



Engenharia de Avaliações de Imóveis apoiada em Técnicas de Análise Multicritério e Redes Neurais Artificiais

Daniela Souza Moreira¹, Ramicés dos Santos Silva², Anita Maria da Rocha Fernandes³

Resumo — Avaliar um imóvel significa estimar seu valor no mercado, levando em consideração diversos fatores, tais como: as características particulares desse imóvel, as condições de mercado e o equilíbrio entre as partes interessadas na negociação. Todas essas características tornam a avaliação uma tarefa complexa, principalmente porque o mercado imobiliário representa um segmento importante na economia nacional exigindo resultados mais precisos. Dentro deste contexto, foi realizada uma pesquisa sobre as metodologias de avaliação de imóveis que são utilizadas e identificou-se que a principal técnica usada, Análise de Regressão, possui limitações que podem comprometer o resultado da avaliação. Este artigo visa apresentar a pesquisa realizada e a metodologia desenvolvida utilizando Análise Multicritério e Redes Neurais Artificiais para avaliar apartamentos residenciais. Os resultados obtidos neste trabalho foram considerados satisfatórios, indicando que a combinação entre as técnicas utilizadas é eficiente e promissora.

Index Terms — Análise Multicritério, Redes Neurais Artificiais, TODIM, Mercado Imobiliário.

I. INTRODUÇÃO

A avaliação de imóveis consiste na determinação do valor de mercado de um determinado imóvel, ou seja, o valor mais provável que este imóvel atingiria em uma dada transação, de acordo com suas características e condições do mercado naquele momento [1].

O mercado imobiliário envolve diversos recursos em suas transações e representa um segmento relevante para a economia nacional. Para o estudo deste mercado, a base para os cálculos de demanda habitacional, voltado às aplicações de

recursos financeiros, é calculada pelo valor de mercado cuja estimativa é dada através das avaliações em massa [2].

A avaliação em massa, segundo [3], é uma avaliação sistemática de um grupo de imóveis, em uma determinada data, de uma determinada tipologia, em diferentes localizações em um espaço urbano cujo apoio é dado pelo uso de procedimentos padronizados e testes estatísticos.

O conceito de valor citado por [4] é dado de acordo com o mercado imobiliário cuja concorrência é imperfeita, onde o mesmo é diferente do custo e também do preço do imóvel.

A concorrência imperfeita explicada por [5] é dada em função das características apresentadas pelo mercado, tais como: heterogeneidade dos imóveis e de suas localizações, o que dificulta a comparação entre imóveis; falta de informações precisas; as pressões que ambas as partes são submetidas (comprador e vendedor) no momento das negociações; os diversos fatores psicológicos e culturais que comprometem a avaliação subjetiva da qualidade do bem; a existência de grupos de agentes profissionais qualificados para obter os melhores negócios para si ou para os seus representados. A consequência do mercado imperfeito é que não necessariamente a aceitação do preço coincide com o valor de mercado, existindo uma faixa de preços razoáveis, dentro da qual está o valor de mercado do imóvel [5]

Há órgãos governamentais que na tomada de decisão utilizam, como parâmetro, o valor de mercado. Com isso, o estudo deste mercado influencia diretamente juntamente com outras análises, nas elaborações de plantas genéricas de valores para a cobrança de impostos e desapropriações, assim como, nas cobranças de impostos sobre o ganho de capital pela Receita Federal, nas decisões do Poder Judiciário, na determinação da garantia de operações dos agentes financeiros, nas análises de viabilidade de empreendimentos e operações de compra e venda de imóveis [2].

Percebe-então, que o cálculo para estimar o valor de mercado deve ser o mais preciso possível, uma vez que, os erros cometidos na avaliação podem prejudicar grande parte da população.

¹Daniela Souza Moreira é mestranda em Computação Aplicada na Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI).

²Ramicés dos Santos Silva é mestrando em Engenharia de Automação e Sistemas na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

³Anita Maria da Rocha Fernandes é Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, professora do Mestrado em Computação Aplicada da UNIVALI e coordenadora dos cursos de Ciência da Computação, Engenharia da Computação e Engenharia Industrial Mecânica da UNIVALI.

Partindo deste problema foi realizada uma pesquisa bibliográfica que identificou a Análise de Regressão como uma das principais técnicas de avaliação. No entanto, [6] realizaram uma análise conceitual das dificuldades encontradas na determinação da Regressão Linear apontando dois grandes problemas que são: i) desconhecimento de forma funcional e ii) desconhecimento da distribuição espacial dos imóveis. Eles propõem a utilização de Inteligência Artificial (IA) e Análise Multicritério para a solução dos problemas encontrados. A referência [5] apresenta quais são os métodos e as normas utilizadas em diferentes países na avaliação de imóveis. Dentre eles estão a Regressão Linear Múltipla e as Redes Neurais Artificiais (RNA).

Segundo [2], as Redes Neurais Artificiais tem sido aplicadas recentemente na área de Engenharia de Avaliações, sendo aceita como metodologia pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira (ABNT NBR) 14653-2 que trata da avaliação de imóveis urbanos.

Dados os problemas relacionados à análise de regressão (desconhecimento de forma funcional e correlação espacial) e seguindo as sugestões propostas por [6], em utilizar técnicas de inteligência artificial, alinhados com os bons resultados apresentados por [2] e [7], que utilizaram, respectivamente, em seus trabalhos: Redes Neurais Artificiais (RNA) e o Método de Tomada de Decisão Iterativa Multicritério (TODIM), optou-se em utilizar essas técnicas em conjunto como uma nova solução de metodologia para avaliação de imóveis residenciais

I. OBJETIVOS

A. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um protótipo para determinação do valor de aluguel para imóveis residenciais, a fim de avaliar a metodologia de avaliação proposta com o método TODIM e RNA.

B. Objetivos Específicos

- Analisar as vantagens e desvantagens do uso de regressão linear, redes neurais artificiais e TODIM nas avaliações;
- Realizar testes utilizando o método TODIM e o resultado deste como entrada da rede neural;
- Definir a topologia base da RNA;
- Modelar o protótipo;
- Implementar o protótipo; e
- Testar e avaliar o protótipo.

II. JUSTIFICATIVA

Dadas as características e importância do Mercado Imobiliário, assim como, a contribuição da avaliação de imóveis surge a necessidade de novas metodologias de avaliação que atendam aos requisitos deste tipo de avaliação.

Segundo [2] os modelos de formação de preços imobiliários por meio das técnicas convencionais se deparam com problemas que reduzem a precisão das estimativas de valores principalmente no que diz respeito ao desconhecimento de

forma funcional entre as variáveis e pela dificuldade de estimação dos parâmetros referentes à distribuição espacial dos imóveis.

Ainda segundo [2] a utilização de RNA em avaliações de imóveis apresenta boas perspectivas e os resultados obtidos até o momento indicam que essa técnica é uma das mais indicadas pelo fato de permitir a representação de dados não lineares.

