

TT57

UM NOVO ENFOQUE NA ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES: O MÉTODO DO ENTENDIMENTO RACIONAL

ANDRÉ AUGUSTO AZEVEDO MONTENEGRO DUARTE

ENGENHEIRO CIVIL, MESTRE EM ENGENHARIA, DOUTOR EM GEOCIÊNCIAS – PROFESSOR DA UFPA
E CONSULTOR AMONTE@UFPA.BR -- ++ 55 91 3201.8200

EDUARDO ROTTMANN

ENGENHEIRO CIVIL, MESTRE EM ENGENHARIA, CONSULTOR CONTCONS@TERRA.COM.BR ++ 55 11
3083.5561

ANA ROSA C. DE L. M. DUARTE

ENGENHEIRA QUÍMICA, MESTRE EM QUÍMICA, DOUTORANDA EM ENGENHARIA – PROFESSORA DA
UFPA ANAROSA@UFPA.BR

CARLOS TAVARES COSTA JÚNIOR, MÁRCIO KAWASHIMA E OCTÁVIO GALVÃO NETO

ENGENHEIROS ELÉTRICO E CIVIS. DOUTOR EM CIÊNCIAS, MBA EM REAL ESTATE, PROFESSORES E
CONSULTORES

UM NOVO ENFOQUE NA ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES: O MÉTODO DO ENTENDIMENTO RACIONAL

**ANDRÉ AUGUSTO AZEVEDO MONTENEGRO DUARTE; EDUARDO ROTTMANN;
ANA ROSA C. DE L. M. DUARTE; CARLOS TAVARES COSTA JÚNIOR, MÁRCIO
KAWASHIMA; OCTÁVIO GALVÃO NETO**

TRABALHO DE AVALIAÇÃO

RESUMO

Este trabalho propõe uma nova forma de modelar o mercado imobiliário, ampliando os conceitos científicos já utilizados na Engenharia de Avaliações aos da “Lógica Fuzzy”, que podem, pelo menos em algumas situações, ser aplicados com consistência neste segmento. O Sistema Difuso ou Lógica Nebulosa, como também pode ser chamada a “Lógica Fuzzy”, faz parte do campo de estudos denominado Inteligência Artificial, como as Redes Neurais, porém difere-se muito desta, assim como da Inferência Estatística, pois baseia-se no raciocínio dedutivo, isto é, se pauta em regras genéricas para concluir sobre condições particulares. A modelagem na “Lógica Fuzzy” é muito simples, o que é muito importante e bom, pois a simplicidade é, ou pelo menos deveria ser, um dos objetivos de se modelar qualquer realidade, inclusive a do mercado imobiliário, já que esta realidade, por si só, é muito complexa e de difícil explicação. Além da simplicidade, esse novo enfoque na Engenharia de Avaliações possibilita que as variáveis de difícil mensuração ou dúbios possam ser definidos de maneira lingüística e numérica com coerência e clareza, bem como que o conhecimento, a sensibilidade e mesmo a intuição dos profissionais deste segmento possam ser apoiados em métodos científicos quantitativos, de caráter lógico e racional.

Palavras-chave: Lógica fuzzy, Entendimento racional, Lógica difusa, Sistema Nebuloso

1. INTRODUÇÃO

A Engenharia de Avaliações é uma atividade de cunho profissional muito importante e um vastíssimo campo de estudos e pesquisas acadêmicas. Existe na Europa e nos EUA desde o século XIX e, no Brasil, foi iniciada no começo do século XX. Alçou a condição, status ou caráter técnico-profissional a partir da década de 1940, quando o engenheiro Luis Carlos Berrini publicou os livros “Avaliações de Terrenos” e “Avaliações de Imóveis”, descortinando os primeiros conceitos técnicos/científicos. As pioneiras publicações de entidades públicas e privadas nas décadas de 1950/1960, o surgimento da primeira Norma Técnica da ABNT em 1977 (NB 502), a realização de treze Congressos Nacionais (COBREAP’s), a implantação e atuação de inúmeros Institutos Regionais e Nacional (IBAPE’s), do Conselho Federal de Engenharia (CONFEA) e dos Conselhos Regionais (CREA’s), o ministério de centenas de cursos de extensão e alguns de pós-graduação e ainda a publicação de livros e monografias têm, sem sombra de dúvida, consolidado a Engenharia de Avaliações, enriquecendo-a e ampliando-a de tal maneira que hoje se apresenta, de fato, como uma especialidade que envolve, interliga e transcende as distintas modalidades das engenharias (civil, elétrica, mecânica, florestal, ambiental, química, etc), especialidade esta que vem sendo aprofundada e estudada tanto no âmbito da militância profissional quanto na esfera da pesquisa acadêmica.

A NBR 14653, Norma da ABNT em vigor, constata e reflete o atual estágio técnico/científico desta área do conhecimento. O texto, em sua Parte I, estabelece, no item 8, os métodos que podem ser adotados para:

a) estimar o valor de um bem, seus frutos e direitos:

- Comparativo Direto de Dados de Mercado;
- Involutivo;
- Evolutivo;
- Da Capitalização da Renda.

b) identificar o custo de um bem:

- Comparativo Direto de Custo;
- Da Quantificação de Custo.

c) identificar indicadores de viabilidade de utilização econômica de um empreendimento:

- Baseados em fluxo de caixa projetado, determinando ou estimando o VPL (Valor Presente Líquido), a TIR (Taxa Interna de Retorno), entre outros

parâmetros. Aplicam-se, de maneira direta e total, os princípios da Engenharia Econômica.

Conclui-se que, para a referida Norma Técnica, a Engenharia de Avaliações objetiva calcular três grandezas: Valor, com as distintas conceituações que possa ter, Custo e Indicadores de Viabilidade. Para efetuar tais cálculos estão estabelecidos sete métodos básicos, já expostos, que podem, em certas condições, ser adotados de forma conjugada entre si.

No que tange ao cálculo do Valor de um bem, mas especificamente de Imóveis Urbanos, quando da adoção do Método Comparativo Direto de Dados de Mercado, foram estabelecidas as diretrizes no item 8.2.1 da Parte II da NBR 14653, onde são estabelecidas duas formas de tratamento dos dados de mercado: por fatores e o científico.

O tratamento de dados por fatores se pauta na homogeneização e o outro, denominado científico, na utilização de um modelo validado para o comportamento do mercado, isto é, se baseia em modelagem.

O objetivo do presente trabalho é propor um novo método de modelar o mercado imobiliário, diverso dos enfoques tradicionais (comparação, custo ou renda), mas compatível com a forma “humana” de se perceber o valor dos bens e atribuir sua grandeza. Assim, estendem-se os conceitos científicos já utilizados na Engenharia de Avaliações, que são os da Inferência Estatística e das Redes Neurais, contemplando também os princípios e as ferramentas da Lógica Fuzzy, que podem, pelo menos em algumas situações, ser aplicados na modelagem deste segmento.

2. CONCEITOS BÁSICOS:

Serão tecidas algumas considerações gerais sobre modelagem e os princípios básicos para sua realização, alguns destes já conhecidos e bastante utilizados na Engenharia de Avaliações, como os da Regressão e das Redes Neurais, outros agora introduzidos, como os da Lógica Fuzzy, e, ainda, de maneira sucinta, alguns outros pouco difundidos pela literatura nacional, como os Métodos Sintético e Beta.

2.1. MODELAGEM

Modelagem é a adoção de um ou mais modelos que representem a realidade (ou um fenômeno). Pode também ser entendida como a tentativa de explicação da verdade, ou seja, da dinâmica, da variabilidade, da amplitude, das incertezas e de inúmeras outras características que a realidade ou que o fenômeno possa ter.

