

**XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - IBAPE/MG - 2015**

**AVALIAÇÕES DE IMÓVEIS URBANOS: UTILIZAÇÃO
DA LÓGICA FUZZY PARA A CONSIDERAÇÃO DE
VARIÁVEIS AMBIENTAIS SINGULARES**

RESUMO

Este trabalho apresenta um método que utiliza a Lógica *Fuzzy* como ferramenta para estimar a influência, dentro do intervalo do campo de arbítrio, de variáveis ambientais singulares de um imóvel urbano. Objetiva aumentar a transparência na utilização do intervalo dentro do campo de arbítrio, discutir o impacto e as dificuldades da consideração das variáveis ambientais na avaliação de um imóvel através do uso de uma lógica que permita captar a subjetividade destas, como a lógica fuzzy aqui apresentada. Para a aplicação desta proposta foi realizado um estudo de caso.

Palavras chave: *Avaliações de Imóveis. Lógica Fuzzy. Variáveis Ambientais. Campo de Arbítrio.*

INTRODUÇÃO

Os métodos utilizados para a Avaliação de Imóveis, sendo o mais comum o Método Comparativo Direto de Dados de Mercado (MCDDM), não apenas propiciam a correta identificação dos valores econômicos envolvidos, mas como também proporcionam qualidade e transparência ao processo (ABUNAHMAN, 1999).

Porém, quando há a necessidade de considerar aspectos ambientais no valor de um imóvel, há a dificuldade em trabalhar com variáveis que se mostram subjetivas, difusas e de difícil mensuração, além de nem sempre estarem contempladas na amostra utilizada no processo de avaliação, como no MCDDM, aumentando o nível de subjetividade na sua resposta e minimizando a transparência do processo científico até então utilizado.

Em determinadas situações, a norma ABNT NBR 14.653-2:2011, permite a utilização do Campo de Arbítrio (item 8.2.1.5 desta norma), que trata de uma semi-amplitude de 15% para mais ou para menos do estimador central obtido na avaliação.

Na utilização de recursos públicos, mesmo privados, pequenas variações em valores significam milhares, milhões de recursos envolvidos na conta final de seus negócios. Existe, portanto, uma demanda sempre crescente por cada vez mais transparência e maior confiabilidade nas avaliações.

Dentro destes cenários de ocorrência de subjetividades, abstratos, em que as considerações de variáveis difusas, como as ambientais, necessitam ser trabalhadas com maior transparência através de métodos científicos, a utilização de novas ferramentas, como a Lógica *Fuzzy*, se apresenta como uma opção, um campo a ser melhor pesquisado e experimentado.

A Lógica *Fuzzy* é um método desenvolvido nos anos 1960 pelo professor Lotfi A. Zadeh, em resposta a uma necessidade de se fornecer um ferramental matemático que contemplasse os aspectos imprecisos no raciocínio lógico dos seres humanos e também as situações ambíguas, não passíveis do processamento convencional computacional fundamentado na lógica booleana (NICOLETTI, 2009).

A expressão *Fuzzy* (difuso, nebuloso) foi utilizada pela primeira vez em 1965 em uma publicação feita por este professor de Teorias dos Sistemas da Universidade da Califórnia, Berkeley, considerado o pai da Teoria de Conjuntos *Fuzzy* (SIMÕES, 2007).

Desde então esta lógica seguiu os mesmos rumos de outras recentes tecnologias: criada nos Estados Unidos, desenvolvida na Europa, massificada no Japão, estando agora, novamente, retornando aos Estados Unidos. Atualmente é amplamente utilizado em vários setores e atividades, tais como: robótica, automação de linhas de produção, simulações financeiras, avaliações, entre outros (FUZZYTECH, 2014).

Este trabalho pretende contribuir para a melhoria da transparência e da qualidade das avaliações em que a utilização do Campo de Arbítrio se faça necessária, tais como as avaliações que envolvem variáveis ambientais não contempladas na amostra, através de uma proposta complementar aos tradicionais métodos já previstos na norma ABNT NBR 14.653-2:2011.

Busca-se como objetivo geral deste artigo trabalhar, de forma complementar à metodologia tradicional prevista em norma, as ferramentas da Teoria *Fuzzy*, mais

precisamente dos Conjuntos Fuzzy, de forma a permitir a adequada consideração das variáveis ambientais singulares na formação do valor de um imóvel urbano, utilizando-se do intervalo do Campo de Arbítrio. Além do objetivo geral, o trabalho tem como objetivos específicos:

- Aprofundar os estudos referentes à aplicação da Lógica Fuzzy na atividade de Avaliação de Imóveis.
- Discutir a influência das variáveis ambientais no processo de formação do valor do imóvel urbano.
- Contribuir para o aumento da transparência através da utilização de metodologia científica, complementar à metodologia tradicional prevista em norma, para casos que se faça necessária a utilização do campo de arbítrio.
- Apresentar e discutir um estudo de caso de um imóvel urbano em que a metodologia seja aplicada.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Avaliação de Imóveis

A avaliação de imóveis se apresenta como uma grande atividade da engenharia, com impacto direto na viabilização de milhares de negócios. Os primeiros trabalhos de avaliação remontam aos anos 40 do século XX, com o engenheiro Berrini (Duarte, 2007), sendo que a atividade vem apresentando um avançado estágio de evolução, inclusive quando comparados a países como EUA, Inglaterra e França, os quais são considerados grandes potências mundiais (PELLI, 2010).

Tem na norma ABNT NBR 14.653 partes 1 a 7, importante instrumento desta evolução, pois esta permite a padronização de procedimentos bem como a introdução de conceitos e de exigências técnicas que se traduzem em trabalhos de mercado executados com fundamentação e precisão mínima desejadas.

Há de se citar também a atuação de instituições como o IBAPE São Paulo e o IBAPE Entidade Federativa Nacional, que se empenham na melhoria e divulgação desta ciência, enquanto engenharia, e de trabalhos altamente qualificados, enquanto negócio e mercado (DUARTE, 2007).

Instituições públicas financiam milhões de valores envolvidos em milhares de negócios ao ano sendo que, como todo negócio, partes gerenciais envolvidas tendem a valorizar e desvalorizar aspectos destes imóveis, conforme atuem em uma das pontas deste mercado: vendedora ou compradora.

Entretanto, como já é de conhecimento do mercado, apesar da utilização de ferramentas matemáticas e de softwares sofisticados como o SISDEA® (utilizado neste trabalho), sabe-se que há uma imprecisão inerente ao próprio processo, em que a obtenção do valor real do imóvel para um dado momento é praticamente nula, sendo adotados, portanto, ao invés de estimativas pontuais, intervalos de valores com determinado grau de probabilidade de que estes contenham o real valor do imóvel, para as quais são utilizadas as estimativas intervalares.

Dentro deste campo de atividade de engenharia, a norma ABNT NBR 14.653 tem discutido amplamente em suas reuniões de revisões a conceituação e aplicação do conceito de Campo de Arbítrio e de Intervalo de Confiança (Pelli, 2010). Dessas

discussões resultaram as definições dos itens 3.40 (Intervalo de Confiança) e 3.8 (Campo de Arbítrio) os quais serão apresentados nos próximos tópicos.

1.1.1 Intervalo de Confiança

A proposta de se utilizar um estimador intervalar é a de se conseguir alguma garantia na obtenção dos parâmetros de interesse no estudo, associando alguma precisão na estimativa, o que geraria confiança e segurança nos valores obtidos.

O intervalo de confiança está definido no item 3.40 da ABNT NBR 14653-2:2011 como: “intervalo de valores dentro do qual está contido o parâmetro populacional com determinada confiança”

Portanto, as estimativas intervalares que agregam uma determinada medida de confiança, também conhecido como grau de confiança, chamam-se de Intervalo de Confiança (PELLI, 2010). Importante entender que o intervalo de confiança é aleatório e calculado de forma técnica pela própria inferência estatística nos métodos tradicionais previstos em norma.

Portanto, para um mesmo imóvel em determinado momento, diferentes engenheiros de avaliação, trabalhando com diferentes amostras, obterão intervalos com valores distintos, mas que é esperado que o real valor do imóvel esteja contido em 80% (valor definido pela norma) destes trabalhos.

1.1.2 Campo de Arbítrio

Campo de Arbítrio é definido na norma ABNT NBR 14653-1:2001 como:

“3.8 Campo de Arbítrio: Intervalo de variação no entorno do estimador pontual adotado na avaliação, dentro do qual pode-se arbitrar o valor do bem, desde que justificado pela existência de características próprias não contempladas no modelo.”

Esta definição é complementada na norma ABNT NBR 14653-2:2011 como:

“8.2.1.5.1 O campo de arbítrio definido em 3.8 da ABNT NBR 14653-1:2001 é o intervalo com amplitude de 15%, para mais ou para menos, em torno da estimativa de tendência central utilizada na avaliação.”

“8.2.1.5.2 O campo de arbítrio pode ser utilizado quando variáveis relevantes para a avaliação do imóvel não tiverem sido contempladas no modelo, por escassez de dados de mercado, por inexistência de fatores de homogeneização aplicáveis ou porque essas variáveis não se apresentam estatisticamente significantes em modelo de regressão, desde que a amplitude de até mais ou menos 15% seja suficiente para absorver as influências não consideradas e que os ajustes sejam justificados.”

A palavra “arbítrio” segundo o dicionário Michaelis é definida como: “1 Resolução que depende da vontade; 2 Julgamento de árbitros; 3 Opinião, voto”. Com base nestas definições, tem-se que Campo de Arbítrio é um intervalo de valores arbitrados, limitado a uma semi-amplitude de mais ou menos 15% em torno da estimativa pontual calculada, dentro do qual o valor final a ser atribuído ao imóvel estará contido.

Utiliza-se o campo de arbítrio quando variáveis relevantes para a avaliação não foram contempladas na amostra, levando o avaliador a arbitrar o valor final adotado, dentro da semi-amplitude de +/- 15% permitida.

Observa-se, porém, que por ser algo arbitrado, pela própria definição deste, se trata de uma opinião ou um julgamento que depende basicamente da vontade do engenheiro avaliador, cria-se a necessidade de se impor restrições para que todo o trabalho técnico desenvolvido até então não venha ser perdido ou desqualificado (PELLI, 2010).

Importante ainda observar que, quando adotado o campo de arbítrio, o engenheiro deve apresentar e explicitar no laudo de avaliação a fundamentação necessária para o valor adotado, conforme citado na norma ABNT NBR 14653-2:2011.

1.2 Variáveis Ambientais

Neste trabalho entende-se por variáveis ambientais aquelas cujos aspectos característicos podem interagir com o meio-ambiente, do qual podem se originar impactos ambientais, positivos ou negativos, sobre o meio.

O meio ambiente, assim entendido como toda circunvizinhança a um local em estudo, incluindo ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações pode ser classificado (FIORILLO, 2001):

- Natural: normalmente o conceito mais associado com o termo meio-ambiente. Se refere aos elementos solo, água, ar atmosférico, flora, fauna
- Artificial: espaço urbano construído (edificações e equipamentos comunitários);
- Cultural: que diz respeito às nossas culturas, tradições;
- Trabalho: que diz respeito ao nosso ambiente e condições de trabalho e de sua circunvizinhança.

A presente classificação mostra que as variáveis ambientais vão além de aspectos representativos apenas da nossa natureza, mas também englobam o nosso meio urbano construído, os seres-humanos e os impactos no entorno e na qualidade de vida das pessoas e do próprio meio.

Como exemplo de variáveis ambientais pode-se citar as emissões atmosféricas, poluição do ar, poluição do som, poluição visual, lançamentos em corpos d'água, alterações do solo, segurança, entre outros. O Quadro 1 apresenta exemplos de variáveis ambientais em uma avaliação de imóvel, com seus possíveis aspectos e impactos ambientais.

Variáveis ambientais relevantes podem estar presentes no avaliando, devendo ser consideradas. Porém estas possuem características próprias, subjetivas e as pessoas possuem percepções diferentes quanto a elas, sendo de difícil quantificação devido a esse subjetivismo expresso, pelo senso comum, através de termos linguísticos como “péssimo”, “ruim”, “bom”, “longe”, para citar alguns.

Quadro 1 Exemplos de Variáveis Ambientais em uma avaliação de imóvel

VARIÁVEIS AMBIENTAIS	ASPECTOS AMBIENTAIS	IMPACTOS AMBIENTIAS
PENITENCIÁRIA	Visual Segurança/Conforto Trânsito	Influência na Vista Permanente - Possível sensação de desconforto e/ou de insegurança
ETE	Visual - Ar	Influência na Vista Permanente - Poluição do Ar
RODOVIA	Ar - Som	Poluição do Ar - Poluição Sonora
ANTENA CELULAR	Radiação Eletromagnética	Influência da Radiação eletromagnética - poluição Visual
TERMINAL INTERMUNICIPAL DE ÔNIBUS	Ar – Som - Trânsito	Poluição do Ar - Poluição Sonora

Há também de se salientar que as percepções quanto a estas variáveis vêm mudando ao longo dos tempos e também não são as mesmas entre as diversas camadas sociais da sociedade (BORANGA, 2003).

Para se entender as variáveis ambientais e a própria subjetividade desta, precisa-se entender o que é a questão ambiental e como esta vem acontecendo ao longo dos anos, o que será feito no próximo item.

1.2.1 A Questão Ambiental

A questão ambiental assim propriamente dita, se refere ao intenso processo de degradação generalizada do meio ambiente e dos recursos naturais, provocadas pela intensificação do crescimento econômico e populacional no século XX. (SOUZA, 2000).

A relação entre o crescimento econômico e o meio ambiente apresenta conflitos desde os tempos remotos. Ocorre porém que apenas recentemente, durante o século XX, esses conflitos atingiram dimensões que poderiam pôr em risco a sustentabilidade da vida no planeta (MOURA, 2003).

As razões para que o século XX tenha manifestado de forma tão contundente o processo endêmico da degradação ambiental são muitas:

- Intensificação da industrialização;
- Explosão demográfica;
- Produção e consumo em massa;
- Urbanização;
- Modernização agrícola; entre outros.

Estas relações conflitivas entre o processo de crescimento econômico e o meio ambiente manifestam-se, basicamente, por meio da degradação de recursos naturais renováveis e não renováveis, pela geração de poluição (águas, solos, ar e produtos a serem consumidos), e pela produção e situações de risco de desastres ambientais (CUNHA, 2000).