Quanto à utilização de análise multicritério por meio do uso do método híbrido TODIM, ele possui a capacidade de ordenar as n alternativas de imóveis de acordo com a preferência dos especialistas (decisores) o que permite à criação de um modelo voltado as características do mercado imobiliário.

Dentro deste contexto, a combinação das técnicas de análise multicritério e Redes Neurais Artificiais podem trazer bons resultados para os problemas de avaliação, uma vez que, suas aplicações já têm apresentado bons resultados como apresentado nos trabalhos de [2] e [7].

III. PROBLEMA

O mercado imobiliário possui uma grande parcela de contribuição na economia nacional. Ele está relacionado com geração de empregos e oportunidades e através do seu valor venal está relacionado com taxas e impostos.

Para determinar o valor de um imóvel é necessário avaliá-lo com critérios consistentes juntamente com uma técnica eficiente. Porém, o mercado possui um comportamento dinâmico o que dificulta à precisão das estimativas.

A avaliação de imóveis, para [3], consiste na determinação do valor de mercado de um imóvel, ou seja, o preço mais provável que este bem atingiria em uma transação normal, dada as suas características e condições de mercado naquele momento. Além dessas estimativas de valor é preciso que seja utilizada uma técnica e um modelo adequado para evitar erros e/ou imprecisões nas avaliações.

A referência [2] ressalta que os modelos de formação de preços imobiliários que utilizam técnicas convencionais enfrentam problemas que reduzem a precisão das estimativas de valores, principalmente no que diz respeito ao desconhecimento de forma funcional entre as variáveis e pela dificuldade de estimação dos parâmetros referentes à distribuição espacial dos imóveis.

Considerando-se que a determinação do valor de imóveis é usada em diferentes situações, dentre elas a tributação de impostos, os erros cometidos nessa atividade podem prejudicar uma grande parcela da população [2].

Sendo assim, surge a oportunidade de utilizar técnicas de Inteligência Artificial e Análise Multicritério como nova metodologia de avaliação.

IV. SOLUÇÃO PROPOSTA

Para auxiliar no problema da determinação do valor de aluguel de apartamentos residenciais foi proposta uma nova metodologia de avaliação, formada por duas técnicas, que já

são utilizadas atualmente na avaliação de imóveis, são elas: as Redes Neurais Artificiais (RNA) e a Análise Multicritério. No entanto, estas técnicas até o momento, foram utilizadas separadamente, ou seja, as soluções propostas ou utilizam Redes Neurais Artificiais, podendo combinar com outra técnica, ou usam Análise Multicritério, sendo possível também, utilizar outra técnica.

Os resultados obtidos com a utilização da RNA e do método TODIM se mostram satisfatórios, pois atenderam as expectativas existentes nos trabalhos de [2], [8] e [7] entre outros, incentivando dessa forma a combinação entre essas duas técnicas.

A solução proposta, por este trabalho, foi aplicar o TODIM para avaliar as alternativas com relação aos critérios que foram definidos pelos especialistas do projeto, calculando um valor médio de aluguel para todas as alternativas avaliadas. O resultado do TODIM foi usado como uma das entradas da RNA juntamente com as demais características do imóvel durante a etapa de treinamento da rede.

Para avaliar a metodologia foi desenvolvido o protótipo de uma ferramenta em JAVA, permitindo ao usuário realizar avaliações de imóveis utilizando TODIM e RNA.

Para realizar a avaliação de um determinado imóvel, o usuário informa as características do mesmo, e o protótipo aplica o TODIM e codifica os dados de entrada, passando esses dados para RNA que apresenta na sua saída uma faixa de aluguel que o imóvel avaliado pode ser transacionado no mercado.

A RNA utilizada foi do tipo MLP (*Perceptron Multicamadas*), com conexões feedforward, utilizando o algoritmo de treinamento backpropagation, com supervisão e uma camada oculta.

As principais funcionalidades do protótipo são: a avaliação de um imóvel, bem como, as operações de manipulação do imóvel, isto é, cadastrar, visualizar e/ou excluir um imóvel

V. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta uma parte da revisão bibliográfica realizada neste trabalho.

A. Engenharia de Avaliações

No momento em que há necessidade de se tomar uma decisão, é necessário pensar nas diversas possibilidades e opções existentes, ou seja, será realizada uma avaliação da situação e em seguida, uma posição será tomada. Para isso, é necessário responder algumas perguntas-chaves, tais como: O quê? Para quê? Como? Para quem? Quando? Quanto? entre outras [9].

Com relação à Engenharia de Avaliações, [9], diz que esta responde as seguintes questões: O que significa? Para que serve? Porque Estudar? Para quem interessa? Por quem pode ser praticada? Como deve ser realizada? Quando é necessária? Quanto de dedicação exigirá? Qual o mercado de trabalho?

Neste sentido, [10] afirma que a Engenharia de Avaliações não é uma ciência exata, mas sim a habilidade em estimar os valores de propriedades específicas com conhecimento

profissional de engenharia e bom julgamento.

Já [9] diz que a Engenharia de Avaliações é uma especialidade da engenharia que reúne um extenso conjunto de conhecimentos da área de engenharia e arquitetura, bem como da área das ciências sociais e exatas, cujo objetivo é determinar tecnicamente o valor de um bem, de seus direitos, frutos e custos de reprodução.

As áreas que podem ser aplicadas a Engenharia de Avaliações são: perícia judicial, financiamentos e hipotecas, organização de empresas, seguros, taxação, tarifas e administração [10].

[9] ressalta a importância da Engenharia de Avaliações para os diversos agentes do mercado imobiliário, tais como: imobiliárias, bancos de crédito imobiliário, compradores ou vendedores de imóveis.

B. Mercado Imobiliário

A economia nacional possui diversos fatores que influenciam direta e indiretamente no seu crescimento, dentre eles está o mercado imobiliário com elevada significância. Isso ocorre em função das tomadas de decisões, de determinados órgãos do governo utilizarem o valor venal dos imóveis. Sendo assim, caso haja erro nas estimativas do valor dos imóveis grande parte da população poderá ser prejudicada [2].

O mercado imobiliário apresenta um comportamento muito dinâmico e suas características são singulares, tornando a avaliação de imóveis uma atividade mais complexa. A falta de informações dos agentes do mercado e o desconhecimento do mecanismo de seu funcionamento contribuem na dificuldade dessa análise [3]. A característica de singularidade é atribuída à heterogeneidade dos imóveis, pela vida útil, que é considerada longa, a localização e fixação espacial, elevado custo de produção, alto custo de aquisição e as interferências das leis municipais, estaduais e federais [11].