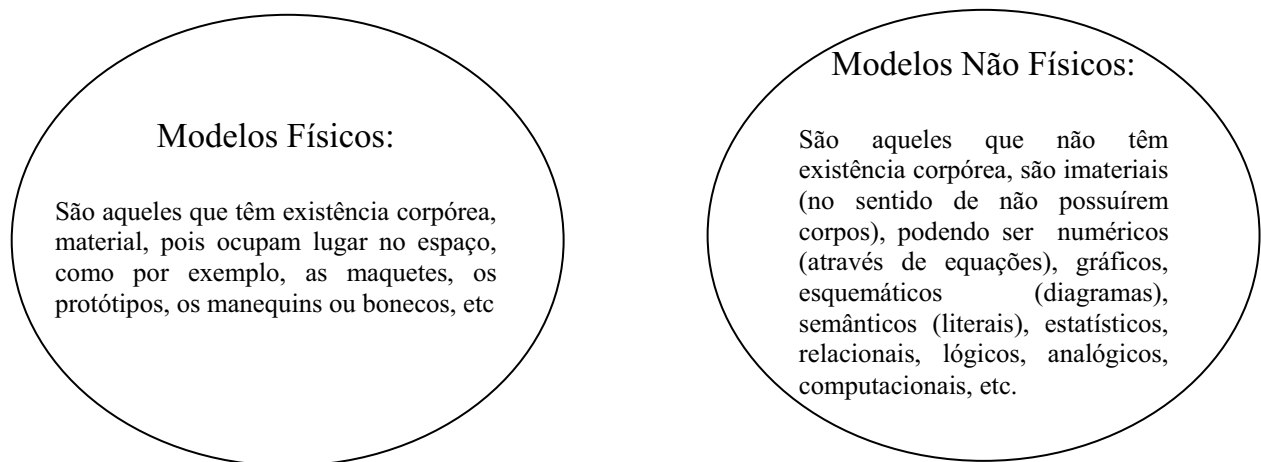
A realidade, verdade ou fenômeno (como o mercado imobiliário) é algo que se desconhece como um todo, mas da qual é possível se extrair algumas informações (dados primários que são sistematizados e entendidos), informações estas que podem ser trabalhadas ou tratadas. O tratamento das informações (ou dos dados) pode ser realizado de inúmeras maneiras e com distintos graus de aprofundamento. Dependendo do tratamento dispensado são obtidos resultados mais ou menos precisos que tentam apenas descrever esta realidade ou, mais do que isto, que tencionam descreverem-na e explica-la. A tentativa de explicação da realidade é o próprio Modelo.

Modelo, conceituado pela ABNT (2001), é a representação técnica da realidade.

Aprofundando um pouco a conceituação, Sá (2003), entende que o modelo pode ser admitido como uma “imitação”, reconhecidamente imperfeita, de alguma coisa. Este estudioso complementa seu entendimento, estabelecendo que o modelo deva possuir três características:

- Representa alguma coisa que existe no mundo real;
- Todas as suas “partes” representam algum(ns) componente(s) daquilo que o modelo procura representar como um todo;
- Pelo menos alguns dos relacionamentos entre as partes são análogos aos que se verificam entre os componentes reais que eles representam

Modelos podem ser divididos em dois grandes grupos:



Algumas verdades ou realidades podem ser representadas, simultaneamente, por modelos físicos e não físicos, como por exemplo, uma edificação ou prédio, que pode ter uma maquete (modelo físico) e uma planta (não físico). Um terreno ou uma região, um equipamento ou uma máquina, um processo de produção, entre outras realidades e fenômenos, também possuem este atributo, podendo ser representados tanto por protótipos quanto por desenhos (plantas, mapas, esquemas, etc.). Atualmente, com o advento da informática e a existência de aplicativos gráficos muito poderosos e versáteis, pode-se inclusive fazer maquetes e protótipos virtuais, isto é, modelos que antes eram eminentemente físicos, hoje não são, mas representam a realidade volumétrica, espacial e corpórea como faziam as tradicionais maquetes e os clássicos protótipos.

Modelos, tanto físicos como não físicos, podem ainda ser divididos, de uma maneira mais detalhada, em: De Simulação; de Investigação; de Comparação; Específico; Genérico; Discreto; Contínuo; Heurístico; Cognitivo, entre outras inúmeras denominações.

Como exposto, o modelo, qualquer que seja, não é o fato em si ou a realidade, mas sim sua representação (ou uma tentativa de representação). Na condição de representação, não é igual, nem idêntico, nem perfeito, mas, via de regra, busca ser verdadeiro, preciso, correto, e se pauta na simplificação da realidade, pois geralmente os fenômenos e eventos são muito complexos e necessitam desta simplificação, às vezes de generalização, para serem representados de maneira correta e inteligível.

Por exemplo, uma maquete do edifício não possui as dimensões da obra real, nem tampouco utiliza os materiais construtivos verdadeiros, mas mantém as proporções nos tamanhos (trabalha com escala de redução), as cores básicas e as texturas externas para que se possa antever, fisicamente, a edificação antes de ser construída. Assim como uma equação matemática, que tenta, por exemplo, expressar o valor de um imóvel, não contempla todas as variáveis ou componentes que interferem neste valor, mas somente algumas, de preferência as mais significativas ou que mais interferem na variabilidade, oscilação ou flutuação do fenômeno (valor).

Ressalve-se que este artigo limita-se às ciências exatas e às tecnologias (engenharias) quando do entendimento do que seja modelo ou modelagem, pois os enfoques e os conceitos são muito diferentes de outras áreas do conhecimento humano, como a filosofia, a teologia e a biologia.

Na área de valoração ou da engenharia de avaliações trabalha-se, eminentemente, com modelos não físicos.

Sendo o modelo uma representação e não o fenômeno ou realidade em si, podem existir, e via de regra, existem muito mais do que um único modelo para representar uma mesma realidade.

Um ou mais modelos podem explicar ou representar muito ou pouco. Uma explicação ou representação pode ser boa ou má, coerente ou não, consistente ou dúbia. Há possibilidades de diferentes modelos, em tese confiáveis ao representarem uma mesma realidade, ao serem objetos de uma mesma inferência, isto é, ao expressarem as suas verdades, alcançarem resultados díspares entre si. Especificamente o mercado imobiliário, que tem um produto nada homogêneo, que são os imóveis (apartamentos, casas, salas comerciais, lojas, galpões, terrenos, glebas, fazendas, chácaras, entre outros), além de outras nuances, é uma realidade extremamente complexa, imperfeita, heterogênea, dúbia e de difícil explicação. Modelar bem este mercado é uma tarefa árdua e a simplificação deve ser um dos principais meios para se atingir este fim.

A literatura nacional e, mais enfaticamente, a NBR 14653 da ABNT, indica duas grandes linhas de conduta ou vertentes conceituais na modelagem, com maior ênfase na primeira: Regressão (onde também se incluem a regressão espacial e análise envoltória) e Redes Neurais Artificiais.

2.2. MODELOS DE REGRESSÃO

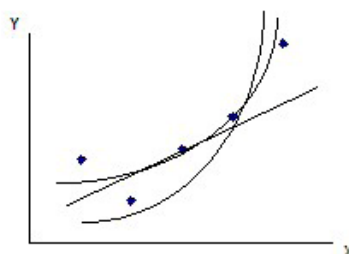
A representação da realidade obtida por regressão tem como princípio a estimativa ou o cálculo do valor de uma variável desconhecida, chamada dependente, endógena ou explicada através de uma equação matemática, equação nesta onde estão contempladas outras variáveis conhecidas chamadas independentes, exógenas ou explicativas. Em termos genéricos, ao se definir uma equação matemática que relacione o que se conhece (variáveis explicativas) com o que se desconhece (variável explicada), isto é, um modelo, pode-se “inferir” quanto a variável desconhecida vale ao se inserir os valores das variáveis conhecidas na própria equação.

A Ciência Estatística, mas especificamente no seu ramo ou vertente Indutivo, estabelece as condições e os limites sob os quais são confiáveis as análises e conclusões destes modelos. Os resultados, os condicionantes e demais elementos

de entradas e respostas na Análise de Regressão tem como base os conceitos de “probabilidades” de eventos e grandezas ocorrerem ou existirem.