Os problemas ambientais podem apresentar as seguintes características quanto às dimensões: Espacial, Econômica, Científica e Temporal, como se segue (SOUZA, 2000):

- Espacial:
 - Locais: os efeitos são produzidos e podem ser sentidos pelas populações ou agentes econômicos locais: Exemplo: poluição do ar e da água;
 - Globais: as causas estão disseminadas pelo mundo e os efeitos podem se dar em nível planetário (embora muitas vezes não sejam sentidos localmente). Exemplos: efeito estufa, destruição da camada de ozônio, perdas de grandes áreas florestais;
- Econômica:
 - Econômicos: são aqueles materializados na forma de custos econômicos. Exemplos: prejuízo das chuvas ácidas às propriedades, lavouras, florestas; erosão do solo sobre a produtividade da terra e sobre os custos de manutenção de usinas hidrelétricas;
 - Não Econômicos: não podem ser quantificados economicamente ou são de difícil obtenção. Exemplos: mortalidade decorrente da poluição do ar; da perda de espécies animais e vegetais; da perda de ecossistemas, perda de vista cênica.
- Científica:
 - Objetiva: ocorre quando se pode identificar claramente as causas e efeitos de determinada poluição e poluente. Exemplos: degradação do solo sobre a produtividade agrícola, poluição das águas sobre estoques de peixes;
 - Subjetiva (Incerto): são de difícil consenso sobre as causas e efeitos de determinada poluição e poluente, sendo de difícil identificação, precisão e tratamento. Exemplos: perda da biodiversidade; perda da função reguladora climática das florestas.
- Temporal:
 - Curto Prazo: sentidos ainda pela geração responsável pelo problema. Exemplos: chuvas ácidas sobre as plantações; erosão do solo sobre o assoreamento de um curso d'água; a exploração excessiva da pesca;
 - Médio Prazo: são aqueles em que os prazos dos efeitos são incertos. Exemplos: desmatamento; efeito estufa; perda da biodiversidade;
 - Longo Prazo: são aqueles cujo prazo dos efeitos são de difícil mensuração. Exemplos: esgotamento dos recursos naturais não renováveis, poluição sonora.

As ações ambientais no mundo inteiro concentram seus esforços e logram os maiores êxitos quando tratam de problemas ambientais considerados como sendo locais, econômicos, objetivos e de curto prazo (SOUZA, 2000).

Problemas de características globais, não econômicos, subjetivos (incertos) e de médio a longo prazo são de tratamento difícil e bastante polêmicos, mesmo entre a população diretamente afetada por estes.

Outra questão central deste tema é: quanto o ser humano está disposto a abrir mão de bens econômicos tangíveis e do conforto pessoal, proporcionado por bens materiais em detrimento da melhoria da qualidade de bens ambientais e do próprio meio em que está inserido, estes nem sempre tangíveis como apresentado acima (MOURA, 2003).

A compreensão correta dos limites da problemática ambiental, de sua diversidade e dos seus efeitos sobre as políticas públicas por parte dos diferentes

grupos envolvidos é fundamental para o devido tratamento com vistas ao equacionamento destas questões. Porém o aumento da preocupação em torno desta temática vem ocupando cada vez mais espaço nos últimos tempos.

1.2.2 Direitos Materiais Difusos

A Lei 6.938 de 1981 – Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) representou um grande impulso na tutela dos direitos metaindividuais, assim chamados os direitos que transcendem o indivíduo. Esta lei define, em seu artigo 3º, inciso I a definição legal de meio-ambiente.

“Artigo 3º Para fins previstos nesta Lei, entende-se por:

I – meio-ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

Já em 1988 o legislador constituinte trouxe uma novidade importante: além de autorizar a tutela de direitos individuais e dos direitos coletivos, o que tradicionalmente já era feito desde o direito romano, veio a tutelar, também, a existência de um terceiro bem: o bem ambiental. Tal fato pode ser verificado em razão do disposto no artigo 225 da Constituição Federal, que consagrou a existência deste bem que não é público e nem tampouco particular, mas sim de uso comum do povo (FIORILLO, 2001).

Em face dessa previsão constitucional (do bem ambiental), foi publicada a Lei nº 8.078 de 1990, que tratou de definir os direitos metaindividuais (direitos difusos, coletivos e individuais homogêneos) e acrescentou o antigo inciso IV do artigo 1º da Lei 7.347/85 (que havia sido vetada a época) possibilitando desse modo, a utilização da ação civil pública para a defesa de qualquer interesse difuso e coletivo. Assim, houve a criação legal dos direitos difusos, coletivos e individuais homogêneos (FIORILLO, 2001).

A diferença básica entre o direito difuso e o direito coletivo está no entendimento de que estes diferem entre si na razão da determinabilidade dos titulares: no direito coletivo a indivisibilidade do objeto está restrita à categoria, ao grupo ou à classe titular do direito deste, enquanto que no direito difuso essa indivisibilidade se difunde no meio, não sendo possível determinar seus titulares, pertencendo a todos e a ninguém ao mesmo tempo.

Não é objetivo deste trabalho explorar o conteúdo de cada um desses direitos, mas observar o avanço que teve-se na tutela de direitos e, com isto, a possibilidade da criação e do entendimento de um bem, o bem ambiental, como sendo um direito difuso, pela nossa constituição federal de 1988.

1.2.3 Bem Ambiental: Constituição Federal de 1988

Conforme a Organização Mundial de Saúde (OMS), a definição para saúde é: “Total bem estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doenças”.

Saúde pode ser, desta forma, associada à qualidade de vida, a qual por sua vez está associada ligada a aspectos econômicos, sociais e ambientais. Nota-se, também que saúde é entendida como “ausência de doenças”, o que é um termo subjetivo.

Assim, a Constituição Federal de 1988 (CF) consagrou de forma nova e importante, a existência de um bem que não possui características de bem público e

muito menos privado, voltado à realidade do século XXI, das sociedades de massa, caracterizada por um crescimento desordenado e brutal avanço tecnológico.

Diante desse quadro, a nossa Carta Magna estruturou uma composição para a tutela dos valores ambientais, reconhecendo-lhes características próprias, desvinculadas do instituto da posse e da propriedade, consagrando uma nova concepção ligada a direitos que muitas vezes transcendem o próprio critério das nações: os chamados direitos difusos (FIORILLO, 2001).

Isso foi realizado por conta do artigo 225 do texto Constitucional, que nos forneceu os fundamentos básicos para compreensão o instituto. Dispõe seu caput:

“art.225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder público e à coletividade o dever de defende-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

Neste artigo de nossa constituição, é possível destacar os aspectos que se seguem (FIORILLO, 2001):

- Todos: artigo 5º CF: brasileiros e estrangeiros residentes no País – princípio da Soberania do País. Característica de direito difuso;
- Bem Ambiental: consagrou um 3º gênero de bem: de uso comum: bem difuso (nem público nem privado);
- Sadia Qualidade de vida: estrutura finalística do direito ambiental – para se caracterizar como bem ambiental e seja traduzido como difuso deve: ser de uso comum do povo e ser essencial a sadia qualidade de vida. Preservação da dignidade humana, fisiológica, cultural, saúde, trabalho, lazer, segurança, etc. (Piso Vital Mínimo conforme artigo 6º da CF). No direito civil tradicional do século XIX tem-se: direitos básicos do direito material: usar fruir, gozar e dispor do bem; porém a CF de 1988 protege o bem ambiental quanto a isto;
- Futuras Gerações: Primeira vez que a CF se reporta a direito futuro, não só o de hoje, mas as gerações que ainda virão, diferentemente aquela ideia tradicional do direito de sucessão previsto no Código Civil (CC). Portanto a responsabilidade dos valores ambientais não diz somente respeito às nossas existências, mas também ao resguardo das futuras gerações.

Tem-se, portanto, a existência de um bem ambiental, previsto em nossa constituição, com características espaciais, econômicas, científicas e temporais específicas; que pertence a todos e ao mesmo tempo a ninguém e cuja tutela cabe a todos: estado e cidadãos. Tem-se, portanto, bem ambiental como sendo um direito difuso, um bem difuso, que tem seus valores expressos e percebidos pelas pessoas de maneira subjetiva e indeterminada.

1.3 Lógica Fuzzy

1.3.1 Breve História

A ciência da lógica teve em Aristóteles (384-322 a.C.) seu fundador, criando uma série de regras rígidas para o aceite de conclusões consideradas logicamente

válidas. Ou seja, o raciocínio lógico é baseado em regras, em premissas e conclusões, consideradas verdadeiras ou falsas (CALDEIRA, 2007).

George Boole publica, em 1847, o livro “The Mathematical Analysis of Logic”, em que atribui os valores 0-1 para as premissas classificadas como falsas-verdadeiras, criando a lógica que levaria seu nome, a Lógica Booleana, fundamental para o desenvolvimento da computação moderna.

Praticamente toda a lógica tradicional, de controle e da computação, é baseada nesta lógica. Mesmo a nossa forma de pensar, aparentemente, busca essa lógica. Porém, essa afirmação é verdadeira apenas em parte (NICOLETTI, 2009).

Ainda neste período, Paolo Ruffini (em 1799 com pequeno erro) e Niels Henrik Abel (1824) demonstraram que equações com grau superior a 4 não podem, via de regra, ser resolvidas por fórmulas resolventes, mas apenas por métodos aproximados como os métodos numéricos de Newton-Raphson ou de Edmond Laguerre. A diferença entre as equações que poderiam ser resolvidas por fórmulas e as que poderiam ser obtidas apenas por métodos aproximados, foi descoberta por Evariste Galois no seu trabalho sobre Teoria dos Grupos, em 1832.

Em 1903 Bertrand Russel publicou um problema que ficou conhecido como “Paradoxo de Russel”, problema este que não pode ser resolvido pela lógica aristotélica/booleana. Este mesmo autor citou em 1923 no seu livro “A Free Man’s Worship” que “Habitualmente, toda a lógica tradicional supõe que se empregam símbolos precisos. Entretanto, isso não se aplica a vida terrestre, mas somente a uma existência celestial imaginada”.

Em 1930 Jan Lukasiewics, lógico polonês, reconhecido pelo seu desenvolvimento de uma lógica multivalente, argumentou em sua obra sobre lei da contradição: uma afirmação “x é y e não é, ao mesmo tempo”. Embora matematicamente contrária à natureza do homem, essa afirmação é perfeitamente plausível em termos matemáticos, desde que os graus de verdade não sejam bivalentes (verdadeiro-falso; 0-1).

Já em 1965, o professor de Teoria dos Sistema da Universidade de Berkeley, Lotfi A. Zadeh, que desenvolveu a teoria dos Conjuntos Fuzzy, publicou o trabalho: “Fuzzy sets, information and control” e é quem cita pela primeira vez o termo Fuzzy, sendo considerado, desta forma, o criador desta lógica. Não há uma tradução precisa para a palavra Fuzzy em português, sendo encontrado termos como: difusa, nebulosa, vago, impreciso (SIMÕES, 2007). O trabalho do professor Zadeh está disponível em <<http://www.berkeley.edu/index.html>>.

Desde então, a história da lógica Fuzzy seguiu o mesmo caminho que outras tecnologias recentes, quer seja, inventada nos Estados Unidos, desenvolvida na Europa, massificada no Japão (FUZZYTECH, 2014).

O Professor Lotfi Zadeh afirma que o computador não pode resolver problemas, tais como os que prescindem de habilidades humanas. A menos, é claro, que seja capaz de pensar na forma característica de um ser humano (FUZZYTECH, 2014).

Os seres humanos, muitas vezes dependem de expressões linguísticas imprecisas como “perto”, “pouco”, “bonito”, já o processamento booleano de um computador é limitado a um modo 0-1, preto-branco, tudo ou nada, verdadeiro ou falso.

Neste contexto, Lotfi Zadeh enfatiza o fato de que facilmente nos deixamos levar por um desejo de atingir a maior precisão possível, sem prestar atenção ao

caráter impreciso da realidade (Fuzzytech, 2014). A lógica Fuzzy foi criada e desenvolvida a partir dessa necessidade: a de se desenvolver uma tecnologia que conseguisse trabalhar a imprecisão e a incerteza da expressão humana.

As primeiras aplicações industriais da lógica fuzzy foram feitas a partir de 1970 na Europa. No Queen Mary College, em Londres, Inglaterra, Ebrahim Mamdani utilizou a lógica fuzzy para controlar um gerador de vapor que não podia ficar sob controle com as técnicas convencionais. A Universidade RWTH de Aachen, na Alemanha, Hans Zimmermann utilizou a lógica fuzzy em sistemas de apoio à decisão.

Durante a década de 80 na Europa, a lógica fuzzy ganhou mais força em sistemas de apoio à decisão e de análise de dados. Muitas das mais avançadas tecnologias de lógica fuzzy foram desenvolvidas nestes projetos aplicativos e de pesquisa. Inspirado nas primeiras aplicações de lógica difusa europeias, as primeiras empresas japonesas começaram a usar a lógica fuzzy em engenharia de controle a partir de 1980 (FUZZYTECH, 2014).

Apenas cinco anos atrás, as grandes corporações europeias perceberam que quase perderam outra tecnologia chave para os japoneses e começaram um grande esforço na promoção da lógica fuzzy em suas aplicações. Desde então, mais de 200 bem sucedidos produtos utilizando a lógica fuzzy foram lançados na Europa. Recentemente, a lógica fuzzy ganhou um grande interesse nos EUA, especialmente entre as empresas que estão em forte concorrência com Ásia e Europa (FUZZYTECH, 2014).

A lógica Fuzzy vem sendo utilizada em diversas áreas e aplicações tais como: Automação Industrial, Monitoramento de Glaucoma, Geração de energia a base de carvão, Sistemas de Refrigeração complexos, Planta de incineração de resíduos, Sistema de Tratamento de Água, motor de indução AC, Limitador de Velocidade Caminhão, Eletrodomésticos, Engenharia Automotiva, Antilock Braking System (freios ABS), Planos de voo, Fusão Nuclear, Controle de Tráfego, Sistemas de Sonar.

A lógica Fuzzy tem a vantagem de, apesar da matemática teórica complexa que a sustenta, ser de fácil entendimento e de aplicação simples. A inteligência do sistema não está oculto em equações diferenciais e complexos códigos fontes (FUZZYTECH, 2014).