[9] ressalta a importância em conhecer o funcionamento do mercado, através do relacionamento de três componentes: os bens que são levados a mercado, as partes interessadas na venda e as partes que desejam comprá-los, sendo a formação do mercado imobiliário dada por estes três componentes.

Com relação à quantidade desses três componentes que formam o mercado, esta é um fator determinante na formação dos preços, sendo que, a situação ideal é aquela onde há vários compradores, vendedores e imóveis disponibilizados de uma forma equilibrada no mercado. No entanto, essa situação de concorrência perfeita não existe na prática. O fato de não existir perfeição no mercado imobiliário permite entender que o preço de um imóvel não necessariamente será o valor de mercado, onde haverá uma faixa de preços considerados normais (aceitáveis), dentro do qual o valor de mercado está inserido [5].

C. Redes Neurais Artificiais

Ao final da década de 80 teve-se o ressurgimento das Redes Neurais Artificiais, também conhecidas como conexionismo ou sistemas de processamento paralelo e distribuído. A característica dessa forma computacional não-algorítmica é

dada pela similaridade com o cérebro humano, tornando-se uma alternativa à computação convencional [12].

As Redes Neurais Artificiais representam uma tecnologia cuja origem está presente em diversas disciplinas, tais como: neurociência, matemática, estatística, física, ciência da computação e engenharia [13].

As aplicações de RNAs podem ser utilizadas em diferentes campos, como modelagem, análise de séries temporais, reconhecimento de padrões, processamento de sinais e controle, graças a uma importante característica dessa técnica que é a capacidade de aprender através dos dados de entrada com ou sem supervisão [14].

Entre as diferentes definições de redes neurais artificiais, todas possuem os elementos considerados fundamentais, são eles: neurônio, arquitetura e aprendizagem. O neurônio é a unidade computacional básica da rede; a arquitetura é a estrutura de conexão entre os neurônios; e a aprendizagem é um processo de adaptação da rede em computar uma determinada função ou em realizar uma dada tarefa [13].

Os estudos de redes neurais artificiais, segundo [2] são relativamente novos. Atualmente, não existem livros técnicos que abordem minuciosamente as RNAs e sua aplicação na Engenharia de Avaliações. No entanto, há diversos trabalhos publicados em Congressos dedicados a esta técnica e voltados à Engenharia de Avaliações. O resultado desse trabalho, assim como, os de pesquisa, forneceram subsídios para a aplicação desta metodologia como metodologia científica reconhecida na NBR 14653, Avaliação de Bens, Parte 2 – Imóveis Urbanos [2].

D. Análise Multicritério e TODIM

Com relação à avaliação de imóveis, segundo [7], o método TODIM contribui em função de avaliar de forma mais clara as alternativas em relação aos critérios definidos pelos especialistas da área. Dentro deste contexto, será explicado a seguir o funcionamento desta técnica.

Quando surge a necessidade de tomar uma decisão é porque existe mais de uma alternativa para a solução do problema em questão. Ainda que haja apenas uma ação a ser tomada como solução, é preciso analisar se a decisão será tomada ou não [15].

O processo de tomada de decisão, segundo [15], é como uma eleição por meio de um decisor, ou de um grupo de decisores, para escolher a melhor alternativa possível, existindo dessa forma um problema analítico.

O Apoio Multicritério à Decisão é utilizado quando é necessário realizar seleção, classificação, ordenação ou descrição das possíveis alternativas de solução de um determinado problema de decisão com critérios qualitativos e quantitativos [7].

Há diversos métodos analíticos que são utilizados na prática sendo escolhido aquele que melhor se adapta ao problema estudado.

Quando o problema é ordenar alternativas, ou seja, problemas do tipo P_γ (no caso deste trabalho, é ordenar as melhores alternativas dos imóveis), [7] sugere-se a utilização

do método Tomada de Decisão Iterativa e Multicritério (TODIM). Esse método possui uma característica relevante que modela os padrões de preferência dos decisores na presença de risco fundamentada na Teoria dos Prospectos.

A Teoria dos Prospectos, segundo [7], foi desenvolvida por dois psicólogos israelenses, [16], que observaram o comportamento do ser humano nas tomadas de decisões que envolviam riscos. O resultado da análise realizada foi que, para os casos em que existem ganhos envolvidos, o ser humano tende a ser mais conservador, isto é, preferem ganhar menos a correr o risco maior de ganhar mais. No entanto, quando há perda, o ser humano prefere correr o risco de ter perdas maiores, nos casos onde existe a possibilidade não ter perdas, a admitir ter perdas menores [7].

A Teoria dos Prospectos utiliza a função de valor, na forma de um “S” para esclarecer a aversão e a propensão ao risco, sendo que, acima do eixo horizontal é a representação do ganho e abaixo está a representação das perdas conforme apresenta Figura 1. [7]

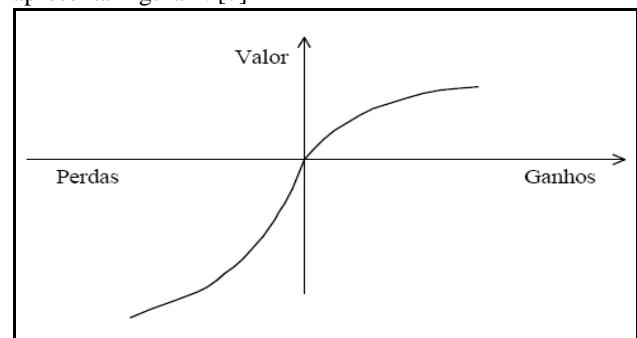


Figura 1. Função de Valor da Teoria de Prospectos
Fonte: [17]

Para que o método TODIM possa utilizar o paradigma da Teoria dos Prospectos em uma base de dados proveniente de cálculos e de juízos de valor, é preciso que o método teste formas específicas das funções de perda e ganhos. Com isto, será possível construir a função aditiva do método que, fornece medidas de dominância das alternativas, isto é, de cada alternativa sobre cada alternativa [7].

Levando-se em consideração um conjunto de n alternativas para serem ordenados na presença de m critérios quantitativos e qualitativos, sendo que, um desses critérios será um critério de referência [18].

Para utilizar o método TODIM é preciso definir o critério de referência, bem como é necessário determinar a valoração das alternativas em relação aos critérios quantitativos, que são obtidos sem dificuldades através de um cálculo de valor líquido, e qualitativos, estes por sua vez, são obtidos através de julgamentos de valor, lidos de uma escala cardinal, que são convertidos em valores numéricos [18].

Para determinar os pesos dos critérios, segundo [7], o método TODIM utiliza uma matriz de comparação por pares entre os critérios.

