AVALIAÇÃO DO VALOR DE IMÓVEIS POR ANALISE DE REGRESSÃO: UM ESTUDO DE CASO PARA A CIDADE DE JUIZ DE FORA

Túlio Alves Matta

MONOGRAFIA SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DE CURSO DE ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA PRODUÇÃO.

Aprovada por:	
	Prof. Fernando Marques de Almeida Nogueira, M Sc.
	Prof ^a . Eliane da Silva Christo, D Sc.
	Prof. Marcos Martins Borges, D Sc.

Juiz de Fora, MG - Brasil Dezembro 2007

MATTA, TÚLIO ALVES

Avaliação do valor de imóveis por Analise de regressão: Um estudo de caso para a cidade de Juiz de Fora [Juiz de Fora] 2007

IX, 34 p. (UFJF, Engenharia de Produção, 2007)

Tese – Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia

1. Analise de Regressão

I. UFJF II. Título (Série)

AGRADECIMENTOS

No momento em que se aproxima a conclusão desta etapa em minha vida, expresso o reconhecimento e gratidão as pessoas que contribuíram para a realização de minha formação.

A minha mãe pelo exemplo, esforço e dedicação demonstrada a todo tempo, permitindo que esse momento se realizasse.

A meu pai que lutou em sua vida para possibilitar, que um dia este caminho fosse percorrido.

A meu padrasto Reinaldo, que me incentivou, ajudou e acreditou na realização desta etapa.

Agradeço a minha esposa Marília por sua compreensão nesses anos, apoiando e incentivando nos momentos de duvidas.

Agradeço ao Professor Fernando Nogueira, orientador deste trabalho, pelo profissionalismo, comprometimento e incentivo.

Agradeço aos meus colegas e demais professores do Curso de Engenharia de Produção pelo convívio nestes anos de formação acadêmica.

iν

Resumo da monografia apresentada à Coordenação de Curso de Engenharia de produção como parte dos requisitos necessários para a graduação em Engenharia

Produção.

AVALIAÇÃO DO VALOR DE IMÓVEIS POR ANALISE DE REGRESSÃO:

UM ESTUDO DE CASO PARA A CIDADE DE JUIZ DE FORA

Túlio Alves Matta

Dezembro 2007

Orientadores: Fernando Marques de Almeida Nogueira

Eliane da Silva Christo

Curso: Engenharia de Produção

O trabalho proposto tem como finalidade o estudo de caso de uma nova metodologia, que esta sendo implementada para a avaliação dos valores venais dos imóveis da cidade de Juiz de Fora para fins tributários. O método em estudo é o "Método Comparativo Direto de Dados de Mercado" que utiliza a regressão linear múltipla para a obtenção da função objetivo. Esta função que representa as observações, sob o ponto de vista de estimação estatística, será o modelo matemático de explicação dos dados coletados. Para tanto, utilizaram-se os dados do Cadastro Imobiliário, fornecidos pelo Departamento de Cadastro Imobiliário Municipal da Prefeitura de Juiz de Fora, dos imóveis negociados entre Abril e Julho de 2007. O objetivo deste método é inferir valores representativos para os imóveis avaliados, sendo realizada a comparação entre os valores atualmente utilizados pelo município, os valores encontrados pela analise de regressão e valores de imóveis colocados à venda. Os resultados obtidos mostraram que o método utilizado retorna valores mais próximos da realidade do mercado imobiliário, além de não se afastar dos valores utilizados atualmente pela prefeitura. A modelagem implementada mostrou que é possível utilizar um método cientifico moderno, reduzindo o número de variáveis atualmente

Palavras-chave: comparativo, avaliação, regressão.

utilizadas sem perder a confiabilidade dos resultados.

Abstract of the monograph presented to the Coordination of Engineering Production Course as part of the necessary requirements for the graduation in Production Engineering

EVALUATION OF THE VALUE OF PROPERTIES FOR IT ANALYZES OF REGRESSION: A STUDY OF CASE FOR THE CITY OF JUIZ DE FORA

Túlio Alves Matta

December 2007

Advisors: Fernando Marques de Almeida Nogueira Eliane da Silva Christo

Department: Production Engineering

The proposed work has as purpose the implementation of case of a new methodology, that was developed for the evaluation of the venal values of the properties of Juiz de Fora city for tax ends. The method in studied was the "Direct Comparative Method of Data of Market " that uses the multiple lineal regression for obtaining of the function objective. This function represents the observations, under the point of view of statistical estimation, will be the mathematical model of explanation of the data collected. For so much, the data of the Real estate Register were used, supplied by the Department of Municipal Real estate Register of the City hall of Juiz de Fora, of the properties negotiated between April and July of 2007. The objective this method is to infer values representative for appraised properties, being accomplished comparison now among the values used by the municipal district, the values found for the it analyzes of regression and values of properties put for sale. The obtained results showed that the used method returns closer values of the reality of the real estate market, besides not standing back of the values used now by the city hall. The implemented modelling showed that it is possible to use a method inform modern, reducing the number of variables now used without losing the reliability of the results.

