveis com uso da lógica *fuzzy*, na forma de *soft decision tree*. São apresentados exemplos de aplicações em avaliações de um apartamento urbano e de seis glebas de terras. O método parte da elaboração de uma representação esquemática de uma árvore de decisão do tipo *top-down*. A estruturação da árvore tem início na questão central, que é o ajuste do valor do imóvel, dentro do campo definido pelo método comparativo de dados de mercado e se desenvolve *top-down* até os indicadores de campo. Os critérios básicos são os indicadores físicos, sociais e econômicos. As entradas de dados e planilhas de saídas foram executadas em Excel[®] e a programação de agregação das variáveis pelo software *fuzzyTech*[®]. O método amplia a transparência nas avaliações de imóveis, capacitando os agentes sociais não especialistas e os profissionais que atuam na área em melhor compreender e decidir acerca da formação dos valores no mercado imobiliário, facilitando a visualização da importância relativa das variáveis envolvidas, sua agregação, e fornecendo uma indicação de valor de referência confiável do imóvel.

Palavras-chave: Avaliação de Imóveis. Lógica fuzzy. Soft Decision Tree. Agregação de Indicadores.

Abstract: This paper presents a method of decision support for assessment of real estate with the use of fuzzy logic, in the form of soft decision tree. Examples are presented of assessments of one urban apartment and of six rural properties. The method starts with a draw of schematic representation of a top-down decision tree. The tree structure begins by the central issue of the adjustment of property value, within the field defined by the comparative market data method. The basic criteria are the physical, social and economic indicators. The inputs and outputs sheets were implemented in Excel[®] and the programming of aggregation of variables by *fuzzyTech*[®] software. The method extends the transparency in the evaluations of properties, enabling non-specialists, social workers and professionals working in the area for better understanding and deciding on the formation of values in the real estate market, turning easier to view the relative importance of variables, their aggregation and providing an indication of reliable reference value of the property.

Keywords: Real Estate assessment. Fuzzy Logic. Soft Decision Tree. Indicators Aggregation.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho objetiva contribuir com os métodos usuais de avaliação de imóveis, aprimorando o arbítrio do avaliador nas inferências sobre valores das

variáveis, quando as informações são difusas e mesmo incompletas. A representação da decisão é realizada na forma de uma árvore, com agregação das variáveis pela lógica *fuzzy*. O método pode ser aplicado para avaliação de qualquer tipo de imóveis urbanos e rurais. A aplicação do método é demonstrada na avaliação de um apartamento em Florianópolis – SC e na avaliação de seis glebas de terras no município de Barra Velha - SC.

A atividade de avaliação de imóveis requer disponibilidade de conhecimentos especializados sobre construções civis, arquitetura, urbanismo, geomorfologia, micro economia, estatística e requer ainda a disponibilidade de informações confiáveis sobre o objeto. Com os conhecimentos do avaliador, e as informações obtidas, a avaliação deve ser realizada segundo método confiável pelas partes e de acordo com regulamentação do país.

Os métodos usuais de avaliação de imóveis são apoiados principalmente em cálculos estatísticos e regressões. Busca-se gerar a confiança que o valor do imóvel está num determinado campo de valores, de acordo com a verificação das atividades negociais de imóveis assemelhados. A confiabilidade do método está fortemente apoiada na percepção dos avaliadores de como estão os níveis de atividade econômica do setor e em nas informações sobre os negócios que envolvem imóveis com características próximas ao avaliado.

O procedimento metodológico preconizado pela norma NBR 14653-2 mais utilizado é o do “método direto comparativo de dados de mercado”. Este método utiliza a estatística inferencial para arbitrar o valor final dentro de uma faixa, cuja amplitude depende da qualidade das informações obtidas.

Segundo Moreira (1997) a engenharia de avaliações não é uma ciência exata, mas sim, a arte de estimar valores de propriedades específicas em que o conhecimento profissional de engenharia e o bom julgamento são condições essenciais.

O “método direto comparativo de dados de mercado” procura encontrar e analisar características comuns na formação de seus valores. São usados aplicativos que utilizam a estatística inferencial, em modelos matemáticos que indicam valores dos imóveis dentro de determinado intervalo de confiança. A qualidade da avaliação está associada à amplitude deste intervalo de confiança.

Segundo Marder (2002), o modelo estimativo de uso generalizado deve apresentar intervalos de confiança relativamente estreitos em todo o domínio da amostra, ao nível de 80% de certeza. Entretanto, os efeitos colineares podem gerar alguns desvios mais elevados, exigindo exame da dispersão verificada em torno da curva no ponto relativo à estimação efetuada, além de certos cuidados na utilização de valores fora da média estimada.

A ABNT apresenta duas alternativas de avaliação de imóveis urbanos, os métodos diretos e os indiretos. Entretanto, como aponta Dantas (1998), todos são comparativos a bens semelhantes, aos custos de mercado, às possibilidades de rendas e aos níveis de comercialização do mercado. Mais recentemente tem-se usado modelos de estatística multivariada para análise de agrupamentos, escores discriminantes e análise de componentes principais, com satisfatórios níveis de precisão (BRAULIO, 2008).

Esta contribuição metodológica aqui proposta pretende auxiliar avaliações de imóveis, orientar investimentos no mercado imobiliários, compradores, vendedores e financiadores, e ainda apoiar o poder público para a realização de plantas genéricas de valor, permitindo dessa forma a previsão de cenários futuros. Podendo estabelecer parâmetros de impostos sobre a propriedade urbana e orientar investimentos. O método visa contribuir com a questão operacional da avaliação de imóveis, que requer confiança, com a utilização de maior número de variáveis que os usualmente utilizados e, principalmente, que seja inteligível para as partes envolvidas nos negócios. A alternativa que é aqui apresentada utiliza a lógica *fuzzy*.

A estruturação do arranjo das variáveis, e de suas operações de agregação, acontece na forma de uma árvore desenvolvida no modo “*top-down*”, como apresentada por Boclin e Mello (2006) que a utilizaram com sucesso para avaliar impactos ambientais, Medeiros et al. (2007) que analisaram projetos para Unidades de Conservação com uso desse método e Borba et al. (2008) que desenvolveram uma árvore *fuzzy* para cálculos de *target costing*.

Em 2006 Duarte *et al.* analisaram as diferenças e convergências entre os modelo de regressão, neural, sintético, beta e bayesiano e o da lógica *fuzzy*, recomendando a adoção da “Lógica Fuzzy” em modelagem na Engenharia de Avaliações, pela simplicidade e a clareza com que se processa e expressa seus

resultados. Neste trabalho foi modelado o mercado imobiliário no segmento de vendas de apartamentos residenciais, utilizando o software MATLAB6.1[®]. Foram usadas cinco variáveis de entrada, para busca de padrões que orientassem as inferências.