Ao tratar dados observados (informações), a regressão busca verificar a relação entre as variáveis, (no caso de avaliação o valor – dependente - e outra(s) independente(s) - área do terreno, área construída, idade do bem, localização, entre outras -, de tal forma de que possa ser traçada uma curva (ou reta) representada matematicamente por uma equação (modelo) que acomode ou ajuste a nuvem de pontos formada pelo conjunto de dados. Esta acomodação, que é denominada **ajustamento**, pode ser realizada por vários **métodos**, sendo o mais utilizado o "**dos mínimos quadrados**" (MMQ). A curva ou reta que ajusta os dados amostrais, possibilitando estimar o valor da variável dependente (Y) correspondente à uma ou mais variáveis independentes (Xn) conhecidas é denominada **Regressão** de Y para X. As respostas ou saídas dos modelos de regressão apresentam-se contínuas.

Representação gráfica de uma nuvem de pontos e distintos ajustamentos (reta e curvas)
Fonte: Montenegro Duarte (1999)

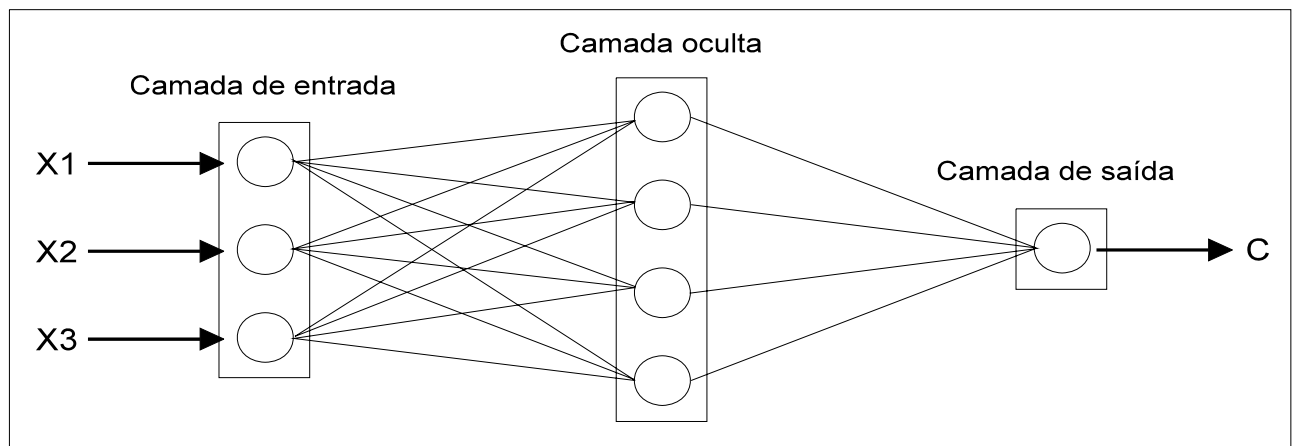


A literatura técnico/científica nacional e internacional no segmento da Engenharia de Avaliações já está bastante aprofundada e ampla no tocante a Análise de Regressão e não serão tecidas maiores considerações quanto aos seus princípios.

2.3. MODELOS POR REDES NEURAIS

Redes neurais artificiais são sistemas computacionais (ou softwares) que tentam simular o cérebro humano, o qual é composto por bilhões de células denominadas neurônios, células estas que se interligam através de estímulos. Estes bilhões de caminhos de interligação entre os neurônios, que podem ser definidos como sinapses, possibilitam o aprendizado e o desenvolvimento da inteligência. Os sistemas de redes neurais artificiais, em tese, tentam imitar o pensamento humano, e através de métodos heurísticos, isto é, de informações ou entradas repetidas e reformuladas busca “aprender” como uma certa realidade funciona e daí construir ou elaborar um modelo interno e “oculto” de entendimento.

As informações (ou dados) formam a camada de entrada ou “inputs”. O tratamento ou processamento dos dados é algo obscuro ou mesmo oculto, pois depende de como o algoritmo interno é constituído e de como as sinapses entre os neurônios se processam. A camada de saída, “output” ou resposta é o resultado do entendimento da Rede ao se inferir grandezas ou “inputs” específicos.



Desenho Esquemático de uma Rede Neural Artificial
 Fonte: Guedes (2001)

Duas características importantes das Redes Neurais Artificiais, assim como o do pensamento humano, nas quais se baseiam, são que as respostas ou saídas não apresentam continuidade geral (são descontínuas) bem como o processamento ou ainda a forma de entendimento do problema (ou da realidade) não é explicável ou inteligível. A resposta simplesmente é porque é.

Análogo aos modelos de regressão, redes neurais, que também se baseiam em raciocínio indutivo, já vem sendo estudadas por diversos autores e já são utilizadas em trabalhos acadêmicos e profissionais de Engenharia de Avaliações, por esta razão, não terão seus conceitos detalhados ou aprofundados neste trabalho.

2.4. MODELOS POR LÓGICA FUZZY

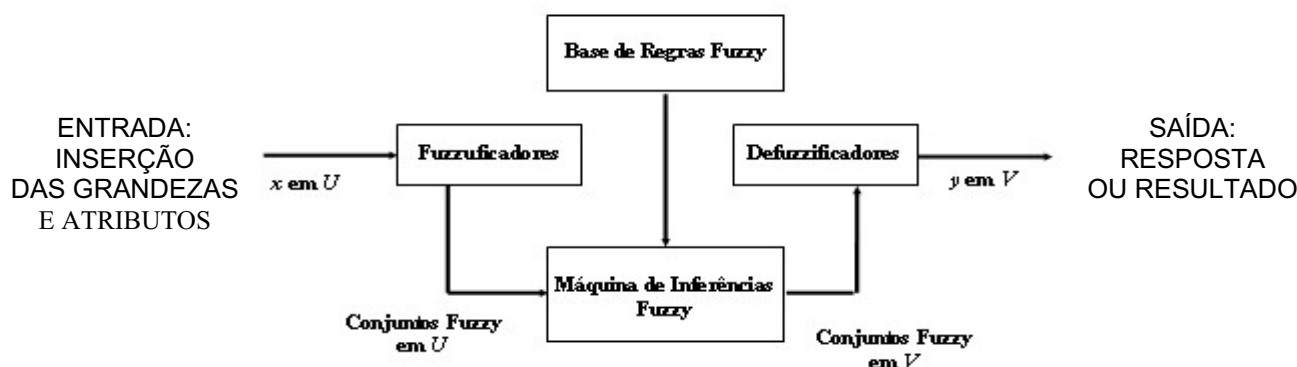
A origem da “Lógica Fuzzy” remonta ao ano de 1965, ou seja, há pouco mais de 40 anos, quando o Professor Lotfi A. Zadeh, da Universidade da Califórnia – Berkeley -, estabeleceu seus princípios ao constatar que muitos processos que utilizavam recursos tecnológicos de automação e softwares de controle e modelagem eram falhos, ineficientes ou insuficientes quando diante de problemas ou situações ambíguas.

A palavra “fuzzy”, em inglês, significa borrado, indistinto (*‘blurred’*); imprecisamente definido, confuso, vago e, no Brasil, alguns também a traduzem como nebuloso, difuso.

A característica principal da “Lógica Fuzzy”, também chamada de “Lógica Nebulosa” ou ainda de “Sistema Difuso”, é a de tratar ou manusear os dados ou informações, em especial as ambíguas, dúbias ou mesmo imprecisas, de uma forma inovadora, não baseando-se na “teoria das probabilidades”, como faz o tratamento estatístico clássico, largamente utilizado na Engenharia de Avaliações. Outra nuance importante e que a torna diferente de outras abordagens matemáticas para resolução de problemas e modelagens é que se pauta no raciocínio dedutivo, isto é, parte de regras amplas ou gerais para chegar às condições particulares. Ela não trata os dados ou cada dado em si, mas sim estuda o fenômeno pelo seu comportamento ou variação em conjunto, em função de certas regras.