O resultado da terceira etapa corresponde aos pesos dos critérios. Em seguida, é solicitado ao especialista para estimar a cada critério qualitativo c , qual a contribuição de cada

alternativa *i* para o objetivo associado a esse critério [7] Os valores das avaliações, dos critérios em relação às alternativas, devem ser numéricos e normalizados, ressaltando que, os critérios qualitativos que são avaliados em uma escala verbal devem ser transformados em uma escala cardinal. Essa avaliação resultará na matriz de avaliação, cujos valores são todos numéricos [7]

A normalização dos valores dos critérios da matriz de avaliação pode ser realizada, segundo [7], através da divisão do valor de uma alternativa (de um determinado critério) pela soma total dessas alternativas. Após a normalização de todos os critérios obtém-se a matriz de desejabilidades parciais $W = [W_{nm}]$, com valores entre 0 e 1 que representam segundo Gomes, Araya & Carignano (2004) a probabilidade de uma determinada alternativa atender ao critério em pauta [7]

Depois de atribuir os pesos aos critérios e normalizá-los, é preciso calcular segundo [7], as matrizes de dominância parciais e a matriz de dominância final. Primeiro defini-se o critério de referência *r* (por exemplo, pode ser escolhido o critério que possui maior peso). Dessa forma, *arc* representa a taxa de substituição de um dado critério *c* que esteja em análise em relação ao critério de referência *r* [7], sendo calculada através do quociente entre o peso do critério de referência *r* e o critério *c* em análise [17]. A medida de dominância de cada alternativa *i* sobre cada alternativa *j*, aliada à Teoria dos Prospectos, é apresentada na Equação 1, segundo [7]:

$$\delta(i, j) = \sum_{c=1}^m \Phi(i, j), \forall(i, j) \quad (1)$$

$$\Phi(i, j) = \begin{cases} \frac{a_{rc}(w_{ic} - w_{jc})}{\sum_{c=1}^m a_{rc}} & \text{se } (W_{ic} - W_{jc}) > 0, \end{cases} \quad (2)$$

$$\Phi(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{se } (W_{ic} - W_{jc}) = 0, \end{cases} \quad (3)$$

$$\Phi(i, j) = \begin{cases} -\frac{1}{\theta} \frac{(\sum_{c=1}^m a_{rc}(w_{jc} - w_{ic}))}{a_{rc}} & \text{se } (W_{ic} - W_{jc}) < 0, \end{cases} \quad (4)$$

Figura 2. Quadro de Equações
Fonte: [7]

Assim,

- $\delta(i,j)$ – representa a medida de dominância da alternativa *i* sobre a alternativa *j*;
- *m* – é o número de critérios;
- *c* – é um critério qualquer;
- *arc* – é a taxa de substituição do critério *c* pelo de referência *r* (elemento da matriz de comparação por pares de critérios);
- W_{ic} e W_{ij} – são respectivamente, os pesos das alternativas *i* e *j* em relação a *c*; e
- θ – é o fator de atenuação das perdas.

O fator $\Phi_c(i,j)$ representa a parcela de contribuição do critério *c* à função $\delta(i,j)$, quando se compara a alternativa *i* com a alternativa *j*. Quando o valor de $W_{ic} - W_{jc}$ for maior que zero, ou seja, positivo, representa um ganho para a função $\delta(i,j)$, utiliza-se a Equação 2 para o fator $\Phi_c(i,j)$. Quando a

diferença entre W_{ic} e W_{jc} for nula, Equação 3 é atribuída o valor zero para o fator $\Phi_c(i,j)$. Caso a diferença seja negativa, menor que zero, utiliza-se Equação 4 para esse fator [7]

Logo após calcular todas as matrizes de dominância parciais, uma para cada critério, realiza-se o somatório de todos os elementos dessas matrizes e obtém-se a matriz de dominância final $\delta(i,j)$ [7]

A matriz de dominância final precisa ser normalizada a fim de obter um valor global de cada alternativa. Para isso, é aplicada à Equação 5, segundo [7]

$$\xi_i = \frac{\sum_{j=1}^n \delta(i, j) - \min \sum_{j=1}^n \delta(i, j)}{\max \sum_{j=1}^n \delta(i, j) - \min \sum_{j=1}^n \delta(i, j)} \quad (5)$$

Para cada número calculado interpreta-se como a medida de desejabilidade, ou utilidade global, ou apenas, como o valor de uma alternativa específica. A ordenação das alternativas tem origem na ordenação dos seus respectivos valores [7]

Logo, o método TODIM determina uma escolha, ao ordenar as alternativas, a partir das preferências expressa por um decisor ou por um grupo de decisores [7]

VI. TRABALHOS CORRELATOS

Para realizar a revisão da literatura sobre as metodologias de avaliação utilizadas no mercado imobiliário foi criado um protocolo de busca, definindo o local de pesquisa e os critérios para avaliação dos trabalhos selecionados.

O local de pesquisa foi à web, por meio do site do Google, buscando artigos, dissertações e teses publicadas entre 2004 e 2008. Da pesquisa web, foram excluídos os trabalhos que:

- Não tenham sido publicados em revistas, seminários, simpósios, congressos ou não fossem trabalhos de conclusão de curso, dissertações ou teses;
- Não relatassem a metodologia de avaliação de imóveis.

De acordo com a pesquisa realizada verificou-se que a área do mercado imobiliário e as metodologias aplicadas para avaliação de imóveis são bastante exploradas no meio acadêmico, sendo tema de trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses. Em função da complexidade do tema, este trabalho limitou-se a avaliação de apartamentos residenciais e na determinação do valor de aluguel. Essa limitação de escopo tornou-se necessária, pois as variáveis que estão envolvidas na determinação do valor de um apartamento residencial são diferentes das variáveis de um imóvel comercial, de uma casa, assim como, a avaliação de terrenos e galpões. Dentro deste contexto, o modelo para determinação do valor de aluguel deste trabalho foi desenvolvido para atender as características de um apartamento residencial única e exclusivamente.

Há diversas pesquisas na área que estão utilizando Redes Neurais Artificiais para avaliação de imóveis, independentemente do tipo de avaliação.

[19] afirma que a modelagem de sistemas reais que

utilizam os mecanismos de inferência apresenta grandes avanços na área da engenharia, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de apoio a decisão, visando não perder o foco na confiabilidade e qualidade dos serviços prestados buscando maior produtividade. Como proposta de nova solução à Engenharia de Avaliações, limitada pelos Estimadores de Mínimos Quadrados, ele propôs a utilização de Redes Neuro-Fuzzy e Redes Neurais Artificiais no processo de avaliação de imóveis urbanos. Neste trabalho foram desenvolvidas três metodologias para a estimação do valor de mercado de imóveis através da utilização de Redes Neuro-Fuzzy e Redes Neurais Artificiais, e também, houve uma comparação com os resultados dos Estimadores dos Mínimos [19]. A conclusão de [19] relacionada à solução proposta é que os valores estimados pela RNA multicamadas foram os que ficaram mais próximos dos valores de mercado, apesar da necessidade de amostras com elementos suficientes do mercado imobiliário para validação e treinamento, o uso de sistemas híbridos permite a estimação de valores de imóveis urbanos com uma precisão e confiabilidade melhor.