Os modelos de regressão e de uso dos dados de mercado não podem ser dispensados, pois trazem a realidade dos negócios. Gonzáles e Formoso (2006) discutiram a construção de modelos de avaliação em massa, para tanto foram usados dados de vendas de apartamentos em Porto Alegre, comparando-se os modelos de análise de regressão, no formato tradicional, com outros dois sistemas de regras difusas, baseados no tamanho e na localização dos imóveis, sendo ajustados com auxílio de algoritmos genéticos. Os resultados foram similares em formato e também nas medidas de erro, demonstrando que os métodos podem ser complementares.

As estimativas sobre valores de imóveis usualmente são derivadas de cálculos de valores cujas variáveis são de difícil inferência pelos decisores, e de variáveis que tem seus valores estimados diferentemente para compradores e vendedores, que são as variáveis difusas. Os valores diferem conforme aspectos tais como a necessidade de liquidez dos vendedores, conforme a qualidade da vizinhança, do meio ambiente em que está inserido, da idade do imóvel, da proximidade a um recurso ou serviço que acrescente valor, ou de um fator gerador de problemas que retire valor do imóvel, e ainda de inúmeras outras variáveis podem assumir valores incertos, que serão detalhadas neste artigo.

A lógica *fuzzy* é uma ferramenta apropriada para lidar com variáveis que contenham ambigüidades, informações incompletas, incertezas nas definições de seus valores e ainda permitir as representações de estratégias das partes. Ela contém o princípio da dualidade, que estabelece que dois eventos opostos possam coexistir em situações em que um elemento pertence num certo grau a um conjunto, e num outro grau a outro conjunto diferente. Observa-se que tal fato ocorre com freqüência em vários casos na natureza e na vida cotidiana, principalmente quando se trata de conceitos abstratos e difusos como os da determinação das características que influenciam a formação do valor de um imóvel, como a beleza cênica do seu entorno, ou a qualidade dos materiais utilizados em sua construção.

A facilitação da negociação é o fundamento da análise de valor imobiliário e o que se pretende com este trabalho é apresentar um método para aumentar o conhecimento dos decisores acerca do entendimento dos atributos difusos como valores monetários, de forma agregada.

Este trabalho pretende contribuir para a melhoria das técnicas atuais de avaliação de imóveis, com um instrumento de representação das qualidades intrínsecas e extrínsecas dos objetos em negociação e de agregação das variáveis representativas dos aspectos que compõem o valor do bem. Busca-se melhorar a transparência nas decisões e a capacidade de entendimento entre partes sobre os valores no mercado imobiliário.

1.1 O apoio à decisão

As decisões sobre valores de bens são intrinsecamente complexos e controversos, pois envolvem negociações de trocas e transações econômicas entre partes conflitantes. Um bom negócio é um jogo de soma zero em que as partes trocam seus bens de forma justa, onde o ganho de uma parte não significa perda da outra parte. Os facilitadores desses tipos de decisões estarão do lado de seus contratantes usando técnicas de negociação para aumentar seus ganhos, ou minimizar suas perdas, analisando todas as possíveis alternativas de ações e indicando aquelas que otimizam a negociação.

O parecer que um avaliador emite sobre valores de imóveis envolve a análise de um conjunto de indicadores, que poderão ser usados ou não, agregados conforme os interesses em jogo. O método de avaliação adotado deve ser comumente aceito pelas partes e baseado em dados de boa qualidade, pois estão envolvidos também elementos subjetivos que estão fora de controle dos agentes da decisão.

As estratégias das partes envolvidas buscam ampliar a força de cada parte na condução da negociação, para maximizar seu ganho na atribuição de valores. Por exemplo, quando os decisores atuam no pólo vendedor de uma negociação tendem a atribuir maiores pesos aos itens que consideram como qualidades positivas do imóvel, e menores pesos aos itens que consideram qualidades negativas. Há ainda

decisores para os quais determinadas qualidades do imóvel são irrelevantes e, portanto não consideradas.

2 O MÉTODO DE *SOFT DECISION TREES*

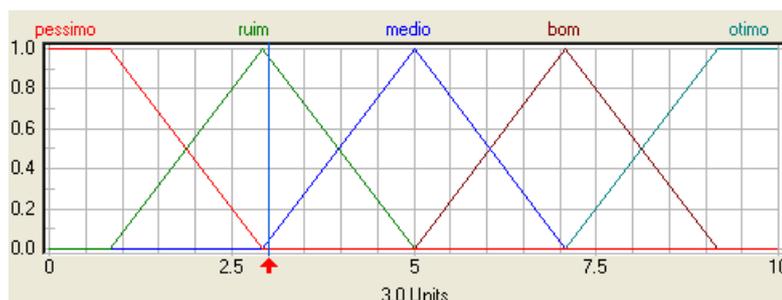
O método desenvolvido utiliza uma árvore de decisão que contém os elementos de análise (critérios), sua disposição de agregação e os pesos desses critérios. Os critérios de referências são indicadores físicos, sociais e econômicos, agrupados e agregados em operações lógicas de sistemas difusos (*fuzzy sets*). O método avalia as variações nos valores de imóveis de acordo com aspectos físicos, sociais e econômicos. Estes critérios são arranjados em forma de árvore e estruturados tipo *top-down*, com operações de agregação entre variáveis realizadas por blocos de regras do tipo “se”, “e”, “então”. As variáveis de entrada e saídas do sistema podem assumir formas discretas e difusas, conforme desejo do avaliador. Ambas as formas obtêm bons resultados. Olaru e Wehenkel (2003) apresentaram um estudo completo da técnica da árvore de decisão, que norteia este trabalho.

A modelagem *top-down* permite que os aspectos mais gerais sejam detalhados até que os critérios possam ser mensurados diretamente pelos avaliadores.

O uso da variável lingüística é essencial nas operações *fuzzy*, assumindo termos tais como “muito pequeno”, “pequeno”, “médio”, “grande”, “muito grande”, para avaliação de indicadores. Quando se torna necessária a conversão do valor *fuzzy* para um número real, tem-se o processo denominado de *desfuzzyficação*. As representações e operações foram realizadas por meio do software fuzzyTech[®].

Os conjuntos que representam as possíveis condições e os valores que as variáveis podem assumir são da forma triangular, ou *t-norm*, como na Figura 1 abaixo.

Figura 1- Exemplo das funções de pertinência de um indicador



O modo de operar informações em uma base de conhecimento *fuzzy* são as “regras de produção” compostas de duas partes principais:

SE < *situação* > ENTÃO < *ação* >

A parte SE da regra descreve a *situação*, para a qual ela é designada e a parte ENTÃO descreve a *ação* do sistema *fuzzy* nesta situação. A “*situação*”, parte SE da regra, compõe um conjunto de condições que, quando satisfeitas, mesmo parcialmente, determinam o processamento da “*ação*”, parte ENTÃO da regra, através de um mecanismo de inferência *fuzzy*, ou seja, dispara a regra que faz parte de um bloco. Por sua vez, a “*ação*” compõe um conjunto de diagnósticos que são gerados com o disparo da regra. As “*ações*” das regras disparadas são processadas conjuntamente em um bloco e geram uma resposta para cada variável de saída do sistema. O processamento das “*situações*”, os indicadores de disparos das regras e os operadores utilizados em um sistema de conhecimento *fuzzy* são definidos pelo mecanismo de inferência.