1.3.2 Natureza da lógica Fuzzy

Na lógica booleana tem-se a bivalência como característica dos sistemas: 0-1, verdadeiro-falso, não havendo nada entre estes extremos. Aristóteles, através da lógica clássica, fez do atributo da bivalência um marco na história ocidental. Esta teoria está totalmente enraizada no nosso modo de pensar, em nossas tradições e comportamento, tornado a bivalência uma “lei do raciocínio” que à primeira vista parece explicativa (Caldeira, 2007).

Por exemplo, alguém é amigo ou inimigo, é alto ou baixo, cenários são bonitos ou feios, locais são perto ou longe. Em geral há pouca tolerância ao meio excluído, por exemplo, pessoas que dizem “meias verdades”. A ciência da computação é baseada na bivalência.

Mas existe um descompasso entre o mundo real e a nossa visão bivalente, pois no mundo real existe uma série infinita de situações, meios entre os extremos verdade-falso, preto-branco, 0-1. Veja no mundo médico: tem-se que analisar uma

série de fatores diferentes, até mesmo contraditórios, para se descrever uma doença. Decisões judiciais precisam determinar o quão culpado é o acusado (Nicoletti, 2009). No mundo real tudo depende, tudo é uma questão de ponto de vista ou de graduação.

A comunicação humana contém diversas incertezas na forma de expressões verbais, utilizando-se de termos linguísticos que são vagos, imprecisos e com pouca resolução. Assim, o objetivo da lógica difusa é a de capturar os tons de cinza e graus de verdade. Ela trabalha com a incerteza, a ambiguidade, a dualidade, a verdade parcial dos fenômenos naturais que nos cercam, de uma maneira sistemática e rigorosa (SIMÕES, 2007).

1.3.3 Conjuntos Crisp versus Conjuntos Difusos

Conjuntos difusos modelam os dados incertos, sendo uma extensão dos conjuntos clássicos (crisp). A diferença básica está na faixa de seus valores de verdade: na teoria tradicional (crisp) um elemento pertence ou não ao conjunto. Já na teoria difusa, os elementos de um universo de discursos são definidos matematicamente por um valor que represente seu grau de pertinência ao conjunto, que varia de uma faixa de zero (não pertence ao conjunto) até 1 (elemento pertence totalmente ao conjunto).

Desta forma, expressões verbais e imprecisas inerentes da comunicação humana, com seus vários graus de incerteza e ambiguidade, são passíveis de serem modelados através da lógica difusa, o que não é possível na lógica clássica apesar de sua exatidão (NICOLETTI, 2009).

Assim, a lógica difusa é especialmente vantajosa para os problemas que não podem ser facilmente representados pelos modelos matemáticos de lógicas tradicionais, quer porque os dados não estejam disponíveis, ou são incompletos, que ainda porque o processo seja demasiado complexo.



Figura 1 Representação geral de conjuntos de altura de uma pessoa, sob a forma de Conjuntos Crisp (lógica convencional) e Conjunto Fuzzy (a direita)

1.3.4 Conceitos Básicos

a) Incerteza Estocástica versus Incerteza Léxica

A teoria da lógica difusa lida com a incerteza, assim como a teoria probabilística e a teoria da informação. Destaca-se na teoria da incerteza duas formas básicas: incerteza estocástica e incerteza léxica.

A incerteza estocástica trata a incerteza através da ocorrência de um determinado evento. Por exemplo: ocorrência ou não de chuva no dia de amanhã. A

incerteza léxica existe devido a linguagem humana, não existindo definições exatas (Simões, 2007). Por exemplo: as pessoas têm conceitos e percepções diferentes para chuva, chuva forte, garoa.

Assim a diferença está no uso da expressão probabilidade. Na estocástica ela é expressa em termos matemáticos, e na incerteza léxica esta probabilidade não é quantificada em um valor, mas representada por uma categoria subjetiva (FUZZYTECH, 2014).

Em muitos momentos de decisão as informações se encontram vagas e imprecisas, de maneira que só podem ser compreendidas por sua representação qualitativa. Neste contexto, a lógica difusa trabalha as informações que se encontram imprecisas, traduzindo expressões verbais vagas, imprecisas, ambíguas, qualitativas, de categoria subjetiva, de uso comum na linguagem humana, em valores numéricos. Por isto a lógica difusa trabalha diretamente com a incerteza léxica (CALDEIRA, 2007).

b) Variáveis Linguísticas

O bloco de construção principal de qualquer sistema de lógica fuzzy, é a assim chamada "variável linguística". Pode ser considerada o nome dado a um conjunto fuzzy. A capacidade de classificar de modo impreciso as variáveis de um problema em termos qualitativos ao invés de quantitativos, traduz a ideia de variável linguística (SIMÕES, 2007).

De fato, uma variável linguística é caracterizada por $\{n, T, X, m(n)\}$ onde n é o nome da variável (por exemplo, altura, temperatura, pressão, febre, etc.), T é o conjunto de termos linguísticos de n (alto, baixo, pouco, extenso, etc.), X é o domínio (Universo) de valores de n sobre o qual o significado do termo linguístico é determinado (a febre pode estar, por exemplo, entre 35 e 40 °C) e $m(t)$ é uma função semântica que assinala para cada termo linguístico $t \in T$ o seu significado, que é um conjunto fuzzy em X (ou seja, $m: T \rightarrow (X)$ onde (X) é o espaço dos conjuntos fuzzy) (ORTEGA, 2001).

Estas variáveis representam de modo impreciso, ou seja, linguístico, conceitos de variáveis dados a um problema, admitindo termos como "médio", "muito pequeno", "longe", "forte", "bonito". Estes valores se contrapõem aos valores precisos admitidos pelas variáveis numéricas.

Estes termos são usados para expressar ideias, conceitos, conhecimentos e também percepções na comunicação humana, sendo que em muitas áreas são a forma mais importante, senão a única, de quantificar os dados e informações. O uso de termos linguísticos é frequente no nosso cotidiano, tais como o "dia está muito quente", "o ônibus estava lotado", "Tal pessoa é alta, magra". Todos estes termos possuem um significado e transmitem informação.

Aqui, várias categorias subjetivas que descrevem o mesmo contexto são combinadas. Por exemplo, no caso de febre. Existe não só a febre forte, mas também a temperatura elevada, a temperatura normal, e a baixa temperatura. Estes são chamados "termos linguísticos" e representam os possíveis valores de uma variável linguística. Exemplo: "a temperatura está alta".

A variável "temperatura" está recebendo o valor (termo linguístico) "alta", que é um dos conjuntos fuzzy definidos para esta variável. Pode-se, ainda, lançar mão dos modificadores, que são os termos ou operações que modificam a forma dos conjuntos fuzzy, ou seja, a intensidade dos valores. Como exemplo pode-se citar os

advérbios “quase”, “muito”, “pouco” entre outros, que podem ser tanto aumentadores como diminuidores, conforme aumentam ou diminuem a área de pertinência dos conjuntos fuzzy.

Na Figura 2 pode-se observar um exemplo de variável linguística em que o nome da variável é “Altura”, que representa a altura de uma pessoa. Os termos linguísticos que atribuem um significado semi-quantitativo a variável “Altura” são: Baixo, Médio, Alto. O domínio, em centímetros, da variável é o intervalo [150, 200].

As variáveis linguísticas são expressas dentro de determinado domínio de valores. A definição deste domínio é feita por um especialista da área em estudo, sendo o papel deste fundamental na modelagem fuzzy.

As variáveis numéricas expressam o seu valor e utilidade e são amplamente empregadas nas ciências exatas (engenharia, física, matemática, etc.), porém, as variáveis linguísticas têm conquistado cada vez maior importância devido ao desenvolvimento das áreas de inteligência artificial e processos de decisão.

A capacidade de combinar variáveis linguísticas e numéricas é uma das principais razões do sucesso das aplicações da lógica fuzzy em sistemas inteligentes, tanto na engenharia quanto em muitas outras áreas que lidam com domínios contínuos (ORTEGA, 2001).

c) Funções de Pertinência

Ao contrário da lógica convencional, a lógica difusa utiliza ideias de que todas as coisas (temperatura, velocidade, altura) admitem graus de pertinência (μ). Com isso, a lógica fuzzy tenta modelar o senso das palavras, tomadas de decisão ou senso comum do ser humano.

Pode-se dizer que a pertinência, no sistema fuzzy, equivale a probabilidade dos modelos estatísticos, sendo os casos $\mu = 0$ e $\mu = 1$ um caso particular do conjunto fuzzy (elemento pertence totalmente a um conjunto) e os casos em que $0 < \mu < 1$ representam graus parciais de pertinência (CALDEIRA, 2007).

Observe a Figura 2 em que tem-se dois elementos $x_1 = 169$ cm e $x_2 = 171$ cm. Utilizando-se da lógica clássica, esses elementos pertencem a conjuntos diferentes (baixo e médio, respectivamente). No entanto, na realidade fica difícil de afirmar que uma pessoa com 169 cm e outra com 171 cm pertencem a conjuntos diferentes.

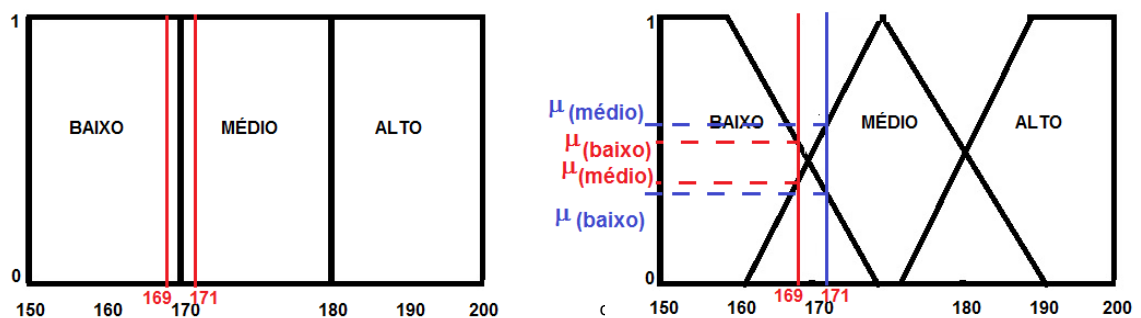


Figura 2 Classificação para alturas de pessoas em conjuntos clássicos (esquerda) e fuzzy (direita) considerando, para estes, seus graus de pertinência.

Já na lógica difusa, tanto x_1 quanto x_2 tem graus de pertinências aos conjuntos fuzzy definidos, que podem variar de 0 a 1. Desta forma, a lógica fuzzy pode ser considerada como um conjunto de princípios matemáticos para

representação do conhecimento baseado no grau de pertinência (graus de verdade), fazendo com que uma sentença possa ser parcialmente verdadeira e parcialmente falsa.

Nota-se que não existe na lógica fuzzy um limite abrupto como na lógica tradicional, possuindo o grau de pertinência variações suaves no intervalo [0-1], representando de forma mais realista o conhecimento humano (CALDEIRA, 2007).

A definição da forma da função de pertinência depende muito dos atores envolvidos e dos conhecimentos destes em relação ao problema estudado, sendo que as formas mais comuns utilizadas são as triangulares e os trapézios, como utilizado na Figura 2.

d) Base de Regras

A construção da Base de Regras é ponto nevrálgico do sistema e deve ser consultado um especialista da área em estudo para que os resultados sejam precisos e pertinentes. São utilizados para operar de maneira correta conjuntos Fuzzy, com o intuito de se obter consequentes. É necessário raciocínio coerente com o que se deseja modelar, devendo ser dividido em 2 etapas: (1) avaliar o antecedente da regra, (2) aplica o resultado ao consequente (SIMÕES, 2007).

Exemplo: Se x é alto, então x é pesado.

1.3.5 Computação Difusa

A modelagem computacional da lógica Fuzzy é realizada basicamente como apresentado na Figura 3, em que destacam-se 3 grandes fases: fuzzificação, Inferência / Base de Regras e Defuzzificação. Estas etapas serão apresentadas nos próximos itens.

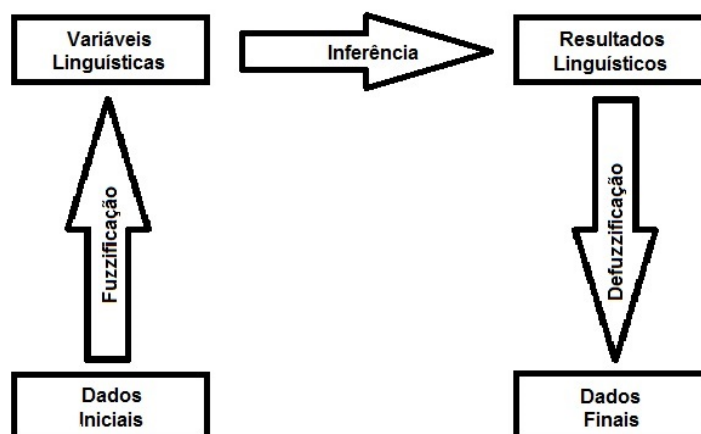


Figura 3 Modelagem computacional Fuzzy (Cox, 1994 apud Aguado, 2010)

a) Modelo de Mandami

Para a inferência Fuzzy existem vários modelos propostos como o de Takagi-Sugeno e o modelo de Mandami, que é o mais comumente utilizado. Neste trabalho será utilizado o modelo de Mandami. No apêndice B há um exemplo completo deste modelo.

O Modelo de Mandami foi criado pelo professor Ebrahim Mandami da Universidade de Londres em 1975, baseando-se em regras de conjunto Fuzzy no intuito de representar experiências da vida real. Para a construção deste sistema foi

definido um processo de raciocínio dividido em três passos: Fuzzificação, Inferência, Defuzzificação. A etapa de Inferência possui 2 etapas: Avaliação das regras Fuzzy e Agregação das Regras Fuzzy. (SIMÕES, 2007).

b) Fuzzificação

Fuzzificação significa usar as funções de pertinência das variáveis linguísticas para calcular o grau com que cada variável pertence a cada um dos conjuntos fuzzy envolvidos no processo. É o primeiro passo do sistema lógico fuzzy e corresponde a transformação dos dados de entrada iniciais em suas respectivas variáveis linguísticas. Nesta etapa todas as incertezas associadas a estas variáveis devem ser consideradas.