O “Sistema Fuzzy” contempla aspectos imprecisos do raciocínio lógico utilizado, em tese, por seres humanos, trabalhando não com probabilidades de um elemento, evento ou grandeza ocorrer, mas sim com o grau de associação de cada elemento com um certo conjunto. O grau de associação é, na “Lógica Fuzzy”, uma medida de compatibilidade do objeto ou elemento ou ainda grandeza com o conceito representado pelo conjunto. Esta medida não é objetiva como a probabilidade, mas sim subjetiva. Esta Lógica prevê um método de traduzir expressões verbais (variáveis lingüísticas), muitas vezes vagas, imprecisas e com grande conotação qualitativa em valores numéricos, o que é muito compatível e adequado para muitas das variáveis usuais na avaliação de imóveis e na engenharia de avaliações em geral. Esta tradução numérico-verbal é realizada pelos “fuzzificadores”, o que possibilita o processamento do entendimento pela “máquina de inferência”, a qual se baseia nas regras estabelecidas.

A associação das expressões verbais (variáveis lingüísticas) com valores numéricos (variáveis quantitativas ou mesmo qualitativas de escala), é, de certa forma, condicionada e trabalhada com uma grandeza chamada de pertinência, que varia de 0, quando a associação inexistente, a 1, quando for plena. A pertinência, no sistema fuzzy, equivale a probabilidade dos modelos estatísticos.

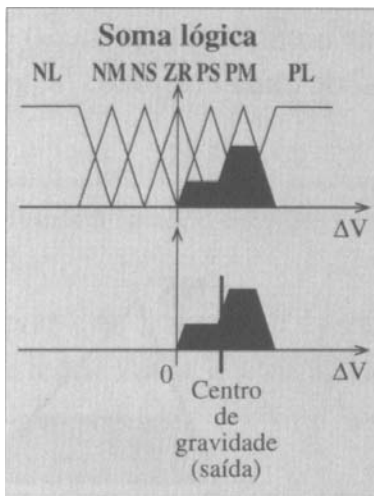


Desenho Esquemático de um sistema Fuzzy.

Fonte: Shaw (1999) - Modificada.

O princípio básico do “Sistema Fuzzy” é o estabelecimento de regras gerais, que não devem ser muito conflitantes e/ou excessivamente ambíguas (embora algumas sejam), isto é, devem ser as mais claras, simples e diretas possíveis. A “máquina de Inferência”, ao cruzar e compatibilizar as diversas regras gerais, é capaz de responder um questionamento ao se inserir as grandezas ou atributos de um evento particular. Existem dois sistemas básicos de inferência: Mamdani e Sugeno. No presente estudo, adotou-se o sistema Mamdani.

A resposta ou o resultado da inferência não é obtido de uma equação, como na regressão, mas sim do cálculo do centro de gravidade da figura geométrica formada pelas diversas regras quando inferidas as grandezas do que será avaliado.



$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^M \bar{y}^i \omega_i}{\sum_{i=1}^M \omega_i}$$

Fórmula para cálculo do Centro de Gravidade Ponderado

Onde: y^* = resultado da inferência ou resposta do modelo

\bar{y}^i = centro de gravidade de cada um dos conjuntos fuzzy dos quais as regras foram utilizadas quando da inferência

ω_i = pertinência ou ainda peso de cada um dos centros de gravidades

Princípio Geral do obtenção da resposta da inferência no Sistema Fuzzy.
Fonte: Shaw (1999)

As regras baseiam-se em expressões lógicas dos tipos "se", "e", "ou" "então", com implicações lógicas dos tipos:

- Se...<condição>...então <consequência>;
- Se ...<condição1>..e...<condição2>....então.... <consequência>;
- Se ...<condição1>..ou...<condição2>....então.... <consequência>

Existe, teoricamente, uma relação entre o número de variáveis de entrada, mas especificamente entre o número de conjuntos que estas formam e a quantidade de regras necessárias para o melhor entendimento da realidade por parte da máquina de inferência. Caso sejam consideradas muitas variáveis divididas em muitos conjuntos, devem ser estabelecidas muitas regras.

Exemplificando tem-se:

Variável 01: Área: dividida em três conjuntos (pequena, média e grande);

Variável 02: Local: dividida em cinco conjuntos (inferior, médio/inferior, médio, médio/superior e superior).

Número de Regras a serem estabelecidas necessárias para um bom entendimento: $3 \times 5 = 15$

Caso se inclua mais uma variável, por exemplo:

Variável 03: Testada: dividida em dois conjuntos (pequena e grande).

A quantidade de regras necessárias para um bom entendimento passaria a ser: $3 \times 5 \times 2 = 30$

As regras, correspondem no Sistema Fuzzy ao banco de dados na análise por regressão, pelo fato de serem as informações inseridas para o processamento, mas não são os dados em si. Os dados ou a base de dados de mercado possibilita e baliza o estabelecimento das regras, mas não são, necessariamente, as regras.

Lógica Fuzzy, Redes Neurais e Algoritmos Genéticos formam o campo de estudos denominado de Inteligência Artificial (IA), que, de maneira isolada ou em conjunto, têm sido bastante aplicados nas mais diversas áreas do conhecimento nos últimos anos, em especial nas quais o pensamento e o comportamento humanos são evidentes, como no caso das ciências econômicas e, mais especificamente, da Engenharia de Avaliações. Este trabalho enfoca exclusivamente a Lógica Fuzzy.

2.5. DIFERENÇAS E CONVERGÊNCIAS ENTRE OS MODELOS POR LÓGICA FUZZY E OS DE MAIS:

Esta lógica ou sistema difere, de maneira direta e frontal:

Dos modelos de regressão:

Quando não considera a teoria de probabilidades como indicador da existência de certas grandezas ou “chance” de ocorrerem certos valores, mas sim a associação subjetiva destas grandezas ou valores com o conjunto estudado, associação esta que varia entre “0” (nenhuma) e “1” (total) através da pertinência possível de ser estabelecida entre várias estruturas gráficas (triangular, trapezoidal, senoidal, gaussiana, etc.). Este enfoque associativo (e não probabilístico) enseja o entendimento de que uma determinada situação, definida de maneira lingüística, possa estar inserida tanto em uma grandeza (ou faixa) quanto em outra, com diferentes graus de pertinência. Pode-se, por exemplo, não estabelecer, a priori, a localização de um bem, que pode estar tanto na faixa de muito boa quanto na faixa de excelente, com graus de associação de 0,35 e 0,65, respectivamente, de tal modo que a soma das duas associações seja 1,00, ou seja, este bem pode estar tanto muito bem ou excelentemente localizado, mas nada além ou aquém disto. Este caso, ilustrando uma situação de “sombreamento” ou mesmo de “dúvida” sobre a verdadeira condição, grandeza ou faixa de uma certa variável, especialmente as de cunho qualitativo, é muito corrente na Engenharia de Avaliações.

Cabe também frisar que a análise de regressão, também chamada de inferência estatística, se pauta no Raciocínio Indutivo, cuja lógica é a observação dos casos ou exemplos particulares (dados ou informações) para concluir sobre o geral (o obtenção do modelo). A Lógica Fuzzy ou o Sistema Difuso tem como princípio o raciocínio dedutivo, isto é, do estabelecimento de regras gerais baseadas em informações já conhecidas (que podem ser os dados ou mesmos os pré-conceitos ou pré-julgamentos) para se inferir conclusões para casos particulares (no caso a inferência do bem que se quer avaliar).

Sistemas Fuzzy, diferentemente dos modelos estatísticos, não permitem ou admitem extrapolação, ou seja, só expressam respostas (saídas ou *outputs*) quando são inferidas grandezas inerentes às informações fornecidas e plausíveis de serem entendidas pelas regras estabelecidas. Assim com as entradas ou “*inputs*” se limitam as informações existentes (limites dos conjuntos), as respostas (saídas ou “*outputs*”) nunca extrapolam a faixa ou os limites das informações existentes (limites dos conjuntos da variável de saída).