Os operadores *fuzzy* de agregação de entrada possíveis são os de mínimo (operador “e”), os de máximo (operador “ou”) e ainda o operador gama.

O operador de mínimos realiza a intercessão dos conjuntos *fuzzy* pelo produto algébrico entre os conjuntos. São selecionados os menores valores resultantes das operações algébricas de intercessão dos conjuntos, significando que as condições mais restritivas serão aquelas dominantes. O operador de máximos seleciona a união entre os conjuntos. O operador gama permite a álgebra de intercessões e uniões simultaneamente, em diferentes escalas de combinações entre máximos e mínimos. O operador utilizado neste método é o de mínimos.

A definição de intercessão entre dois conjuntos fuzzy, que é utilizada neste trabalho, é aquela apresentada por Zimmermann (1996) como:

Sendo A e B duas relações fuzzy no mesmo espaço T , a interseção entre os dois conjuntos fuzzy A e B é definida como:

$$\mu_{A \cap B}(x,y) = \min \{ \mu_A(x,y), \mu_B(x,y) \}, x,y \in A \times B \quad (1)$$

Em que $\mu_{A \cap B}$ representa a agregação de μ_A e de μ_B como operação de interseção.

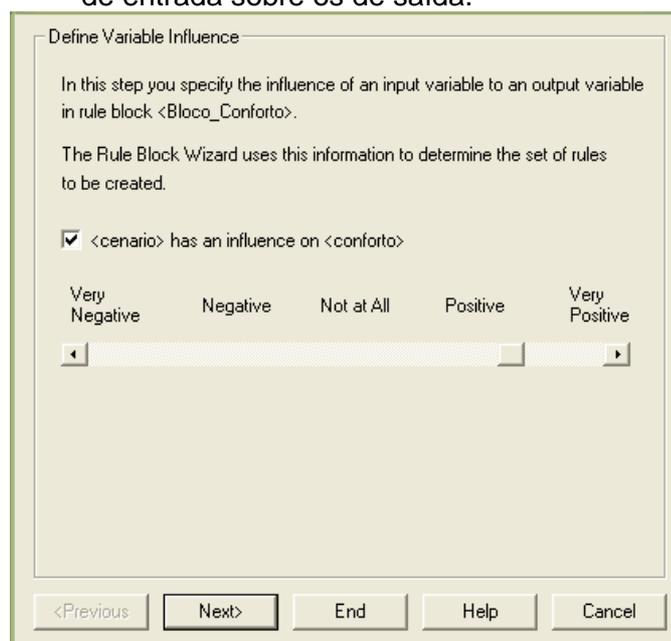
Quando existirem pesos ω_A e ω_B para A e B , a interseção $\mu_{A \cap B}$ pode ser descrita como:

$$\mu_{A \cap B} = (\omega_A \mu_A) \circ (\omega_B \mu_B) \quad (2)$$

Onde “o” significa uma operação algébrica, que no caso deste trabalho é uma operação de mínimos.

Neste trabalho os pesos são definidos em consultas aos decisores, que indicam as posições dos pesos por meio de *sliders*, como mostrado na Figura 2 abaixo.

Figura 2 - Exemplo de entradas para definição de influências dos indicadores de entrada sobre os de saída.



A seguir são descritas as etapas do método, que estrutura a decisão como uma árvore.

2.1 A árvore de decisão

Árvore é estruturada no modo *top-down*, a partir da busca da questão mais importante a ser respondida, que neste caso particular é o valor do imóvel. Esse indicador de valor é subdividido em aspectos, indicados pelos decisores como os principais elementos que compõem o valor do bem. No caso do apartamento, os principais aspectos são os critérios de “padrão de construção”, “valor de mercado” e “localização do imóvel”. No caso dos imóveis rurais, os aspectos mais importantes foram a “agropecuária”, “biota”, “turismo” e “urbanismo”.

Os aspectos que são resultados de agregações têm o nome de indicadores temáticos e são definidos de acordo com o entendimento de especialistas e decisores. Os indicadores oriundos de medidas de campo, ou de avaliações de mercado, ou ainda de pareceres de especialistas são denominados de indicadores diretos e também são definidas pelos especialistas e decisores. As importâncias relativas dos indicadores de ordem inferior na composição de um indicador temático, e entre indicadores temáticos na composição de um indicador sistêmico, que são os pesos dos indicadores, também são definidas pelos especialistas e decisores.

2.2 A transformação de dados discretos em valores difusos

Os indicadores diretos são avaliados como dados discretos, numa escala de zero até dez. Todavia, para que eles possam ser submetidos às operações básicas dos conjuntos *fuzzy* estes dados tem que ser transformados em informações sobre suas pertinências em conjuntos pré-estabelecidos.

No processo de *fuzzyficação* deste trabalho foram atribuídas 5 (cinco) funções: péssimo, ruim, médio, bom e ótimo, como foi mostrado na figura 1 apresentada anteriormente.