Como anteriormente colocado aqui existe a necessidade de que especialistas da área estudada sejam consultados durante a atribuição de valores relacionados aos graus de pertinência para cada uma das variáveis em estudo, para melhor precisão dos resultados (SIMÕES, 2007)

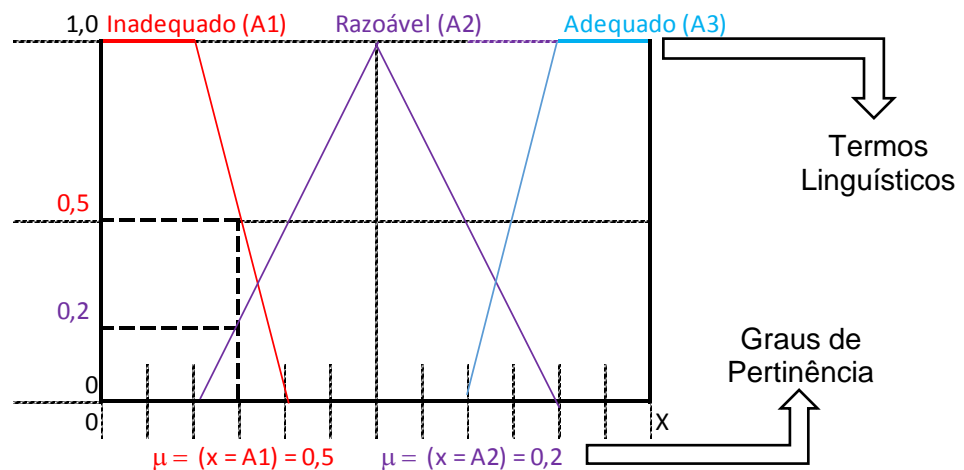


Figura 4 Fuzzificação

Na Figura 4 é possível observar os seguintes valores para os Graus de Pertinência dos conjuntos fuzzy definidos como:

- Inadequado (A1) = 0.5
- Razoável (A2) = 0.2
- Adequado (A3) = Zero.

Linguisticamente, pode-se considerar a situação hipotética do exemplo da Figura 4 como “praticamente inadequado a levemente razoável” (Graus de Pertinência 0.5 e 0.2 respectivamente). O resultado da fuzzificação é utilizada como entrada para as regras fuzzy.

c) Inferência

A finalidade da inferência Fuzzy é relacionar as possíveis variáveis entre si, através de uma base de regras pré-estabelecidas, conforme objetivos do algoritmo. Pode-se separar esta fase em dois componentes: Avaliação das Regras Fuzzy e Agregação.

A avaliação das regras Fuzzy: após a obtenção das entradas fuzzificadas, as mesmas devem ser aplicadas nos antecedentes (parcela “SE”), obtendo assim o valor do conseqüente (parcela “Então”) para cada uma das regras. Para os antecedentes compostos, os operadores lógicos AND e OR são utilizados para obter um único resultado. No caso do operador OR é utilizada a união (maior grau de pertinência) e no caso do operador AND é utilizada a intersecção (menor grau de pertinência).

Depois de se obter um único valor do antecedente, é necessário obter o valor do conseqüente, através de um método de correlação dos mesmos, sendo o mais comum conhecido como clipped, onde o conseqüente é “cortado” para o nível de valor verdade do antecedente da regra avaliada, ou seja, o valor obtido é simplesmente passado para o conseqüente da regra (SIMÕES, 2007).

- IF [x IS A3(0) OR y IS (B1(0,1)] THEN [Z IS c1 (0,1)]
- IF [x IS A2(0.2) AND y IS (B2(0.7)] THEN [Z IS C2 (0.2)]
- IF [x IS A1(0.5)] THEN [z IS C3(0.5)]

Agregação das regras: nesta etapa são agregadas todas as funções membro dos conseqüentes de cada regra em um único conjunto Fuzzy, que será depois utilizado na etapa de Defuzzificação para a obtenção da solução do algoritmo.

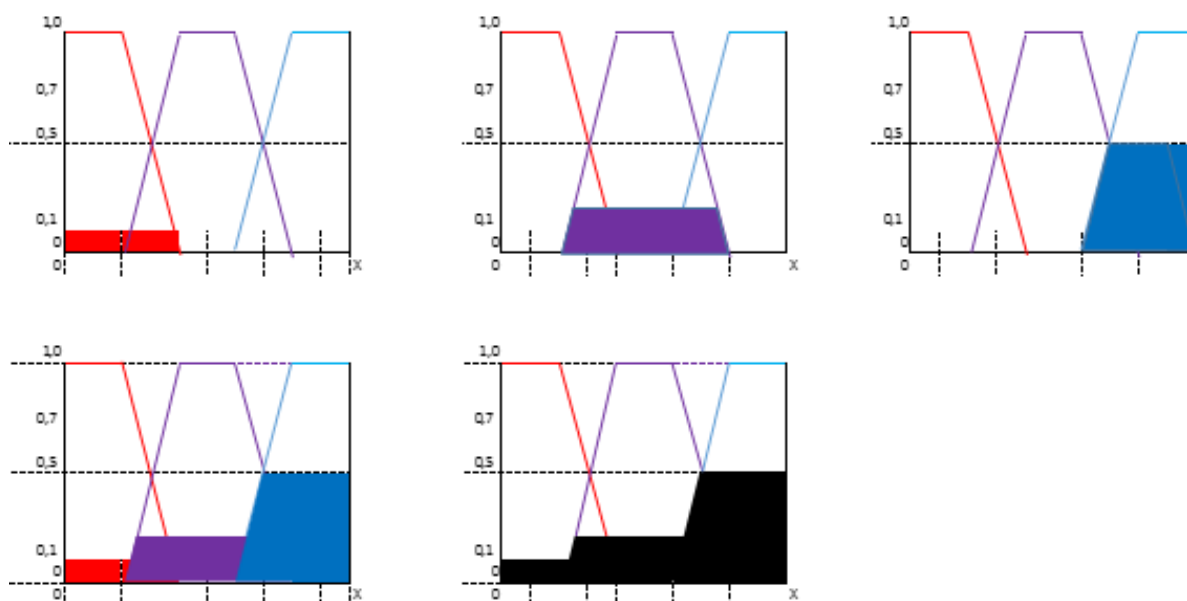


Figura 5 Agregação das regras Fuzzy

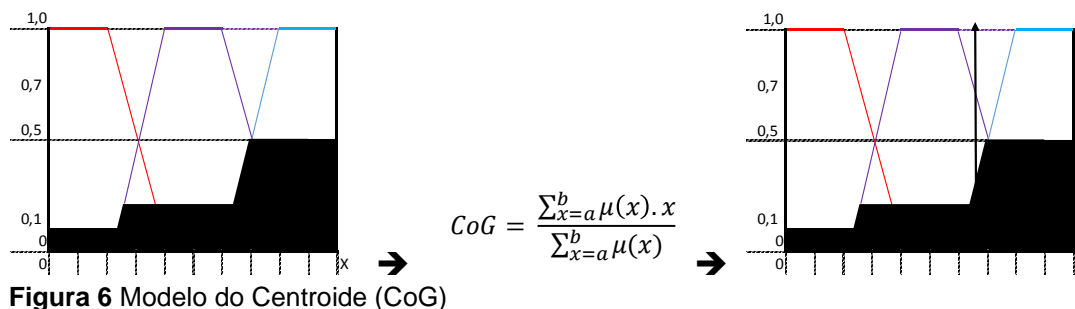
d) Defuzzificação

Para se obter um resultado numérico é necessário defuzzificar a saída obtida na etapa anterior. Neste processo ocorre a conversão difuso para escalar, e as informações qualitativas passam a uma informação quantitativa.

Os métodos de defuzzificação mais utilizados são os do Centro de Área (CoA), o do Centro de Máximos (CoM), Média dos Máximo (MoM) e o do Centroide (CoG) para citar alguns (Nicoletti, 2009).

Como exemplo, o método do centroide (CoG), equação 1 abaixo, obtém o ponto onde uma linha vertical divide ao meio um conjunto agregado, sendo este o valor de saída.

$$CoG = \frac{\sum_{x=a}^b \mu(x) \cdot x}{\sum_{x=a}^b \mu(x)} \quad (1)$$



2 ESTUDO DE CASO

O capítulo anterior tratou da revisão teórica, onde os conceitos básicos necessários para o trabalho foram apresentados em três grandes temas: Avaliação de Imóveis, Variáveis Ambientais e as Questões Ambientais e a Lógica Fuzzy.

Neste capítulo será apresentada a estrutura da proposta deste estudo, sob o enfoque dos 3 temas acima citados. Serão detalhadas as etapas, as ferramentas utilizadas e a descrição do exemplo utilizado como estudo de caso.

2.1 Descrição da proposta

A proposta será dividida e discutida nos seguintes tópicos e sub-tópicos:

- Descrição do Imóvel avaliando;
- Avaliação do imóvel avaliando pela metodologia tradicional da ABNT NBR 14.653-2:2011: Método Comparativo Direto de Dados de Mercado: Técnica Inferência Estatística;
- Constatação, no imóvel avaliando, da existência de variáveis ambientais, não contempladas pela amostra (singularidade);
- Pesquisa junto ao público potencialmente comprador do imóvel para a identificação da influência destas variáveis em sua análise de compra. Objetiva-se com esta pesquisa a construção das variáveis linguísticas da Lógica Fuzzy;
- Montagem do conjunto Fuzzy, no software MatLab®, considerando as variáveis ambientais constatadas no avaliando e os resultados da pesquisa. Serão considerados 4 apartamentos do empreendimento;
- Aplicação dos resultados obtidos pela Lógica Fuzzy, limitado ao intervalo do Campo de Arbítrio, aos valores de mercado obtido pela Inferência Estatística;
- Análise dos resultados obtidos em cada um dos apartamentos.

2.2 Imóvel Avaliando

Trata-se de empreendimento residencial multifamiliar, localizado na rua Asea 145, Parque Cecap, Guarulhos, entre as avenidas Monteiro Lobato e Tancredo Neves, em uma área de 11.895,46 m².

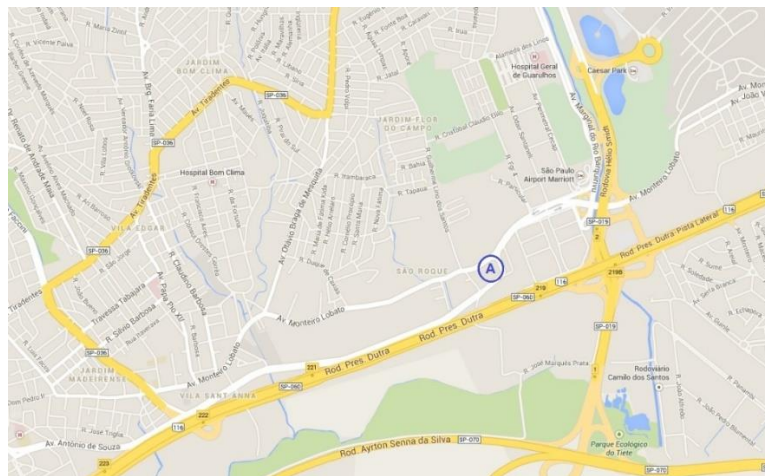


Figura 7 Localização do imóvel avaliando

Constitui-se de 4 torres, totalizando 584 unidades habitacionais, com apartamentos com área privativa de 53,0 m² e de 62,0 m², 2 ou 3 dormitórios (1 suíte), terraço, sala de estar/jantar, cozinha, banheiro, área de serviço e 1 vaga de garagem.



Figura 8 Imóvel Avaliando: vista da Rua Monteiro Lobato.

O empreendimento possui toda uma área de lazer constituída de brinquedoteca, churrasqueira, play aventura, salão de jogos, salão de festa, fitness, piscina, além de living e portaria.

Na data da vistoria o empreendimento estava com as obras em andamento, com previsão de entrega para novembro de 2014, no seguinte estágio aproximadamente: serviços preliminares 95%; Fundação 100%; Estrutura: 100%; Alvenaria: 100%; Instalações: 80%; Acabamentos: 60%; pintura: 1%.



Figura 9 Imóvel Avaliando: vista da rodovia Presidente Dutra – sentido Rio de Janeiro/RJ

Está localizado em área definida como ZCS (Zona de Comércio e Serviços), que conforme artigo 30 da lei nº 6.253, de 24/05/2007 “correspondem às áreas consolidadas ou de interesse urbanístico a consolidar, nas quais se pretende incentivar a formação de centros comerciais e de prestação de serviços”. Esta área possui, atualmente, uso predominantemente comercial e fabril, estando vizinha a indústrias, ao terminal Cecap, próxima a rodovia Presidente Dutra, com vista permanente na direção desta.

2.2.1 Variáveis Ambientais do Imóvel Avaliando

Neste imóvel observou-se a existência de variáveis que não foram possíveis de caracterizar nos elementos da amostra, a saber: Penitenciária, ETE, Rodovia, Terminal Intermunicipal de Ônibus, Antena de Celular e Fábricas/Indústrias.

O local que se situa o imóvel não possuía, na data da vistoria, outros imóveis similares que poderiam compor a amostra. Esta situação impossibilitou a utilização de variáveis (dicotômicas, proxy) na inferência estatística pela metodologia tradicional para as variáveis ambientais, o que deveria ter sido feito caso fosse possível.

Os apartamentos da amostra utilizada não são influenciados por estas variáveis, o que acarreta a necessita de se considerar a utilização do intervalo do campo de arbítrio.



Figura 10 Visão Geral do avaliando e variáveis ambientais existentes no entorno.

As características destas variáveis permite enquadrá-las como ambientais, devido aos impactos que causam em seu entorno (Quadro 1 do Capítulo 1) e a subjetividade da percepção das pessoas, potenciais compradores, na avaliação de suas influências, que normalmente é expressa em termos linguísticos e não em termos numéricos.

As fábricas indicadas na Figura 10 não foram consideradas neste trabalho, apesar de serem vizinhas ao imóvel avaliando, por dois motivos principais: (a) A ocorrência de fábricas não está concentrada apenas neste local, ocorrendo em outras regiões pesquisadas, o que poderia, portanto, ser trabalhado dentro da amostragem e da inferência estatística e (b) Necessidade de se evitar o excesso de variáveis, o que dificultaria a aplicação e o entendimento do modelo.