Para realizar a comparação entre as Redes Neurais Artificiais e a Regressão linear Múltipla na estimação de valores venais de imóveis urbanos, [8] usou os dados do cadastro imobiliário da prefeitura da cidade de Guarapuava, interior do estado do Paraná. Ela desenvolveu um modelo inicial com treze variáveis. Em seguida foi aplicada à técnica de Análise de Componentes Principais (ACP¹) e as variáveis foram reduzidas a nove. As Redes Neurais Artificiais desenvolvidas foram do tipo feed-forward, com o algoritmo de treinamento Levenberg Marquardt, com uma camada oculta. O resultado da aplicação da RNA foi comparado com os resultados obtidos através da Regressão Lineares Múltipla, e ambas as técnicas foram eficientes para a predição dos valores venais. No entanto, o desempenho das Redes Neurais Artificiais foi superior ao da Regressão Linear Múltipla [8]

Outra técnica que está sendo utilizada com frequência é de Métodos Estatísticos Multivalorados.

No trabalho de [21], ele apresenta os conceitos de Estatística Multivalorada e um programa computacional de Análise Multivariada de Imóveis (AMI), em Matlab (*Matrix Laboratory*). O objetivo desse programa é avaliar imóveis urbanos, levando em consideração que cada imóvel será um vetor de características aleatórias, e construir um modelo estatístico para estimar o valor de um novo imóvel automaticamente, evitando dessa forma a subjetividade de avaliadores. No programa é possível realizar três formas de regressão, são elas:

- i. Análise de Agrupamento e Componentes Principais aplicada às características dos imóveis;
- ii. Análise fatorial que explica as correlações entre as variáveis originais; e

iii. Regressão Múltipla simples com todas as variáveis sem tratamento.

O programa desenvolvido foi aplicado a um conjunto de dados oriundos do trabalho de [22], com 44 apartamentos, 51 casas e 24 terrenos da cidade de Campo Mourão, interior do estado do Paraná. Segundo [21], o modelo de cada classe dos três tipos de imóveis avaliados apresentou um bom ajuste aos dados e uma capacidade preditiva boa que atende a todas as suposições teóricas de regressão linear múltipla.

Na mesma linha de pesquisa de [21], [23] também realizou um trabalho com Análise Multivariada, porém, ele inseriu as Redes Neurais Artificiais na solução. [23] utilizou os mesmo dados apresentados no trabalho de [21] e [22]. Neste trabalho, os dados foram padronizados e separados em grupos através de um Mapa Auto-organizável de Kohonen, aplicando a Análise de Componentes Principais, com 98% de explicação da variabilidade dos dados, visando evitar a multicolinearidade. Depois, foi aplicado em cada grupo uma RNA de Múltiplas camadas, obtendo-se os preços venais dos imóveis [23]. Ao comparar os resultados obtidos com os esperados verificou-se que, segundo Motta (2007), as Redes Neurais Artificiais apresentaram um desempenho superior na predição de preços dos imóveis, atingindo 299,17% de superioridade na predição de preços dos apartamentos estimados em relação a previsão de [21], sendo portanto considerado o melhor resultado, e 14,39% superior na predição dos preços em relação à [22], sendo este o pior resultado da comparação dos apartamentos.

A técnica de análise multicritério vem sendo utilizada com frequência também, uma vez que, o cenário do mercado imobiliário possui várias características que se enquadram perfeitamente com a metodologia dessa técnica.

A seguir são apresentados alguns trabalhos que propuseram a análise multicritério como metodologia de avaliação de imóveis.

Segundo [7], as avaliações de alternativas que contêm múltiplos critérios, qualitativos e quantitativos, são aplicadas em diversas áreas, dentre elas a avaliação de imóveis. No trabalho destes autores, eles realizaram um estudo voltado às imobiliárias da cidade de Volta Redonda, interior do estado do Rio de Janeiro, com o objetivo de auxiliar na definição do valor de referência de aluguel de imóveis residenciais utilizando o método TODIM [7] Para obter os valores de referência mais próximos possível dos valores de mercado, alguns imóveis que haviam sido alugados recentemente foram inseridos na pesquisa, obtendo-se dessa forma o valor de aluguel. A técnica foi utilizada para ordenar os imóveis com características diferentes, em função dos critérios empregados na análise em função da importância relativa para os decisores, e obteve-se a ordenação de todos os imóveis, chegando a faixas de valores de aluguel dos imóveis estudados [7]

A metodologia Multicritério de Apoio à Decisão também é utilizada no momento da compra de um imóvel urbano,

¹ ACP é um dos métodos estatísticos mais usados para analisar dados multivalorados [20]

conforme [24] A solução proposta de [24] foi utilizar o Sistema de Apoio a Decisão (SAD) baseada no método multicritério Smarts, para minimizar o problema de escolha de um imóvel. O sistema proposto foi desenvolvido com duas finalidades: servir como ferramenta de auxílio para o usuário escolher o imóvel que deseja comprar e também, servir como base de dados para análises estatísticas das preferências dos compradores de imóveis [24]. Os resultados dessa pesquisa segundo a autora foram relevantes e considerados positivos com relação ao desempenho das técnicas, concluindo que o sistema é eficaz para o problema de tomada de decisão.

Neste sentido, percebe-se que as pesquisas nesta área estão voltadas fortemente na utilização de Redes Neurais Artificiais e também, nos resultados satisfatórios apresentados pela Análise Multicritério.

VII. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi realizada um pesquisa sobre o Estado da Arte e das ferramentas existentes no mercado para avaliação de imóveis. Em seguida, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre Engenharia de Avaliações, Mercado Imobiliário, Métodos de Avaliação, Análise de Regressão, Redes Neurais Artificiais e Método Todim. Logo após, foram definidas as variáveis que seriam utilizadas na avaliação. Depois da definição dessas variáveis, modelou-se o banco de dados, levantaram-se os requisitos funcionais e não funcionais, regras de negócio, casos de uso, diagramas de classe e sequência. A próxima etapa foi à definição da topologia da RNA, o treinamento, teste e validação da rede. Em seguida, implementou-se o protótipo. Logo após, foram realizados os testes com uma abordagem caixa preta no protótipo e analisados os resultados dos testes.

VIII. DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

O trabalho iniciou com a pesquisa bibliográfica e a análise dos trabalhos correlatos.

Em seguida, foi definida a arquitetura da nova metodologia de avaliação utilizando TODIM e RNA., conforme é apresentado na Figura 2.

Na entrada do TODIM têm-se as alternativas de imóveis e os pesos que foram atribuídos aos critérios. Em seguida, aplica-se o TODIM, que realiza uma comparação par-a-par entre as variáveis para todos os critérios, gerando na saída às alternativas ordenadas de acordo com o melhor desempenho. A saída da aplicação do método TODIM é utilizada como entrada da RNA.