2.3 A agregação das variáveis. Blocos de regras

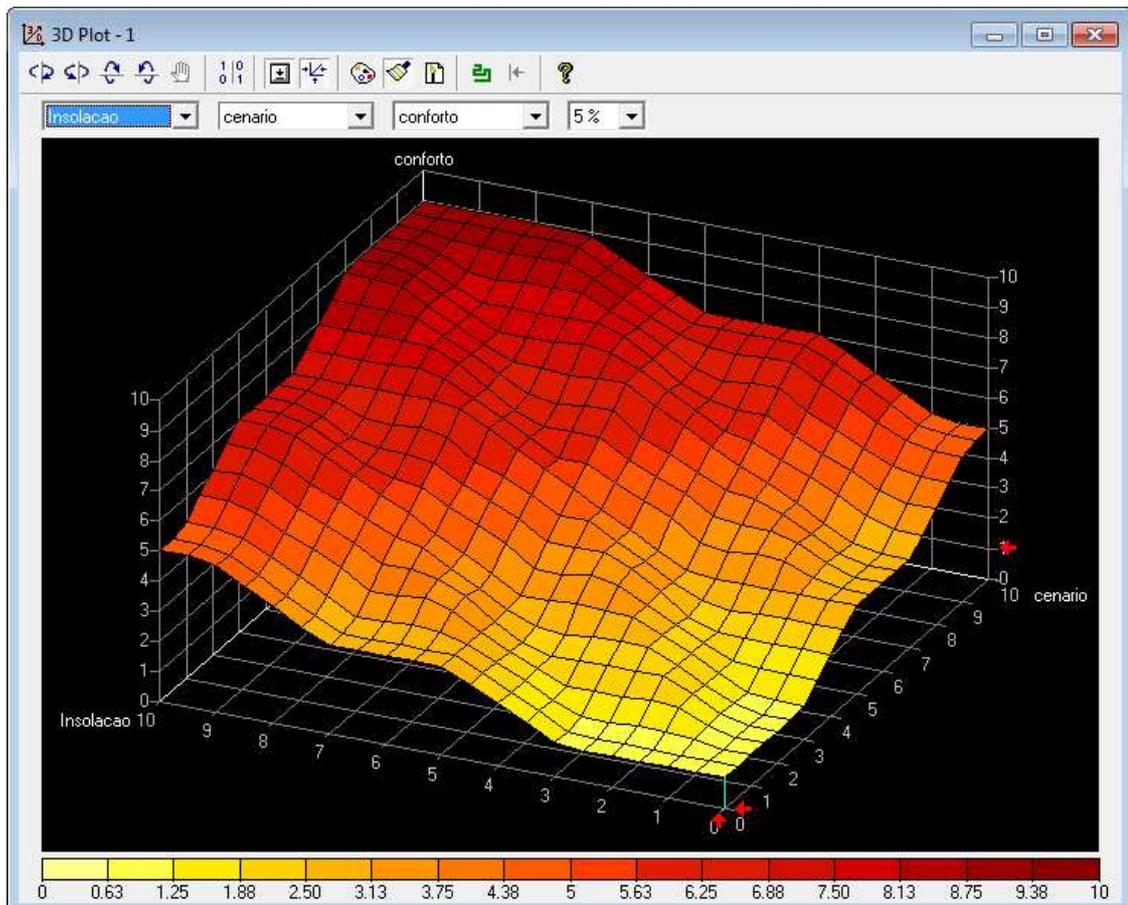
Os blocos de regras contêm o controle estratégico do sistema *fuzzy*. Cada um deles confina todas as regras para um mesmo contexto. Um contexto é definido pelas mesmas regras para os indicadores de entrada (diretos ou temáticos) e o de saída (temático ou sistêmico). Cada operação de composição de bloco de regras gera um conjunto de resultados de pertinências em campos pré-definidos. O quadro 1, a seguir, mostra parte de um bloco de regras para cálculo do resultado *fuzzy* da variável “conforto” da árvore referente à avaliação do apartamento, a partir das variáveis de avaliação direta em campo “cenário” e “insolação”.

Quadro 1 - Exemplo de um bloco de regras do estudo de valoração do apartamento.

SE		ENTÃO
Cenário	Insolação	conforto
pessimo	pessimo	pessimo
ruim	pessimo	pessimo
medio	pessimo	ruim
bom	pessimo	ruim
otimo	pessimo	medio
pessimo	ruim	pessimo
ruim	ruim	ruim
medio	ruim	ruim
bom	ruim	medio
otimo	ruim	alto
pessimo	medio	ruim
ruim	medio	ruim
medio	medio	medio
bom	medio	alto
otimo	medio	alto
pessimo	bom	ruim
ruim	bom	medio
medio	bom	alto
bom	bom	alto
otimo	bom	otimo
pessimo	otimo	medio
ruim	otimo	alto
medio	otimo	alto
bom	otimo	otimo
otimo	otimo	otimo

Os resultados possíveis de agregação entre as variáveis “conforto” e “insolação”, para geração da variável “conforto”, estão representados na Figura 3 a seguir.

Figura 3 - Representação em 3D da agregação de variáveis.

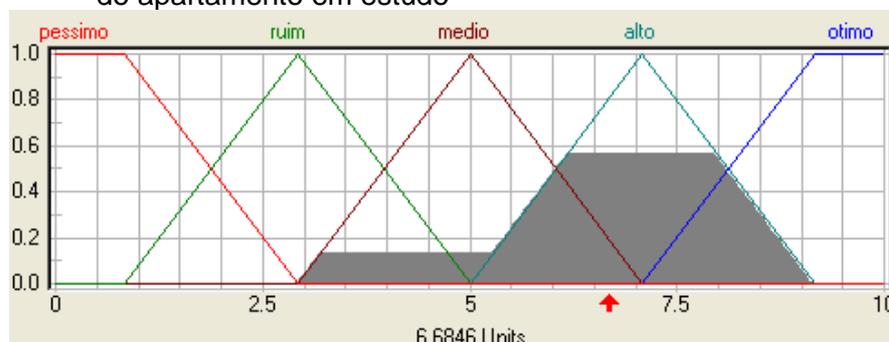


2.4 Processo de desfuzzyficação

O método utilizado para a conversão de funções *fuzzy* para valores discretos é o de centro de área, ou centro de gravidade, conforme Zimmermann (1996). A seguir é mostrado na Figura 4 um exemplo da representação gráfica dos resultados da desfuzzyficação da variável “Conforto”. A figura mostra graficamente os resultados da agregação das variáveis “cenário” e “insolação”, que geram o indicador de “conforto” do apartamento. No exemplo, são mostrados como estão os

níveis das funções de pertinência “alto” e “médio” e o resultado do cálculo do centro de área das funções preenchidas.

Figura 4 - Diagrama e valor da desfuzzyficação da variável “Conforto”, da avaliação do apartamento em estudo



2.5 A programação fuzzy

A representação esquemática da árvore de decisão e de todas as operações fuzzy foram realizadas com o uso do software fuzzyTech[®], que oferece um ambiente amigável e que contém recursos especializados e confiáveis. As planilhas de entrada de dados e de resultados são executadas por meio do software Excel[®], que é de amplo domínio público e que também oferece recursos operacionais amigáveis e confiáveis. Os programas estão vinculados por um VBA (Visual Basic for Application) em que o programa Excel[®] é o servidor e o fuzzyTech[®] o cliente.

3 APLICAÇÕES DO MÉTODO

O método foi aplicado para avaliação de um apartamento em Florianópolis, SC e para avaliações de imóveis rurais para fim de desapropriação e instalação do Parque Natural Municipal Caminho do Peabirú – Barra Velha, SC.

3.1 Avaliação do apartamento em Florianópolis.

Foi realizada a avaliação do apartamento nº 702, localizado na Rua Bocaiúva 2245, região central da cidade de Florianópolis – SC, do qual eram conhecidos os valores do limite superior e inferior do metro quadrado da construção, e arbitrados os

indicadores diretos que influenciam a formação do valor do imóvel. O valor do apartamento por metro quadrado, obtido pelo método comparativo de dados de mercado, varia entre R\$1.850,00 e R\$2.300,00.