2.2.2 Pesquisa Aplicada

Para a definição da influência das variáveis ambientais identificadas no imóvel avaliando, foi realizada uma pesquisa entre pessoas com perfil que permita enquadrá-las como potenciais compradoras deste imóvel, mesmo que através de financiamento, considerando-se renda mensal, estabilidade no emprego e tempo de atividade profissional.

Com isto procurou-se focar apenas nas necessidades e percepções de uma única camada social da sociedade, eliminando esta discussão da interpretação dos resultados, que não é objetivo deste trabalho.

Procurou-se identificar a percepção que estas pessoas têm das variáveis ambientais envolvidas em termos linguísticos previamente definidos em “Péssimo”, “Ruim”, “Indiferente”, “Bom”, “Ótimo”.

O formulário da pesquisa continha orientações para que estas pessoas procurassem definir sua opinião com base em aspectos previamente definidos para estas variáveis ambientais: vista cênica, ruído, poluição do ar, facilidades no dia a dia, desconforto ou inconvenientes no dia a dia, segurança.

A pesquisa também procurou identificar o quanto o fator localização, normalmente uma variável significativa na inferência estatística, poderia influenciar nas suas respostas. Esta pesquisa, em seu formulário originalmente proposto, está no apêndice A. O formulário foi encaminhado de uma das seguintes formas aos entrevistados: e-mail ou impresso deixado em prédios residenciais na cidade de São Paulo, sendo que 118 pessoas deram retorno.

Com esta pesquisa procurou-se eliminar um pouco da subjetividade da definição das variáveis linguísticas, mas que poderiam ter sido definidas diretamente por um especialista, sem a necessidade, neste caso, da pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Pesquisa

A tabela 1 apresenta o resumo dos resultados obtidos na pesquisa para a definição das variáveis linguísticas para as variáveis ambientais do imóvel avaliando. Os resultados completos da pesquisa estão no apêndice A.

Tabela 1 Percentuais obtidos na pesquisa realizada.

VARIÁVEL AMBIENTAL	PÉSSIMO %	RUIM %	INDIFERENTE %	BOM %	ÓTIMO %
PENITENCIÁRIA	86,21	13,79	-	-	-
E.T.E.	44,83	37,93	17,24	-	-
RODOVIA	44,83	51,72	3,45	-	-
ANTENA CELULAR	17,24	65,52	17,24	-	-
TERMINAL ÔNIBUS	37,93	48,28	6,90	6,90	-

Através deste questionário também foi possível identificar que apenas 27,59% dos entrevistados poderiam rever a sua avaliação em função de uma localização muito privilegiada do imóvel que estivesse procurando.

Dos entrevistados, 44,83% negociaria um desconto sem desistir do negócio, sendo que 55,17% desistiriam do negócio caso os aspectos acima se apresentassem em um imóvel.

Da pesquisa acima nota-se que as variáveis ambientais apresentadas causam índices altos de desistência do negócio dentre os entrevistados, sendo que na análise qualitativa feita, a maioria classifica os aspectos entre péssimo e ruim. Mesmo assim observou-se que apenas uma variável (terminal de ônibus) obteve conceito bom o que era esperado para esta variável, mas baixo (6,90%) dentre o público entrevistado. Com base na pesquisa realizada tem-se que:

- Penitenciária: considerando uma vista direta e permanente, 87% consideraram péssimo e apenas 13% consideraram ruim.
- ETE: considerando uma vista direta e permanente, tem-se que quase metade considera como péssimo (45%) e ruim quase 40%. Mas há também consideração de significativa (17,24%) de indiferente.
- Rodovia: considerando uma vista direta e permanente tem-se para os apartamentos que estão defrontes à rodovia a influência de ruídos e poluição. Metade considerou como ruim e praticamente a outra metade considerou como péssimo, sendo que há 3,5% de indiferentes.
- Antena Celular: quase dois terços (65,52%) considerou ruim, sendo que os outros 1/3 dividem-se entre péssimo e indiferente.
- Terminal Rodoviário: quase a metade considerou ruim e 40% como péssimo. Mas há uma parcela de 7% indiferente e 7% que considera bom.

Considerou-se na modelagem Fuzzy, além dos resultados obtidos nesta pesquisa, a localização dos apartamentos em relação às variáveis consideradas, bem como o impacto direto dos aspectos ambientais em cada um deles, através dos graus de pertinência, visto que alguns apartamentos são, localmente, mais influenciados do que outros apartamentos no mesmo empreendimento, conforme pode se ver nas Figuras 11 e 12.

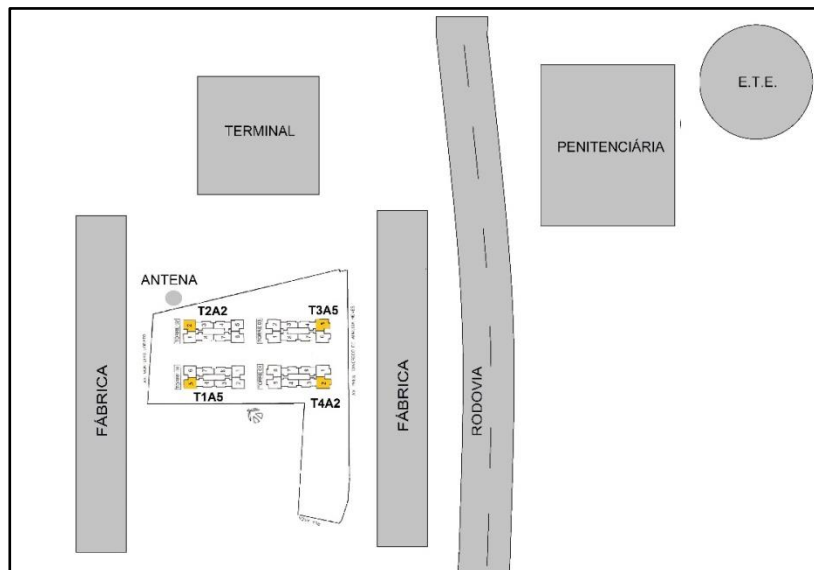


Figura 11 Detalhe da posição relativa dos blocos e apartamentos em relação aos aspectos ambientais (sem escala).

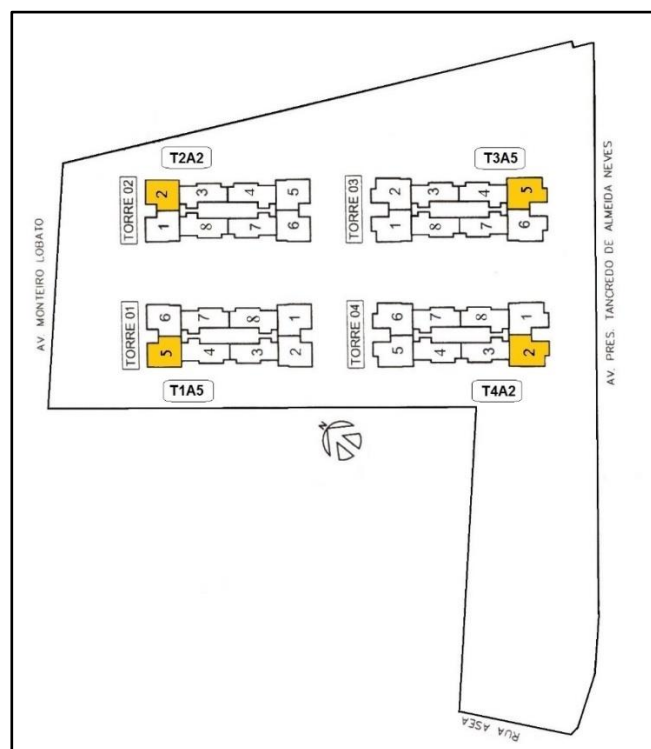


Figura 12 Identificação dos apartamentos considerados.

3.2 Modelagem Fuzzy

TORRE 3 APARTAMENTO FINAL 5 (T3A5):

Para a Torre 3, apartamento de final 5 (T3A5), considerou-se as variáveis Penitenciária, Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), Rodovia e Terminal como tendo Impacto direto sobre este, devido a sua localização.

Na pesquisa realizada todos estes aspectos possuem mais de 2/3 dos entrevistados considerando ou como péssimo ou como ruim. Já para a Antena Celular considerou-se sem impacto para este apartamento devido a sua localização e por termos 17% de pessoas que se mostraram indiferentes a este aspecto. Assim, a entrada (fuzzificação) para o apartamento T3A5 ficou como se segue:

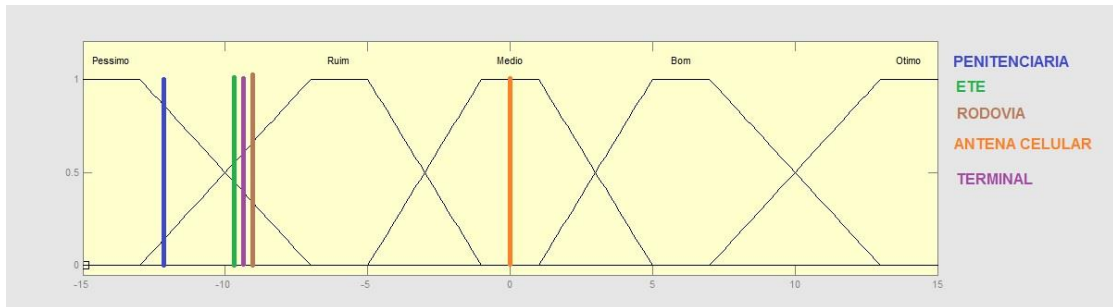


Figura 13 Fuzzificação para o apartamento T3A5

O que em termos de entrada no MatLab fica: [-12 -9 -8 0 -8.5] com resultado de -11.5% conforme Figura 14.

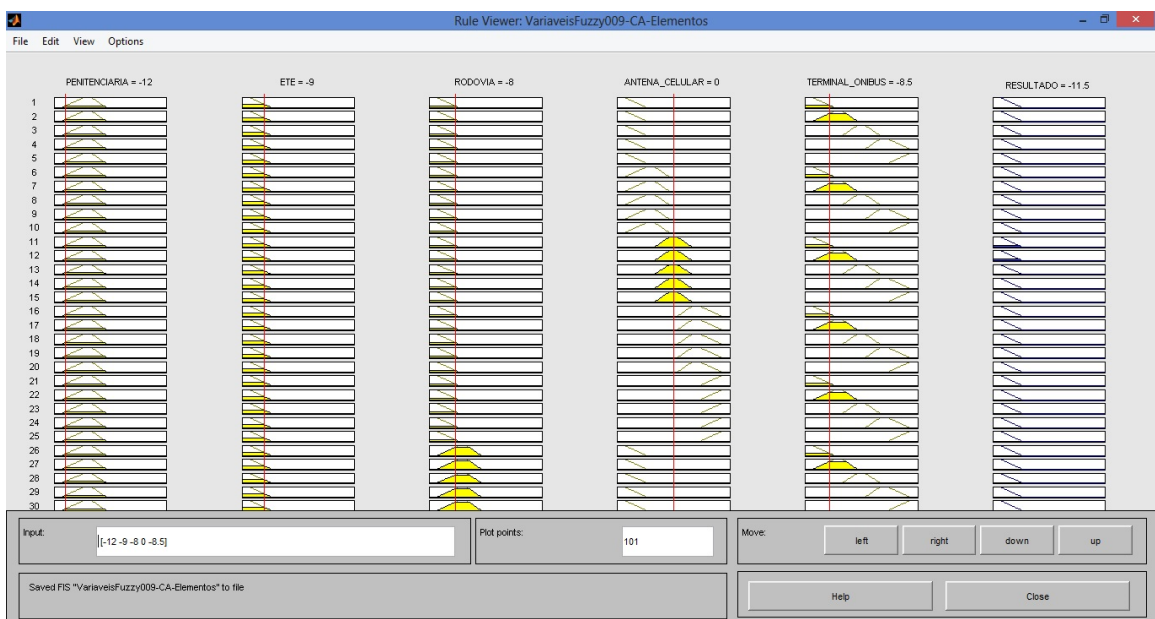


Figura 14 Defuzzificação para o apartamento T3A5

TORRE 2 APARTAMENTO FINAL 2 (T2A2):

Para a Torre 2, apartamento de final 2 (T2A2), considerou-se para o aspecto Penitenciaria e ETE, aproximadamente metade do valor do apartamento T3A5 acima, isto devido a sua localização, aproximando mais do conceito “ruim”.

Para o aspecto Terminal, tendo vista permanente será considerado como impactante. Como este aspecto teve na pesquisa conceito predominante ruim, será considerado como tal.

O aspecto Rodovia será considerado sem influência, devido à localização do apartamento, que não tem vista direta para esta.

Já para o aspecto Antena, este será considerado como impactante (a antena está defrente o apartamento, há menos de 10 metros da janela deste). Porém,

devido a pesquisa mostrar que há pessoas indiferentes a este aspecto, ficará entre ruim e péssimo. Assim, a entrada (fuzzificação) para o apartamento T2A2 ficou como se segue:

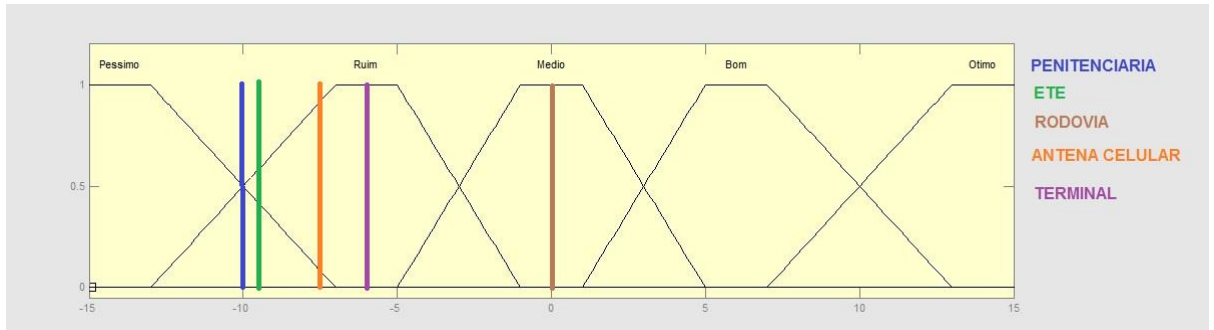


Figura 15 Fuzzificação para o apartamento T2A2

O que em termos de entrada no MatLab fica: [-10 -9.5 0 -7.5 -6] com resultado de -8.56% conforme Figura 16.