Após a aplicação do TODIM foi treinada a RNA, utilizando um framework JOONE, desenvolvido em JAVA.

A rede neural utilizado foi do tipo MLP, empregando o algoritmo de treinamento backpropagation. Na saída da RNA tem-se uma faixa de valores pela qual o apartamento pode ser alugado.

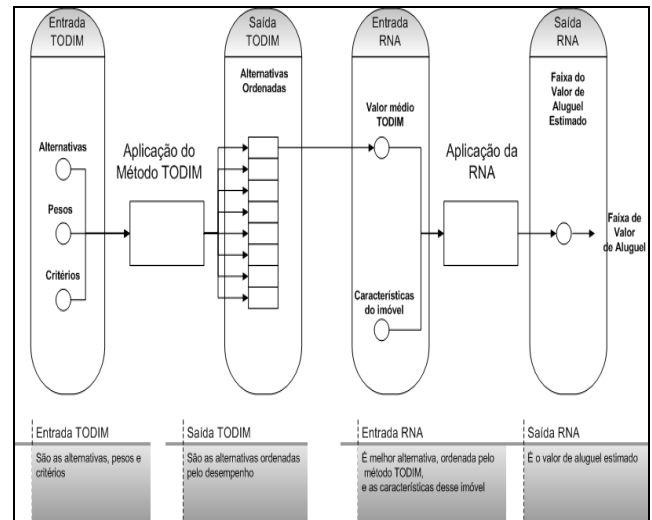


Figura 3. Visão Geral da Solução.

Depois de realizada a etapa de treinamento da rede realiza-se a etapa de avaliação que funciona da seguinte maneira: o usuário entra com as características do imóvel e clica no botão “Avaliar” da tela de avaliação, nesse momento a RNA determinar qual a faixa de aluguel que o imóvel pode ser alugado.

A seguir será detalhado como foi implementado o método TODIM e a RNA.

A. Implementação do TODIM

Primeiramente, foram definidos os critérios que seriam utilizados na avaliação dos imóveis e os seus respectivos pesos. Eles foram definidos pelo especialista do projeto que possui uma experiência de quatro anos de atuação no mercado imobiliário de Florianópolis/ SC. Os critérios:

- 1) C1 – Valor de Condomínio: é um critério quantitativo contínuo que representa o valor de condomínio em reais (R\$).
- 2) C2 – Valor de IPTU: é um critério quantitativo contínuo que representa o valor do IPTU em reais (R\$).
- 3) C3 – Valor Venal: é um critério quantitativo contínuo que representa o valor venal do imóvel. Sendo a unidade de medida expressa em real (R\$).
- 4) C4 – Número de Quartos: é um critério quantitativo discreto que representa o número de quartos que o imóvel possui.
- 5) C5 – Número de Suítes: é um critério quantitativo discreto que representa o número de suítes que o imóvel possui.
- 6) C6 – Número de Banheiros: é um critério quantitativo discreto que representa o número de banheiros que o imóvel possui.
- 7) C7 – Número do Andar: é um critério quantitativo que representa qual andar o imóvel está localizado.
- 8) C8 – Número de Garagens: é um critério quantitativo que representa o número de vagas de garagem que o imóvel possui.
- 9) C9 – Área Privativa: é um critério quantitativo contínuo que representa o tamanho da área privativa do imóvel. A unidade de medida é m².

10) C10 – Mobiliado: é um critério qualitativo nominal que representa se o imóvel é ou não mobiliado.

11) C11 – Localização: é um dos mais importantes critérios de avaliação de um imóvel para aluguel. É um critério qualitativo, sendo utilizado para definir se uma determinada localização é boa ou não.

12) C12 – Tipo de Piso: é um critério qualitativo nominal que determina o tipo de piso.

A Tabela 1 apresenta o peso dos critérios. Onde a normalização dos pesos é dada pela razão do valor do peso do critério individual pelo somatório dos pesos.

TABELA 1. PESO DOS CRITÉRIOS

CRITÉRIO	DESCRIÇÃO	PESO	PESO NORMALIZADO
C1	VALOR CONDOMÍNIO	3	0,086
C2	VALOR IPTU	3	0,086
C3	VALOR VENAL	4	0,114
C4	NÚMERO DE QUARTOS	3	0,086
C5	NÚMERO DE SUÍTES	2	0,057
C6	NÚMERO DE BANHEIROS	2	0,057
C7	NÚMERO DO ANDAR	1	0,028
C8	NÚMERO DE GARAGEM	4	0,114
C9	ÁREA PRIVATIVA	4	0,114
C10	MOBILIADO	1	0,028
C11	LOCALIZAÇÃO	5	0,143
C12	PISO	3	0,086
TOTAL		35	1,00

O critério definido como o critério de referência foi o critério de maior peso, o C11 (Localização).

A construção dos vetores de pesos dos critérios ficou da seguinte forma:

Vetor de Pesos = {C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C10, C11, C12 }

Vetor de Pesos = { 3, 3, 4, 3, 2, 2, 1, 4, 4, 1, 5, 3 }

Para o critério localização foi necessário atribuir um peso para cada bairro de todas as cidades existentes na base de dados. Este peso foi atribuído de acordo com determinados critérios que estavam sendo analisados por bairro para determinar o seu valor. Para cada bairro foi analisado se existia saneamento, atendimento médico, supermercado, farmácia, transporte coletivo, área de risco, banco, escola, posto policial e a distância do bairro em relação ao centro da sua cidade. Desta forma o peso da localização era dado de acordo com o bairro e a cidade em que o imóvel estava localizado. Salientando que, na base de dados deste trabalho havia quatro cidades de SC, são elas: Florianópolis (capital do estado), Palhoça, São José e Biguaçu (cidades da região metropolitana).

A implementação do TODIM foi realizado da seguinte maneira: primeiramente foi realizada uma leitura no banco de dados para criação da matriz de desempenho das alternativas em memória. Essa leitura compreende em buscar os dados referentes aos critérios apresentados na Tabela 1, sendo então criada uma matriz de ordem n x m, onde n são as alternativas de imóveis da base de dados do projeto e m são os 12 critérios definidos para avaliação (n x 12).

Logo após, essa matriz foi normalizada gerando a matriz de desejabilidade parcial. O próximo passo foi realizar as

comparações de todas as alternativas para cada critério entre si, gerando dessa forma 12 matrizes de ordem n x n, denominadas de matrizes de dominâncias parciais.. Logo após, foi calculada a matriz de dominância final através do somatório das matrizes de dominâncias parciais.

Depois, foi somada cada linha dessa matriz para obter o valor global de cada alternativa. Em seguida, foi gravado no banco de dados o valor corresponde à posição ordinal da alternativa calculada pelo TODIM, bem como, foi calculado o valor médio de aluguel para cada alternativa.