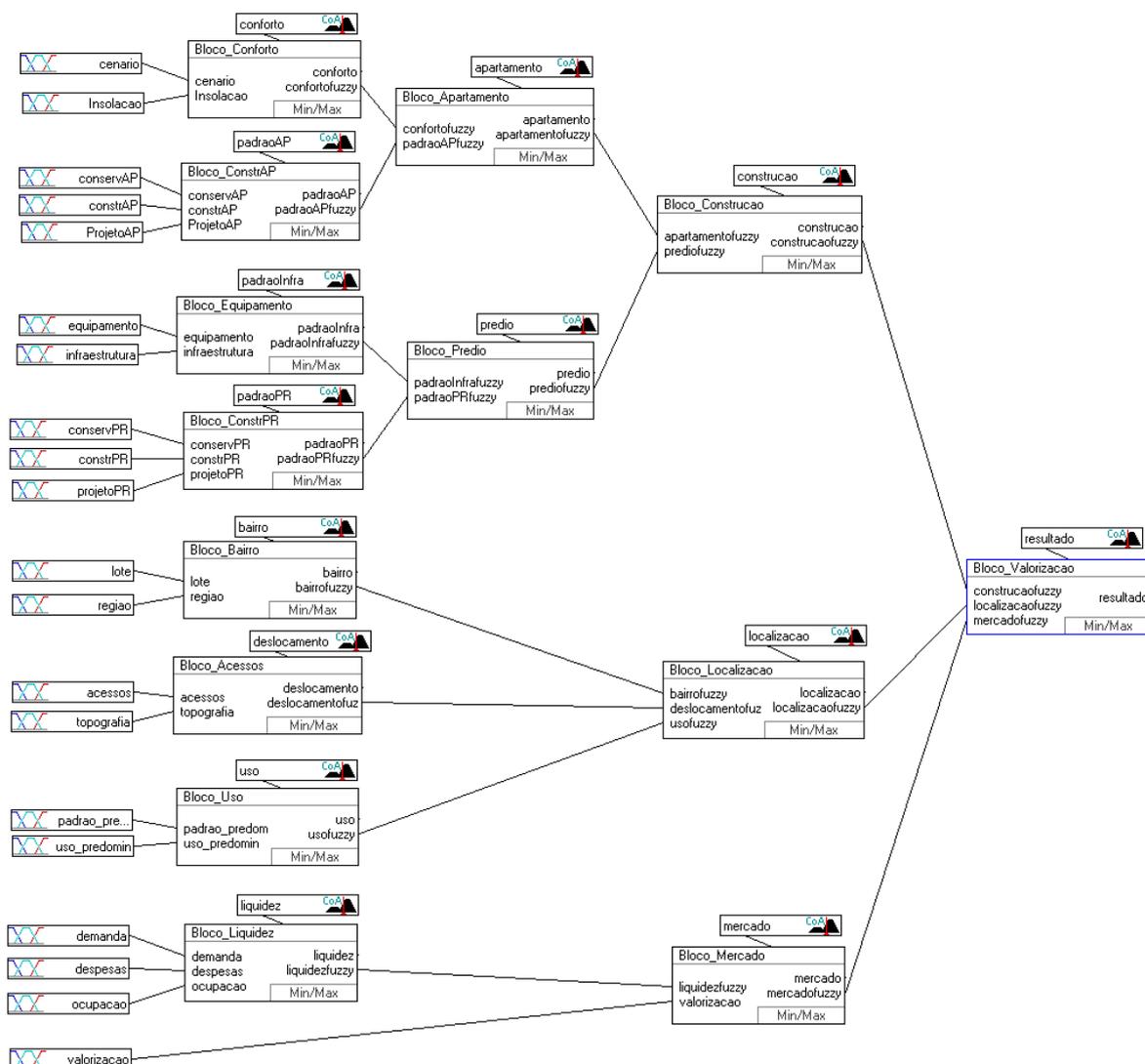
O edifício está localizado em uma quadra entre a Avenida Beira-Mar e uma rua de intenso uso de serviços de alta classe, e ainda próximo a um *shopping center*. O cenário é de um apartamento voltado para a rua, com insolação e estado de conservação adequados, apesar de ter um projeto antiquado. Comparativamente com imóveis assemelhados na região, os equipamentos e a infraestrutura disponíveis estão inferiores ao que se espera. A conservação e estrutura do edifício são muito boas, apesar do projeto das áreas comuns ser considerado como péssimo. O lote tem avaliação média e com boa localização na região. Os acessos são razoáveis, com problemas de excesso de tráfego local. A topografia tem problemas, por estar quase no nível do mar. O padrão predominante na região é excelente, com uso predominante misto entre serviços e residência. A demanda por imóveis no local está aquecida, com problemas de altos custos de impostos e de condomínio. A ocupação no edifício está quase completa e o potencial de valorização futura do imóvel é alta.

O desenvolvimento do estudo tem início com a elaboração da árvore de decisão, onde são estruturadas as variáveis temáticas e os indicadores diretos, que conformam o valor de um apartamento. A descrição de cada variável utilizada é descrita a seguir. Os pesos das variáveis nas operações de agregação foram estimados pelos autores, que são pesquisadores e trabalham com avaliações de imóveis.

3.1 A árvore de avaliação

A árvore desenvolvida para a avaliação do apartamento é mostrada na Figura 6.

Figura 6 - Árvore de decisão da avaliação do apartamento do estudo



3.2 Indicadores diretos

A seguir são descritas as características das variáveis que influenciam a formação do preço de um imóvel residencial, sendo adotado para este estudo um imóvel do tipo “apartamento”. As variáveis são avaliadas em campo.

- **Acessos:** Condições de qualidade de acesso ao imóvel das ruas e avenidas, tais como a pavimentação, sinalização e disponibilidade de transporte coletivo.

- Cenário: Aspecto cênico que se depara a partir do imóvel e o entorno do mesmo.
- Conservação do Apartamento: Estado de conservação do apartamento e sua idade aparente.
- Conservação do Prédio: Estado de conservação do prédio e sua idade aparente.
- Construção do Apartamento: Qualidade da construção do apartamento.
- Construção do Prédio: Qualidade da construção do prédio.
- Demanda: Relação entre a procura e a oferta de imóveis semelhantes ao estudado.
- Despesas: Despesas com impostos, taxas e condomínio.
- Equipamentos: Quantidade e qualidade dos equipamentos existentes no prédio, tais como elevadores, aquecimento solar de água, sistemas de combate a incêndio, cabeamentos para comunicações e sistemas de segurança.
- Infraestrutura: Quantidade e qualidade da infra-estrutura do prédio, tais como piscinas, parques infantis, estacionamentos para visitas, sala de ginástica, salões para festas, cozinhas coletivas, saunas, apartamento para zelador e iluminação de áreas coletivas.
- Insolação: Estado de exposição ao sol do apartamento.
- Lote: Quantidade e qualidade dos serviços que atendem o prédio, tais como a disponibilidade e qualidade de redes de água potável, esgoto, de drenagem de águas pluviais, de redes de energia elétrica e gás canalizado, de frequência de coleta de lixo, de existência de passeio público e meio fio, de iluminação pública, telefone e tv a cabo.
- Ocupação: Tipo de ocupação atual do apartamento. Apartamentos desocupados apresentam maior liquidez, quer seja pela facilidade de vistoria e inspeção para avaliação pelo interessado na aquisição, quer seja pela possibilidade de utilização imediata em caso de aquisição.
- Padrão Predominante: Padrão de qualidade dos imóveis na região.
- Projeto do Apartamento: Qualidade do projeto do apartamento, quanto à área construída, a existência de varandas, o pé direito, a adequação dos

ambientes, o aproveitamento dos espaços, a relação número de vagas de garagem e quantidade de possíveis moradores do apartamento.