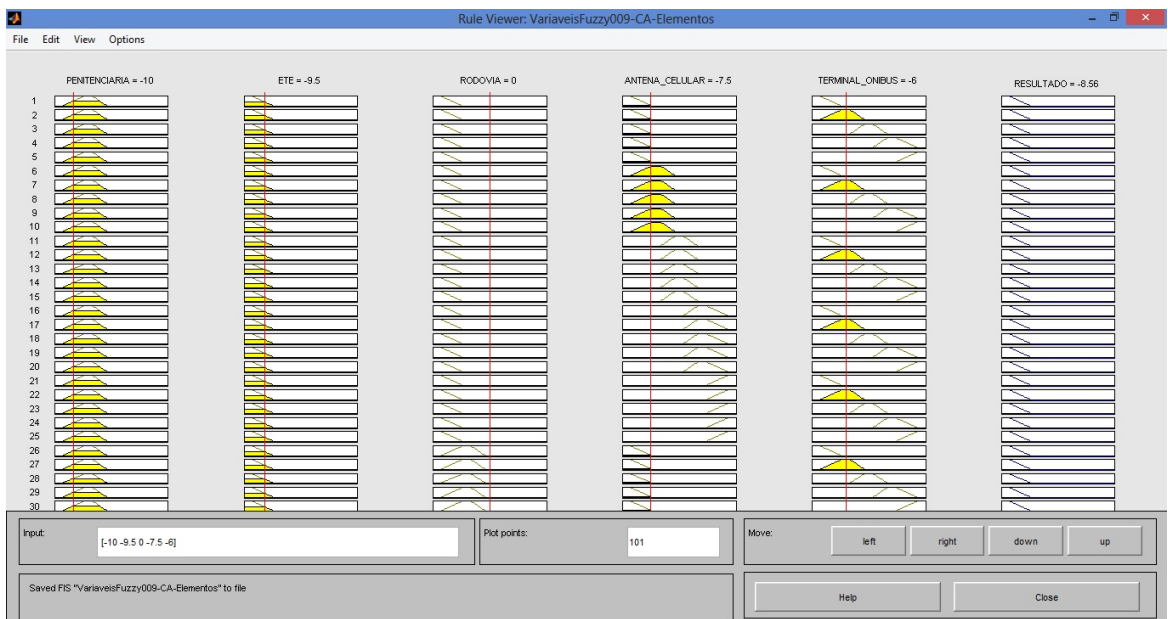


Figura 16 Defuzzificação para o apartamento T2A2

TORRE 4 APARTAMENTO FINAL 2 (T4A2):

A Torre 4 apartamento final 2 (T4A2) tem praticamente a mesma situação do apartamento 5 do bloco 3 (T3A5), principalmente para os aspectos “rodovia” e “antena celular” que permanecem inalterados.

Para os demais aspectos, devido ao fato da sua localização ser um pouco mais voltada para o lado oposto, e estes aspectos são minimizados em relação aos observados para o T3A5, deslocando mais para “ruim” do que este, como observa-se Figura 17. Entrada (fuzzyficação) para o apartamento T4A2:

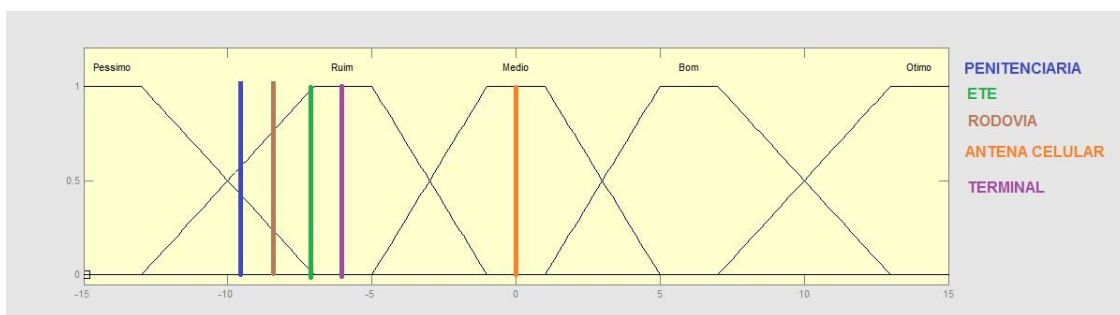


Figura 17 Fuzzificação para o apartamento T4A2

O que, em termos de entrada no MatLab, fica $[-9 \ -7 \ -8 \ 0 \ -6] = -11.3$ com resultado de -11.3% conforme Figura 18.

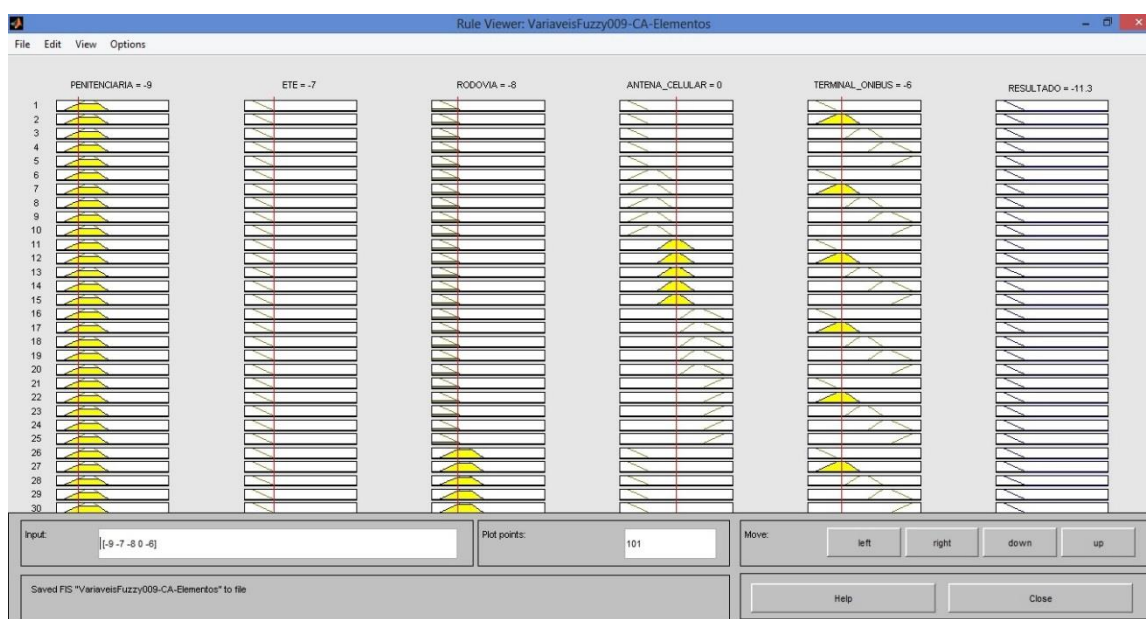


Figura 18 Defuzzificação para o apartamento T4A2

TORRE 1 APARTAMENTO FINAL 5 (T1A5):

Para o apartamento 5 da torre 1 (T1A5) não foi aplicada a modelagem fuzzy aqui proposta, pois considerou-se que a sua localização dentro do empreendimento o aproxima bastante dos imóveis considerados na amostra, não sendo necessária a aplicação do Campo de Arbítrio.

A importância deste apartamento será para efeito de comparação dos valores obtidos com os demais apartamentos em que o campo de arbítrio foi utilizado.

3.3 Avaliação do Imóvel: MCDDM: Inferência Estatística

Da avaliação pela Método Comparativo Direto de Dados do Mercado (MCDDM), utilizando-se a técnica da Inferência Estatística, obteve-se os valores de mercado para o imóvel avaliando conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2 Valores de Mercado para o imóvel avaliando pelo MCDDM: Inferência estatística

Área M ²	R\$ Médio	R\$ Mínimo	R\$ Máximo
53,0	265.566,96	256.219,28	275.255,67
55,0	273.983,46	264.667,04	283.627,83
62,0	329.825,50	312.040,78	348.623,86

Foram utilizados 31 elementos amostrais, obtendo-se um Coeficiente de Correlação de 96,6%, Coeficiente de Determinação de 93,3%, sendo enquadrado no Grau de Fundamentação 2 e Grau de Precisão 2.

No presente trabalho será estudado apenas o apartamento de 62,0 m² quadrados, que tem suas unidades situadas nos extremos de cada torre, como destacado na Figura 19.

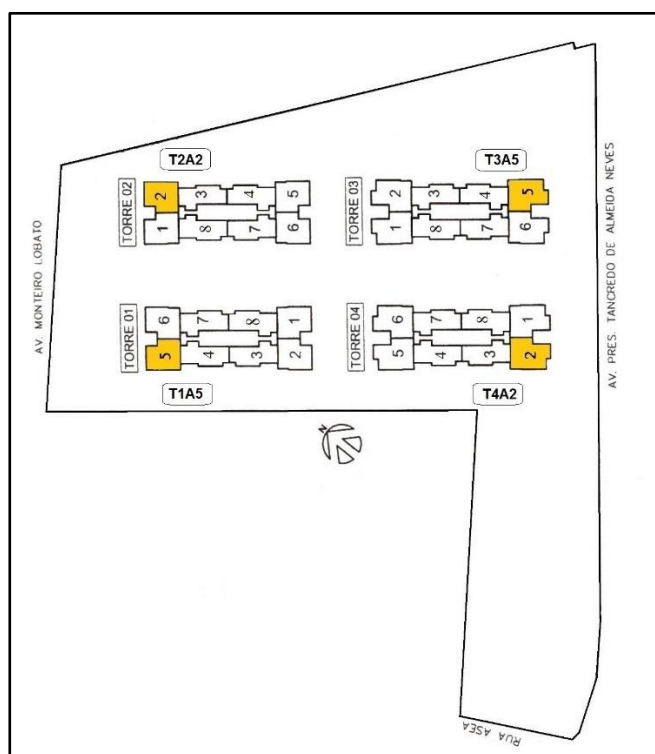


Figura 19 Implantação do empreendimento e localização dos apartamentos de 62,0m².

3.4 Modelagem Fuzzy

Para as unidades de 62,0 m² resultaram os seguintes valores com a modelagem fuzzy:

- Torre 1 Apartamento 5 (T1A5): não foi realizada a modelagem.
- Torre 2 Apartamento 2 (T2A2): -8.56 %
- Torre 3 Apartamento 5 (T3A5): -11.5 %
- Torre 4 Apartamento 2 (T4A2): -11.3 %

Como a modelagem fuzzy aqui utilizada fornece os resultados (defuzzificação) através do método centroide (CoG), ou seja, o ponto onde uma linha vertical divide ao meio um conjunto agregado, como resultado da aplicação das regras aos valores de entrada, será necessário uma mudança de base para a devida consideração dos valores limites do Campo de Arbítrio, como abaixo proposto:

Valor fuzzy para o valor limite inferior do Campo de Arbítrio: $[-15 -15 -15 -15 -15] = -12.3$, conforme Figura 20.

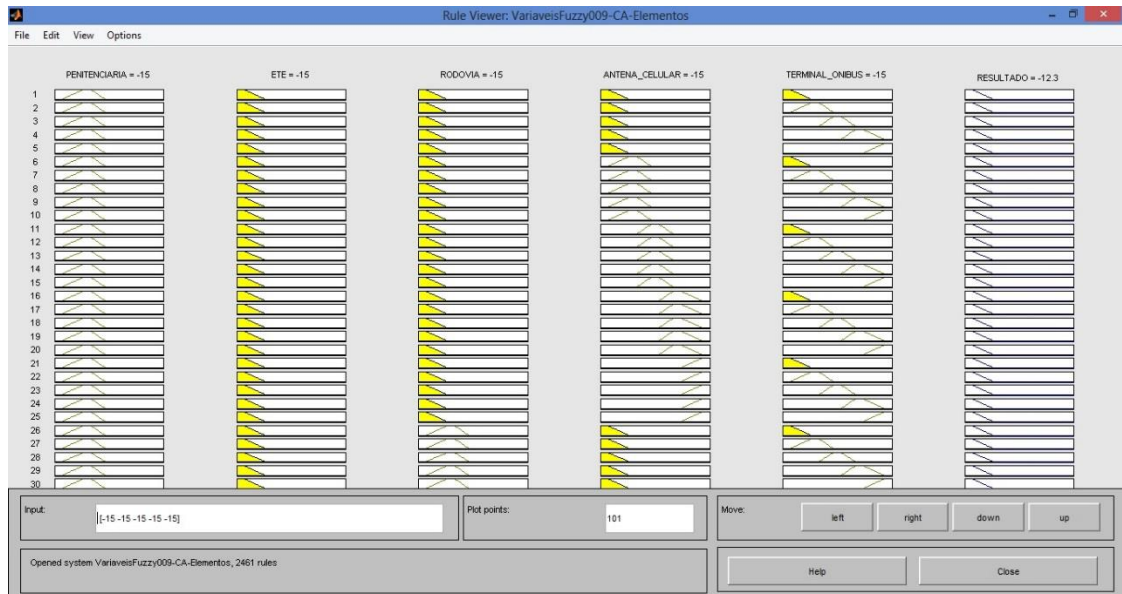


Figura 20 Defuzzificação para o valor limite inferior do Campo de Arbítrio.