Das Redes Neurais:

Quando apresenta as respostas, saídas, resultados (ou inferências) de maneira contínua, continuidade esta com uma variabilidade suavizada pelo enfoque da associatividade ou compatibilidade da grandeza esta bem, o que enseja que uma determinada condição, que pode ser uma quantidade traduzida para uma forma lingüística, seja considerada em distintas posições, enquanto as redes neurais têm respostas eminentemente descontínuas.

Cabe também considerar que nas redes neurais, assim como Sistema Difuso, simula o entendimento humano, porém, o tratamento dos dados pelas Redes, que é do tipo heurístico (por aprendizado), não é percebido pelo operador, ou seja, é oculto, enquanto nos sistemas Fuzzy, que não se baseia em aprendizado mas sim em associação, é possível se visualizar e perceber a lógica do entendimento de uma certa realidade.

Análogo ao que já exposto quando da diferença com os modelos de regressão, as Redes Neurais se baseiam no Raciocínio Indutivo além de poderem ser inseridas em métodos heurísticos, isto é, podem aprender, enquanto a Lógica Fuzzy é Dedutiva (linha de raciocínio inverso) e não se permite ao aprendizado.

Apresenta as seguintes convergências:

Com os modelos de regressão:

Ao apresentarem respostas ou saídas contínuas e inteligíveis, embora a variação da continuidade nos sistemas difusos ser mais suave ou branda do que na regressão;

Com as Redes Neurais:

Tentando desenvolver características e nuances do pensamento humano, embora com linhas de raciocínio antagônicas (dedutiva para a Lógica Fuzzy e indutiva para as Redes Neurais).

2.6. OUTROS MODELOS

Existem outros princípios de modelagem dentro do segmento da engenharia de avaliações, muito pouco difundidos no cenário nacional, mas com certo uso no âmbito europeu, entre os quais pode-se destacar três métodos: Sintético, Beta e Bayesianos.

- Método Sintético: é estabelecida, de maneira arbitrária, uma relação de proporcionalidade entre uma única variável ou atributo explicativo e o valor;

- Método Beta: a modelagem é realizada mediante o estabelecimento ou cálculo de duas funções de distribuições de probabilidade ou mesmo de pertinência (uma para variável explicativa ou atributo e outra para a variável explicada ou o valor). Estabelecendo-se então uma relação entre as duas distribuições já identificadas pode-se conhecer ou estimar o valor de um determinado bem.

- Métodos Bayesianos: fundamentalmente se pautam nos princípios probabilísticos ou estocásticos, originários do século XVIII, estabelecidos e criados por brilhantes matemáticos como Pascal, Fermat, Bernoulli, Laplace e pelo reverendo Thomas

Bayes, religioso e matemático inglês do qual deriva o nome. Com a evolução científica e tecnológica dos últimos tempos, têm tido seu campo de utilização ampliado, com aplicação de distintos procedimentos de modelagens, tais como as simulações de Monte Carlo, as Árvores de Decisão e a Mineração de Dados.

Os dois primeiros métodos não possuem um caráter científico mais profundo, e, conseqüentemente, os resultados têm maiores dificuldades para verificação e validação e podem ser, eventualmente, não muito confiáveis. São utilizados quando as informações ou dados são escassos, em número tão pequeno que não possibilite a adoção de um método mais apurado, ou ainda, uma modelagem mais satisfatória.

Os Métodos Bayesianos, por sua vez, são extremamente complexos e, conseqüentemente, difíceis de serem trabalhados. São utilizados com maior intensidade em estudos nas áreas de engenharia econômica e análise de investimentos.

A literatura estrangeira, em especial BALLESTERO et all. (1997), trata o tema com bastante clareza, abrangência e propriedade.

3. ESTUDO DE CASO

Como primeiro estudo aplicado da “Lógica Fuzzy”, à título de exercício e ilustração, realizou-se a modelagem do mercado imobiliário no segmento de vendas de apartamentos residenciais, e, para tal, foi utilizado o software MATLAB6.1®, aplicativo de ampla aceitação nos meios acadêmicos e profissionais, que executa múltiplas rotinas e funções matemáticas, tais como financeiras, estatísticas e “fuzzy”.

Foram definidas cinco variáveis de entrada (explicativas ou formadores do valor):

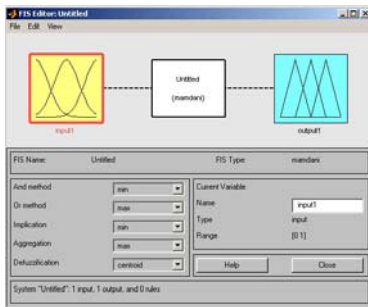
- Área Privativa da Unidade (quantitativa em m²) – dividida em três conjuntos (pequena - menos de 80m²-, média –entre 50 e 180m² - e grande –mais de 135m²);
- Dormitório (quantitativa - n° de quartos ou dormitórios somando 0,5 unidades para cada suíte) – dividida em três conjuntos (pouco – 3 ou menos -, normal – entre 2,5 e 4,5 - e muito –mais de 4);
- Local (qualitativa) – dividida em cinco conjuntos (inferior – menos de 0,18 -, médio/inferior – entre 0,10 e 0,48 -, médio – entre 0,4 e 0,7 - , médio/superior – entre 0,6 e 0,9 - e superior – mais de 0,88-);
- Padrão (qualitativa) – dividida em três conjuntos (inferior- menos de 0,35 -, média – entre 0,15 e 0,85 - e superior – mais de 0,65 -);
- Tempo (qualitativa - Idade do Edifício) – dividida em três conjuntos (novo - menos de 7 anos -, médio- entre 5 e 25 anos - e antigo – mais de 20 anos)

A variável de saída (ou explicada) ficou sendo o valor global do apartamento (em R\$) – dividida em cinco conjuntos (baixo – menos de R\$ 100.000 -, médio – entre R\$ 75.000 e R\$ 200.000 -, alto – entre R\$ 180.000 e R\$ 300.000 -, muito alto – entre R\$ 280.000 e R\$ 480.000 -, muitíssimo alto – mais de R\$ 400.000 -).

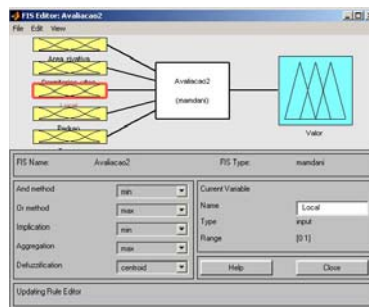
O princípio da nebulosidade ou do sombreamento fica claro nas divisões acima, como por exemplo, apartamentos entre 50 e 80m² podem ser entendidos tanto como pequenos quanto como médios, com distintos graus de pertinência, assim como edifícios com idade entre 5 e 7 anos podem ser considerados, no tempo, tanto como novos quanto como médios, com diferentes graus de

pertinência. Adotou-se, para fins de simplificação, a estrutura gráfica trapezoidal para o estabelecimento das pertinências de todas variáveis utilizadas.