- Projeto do Prédio: Qualidade do projeto do prédio, ou condomínio, em relação ao aproveitamento dos espaços, a facilidade de acesso às garagens e a qualidade das áreas coletivas e lazer.
- Região: Qualidade do comércio, serviços públicos, segurança pública, trânsito, lazer, escolas, parques e outros serviços oferecidos na região.
- Topografia: Qualidade da topografia região onde se localiza o imóvel, relacionada à possibilidade de inundações ou escorregamentos de encostas e do acesso ao imóvel.
- Uso Predominante: Utilização predominante dos imóveis da região, se residencial, comercial, industrial ou misto.
- Valorização: Potencial de valorização do imóvel.

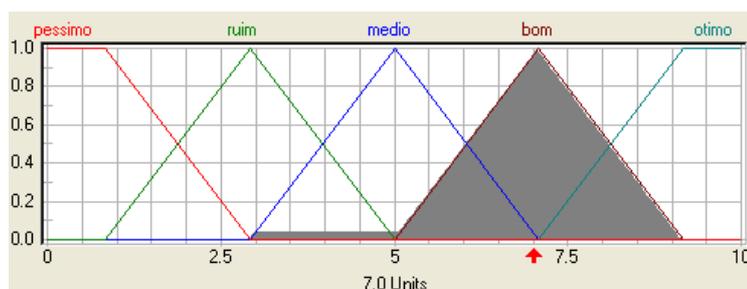
A planilha de entrada de dados do estudo é mostrada a seguir na Tabela 1, apresentando as seguintes informações:

Tabela 1 - Planilha de entrada de dados da avaliação de apartamentos

ITEM	nota	
CENÁRIO	5	
INSOLAÇÃO	8	
CONSERVAÇÃO DO APARTAMENTO	9	
CONSTRUÇÃO DO APARTAMENTO	10	
PROJETO DO APARTAMENTO	8	
EQUIPAMENTOS	6	
INFRA-ESTRUTURA	7	
CONSERVAÇÃO DO PRÉDIO	9	
CONSTRUÇÃO DO PRÉDIO	10	
PROJETO DO PRÉDIO	0	
LOTE	6	
REGIÃO	8	
ACESSOS	7	
TOPOGRAFIA	5	
PADRÃO PREDOMINANTE	10	
USO PREDOMINANTE	8	
DEMANDA	7	
DESPESAS	5	
OCUPAÇÃO	8	
VALORIZAÇÃO	8	
Valores limites, pelo método estatístico	superior	2.300,00
	inferior	1.845,00
	amplitude	455,00

Realizados os cálculos de agregação das variáveis com os valores de entrada e pesos atribuídos, obtém-se o valor de “Resultado”= 0,7, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7- Representação da defuzzyficação da variável “Resultado” para o estudo.



Foi utilizado neste estudo o método de “centro de área” para desfuzzyficações, que resulta em valores entre 1,0334 para o mínimo para a função de pertinência “péssimo” e máximo de 8,9656 para a função de pertinência “ótimo”. Os valores resultantes são então ajustados para uma base percentual pela equação $Y = (X - 1,0334) / (8,9656 - 1,0334) * 100$.

O resultado obtido das agregações fica então ajustado na aplicação para o valor de 75%.

Admitindo-se que o valor por metro quadrado de um imóvel, obtido pelo método direto comparativo de dados de mercado com utilização de estatística inferencial, possa assumir qualquer valor entre R\$ 1.845,00 e R\$ 2.300,00, e este imóvel tenha as características dos indicadores individuais de entrada descritos na planilha do exemplo, seu valor sugerido será:

$$R\$ 1845,00 + (R\$ 2.300,00 - R\$ 1.845,00) \times 0,75 = R\$ 2.187,47$$

O campo de arbítrio, definido pelo valor equivalente de mercado, é o espaço de valores que os negociadores e o poder público têm para orientar suas ações. Com a inclusão desta nova ferramenta proposta, que considera aspectos e critérios antes subavaliados, pode-se ter uma idéia clara sobre um preço de referência. O método é flexível suficiente para que as partes possam mudar posições de variáveis na árvore, incluir ou excluir variáveis, mudar pesos nas composições de variáveis de níveis superiores e ainda simular valores de entrada com grande facilidade.

Os métodos usuais ficam agora mais completos e inteligíveis para os operadores de mercado e do poder público.

3. 3 Avaliação de imóveis rurais para fim de desapropriação e instalação do Parque Natural Municipal Caminho do Peabirú – Barra Velha, SC

A Prefeitura Municipal de Barra Velha – SC decidiu pela implantação de um parque ambiental numa área definida acerca dos limites da zona urbana, com temática de ecologia e história. Para tal, necessitava adquirir os imóveis rurais. Dispunha de recursos e deveria pagar preços justos, com um processo de aquisição em que o grupo assessor era composto de membros da imprensa, da Câmara Municipal e do Ministério Público estadual. Lançou um edital para contratação da

avaliação dos imóveis, em que a metodologia vencedora foi a de uso de “*soft decisions trees*”, que é apresentada a seguir.

As decisões sobre os valores a serem pagos pelo setor público em indenizações devem ser sempre tomadas com base em critérios claros e bem definidos. O uso de recursos públicos para pagamentos por desapropriação de bens privados requer transparência e justiça na avaliação destes bens. Assim, os proprietários sentem que receberam o valor justo e a população também percebe que há uma boa administração dos seus recursos. O apoio à definição de valores de indenizações procura otimizar o uso de recursos públicos, diminuindo as incertezas das decisões e minimizando os possíveis confrontos com aqueles que sofrem as desapropriações. O convencimento das partes que os valores são justos já elimina custos de eventuais processos judiciais.

As incertezas sobre os valores dos bens a serem negociados com o poder público ocorrem acerca de aspectos de valores de mercado, de especificidades e características do bem e sobre os aspectos legais que regulamentam o uso deste bem. Verifica-se a necessidade de integrar o contexto da avaliação dos bens, para que todos os aspectos sejam considerados conforme o grau de importância de cada aspecto para cada decisor (ou interessado).

Os métodos usuais de avaliação de bens imóveis e benfeitorias são de difícil operação e entendimento por parte dos decisores não especialistas. O método aqui utilizado busca atender à necessidade de melhorar a eficiência e transparência das avaliações, tanto nas questões de mercado, como nas ambientais, econômicas, técnicas, legais e sociais, e também considerar a inevitável interdependência que cada um destes critérios exerce sobre os demais.