Valor fuzzy para o valor limite superior do Campo de Arbítrio: $[15 15 15 15 15] = 12.3$, conforme Figura 21:

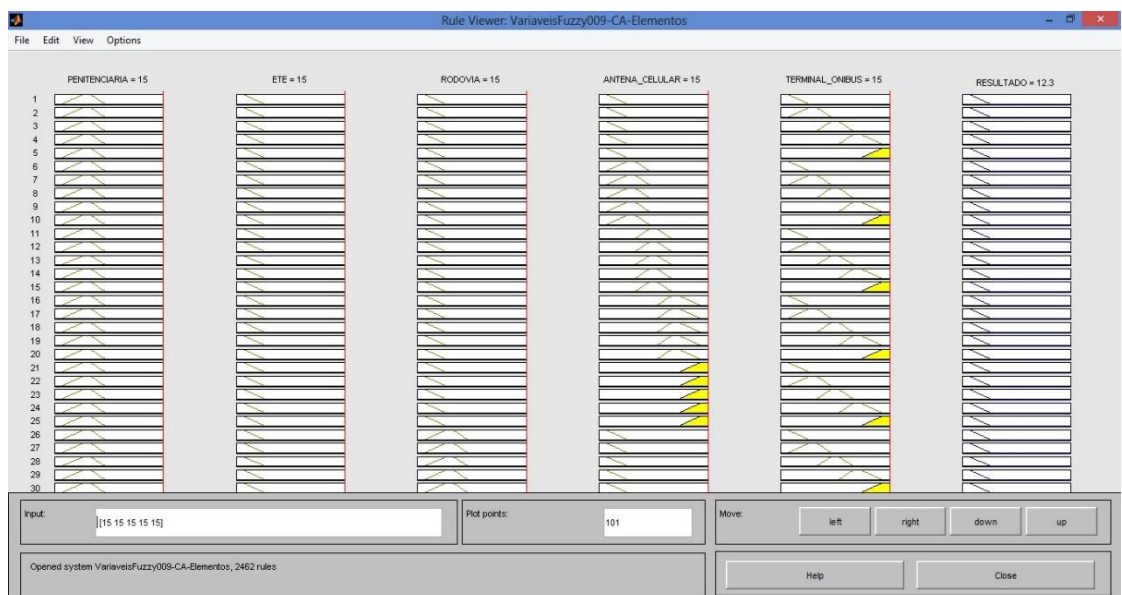


Figura 21 Defuzzificação para o valor limite superior do Campo de Arbítrio.

Mudança de Base:

$$\begin{aligned} -15 < \text{-----} > -12.3 \\ Y < \text{-----} > X \\ 15 < \text{-----} > 12.3 \end{aligned}$$

Portanto:

$$Y = \left[30 * \left(\frac{x+12.3}{24.6} \right) \right] - 15 \quad (2)$$

Observar que, quando não existe influência de nenhuma das variáveis ambientais consideradas, tem-se como informações de entrada no modelo os valores [0 0 0 0 0] = 0 e o valor de Y da equação 2 resultará em zero, o que está coerente, pois neste caso o imóvel não sofre influência das variáveis ambientais, como por exemplo o apartamento T1A5, cuja modelagem não foi feita por não ser necessária como já explicado anteriormente. Isto posto, tem-se para os valores obtidos na modelagem Fuzzy, após a mudança de base:

- Torre 1 Apartamento 5 (T1A5): não foi realizada a modelagem.
- Torre 2 Apartamento 2 (T2A2): -10,44 %
- Torre 3 Apartamento 5 (T3A5): -14,02 %
- Torre 4 Apartamento 2 (T4A2): -13,78 %

Considerando os valores para o apartamento de 62,0 m² como apresentado na tabela 2 e destacado na tabela 3:

Tabela 3 Valor de Mercado para o imóvel avaliando

Área M ²	R\$ Médio	R\$ Mínimo	R\$ Máximo
62,0	329.825,50	312.040,78	348.623,86

Que em valores arredondados para o valor médio: **R\$ 330.000,00**

Aplicando os percentuais obtidos na modelagem fuzzy a cada um dos apartamentos considerados, tem-se:

- T1A5: R\$ 330.000,00 (igual ao valor médio da inferência)
- T2A2: R\$ 330.000,00 * (-10.44%) = R\$ 295.548,00
- T3A5: R\$ 330.000,00 * (-14,02%) = R\$ 283.734,00
- T4A2: R\$ 330.000,00 * (-13,78%) = R\$ 284.526,00

Ou em números redondos:

- Torre 1 Apartamento 5 (T1A5): R\$ 330.000,00
- Torre 2 Apartamento 2 (T2A2): R\$ 295.500,00
- Torre 3 Apartamento 5 (T3A5): R\$ 284.000,00
- Torre 4 Apartamento 2 (T4A2): R\$ 284.500,00

Pode-se, agora, comparar os valores acima com os valores e fundamentação que poderiam ser aplicados sem o uso desta metodologia. Como já mencionado no capítulo 1, a definição para o Campo de Arbítrio, segundo a norma ABNT NBR 14.653-1:2001:

“3.8 Campo de Arbítrio: Intervalo de variação no entorno do estimador pontual adotado na avaliação, dentro do qual pode-se arbitrar o valor do bem, desde que justificado pela existência de características próprias não contempladas no modelo.”

Que é complementada na norma ABNT NBR 14653-2:2001:

“8.2.1.5.1 O campo de arbítrio definido em 3.8 da ABNT NBR 14653-1:2001 é o intervalo com amplitude de 15%, para mais ou para menos, em torno da estimativa de tendência central utilizada na avaliação.”

“8.2.1.5.2 O campo de arbítrio pode ser utilizado quando variáveis relevantes para a avaliação do imóvel não tiverem sido contempladas no modelo, por escassez de dados de mercado, por inexistência de fatores de homogeneização aplicáveis ou porque essas variáveis não se apresentam estatisticamente significantes em modelo de regressão, desde que a amplitude de até mais ou menos 15% seja suficiente para absorver as influências não consideradas e que os ajustes sejam justificados.”

Com base na norma seria arbitrado um valor entre -15% e +15%, com a devida fundamentação, para mensurar a influência das variáveis ambientais do estudo de caso aqui apresentado.

Criar um modelo alternativo com o uso de inferência estatística não seria aplicável visto que as variáveis não são possíveis de serem encontradas em uma amostragem representativa. Isto já foi discutido antes.

O modelo alternativo ainda teria que ser capaz de mensurar a subjetividade destas variáveis, a diferente percepção dos compradores expressa através de variáveis linguísticas.

Sem o uso de um outro modelo alternativo que também fosse capaz de capturar essas características, restaria ao avaliador o uso de sua percepção para mensurar, de forma subjetiva e unilateral, estas variáveis ambientais.

Isto posto e com base na experiência do autor na sua atuação em avaliações de imóveis para fins de análises do crédito Imobiliário, ocorreria o seguinte cenário:

Fundamentação: seria informada a situação do avaliando, descrevendo-se a existência de equipamentos urbanos não possíveis de serem obtidos na amostragem, concluindo que o valor final deveria ser depreciado dentro do intervalo do Campo de Arbítrio.

Em função do exposto, os imóveis do empreendimento possivelmente seriam desvalorizados diretamente em 15% ou 10%, com base no item 3.8 da norma ABNT NBR 14.653-1:2001, obtendo-se os valores:

- Valor do Imóvel para -15%: R\$ 330.000,00 (-15%) = 280.500,00
- Valor do Imóvel para -10%: R\$ 330.000,00 (-10%) = 297.000,00

Comparando com o modelo aqui proposto, observa-se que a fundamentação ficaria restrita a percepção e considerações do avaliador, aumentando a subjetividade da resposta, contribuindo ainda para diminuir a transparência do processo e a justificativa dos valores arbitrados. Ressalta-se que, com o uso da

inferência estatística, o processo era todo desenvolvido com base teórica e científica. Portanto, em relação aos resultados tem-se:

Tabela 4 Comparativo para Campo de Arbitrio de -15%.

Torre Apartamento	Com Metodologia Proposta	Sem Metodologia Proposta	Diferença R\$	%
T1 A5	330.000,00	280.500,00	49.500,00	17,6471
T2 A2	295.500,00		15.000,00	5,3476
T3 A5	284.000,00		3.500,00	1,2478
T4 A2	284.500,00		4.000,00	1,4260
TOTAL			72.000,00	

Tabela 5 Comparativo para Campo de Arbitrio de 10%

Torre Apartamento	Com Metodologia Proposta	Sem Metodologia Proposta	Diferença R\$	%
T1 A5	330.000,00	297.000,00	33.000,00	11,1111
T2 A2	295.500,00		-1.500,00	-0,5051
T3 A5	284.000,00		-13.000,00	-4,3771
T4 A2	284.500,00		-12.500,00	-4,2088
TOTAL			6.000,00	

Portanto, sem a aplicação da metodologia proposta, todos os apartamentos ficam penalizados na mesma proporção arbitrada, o que não reflete a realidade de cada apartamento, e obtém-se diferenças de valores da ordem de 17.6471% (T1A5) que, apesar de estar dentro do intervalo permitido do Campo de Arbitrio, não se tem uma fundamentação condizente a esta diferença, na situação sem a metodologia proposta.

3.5 Análise dos Resultados

Os resultados obtidos mostraram-se coerentes com a realidade de cada um dos apartamentos considerados.

O apartamento T3A5 foi o mais desvalorizado (13.78%) o que se mostra coerente, pois este apartamento sofre influência direta da rodovia, tem sua vista permanente direta para a penitenciária e ETE, e se localiza ao lado do terminal. Apenas não sofre influência direta da Antena de Celular.

O valor de 13.78% pode ser considerado mais adequado que por exemplo, 10% ou 15% arbitrados diretamente, pois apesar da influência no empreendimento das variáveis ambientais consideradas, há de se considerar também, em uma análise, a percepção dos compradores como mostrado na pesquisa realizada, bem

como a subjetividade que envolve a influência destas variáveis, dificultando sua mensuração.

Sem o uso de uma metodologia mais adequada, o avaliador poderia arbitrar, como já discutido, em 10% ou 15% baseados apenas em sua percepção pessoal, o que aumenta a subjetividade do valor definido, além de não ser uma forma transparente e também pouco técnica de arbitrar os valores dos imóveis, que em determinados casos de financiamento, se referem a empreendimentos com várias unidades (e não apenas uma) e tem sua origem de recursos públicos, como o FGTS.

Para o apartamento T4A2 valem as mesmas considerações feitas acima, ressaltando que a sua posição ameniza, mesmo que pouco, a influência dos aspectos ambientais considerados, o que justifica a pouca diferença entre estes apartamentos.

Já o apartamento T2A2 o valor obtido está de acordo, em sua ordem de grandeza, com os aspectos que o influenciam e a classificação obtida pela pesquisa. A penitenciária, ETE e rodovia estão localizadas do seu lado oposto, apesar destes terem alguma influência considerando a sua localização. Já o terminal e, principalmente, a antena de celular estão diante deste apartamento. Porém estes 2 aspectos possuem considerações “indiferentes” e “bom”, que mostra a subjetividade destes aspectos para o público comprador.

Os resultados da pesquisa realizada contribuíram para mostrar como se decidir pelos valores a serem considerados na entrada de dados no modelo fuzzy (fuzzificação), diminuindo a subjetividade do modelo fuzzy, que tem como característica principal a capacidade de trabalhar as variáveis linguísticas utilizadas (péssimo, ruim, indiferente, bom ótimo), traduzindo, convertendo para um valor numérico.

4 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi o de apresentar e aplicar a teoria da Lógica *Fuzzy* na atividade de avaliações de imóveis. Em detrimento de ser uma teoria que vem sendo largamente empregada nos últimos anos em várias áreas do conhecimento, especialmente nas de engenharia e de inteligência artificial, é ainda incipiente os estudos e sua aplicação em avaliações de imóveis.

Neste sentido, uma das contribuições importantes deste trabalho é o de tentar agregar algum conhecimento aplicável nessa área. Contudo o trabalho aqui desenvolvido está longe de ser conclusivo e de ser uma solução em si, porém se mostra bastante animador o universo de possibilidades e aplicações que se apresentam para esta técnica na área de avaliações de imóveis. Ao longo do trabalho, procurou-se discutir e analisar os resultados alcançados, mas é importante destacar aqui alguns itens:

A aplicação da teoria fuzzy não deve ser utilizada em situações em que seja possível a aplicação da estatística clássica, o que será um erro. A Teoria Fuzzy, no caso de avaliações de imóveis, se apresenta como uma alternativa complementar as teorias estatísticas já utilizadas, podendo ser bastante útil em situações em que esta se mostra insuficiente.

A teoria fuzzy é capaz de trabalhar os termos vagos, subjetivos, ambíguos das variáveis linguísticas utilizadas no nosso dia a dia. Pode, portanto, contribuir

muito com a engenharia de avaliações pois estas situações não são incomuns nesta área.

Para ilustrar o parágrafo acima, o presente trabalho apresentou um método alternativo para se trabalhar variáveis ambientais após o MCDDM, utilizando-se do Campo de Arbítrio. Porém pode-se pensar em utilizar essa técnica para se obter valores para variáveis que serão utilizadas na inferência estatística como, por exemplo, para se definir o valor do padrão de um imóvel, em que é comum o uso de termos linguísticos na sua definição.

As variáveis ambientais, assim como toda a questão ambiental, são temas recentes e de difícil mensuração. Ninguém é contra o meio-ambiente e de ações que visem a sua preservação e aumento da qualidade de vida. Porém na prática nota-se que abrir mão de conforto em prol do aumento da qualidade ambiental não se materializa como no discurso, pois além das percepções das pessoas serem bastante diferentes entre si, os interesses e as necessidades não são os mesmos e diferem entre as camadas sociais.

Portanto, pagar mais por mais qualidade ambiental não aparece normalmente nas tomadas de decisões. Isso se reflete na avaliação de imóveis, sendo que essa subjetividade pode ser trabalhada por uma teoria como a da lógica fuzzy, porém necessita de mais estudos e aplicação.

O trabalho utilizou-se das variáveis ambientais, devido ao fato dessas serem um exemplo de variáveis linguísticas, devendo ser trabalhadas por especialistas, pois sua correta definição é essencial para o modelo. A ausência deste especialista pode levar a erros no modelo e nos resultados.

Limitações da metodologia devem ser consideradas. Um software específico para avaliações de imóveis que já permita a modelagem fuzzy se mostrou importante para a aplicação prática da metodologia em termos comerciais, pois softwares como o Matlab® são muito genéricos e, para modelos mais complexos, se torna lento e trabalhoso de utilizar, implicando em baixa produtividade. Um software com um módulo fuzzy específico eliminaria esse problema e contribuiria para o seu uso mais comercial.

A montagem das regras é outro fator determinante para o sucesso e a consistência dos resultados. Portanto o conhecimento e a experiência são fatores fundamentais na montagem destas. Como a geração de regras pode resultar em quantidades excessivas no modelo (no nosso trabalho foram utilizadas quase 3.000 regras) além da expertise, o uso de software específico e que seja adequado a este uso se mostra imprescindível para usos comerciais.