A seguir estão ilustradas as distintas telas do software MATLAB6.1®, nas quais visualizam-se o princípio geral da máquina de inferência (a), as variáveis adotadas (b), conjuntos das variáveis: área privativa (c), número de dormitórios (d), local (e), padrão (f), tempo (g) e valor (h), e, por último, parte das 61 regras estabelecidas (i):



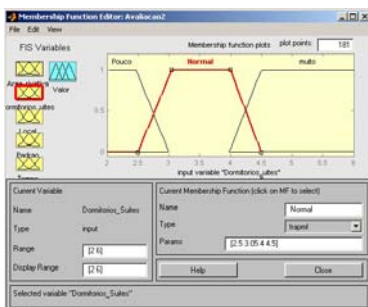
(a) máquina de inferência



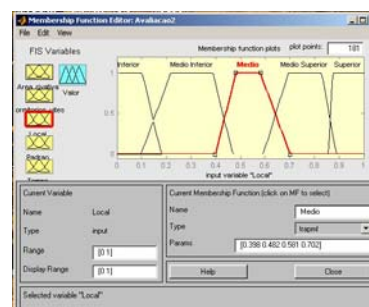
(b) variáveis adotadas



(c) conjuntos da área privativa



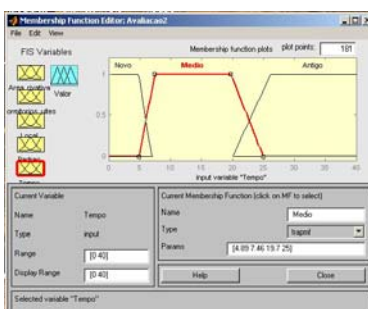
(d) conjuntos do n° de dormitórios



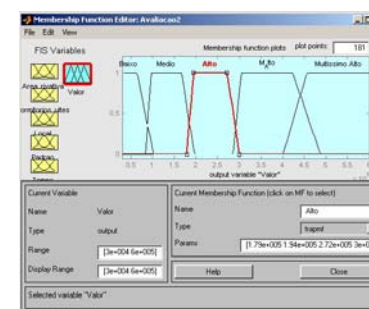
(e) conjuntos do local



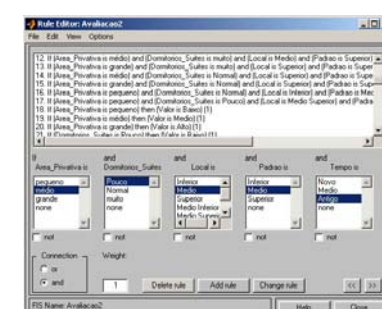
(f) conjuntos do padrão



(g) conjuntos do tempo



(h) conjuntos do valor



(i) algumas das regras

Foram estabelecidas apenas 61 regras gerais, sendo que as 18 primeiras são relativamente complexas e correspondem as grandezas de 18 amostras (dados reais de mercado), como por exemplo:

- Regra 01: Se [Área Privativa é média] e [Dormitório/Suíte é pouco] e [Local é médio] e [Padrão é médio] e [Tempo é antigo] então [Valor é baixo]

- Regra 15: Se [Área Privativa é grande] e [Dormitório/Suíte é normal] e [Local é superior] e [Padrão é superior] e [Tempo é médio] então [Valor é alto]

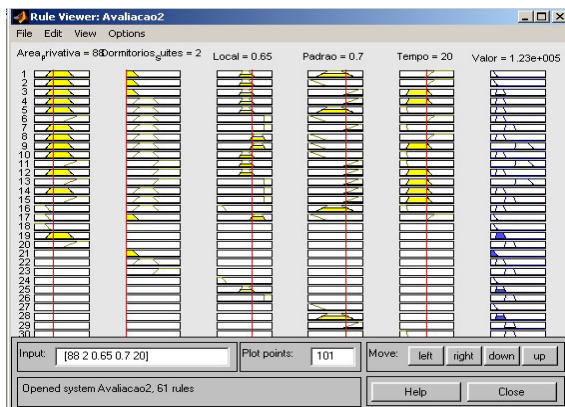
As demais são princípios genéricos e bem simples, tais como:

- Regra 24: Se [Local é inferior] então [Valor é baixo]
- Regra 28: Se [Padrão é médio] então [Valor é médio]
- Regra 32: Se [Tempo é novo] então [Valor é alto]

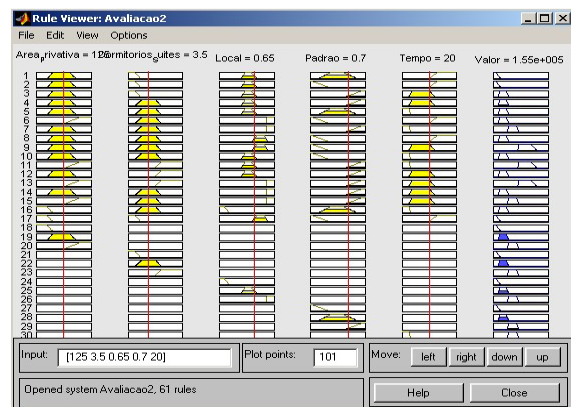
Cabe ressaltar que em função do número de variáveis de entrada (5) e dos 17 conjuntos formados por estas (3+3+5+3+3), atendendo as recomendações de diversos autores, como já descrito, deveriam ter sido estabelecidas 405 regras (3x3x5x3x3) para que a máquina de inferência pudesse ter um entendimento mais claro do mercado, que é a realidade a ser representada ou modelada, estabelecendo, desta forma, um modelo mais correto com respostas mais confiáveis. Como este estudo é de caráter introdutório e ilustrativo, a não observância desta recomendação será relevada, realizando-se as inferências apenas com as 61 regras estabelecidas.

4. RESULTADOS

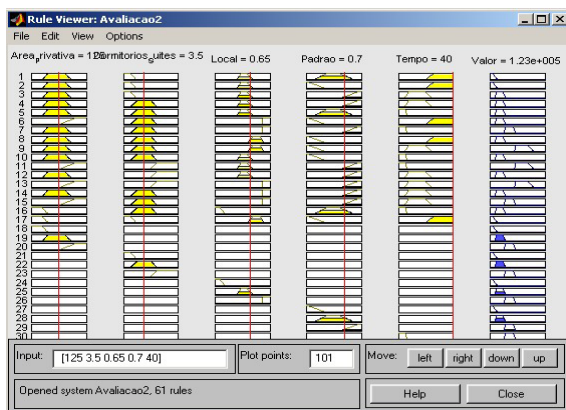
Foram realizadas diversas inferências ao serem inseridas as grandezas de apartamentos reais, isto é, particularizando-se eventos a serem calculados com base no entendimento que a máquina de inferência obteve em função das regras gerais estabelecidas para a realidade objeto de modelagem. A seguir estão expostas, como exemplo e ilustração, quatro das inferências realizadas:



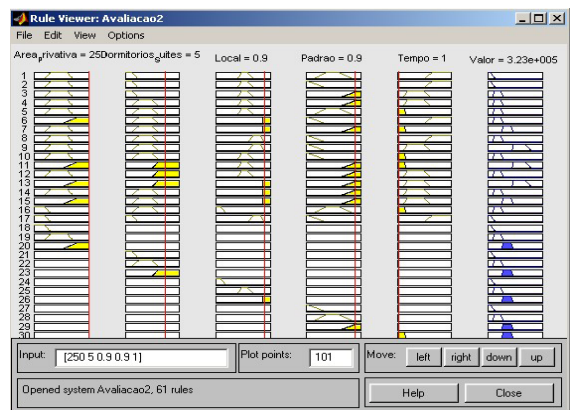
AP = 88m²; Dorm = 2; Local = 0,65; Padrão = 0,70;
Tempo = 20 anos ----- Valor = R\$ 123.000,00



AP = 125m²; Dorm = 3,5; Local = 0,65; Padrão = 0,70;
Tempo = 20 anos ----- Valor = R\$ 155.000,00



AP = 125m²; Dorm = 3,5; Local = 0,65; Padrão = 0,70;
Tempo = 40 anos ----- Valor = R\$ 123.000,00



AP = 250m²; Dorm = 5; Local = 0,90; Padrão = 0,90;
Tempo = 1 ano ----- Valor = R\$ 323.000,00

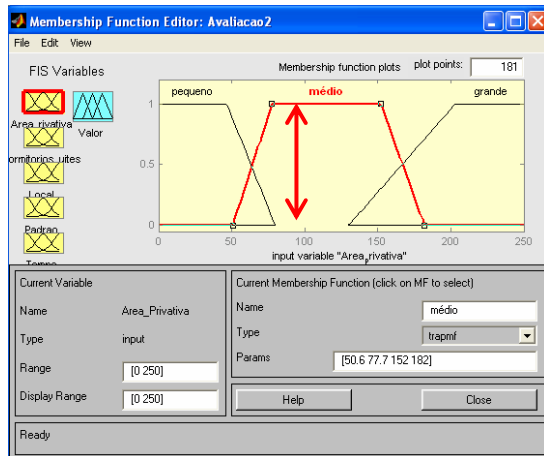
Objetivando entender com maior clareza o método e o processamento da Lógica Fuzzy propostos neste trabalho, serão detalhadas as entradas de dados (*inputs*) no primeiro dos quatro exemplos de inferência, bem como a saída ou resposta:

- ENTRADA (*inputs* da inferência):

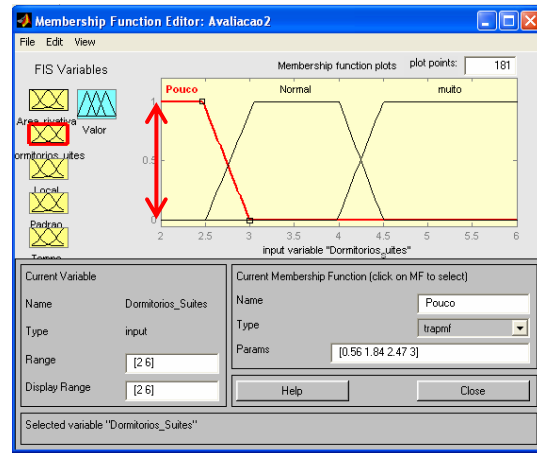
- Variável Área Privativa: 88 m², que, após ser “fuzzificada”, insere-se no conjunto média, com pertinência igual a 1
- Variável Dormitórios: 2 (dois dormitórios, nenhuma suíte), que, após ser “fuzzificada”, insere-se no conjunto média, com pertinência igual a 1.
- Variável Local: 0,65, que, após ser “fuzzificada”, insere-se em dois conjuntos: médio, com pertinência 0,50 e médio/superior com pertinência 0,50, caracterizando-se uma faixa de sobreamento deste atributo.
- Variável Padrão: 0,70, que, após ser “fuzzificada”, insere-se em dois conjuntos: médio, com pertinência 0,75 e superior com pertinência 0,25, caracterizando-se uma faixa de sobreamento deste atributo.
- Variável Tempo: 20 anos de idade, que, após ser “fuzzificada”, insere-se em dois conjuntos: médio, com pertinência 1,00 e antigo, com pertinência 0,00, caracterizando-se o início da faixa de sobreamento desta grandeza, pois o conjunto cuja a pertinência é zero (no caso antigo) está no seu limite ou banda inferior.

Cabe lembrar que a “fuzzificação” é a tradução numérico-verbal da grandeza ou atributo, e é o que torna possível o entendimento do fenômeno ou da realidade pela máquina de inferência, a qual, baseada nas regras estabelecidas e verificando a pertinência de cada entrada que foi traduzida, calcula a resposta que, após ser “defuzzificada”, é apresentada de forma numérica.

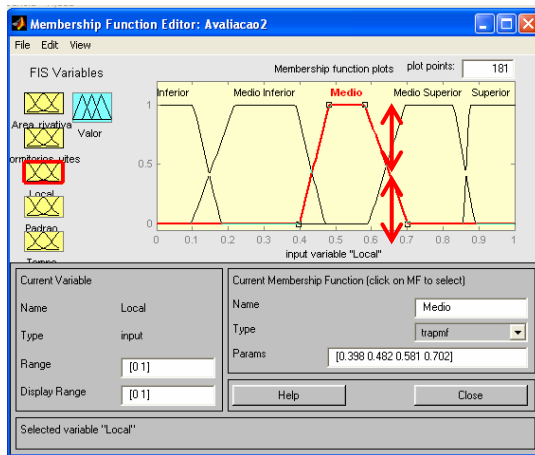
A seguir pode ser visualizada cada uma das cinco variáveis inferidas, identificando-se com setas as pertinências:



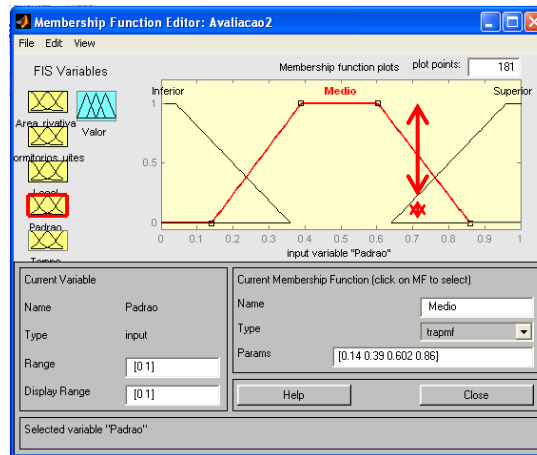
(a)



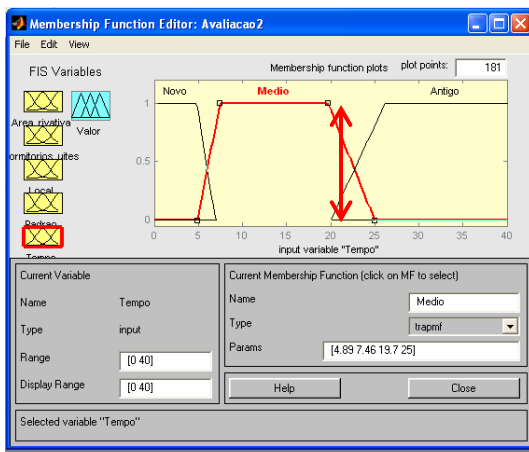
(b)



(c)



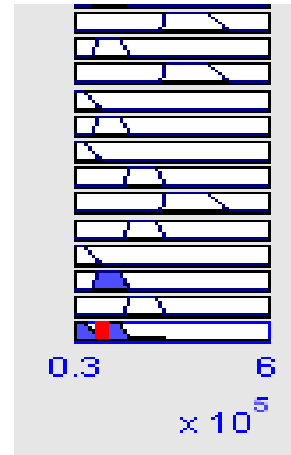
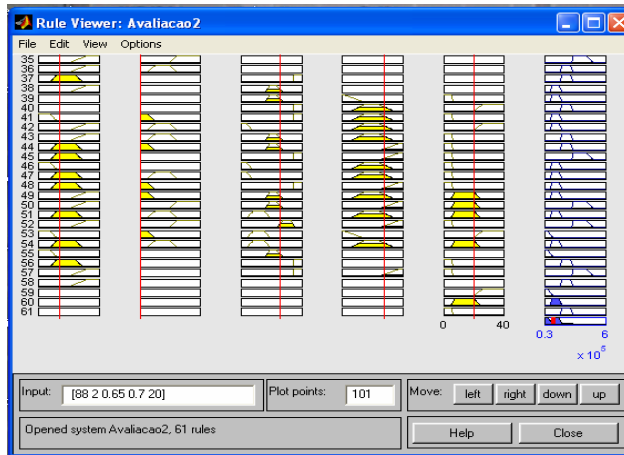
(d)



(e)

- (a) – Área Privativa – 1 conjunto
- (b) – Dormitórios – 1 conjunto
- (c) – Local – 2 conjuntos (sombreamento), com pertinências de 0,50 cada
- (d) – Padrão – 2 conjuntos (sombreamento), com pertinências de 0,75 e 0,25
- (e) – Tempo – 2 conjuntos (sombreamento), com pertinências de 1,00 e 0,00 (zero)

- SAÍDA:
- Variável Valor: Médio com pertinência de 1,00: R\$ 123.000,00



Tela com a inferência, na sua parte final, apresentando algumas das regras que foram utilizadas quando da inferência e algumas que não foram

Detalhe da variável Valor cuja a resposta é o centro de gravidade da figura formada pelas inferências

Das quatro inferências expostas e de inúmeras outras realizadas, procedeu-se a validação do modelo, pois, por análise de sensibilidade, não foram detectadas incoerências, inconsistências ou resultados incompatíveis com as expectativas e o mercado.

5. CONCLUSÕES

1. Além das formas já conhecidas de se modelar mercados imobiliários, que são por análise de regressão e por redes neurais artificiais, pode-se realizar modelagem também por “Lógica Fuzzy”, também conhecida como “Sistemas Difusos” ou ainda “Nebulosos”.