O método das *soft decision trees* avalia de forma integrada e transparente os bens, usando critérios econômicos, legais e do meio ambiente. Busca-se garantir a melhor aplicação dos recursos públicos do Município de Barra Velha e a satisfação dos proprietários que serão indenizados.

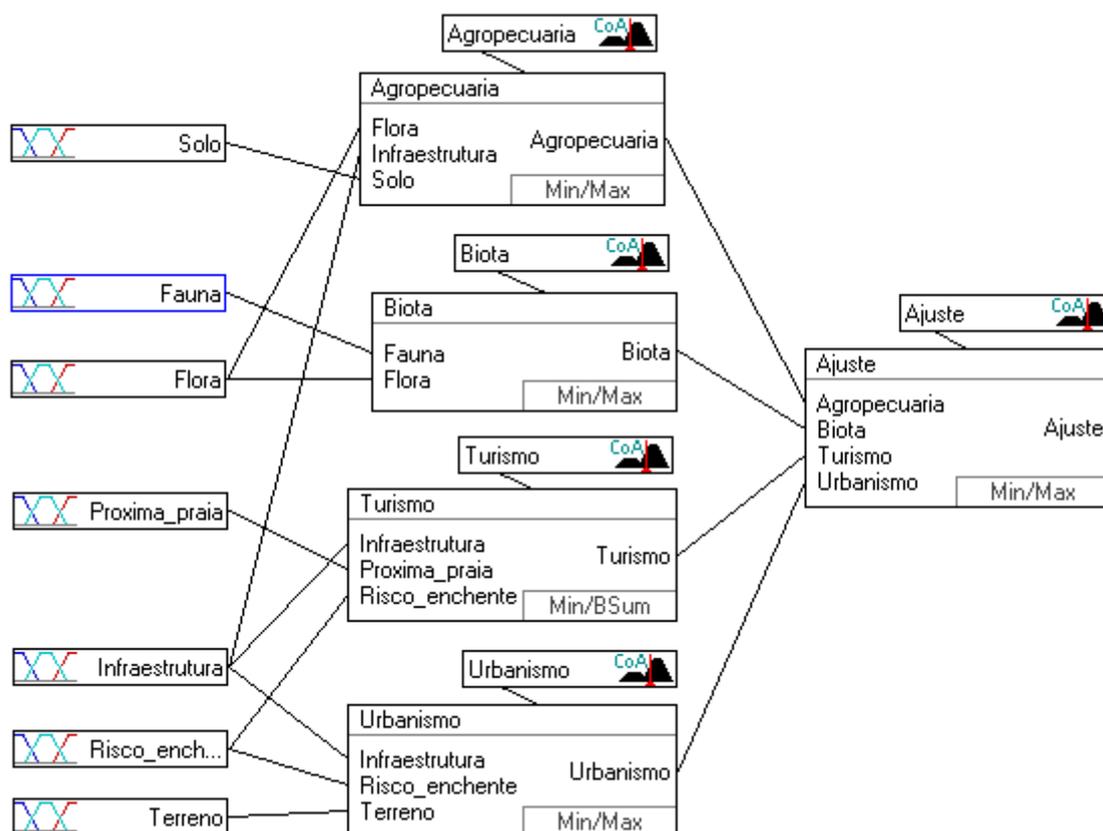
Esta avaliação ajusta o preço de mercado para uso rural de glebas assemelhadas, assim como seus possíveis outros usos futuros, e restrições legais incidentes sobre este tipo de ecossistema. Para conhecer o valor de mercado de áreas para fins agropecuários foi realizada uma avaliação desta gleba pelo método

comparativo de dados de mercado, de acordo com as Normas Técnicas da ABNT. Foi encontrado o valor mínimo de R\$3.569,45 e máximo de R\$4.062,80 por hectare.

A gleba em questão está situada próxima da zona urbana de Barra Velha, com praia e próxima à rodovia BR 101. Além do uso para fins agropecuários, a gleba tem possibilidades de valorização futura para usos urbanísticos e turísticos. Por outro lado, existem leis e regulamentações sobre este tipo de ecossistema que reduzem seu valor comercial.

Em razão da existência de aspectos que aumentam o valor da área e de outros aspectos que reduzem seu valor, em relação à avaliação para fins rurais, foi feito um ajuste dentro do campo de arbítrio determinado pela avaliação segundo a ABNT. O método utilizado foi o da árvore de decisão por lógica difusa, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Árvore de decisão para avaliação dos imóveis do Parque do Peabiru

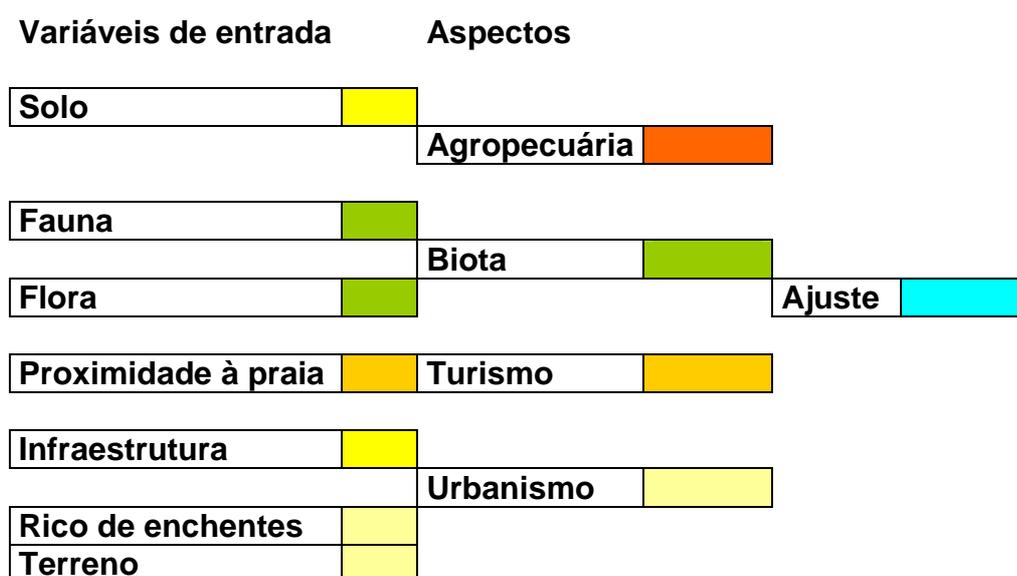


A gleba total é constituída por seis propriedades, que têm valores diferentes conforme suas condições de acesso, fauna e flora local, suporte para possível loteamento, proximidade ao recurso turístico (praia), risco de enchente, localização de sambaqui e tipo de solo (uso rural). A elaboração do esquema da árvore de decisão teve início na questão central que é o ajuste do valor da área. Este ajuste é constituído pelos aspectos de restrição legal, uso rural, uso turístico e uso urbano.