Considerando as exposições acima, considera-se que o principal objetivo deste trabalho foi atingido, que é o de trabalhar as variáveis ambientais que possam influenciar um imóvel avaliando através da lógica fuzzy, de maneira a permitir uma metodologia que minimize a subjetividade e permita uma maior transparência na obtenção de valores para o imóvel avaliando dentro do intervalo do Campo de Arbítrio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-1:2001**: Avaliação de Bens. Parte 1: Procedimentos Gerais. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 14653-2:2011**: Avaliação de Bens. Parte 2: Imóveis Urbanos. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 14653-6:2008**: Avaliação de Bens. Parte 6: Recursos Naturais e Ambientais. Rio de Janeiro, 2009.

ABUNAHMAN, Sérgio Antônio. **Curso Básico de Engenharia Legal e de Avaliações**. São Carlos: Pini, 1999. 308 p.

AGUADO, Alexandre Garcia; CANTANHED, Marco André. **Lógica Fuzzy**. Artigo. 2010. Disponível em < www.ft.unicamp.br>. Acessado em 10/02/2014.

BORANGA, Marize Lechuga de Moraes. **A influência das variáveis ambientais no valor de unidades habitacionais no município de Campo Grande-MS**. 2003. 77 p. Dissertação (Mestrado), Universidade para o desenvolvimento do estado e da região do Pantanal – Uniderp, Campo Grande/MS

CALDEIRA, André Machado et al. **Inteligência Computacional: Aplicada a Administração, Economia e Engenharia em Matlab**. São Paulo: Thomson, 2007. 370 p.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Avaliação e Perícia Ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 284 p.

DANTAS, Rubens Alves. **Engenharia de Avaliações: Uma Introdução à Metodologia Científica**. São Paulo: Pini, 1999. 251 p.

DUARTE, André Augusto Azevedo Montenegro, et al. **Um novo enfoque na engenharia de avaliações: o método do entendimento racional**. In: COBREAP, XIV. 2007, Salvador/BA. Disponível em <<http://www.mrcl.com.br>>. Acesso em 10/02/2014, 21 p.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2001. 308 p.

FUZZYTECH. **INFORM GmbH and Inform Software Corporation**. Conjunto de programas. Software. Library. Disponível em < <http://www.fuzzytech.com/>>. Acesso em: 10 fev 2014.

HOCHHEIM, Norberto; UBERTI, Marlene Salete. **Uso de variáveis ambientais na avaliação de imóveis urbanos: uma contribuição a valoração ambiental**. In: COBREAP, XI. 2001, Guarapari/ES. Disponível em <<http://www.mrcl.com.br>>. Acesso em 10/02/2014, 21 p.

IBAPE/SP. INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS: **Avaliação de Imóveis Urbanos**. São Paulo, 2010.

MOURA, Luiz Antônio Abdalla de. **Economia Ambiental: Gestão de Custos e Investimentos**. 2. ed. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2003. 232 p.

NICOLETTI, Maria do Carmo; CAMARGO, Heloisa de Arruda. **Fundamentos da Teoria de Conjuntos Fuzzy**. São Carlos: Edufscar, 2009. 65 p. (Apontamentos).

PELLI NETO, Antônio. **Intervalos de confiança, intervalos de predição e campo de arbítrio nas avaliações de imóveis urbanos**. Artigo. 2010. Disponível em <www.pellisistemas.com.br>. Acesso em 10/02/2014, 17 p.

SOUZA, Renato Santos de. **Entendo a questão ambiental: temas de economia, política e gestão do meio ambiente**. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 2000. 461 p.

SIMÕES, Marcelo Godoy; SHAW, Ian S.. **Controle e Modelagem Fuzzy**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2007. 186 p.

APÊNDICE

APÊNDICE A

PESQUISA

INDICAR O QUANTO OS ITENS ABAIXO IMPACTAM NA SUA DECISAO DE COMPRAR UM IMOVEL. : percentuais						
MARQUE UM UNICO "X" EM CADA LINHA						
	PESSIMO	RUIM	INDIFERENTE	BOM	OTIMO	
PENITENCIÁRIA (cerca de 600 mts com vista permanente)	86,21%	13,79%				100%
E.T.E. (cerca de 600 mts, com vista permanente)	44,83%	37,93%	17,24%			100%
RODOVIA (cerca de 50mts, vsita permanete)	44,83%	51,72%				100%
ANTENA CELULAR (cerca de 10 mts, vista permanete)	17,24%	65,52%	17,24%			100%
IGREJA (cerca de 30 mts)	10,34%	31,03%	55,17%	3,45%		100%
TERMINAL ÔNIBUS (cerca de 40mts)	37,93%	48,28%	6,90%	6,90%		100%

CONSIDERAR/PONDERAR NAS RESPOSTAS ACIMA ASPECTOS COMO:	TOTAL
VISTA CÊNICA	100%
POLUIÇÃO SONORA (RÚIDO)	
POLUIÇÃO DO AR	
FACILIDADES / COMODIDAS NO DIA A DIA	
DESCONFORTO/INCONVENIENTES NO DIA A DIA	
SEGURANÇA	

NO QUADRO LOCALIZAÇÃO ABAIXO, INFORMAR COMO VOCÊ ALTERARIA SUA DECISAO CASO ESTA FOSSE FATOR DECISIVO NA SUA COMPRA.

EM FUNÇÃO DA LOCALIZAÇÃO (SIM/NÃO)

	SIM	NÃO	TOTAL
MUDARIA SUAS RESPOSTA ACIMA?	27,59%	72,41%	100,00%

NEGOCIARIA DESCONTO, MAS NÃO DESISTIRIA DO NEGÓCIO

	44,83%	100,00%
DESISTIRIA DO NEGÓCIO	55,17%	
OUTRA (ESPECIFICAR):		

INDICAR O QUANTO OS ITENS ABAIXO IMPACTAM NA SUA DECISAO DE COMPRAR UM IMOVEL.: valores absolutos						
MARQUE UM UNICO "X" EM CADA LINHA						
	PESSIMO	RUIM	INDIFERENTE	BOM	OTIMO	TOTAL
PENITENCIÁRIA (cerca de 600 mts com vista permanente)	100	16				116
E.T.E. (cerca de 600 mts, com vista permanente)	52	44	20			116
RODOVIA (cerca de 50mts, vsita permanete)	52	60	4			116
ANTENA CELULAR (cerca de 10 mts, vista permanete)	20	76	20			116
IGREJA (cerca de 30 mts)	12	36	64	4		116
TERMINAL ÔNIBUS (cerca de 40mts)	44	56	8	8		116

CONSIDERAR/PONDERAR NAS RESPOSTAS ACIMA ASPECTOS COMO:	TOTAL
VISTA CÊNICA	116
POLUIÇÃO SONORA (RÚIDO)	
POLUIÇÃO DO AR	
FACILIDADES / COMODIDAS NO DIA A DIA	
DESCONFORTO/INCONVENIENTES NO DIA A DIA	
SEGURANÇA	

NO QUADRO LOCALIZAÇÃO ABAIXO, INFORMAR COMO VOCÊ ALTERARIA SUA DECISÃO CASO ESTA FOSSE FATOR DECISIVO NA SUA COMPRA.

EM FUNÇÃO DA LOCALIZAÇÃO (SIM/NÃO)

	SIM	NÃO	TOTAL
MUDARIA SUAS RESPOSTA ACIMA?	32	84	116

NEGOCIARIA DESCONTO, MAS NÃO DESISTIRIA DO NEGÓCIO

	52	TOTAL
DESISTIRIA DO NEGÓCIO	64	116
OUTRA (ESPECIFICAR):	0	

APÊNDICE B

INFERÊNCIA DIFUSA: MANDAMI - EXEMPLO

VARIÁVEIS E VALORES LINGÜÍSTICOS PARA DETERMINADA ANÁLISE

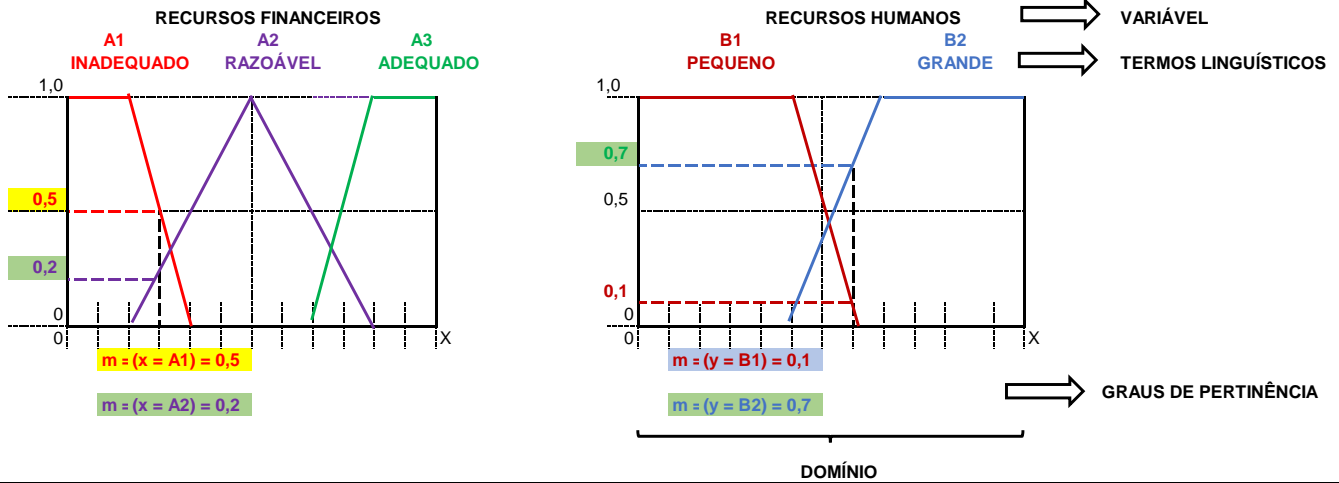
Recursos Financeiros (X)	
Valor Linguístico	Notação
Inadequado	A1
razoável	A2
Adequado	A3

Recursos Humanos (Y)	
Valor Linguístico	Notação
Pequeno	B1
Grande	B2

Riscos do Projeto	
Valor Linguístico	Notação
Baixo	C1
Normal	C2
Alto	C3

FUZZYFICAÇÃO

TERMS LINGÜÍSTICOS: RECURSOS FINANCEIROS: Poucos recursos financeiros disponíveis, situação de razoável a quase inadequado.
 RECURSOS HUMANOS: Sem problemas. Há bastante recurso humano disponível, apesar de não estar 100% disponível.



REGRAS FUZZY

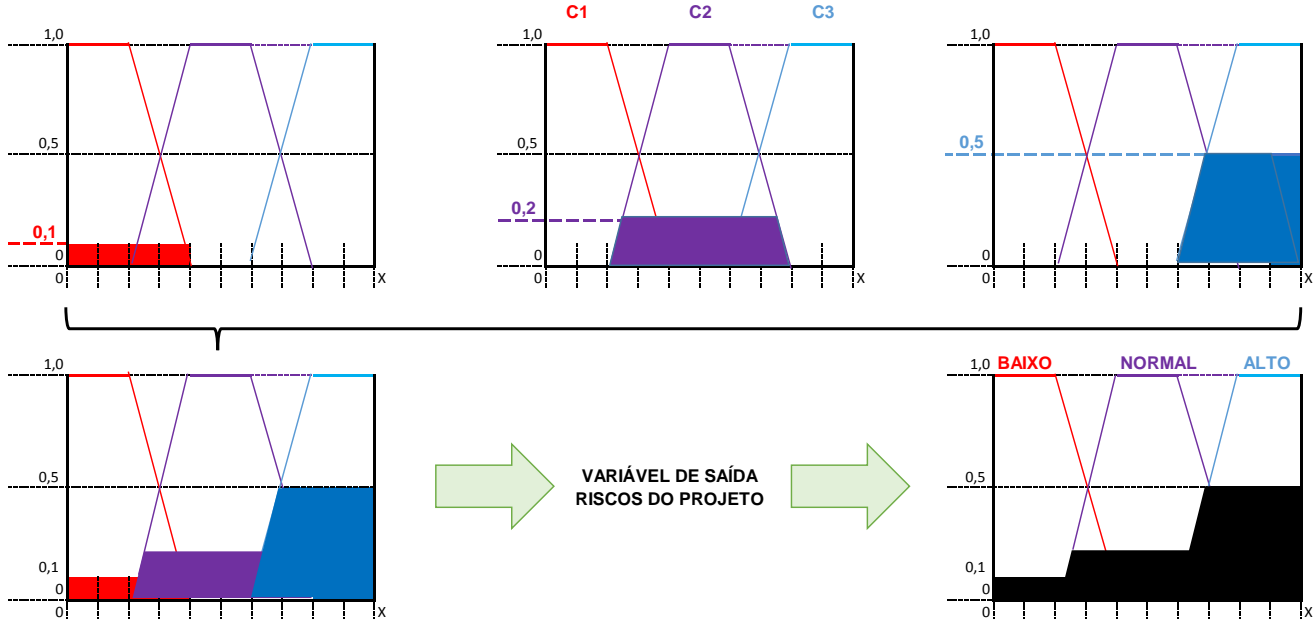
AGREGAÇÃO DAS REGRAS FUZZY

1.	IF [x IS A3(0) OR y IS (B1(0.1))]	THEN [z IS C1 (0.1)]
2.	IF [x IS A2(0.2) AND y IS (B2(0.7))]	THEN [z IS C2 (0.2)]
3.	IF [x IS A1(0.5)]	THEN [z IS C3 (0.5)]

Antecedentes: Recursos Financeiros, Recursos Humanos
 Precedentes: Risco

OBS:
 OR: agrega o MAIOR dos valores
 AND: agrega o MENOR dos valores

AGREGAÇÃO DAS REGRAS FUZZY



DEFUZZIFICAÇÃO

TÉCNICA DO CENTRÓIDE (CoG)

$$CoG = \frac{\sum_{x=a}^b \mu(x) \cdot x}{\sum_{x=a}^b \mu(x)}$$

Exemplo Numérico:

Considerando o conjunto fuzzy da Figura acima, o resultado numérico obtido com a aplicação da técnica do centróide (CoG) é dado por: adotando-se, para o domínio intervalos de 10 unidades, variando de 10 a 100:

$$CoG = \frac{(0+10+20)*0,1+(30+40+50)*0,2+(60+70+80+90+100)*0,5}{(0,1+0,1+0,1)+(0,2+0,2+0,2)+0(0,5+0,5+0,5+0,5+0,5)} = 66,76$$