Após a implementação do TODIM foi possível realizar o treinamento da RNA, uma vez que o valor médio de aluguel para cada alternativa já estava sendo calculado pelo método de análise multicritério.

B. Implementação do RNA

Para iniciar o processo de treinamento da RNA foi necessário analisar a base de dados disponível para escolher os dados que seriam utilizados nesta etapa, bem como, escolher os dados de teste e validação da rede. Para tal, realizou-se uma análise descritiva dos dados. Foram identificados os tipos de variáveis e logo em seguida realizada uma distribuição de frequência, gerando gráficos com os valores percentuais do resultado dessa análise.

Em seguida, foram definidos os arquivos de treinamento, teste e avaliação em cima de uma base dados que continha 852 imóveis.

O arquivo de treinamento corresponde a 70,43% da base (600 registros), enquanto que os arquivos de teste e validação correspondem respectivamente 23,47% (200 registros) e 6,10% (52 registros) escolhidos da seguinte forma na base de dados: os registros foram ordenados pelo valor de aluguel em ordem crescente, conseqüentemente, as faixas também estavam ordenadas, e dentro de cada faixa foram buscados os dados de modo aleatório

O treinamento da rede foi realizado em uma máquina com processador Intel Core 2 Duo, 2G de memória RAM (Random Access Memory) e com o sistema operacional Windows Vista.

Os dados utilizados no treinamento foram coletados entre 2007 e 2008.

Para criação e treinamento da RNA foi utilizado um framework chamado JOONE (*Java Object Oriented Neural Engine*) desenvolvido em JAVA, gratuito, que permite a construção, treinamento e testes de redes neurais artificiais [25].

A RNA desenvolvida neste trabalho foi de múltiplas camadas, com conexões do tipo feedforward e o algoritmo de treinamento foi o backpropagation com supervisão.

Essa rede possui 13 neurônios na camada de entrada, onde cada neurônio representa uma característica do imóvel, são elas: valor venal, valor de condomínio, valor de IPTU, peso da localização, peso do tipo de piso, número de quartos, número de suítes, número de banheiros, mobiliado, número do andar, número de vagas de garagem e o valor médio do TODIM.

A camada de saída da rede foi formada pelo número de neurônios capaz de representar a quantidade de faixas de

valores de alugueis que eram esperados como saída dessa rede A Figura 4 apresenta a topologia da RNA criada no JOONE.

Após a RNA ter sido criada e treinada no JOONE, a mesma foi exportada pelo framework no formato “.snet” e inserida na codificação do protótipo, assim como foi importada a biblioteca Joone disponível na pasta “lib” do diretório onde o framework foi instalado.

O método de avaliação implementado funciona da seguinte forma: os dados do imóvel que está sendo avaliado são inseridos em uma matriz, sendo passada como parâmetro juntamente com a caminho da rede que foi exportada pelo editor do JOONE. Em seguida, restaura-se essa rede, defini-se o número de épocas, no caso da avaliação é um (a rede já foi treinada), e defini-se o parâmetro de treinamento como falso. Logo após, é codificado o padrão de saída da rede que foi executada e o retorno deste método é uma faixa de valor que determina qual a faixa de aluguel que aquele imóvel pode ser negociado no mercado.

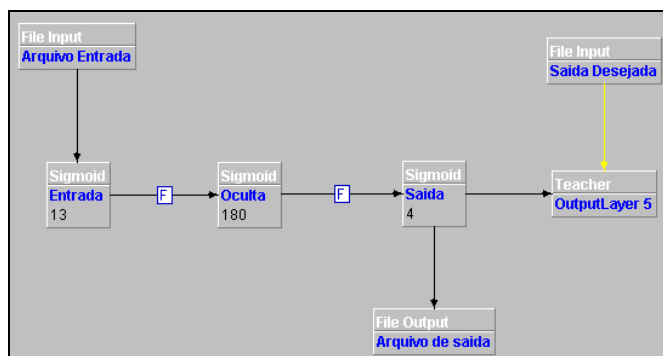


Figura 4. Topologia RNA no JOONE

IX. RESULTADOS

Para avaliar a metodologia desenvolvida foram realizadas trintas (30) avaliações no protótipo e em seguida, analisado estatisticamente o resultado.

Os primeiros resultados obtidos com o desenvolvimento do protótipo foram àqueles alcançados após a implementação do TODIM. Depois de aplicar a análise multicritério na base de dados do sistema, o método TODIM calculava um valor médio de aluguel para cada imóvel de acordo com as suas características e a posição ordinal.

A estimativa calculada pelo método TODIM (sem a RNA) ficou dentro da faixa esperada, ou seja, o valor calculado pela análise multicritério apresentou como resposta um valor médio próximo do valor real. Quanto às estimativas que ficaram fora dos valores esperados, com uma diferença superior a média de R\$ 168,00, elas representam 39% dos cálculos realizados pelo TODIM.

O resultado apresentado pelo protótipo, utilizando TODIM e RNA, para os imóveis avaliados apresentou 70% (21 imóveis) dos resultados mostraram que a faixa de aluguel sugerida pela RNA continha o valor de aluguel real dentro da mesma. E que, para o restante de 30% (9 imóveis) cujo resultado sugerido pela rede não continha o valor real de

aluguel, a diferença média entre o valor esperado e o apresentado pela RNA, era de R\$ 128,00.

X. CONCLUSÕES

Dada a importância que o Mercado Imobiliário representa para a economia nacional verificou-se que é preciso ter um conhecimento sobre o seu funcionamento, bem como, escolher a metodologia mais adequada para avaliação, de tal forma que haja uma minimização dos erros de estimativa.

Para atingir esse objetivo, inicialmente, foi escolhido o método de comparação de dados de mercado, uma vez que, dentre os métodos que são usados este é que apresenta melhor desempenho quando comparados com os outros.

Em seguida, foram definidas as técnicas que serão usadas para avaliação do imóvel, que são o método TODIM e as Redes Neurais Artificiais.

A Rede Neural Artificial, assim como, o método TODIM, foram escolhidas em função dos bons resultados apresentados em trabalho anteriores. Salientando que, essa técnica vem sendo considerada eficiente para o problema de avaliação de imóveis justamente por ter a flexibilidade de tratar com dados que não podem ser apresentados apenas por modelos lineares.

A escolha pelo método de análise multicritério foi em função das características do problema que foi estudado, como por exemplo, a existência de várias alternativas para solucionar um problema, havendo portanto a necessidade de escolher a melhor delas. Dentre os métodos de análise multicritério foi escolhido o TODIM por ser considerado um método híbrido que utiliza um critério como referência nas comparações entre as alternativas (critério de maior peso – a localização), e também, porque esse método apresentou bons resultados em outros trabalhos de avaliações.