A árvore de apoio à decisão para este caso foi inicialmente formada por quatro temas: Agropecuária, Biota, Turismo e Urbanismo. Cada um destes temas conforma os ramos da árvore. Estes ramos, por sua vez, se desdobram até os indicadores primários. As relações de importâncias de cada variável para a conformação daquela de nível superior, e entre variáveis de mesmo nível, foram estabelecidas de acordo com decisões de especialistas e decisores. O resultado final é a variável "Ajuste", que ajusta a avaliação da gleba de terras feita pelo agrônomo, para as condições de outras possíveis finalidades do imóvel.

As entradas de dados e planilhas de saídas foram feitas em programa Excel. Somente os decisores podiam mudar as importâncias das variáveis e as conformações da árvore. A programação em lógica *fuzzy* das agregações de variáveis e desfuzzificações foram realizadas com uso do software fuzzyTech®. A planilha de uso em campo está mostrada na Figura 9.

Figura 9 - Planilha para entradas e apresentação de saídas e resultados do programa



As áreas tiveram seus valores de mercado, avaliados pelo Engenheiro Agrônomo, ajustadas pelos indicadores informados acima, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores das glebas conforme avaliação por “valor equivalente de mercado” e por “soft decision tree”.

<u>GLEBA</u>	<u>ÁREA M²</u>	<u>VALOR 1 R\$</u>	<u>VALOR 2 R\$</u>	<u>DIFERENÇA R\$</u>	<u>Diferença %</u>
<u>A</u>	<u>310.933,90</u>	<u>126.326,23</u>	<u>119.576,76</u>	<u>- 6.749,47</u>	<u>5,34</u>
<u>B</u>	<u>2.102.119,93</u>	<u>854.049,29</u>	<u>794.416,26</u>	<u>-59.633,03</u>	<u>6,98</u>
<u>C</u>	<u>17.643,67</u>	<u>7.168,27</u>	<u>6.297,84</u>	<u>- 870,43</u>	<u>1,21</u>
<u>D</u>	<u>503.243,45</u>	<u>204.457,75</u>	<u>190.181,72</u>	<u>-14.276,03</u>	<u>6,98</u>
<u>E</u>	<u>1.201.141,79</u>	<u>487.999,89</u>	<u>484.051,73</u>	<u>-3.948,16</u>	<u>0,81</u>
<u>F</u>	<u>10.096,49</u>	<u>4.102,00</u>	<u>3.852,95</u>	<u>-249,05</u>	<u>6,07</u>
<u>TOTAL</u>	<u>4.145.179,23</u>	<u>1.684.103,43</u>	<u>1.598.377,27</u>	<u>-85.726,16</u>	<u>5,09</u>

VALOR 1 - Avaliação técnica como imóvel rural - laudo do engenheiro agrônomo

VALOR 2 - Avaliação técnica considerando as possibilidades de uso – Lógica Fuzzy

O uso de um método que agrega variáveis que não estavam consideradas na avaliação tradicional gerou um menor dispêndio de receitas públicas no caso e ainda facilitou a negociação com os proprietários. O percentual total de economia ficou em 5,09%, com a redução do valor em R\$85.726,16. Estes são valores de referência para negociações, com as expressões claras das variáveis que acrescentam e diminuem valores para as partes.

Cada proprietário pede mais por áreas que estão próximas à praia, à cidade e à rodovia, assim como valoriza mais as áreas não sujeitas a enchentes. A Prefeitura reduzirá sua oferta por áreas que tenham sambaqui, sujeitas a enchentes, em Áreas de Preservação Permanente e aquelas não viáveis para urbanização.

Mais que apresentar números ajustados por variáveis, o método apresenta um meio confiável de apoiar as decisões nas negociações.

4 CONCLUSÃO

A programação com lógica *fuzzy* disponibiliza um instrumento que possibilita a integração das representações (indicadores) e de suas operações lógicas de agregação com o uso do software fuzzyTech[®], associado à planilha Excel[®] de forma amigável e com flexibilidade operacional para que as partes possam simular as condições desejadas.

Espera-se que este método contribua com a transparência nas decisões, com um instrumento que capacite também os agentes públicos não especialistas em compreender melhor a realidade da formação dos valores dos imóveis, na elaboração de valores justos dos impostos e taxas e nas elaborações de planos urbanísticos.

O exemplo mostrou uma avaliação de um apartamento que contém elementos de difíceis inferências de valor, tais como o de cenário visualizado nas janelas e qualidade arquitetônica do edifício, entre outras. Também foi mostrada a aplicação do método nas avaliações de seis glebas rurais e comparados os resultados com aqueles obtidos por meio de “valor equivalente de mercado”. O método mostrou-se capaz de interpretar as escalas de valores cênicos, artísticos, históricos e de riscos de enchentes (por exemplo) e traduzi-las em critérios que modificam os valores financeiros. Os resultados obtidos demonstraram a sua aptidão como ferramenta de apoio à decisão em valoração imobiliária.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2** - Avaliação de bens. Parte 2: imóveis urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BOCLIN, A. S. C. e MELLO, R. A decision support method for environmental impact assessment using a fuzzy logic approach. **Ecological Economics**, n. 58, p.170-181, 2006.

BORBA, J.A.; MURCIA, F.D.; Souto-Maior, C.D. Contemplando a subjetividade do ‘Target Costing’ uma abordagem experimental baseada nos conceitos da lógica ‘Fuzzi’. **Revista Produção Online**, v.8, n.4, dez. 2008. Disponível em: <<http://producaoonline.org.br/index.php/rpo/article/viewFile/140/213>>.

DUARTE, A. R. C. L. M.; ROTTMANN, E.; DUARTE, A. M. ; COSTA JUNIOR, C. T.; KAWASHIMA, M.; GALVAO NETO, O. Um novo enfoque na engenharia de avaliações: o método do entendimento racional. Salvador. CONGRESSO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 14., 2007. **Anais...** 2007.

GONZÁLEZ, M. A. S.; FORMOSO, C. T. Construção de modelos de mercado imobiliário para análise de viabilidade com regressão e sistemas de regras difusas. **Ambiente Construído**. São Paulo, v. 6, p. 19-31, 2006.

MARDER, RUI ANTONIO FILHO et al. Valor de edificação explicando valor de terreno. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 9., 2002. **Anais...** 2002.

MEDEIROS, Sandro; MELLO, Renato de; CAMPOS FILHO, Pio. Análise de projetos para unidades de conservação, usando lógica fuzzy. *Prod.*, v.17, n.2, p.317-329, ago. 2007.

MOREIRA, Alberto Lélío. **Princípios da engenharia de avaliações**. São Paulo: Pini, 1997.

OLARU, C. e WEHENKEL, L. A complete fuzzy decision tree technique. **Fuzzy Sets and Systems**, n. 138, p.221-254, 2003.

ZIMMERMANN, H. J. **Fuzzy set theory: and its applications**. 3Thd ed. USA: Kluwer Academic Publishers, 1996.



Artigo recebido em 17/02/2011 e aceito para publicação em 27/09/2012.