2. “Lógica Fuzzy”, Redes Neurais e Algoritmos Genéticos formam o campo de estudos denominado de Inteligência Artificial (IA), que, de maneira isolada ou em conjunto, têm sido bastante aplicados nas mais diversas áreas do conhecimento nos últimos anos, em especial nas quais é de grande importância a elaboração ou definição de modelos que representem o pensamento e o comportamento humanos.

3. A modelagem por “Lógica Fuzzy” se pauta no raciocínio dedutivo, isto é, de regras gerais para se inferir em casos particulares, antagônica e diametralmente oposto aos princípios utilizados pela regressão e pelas redes neurais, que se pautam em um raciocínio indutivo.

4. Na utilização do “Lógica Fuzzy” em trabalhos de valoração não se utilizam diretamente os dados de mercado para formação do modelo, mas sim regras gerais que tentam expressar, de maneira lingüística (semântica), princípios, intervalos numéricos e relações quantitativas e qualitativas entre as distintas variáveis e o valor. Certamente o estabelecimento das referidas regras deve se pautar em

observações da realidade, para que as mesmas sejam coerentes e possibilitem um entendimento da “verdade do mercado”, observações estas que podem ser simples opiniões ou percepções (*feelings*), mas que também podem ser os dados factuais mercadológicos propriamente ditos.

5. As respostas nos “Sistemas Nebulosos” não derivam de um modelo representado por uma equação matemática, como em um modelo de regressão, mas sim do cálculo do centro de gravidade de uma figura formada pelas distintas regras estabelecidas quando inferidas as grandezas ou os atributos das variáveis do bem avaliando. A modelagem por “*Lógica Fuzzy*” não é um tratamento de dados no estrito senso do termo, como na análise de regressão ou nas redes neurais, mas sim uma formulação ou sistematização de princípios (regras) que, quando consideradas em conjunto, fornecem a resposta ou o resultado. Desta forma é, em tese, um princípio, mecanismo ou método de valoração por modelagem que talvez não se enquadre no “Método Comparativo de Dados de Mercado”, estabelecido nas Normas Técnicas da ABNT e na literatura técnico-científica, mas sim um novo enfoque, talvez de um “Método de Entendimento Racional e de Sensibilidade Quantificada”, que pode também ser admitido como um “*feeling científico*”, fundamentado, embasado e calculado. Apresenta semelhança com os métodos bayesianos (estocásticos ou probabilísticos) no seu enfoque, porém seus fundamentos matemáticos são muito distintos.

6. Os “Sistemas Nebulosos”, que tentam simular o pensamento humano, são bastante aplicados e até mesmo indicados para estudar situações, fenômenos ou realidades pouco mensuráveis, dúbias e mesmos imprecisas. As variáveis estudadas em Engenharia de Avaliações possuem, geralmente, relações muito complexas entre si, e, tanto algumas quantitativas, mas especialmente as qualitativas, apresentam, em grande grau, conotações subjetivas, dúbias, vagas e imprecisas. Logo a “*Lógica Fuzzy*”, que admite as condições e situações de dúvida, sombreamento e nebulosidade, tem, nesta área do conhecimento, um amplo campo de aplicação, aplicação esta não realizada até o presente, mas que, como apresentado neste artigo, é plausível e até mesmo recomendável.

7. Outro fator que reforça a recomendação da adoção da “*Lógica Fuzzy*” em modelagem na Engenharia de Avaliações é a simplicidade e a clareza com que se processa e com que expressa seus resultados. Termos como confuso, difuso, nebuloso, oculto, complexo só existem nos outros nomes que este sistema possa ter, pois os modelos que ela alcança são muito simples, e a simplicidade é, ou pelo menos deveria ser, um dos principais motivos e objetivos da utilização de modelos. É importante frisar que simplicidade não é sinônimo de simplismo. Neste trabalho, o modelo com simplicidade, como o que foi alcançado pela “*Lógica Fuzzy*”, é aquele que expressa sua verdade de forma simples, mas com naturalidade, clareza, espontaneidade e, até mesmo, elegância. Já o simplista é aquele que despreza ou não considera elementos necessários e importantes na formação do modelo e que se utiliza de meios ou processos demasiadamente simples.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), “NBR 14653 Avaliação de bens - Parte 1: procedimentos gerais”, Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), “NBR 14653 Avaliação de bens - Parte 2: imóveis urbanos”, Rio de Janeiro, 2004.
- AZCONA, Juan Pedro, “Influencia de la Ubicación en el Valor de Mercado de las Edificaciones en Área Urbana”, Caderno Brasileiro de Avaliações e Perícias, n°s 113 e 114, Porto Alegre, 1998..
- BALLESTERO, Enrique e RODRIGUÉZ, José Angel, “El Precio de los Inmuebles Urbanos: Técnicas e Informes Periciales”, UPV, Valência, 1997.
- BITTENCOURT, Guilherme, “Inteligência Artificial: ferramentas e teorias”, 2ª edição, UFSC, Florianópolis, 2001.
- COCHRAN, William G., “Técnicas de Amostragem”, Fundo de Cultura Brasil/Portugal, 1965.
- DANTAS, Rubens Alves, “Engenharia de Avaliações: uma introdução à metodologia científica”, Pini, São Paulo, 1998.
- Fuzzy Logic Toolbox for use with MATLAB - User 's Guide; The Mathworks Inc., 3a ed., 1998.
- GUEDES, Jackson Carvalho, “Duas Ferramentas Poderosas à Disposição do Engenheiro de Avaliações – Modelos Lineares Generalizados e Redes Neurais”. Anais do XI COBREAP – Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias - Guarapari, 2001
- GONZALÉZ, Marco Aurélio Stumpf, “A engenharia de Avaliações na Visão Inferencial”, Unisinos, São Leopoldo, 1997.
- ILHA MOREIRA, Ibá, “Avaliação de bens por Estatística Inferencial e Regressões Múltiplas”, Avalien, Porto Alegre, 1993.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (IBAPE/SP), “Norma Básica para Perícias de Engenharia”, Caderno Brasileiro de Avaliações e Perícias, n° 75, Porto Alegre, 1995.
- MAIA NETO, Francisco, “Introdução à engenharia de avaliação e perícias judiciais”, Del Rey, Belo Horizonte, 1992.
- MOLINA, Manuel Alcázar, “El Catastro en España”, UPV, Valência, 1999.
- MONTENEGRO DUARTE, André, “O Valor Econômico e Estratégico das Águas da Amazônia” (Tese de Doutorado - UFPA), Belém, 2006.
- MONTENEGRO DUARTE, André, “Modelo Geral de Valores Isento de Subjetividade – Caso de Apartamentos na Cidade de Belém” (dissertação de Mestrado - UPV), Porto Alegre e Valência, 1999.
- RODRIGUÉZ, José Angel , “Valoración analógica de apartamientos su aplicación a la ciudad de Madrid, UPV, Valência, 1997.
- SÁ, Cláudio Bustamante Pereira de, “Calibração Automática de Modelos Ecológicos Baseada em Equações Diferencias Ordinárias Utilizando Algoritmos Genéticos” (Tese de Doutorado - UFRJ), Rio de Janeiro, 2003.
- BARBOSA FILHO, Domingos de Saboya. “Avaliação de Terras Conflagradas pelas Fraldas Urbanas”. Anais do I COBREAP – Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias –Ed. PINI São Paulo, 1978

- SEGURA, Baldomero , "Tratamiento cuantitativo para tasadores", UPV, Valência, 1998.
- SHAW, Ian S., "Controle e Modelagem fuzzy", Edgar Blücher Ltda./FAPESP, São Paulo, 1999.
- SPIEGEL, Murray Ralph, "Estatística", MacGraw-Hill, São Paulo, 1985.
- WANG, Li-Xin, "A Course in Fuzzy Systems and Control", Prentice-Hall International Inc., New Jersey, 1997.
- ZENI, André Maciel, "Curso de Métodos Matemáticos e Estatísticos na Engenharia de Avaliações", Anais do VI COBREAP, Belo Horizonte, 1990.