Ao realizar uma avaliação utilizando apenas o TODIM ele apresenta os valores próximos do valor de aluguel esperado, no entanto, é preciso realizar um estudo mais rigoroso em função do custo computacional que o método implica, pois ele realiza uma comparação entre todas as alternativas, o que pode comprometer o desempenho de uma ferramenta. Quanto à utilização do TODIM e da RNA juntas à técnica mostrou-se mais eficiente em função de que 70% das avaliações apresentaram o valor dentro do esperado, enquanto que, o TODIM apresentou 63%. Para que a técnica seja aprimorada é necessário ter uma base dados com mais exemplos de todas as faixas de valores de aluguel que são esperados como saída da rede, para que não se tenha uma base de dados tendenciosa e que o treinamento da rede seja mais eficiente

REFERÊNCIAS

- [1] MICHAEL, R., **Avaliação em Massa de Imóveis com Uso de Inferência Estatística e Análise de Superfície de Tendência**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2004.
- [2] PELLI NETO, A. **Redes neurais artificiais aplicadas às avaliações em massa – estudo de caso para a cidade de Belo Horizonte**.

- Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, UFMG, Belo Horizonte, 2006.
- [3] GONZALEZ, M. A. S. **Aplicação de descobrimento de conhecimento em bases de dados e inteligência artificial em avaliação de imóveis.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2002.
- [4] GONZÁLEZ, M. A. S. **Avaliação de Imóveis e Metodologias de Perícias.** São Leopoldo, 2008. Disponível em: <<http://www.exatec.unisinos.br/~gonzalez/aimp/AIMP-Avaliaco.es.ppt>>. Acessado em 05 de fevereiro de 2009.
- [5] HIPÓLITO, E. C., **Métodos e normas utilizados em diferentes países na avaliação de imóveis.** Monografia (Especialização em Construção Civil) – Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2007.
- [6] GONZÁLEZ, M. A.; FORMOSO, C. T., **Análise Conceitual das dificuldades na Determinação de Modelos de Formação de Preços através de Análise de Regressão.** Engenharia Civil UM (Braga), Guimarães, Portugal, v. 8, Págs. 65 – 75, 2000.
- [7] RANGEL, L. A.D.; GOMES, L. Z. A. M. **Determinação do valor de referência do aluguel de imóveis residenciais, empregando o método TODIM.** *Revista PO*, 2007. Disponível em <<http://www.sobrapo.org.br/sitesobrapo.htm>>. Acessado em 05 de fevereiro de 2009
- [8] BAPTISTELLA, M. O uso de redes neurais e regressão linear múltipla na engenharia de avaliações: determinação dos valores venais de imóveis urbanos. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, UFPR, Curitiba, 2005.
- [9] DANTAS, R. A. Engenharia de avaliações: uma introdução à metodologia científica. São Paulo: Pini, 1998.
- [10] MOREIRA, A. L. **Princípios de engenharia de avaliações.** 5. ed. São Paulo: Pini, 2001.
- [11] PELLI NETO, A.; MOURA, E. M.; BRAZ, E. C. A.; WERMERSCH, F. G.; MARTINS, G. L.; MARZALL, H.; ANDRADE, J. M.; CONSENTINO, P. C. R.; DANTAS, R. A.; AMADEO, S.; GRANDE, S. L.; VEIGA, S. S.; JORGE, S. C. H.; GONÇALVES, T. R. R.; FREITAS, Y. A. **Um estudo de diagnostico sobre demanda habitacional e mercado imobiliário: o caso de Teresina.** XXII Congresso Panamericano de Avaliações – IBAPE – XIII COBREAP – Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Fortaleza, 2006.
- [12] BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L. F., LUDERMIR, T. B. **Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações.** Rio de Janeiro : RJ - Livros Técnicos e Científicos, 2000.
- [13] FERNANDES, A. M. R. **Inteligência Artificial: Noções Gerais.** Florianópolis: Visual Books, 2003.
- [14] HAYKIN, S. **Redes Neurais: princípios e prática.** 2. ED. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- [15] GOMES, L. F. A. M; GOMES, C. F. S; ALMEIDA, A. T. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério.** 2. ED. São Paulo: Atlas, 2006.
- [16] KAHNEMAN, D.; A. TVERSKY. **Prospecty theory: An analysis of decision under risk.** *Econometrica*, 47, Págs 263 – 292. 1979.
- [17] PASSOS, A. C.; GOMES, L. F. A. M. **Análise para Escolha de Material de Emprego Militar: um enfoque multicritério.** Pesquisa Naval (SDM), v. 15, p. 273-289, 2002
- [18] GOMES, L. F. A. M; ARAYA, M. C. G; CARIGNO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos.** São Paulo, 2004.
- [19] PELLI NETO, A.; **Avaliação De Imóveis Urbanos Com Utilização De Sistemas Nebuloso (Redes Neuro-Fuzzy) E Redes Neurais Artificiais.** XXI CONGRESSO PANAMERICANO DE VALUACIÓN COLOMBIA 2004 (UPAV, 2004, CARTAGENA. ANAIS DO XXI CONGRESSO PANAMERICANO DE VALUACIÓN COLOMBIA 2004 (UPAV. BOGOTÁ : SOCIEDADE COLOMBIANA DE AVALIADORES, 2004.
- [20] KITANI, E. C. ; THOMAZ, C. E. . **Um Tutorial sobre Análise de Componentes Principais para Reconhecimento Automático de Faces.** 2006. Disponível em <http://www.fe.i.edu.br/~cet/Tutorial_ReconhecimentoFaces.pdf>. Acessado em 25 de março de 2009.
- [21] ALVES, V. **Avaliação de imóveis urbanos baseada em métodos estatísticos multivariados.** Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, UFPR, Campo Mourão, 2005.
- [22] BRAÚLIO, S. N. Proposta de uma metodologia para a avaliação de imóveis urbanos baseado em métodos estatísticos multivariados. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, UFPR, Curitiba, 2005.
- [23] MOTTA, J. F. Um estudo de caso para a determinação do preço de venda de imóveis urbanos via redes neurais artificiais e métodos estatísticos multivariados. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, UFPR, Curitiba, 2007.
- [24] CAVALCANTI, R. C. Sistema Multicritério para apoiar a compra de imóveis urbanos multifamiliares do mercado imobiliário recifense baseado no método smarts. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFPE, Recife, 2007.
- [25] MARRONE, P., **Java Object Oriented Neural Engine: The Complete Guide**, 2007. Disponível em: <<http://ufpr.dl.sourceforge.net/sourceforge/joone/JooneCompleteGuide.pdf>>. Acessado em 05 de fevereiro de 2009.
- [26] GOMES, L. F. A. M.; RANGEL, L. A.D. **An application of the TODIM method to the multicriteria rental evaluation of residential properties.** *European Journal of Operational Research*, v. 193. pp 204-211, 2009.