Word-key: comparative, evaluation, regression.

SUMÁRIO

Capítulo I – INTRODUÇÃO	
1.1. Apresentação	01
1.2. Objetivos	02
1.3. Justificativas	02
1.4. Condições de contorno	03
1.5. Metodologia	03
1.6. Estrutura do TCC	04
Capítulo II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1. Introdução	05
2.1.1. O Mercado Imobiliário	
2.2. Conceitos básicos para análise de regressão	07
2.2.1. Construção das variáveis	80
2.2.2. Variação dos valores em torno da média	80
2.2.3. Identificação Gráfica	10
2.2.4. Cálculo dos coeficientes	11
2.2.5. Variação residual	11
2.2.6. Coeficiente de determinação (r²) e correlação (r)	12
2.3. Análise de regressão	12
2.3.1. A função de regressão amostral	13
2.3.2. Estimativa por Mínimos Quadrados Ordinários	13
2.3.3. Coeficiente múltiplo de determinação (R²)	14
2.3.4. A significância global da regressão múltipla – Teste F	14
2.3.5. Transformação de variáveis	15
2.3.6 Considerações do Modelo	15
2.3.7. Escolha do Modelo	16
2.3.7.1. Análise dos coeficientes de terminação	16
2.3.7.2. Análise da significância dos regressores	17
2.3.7.3. Análise de sensibilidade – Teste da equação	17
2.3.7.4. Resíduos do modelo	17
2.3.7.5. Heteroscedasticidade	18
2.3.7.6. Multicolinearidade	18
Capítulo III – ESTUDO DE CASO	
3.1. O Cadastro Imobiliário Municipal	19
3.2. Coleta de dados	20
3.3. Modelagem dos dados	21
3.3.1. Classificação das variáveis	21
3.3.2. Roteiro de modelagem	22
3.3.2.1. Opções no calculo da equação de regressão	22
3.3.2.2. Coeficientes de determinação e correlação	23
3.3.2.3. Intervalo de confiança e teste de hipótese	25
3.3.2.4. Analise de sensibilidade - Teste da equação	26

3.3.2.5. Resíduos do modelo	26
3.3.2.6. Homocedasticidade	28
3.3.2.7. Multicolinearidade	28
3.4. Analise e Resultados	29
4.1. Regressão linear múltipla	29
4.2. Resultado da estatística	31
4.3. Projeções de valores	32
Capítulo IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS	
4.1. Conclusões	33
Referências bibliográficas	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Gráfico: Valor Médio	10
Figura 02 – Reta da equação de regressão	10
Figura 03 – Exemplo de transformações	15
Figura 04 – Organograma	19
Figura 05 – Resultado / 1º processamento	23
Figura 06 – Distribuição freqüências / 1º Processamento	24
Figura 07 – Resultado / Último processamento	26
Figura 08 – Resíduos do modelo final	27
Figura 09 – Distribuição dos resíduos	27
Figura 10 – Reta representativa da média	28
Figura 11 – Correlação entre variáveis	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Exemplo: Valor Médio / Diferença	09
Tabela 02 – Exemplo: Valor médio / Áreas	09
Tabela 03 – Exemplo: variação residual	11
Tabela 04 – Variáveis do modelo inicial	22
Tabela 05 – Ajuste do primeiro modelo de regressão	30
Tabela 06 – Ajuste final do modelo de regressão	30
Tabela 07 – Resultado da estatística	31
Tabela 08 – Comparação de valores	32

CAPITULO I INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

A Engenharia de Avaliações vem evoluindo no Brasil, através dos profissionais de engenharia que se dedicam ao estudo e à pesquisa das técnicas de avaliação de imóveis, buscando a melhor forma para a avaliação deste produto único, que se diferenciam tanto entre si por diversas características e até fatores subjetivos. Segundo PELLI (2003), o valor de um imóvel é um fenômeno social, e pode ser associado a um vetor composto por um conjunto de variáveis que abrange todas as suas características físicas, o seu entorno, a sua utilidade e os fatores subjetivos que a própria coletividade cria no contexto em que está situado a cada instante. A introdução da inferência estatística na engenharia de avaliações corresponde à tentativa de solucionar esses casos, além de tentar diminuir a subjetividade envolvida nas homogeneizações.

Segundo DANTAS (2003), a Engenharia de Avaliações é uma especialidade da engenharia que reúne um conjunto amplo de conhecimentos da área de engenharia e arquitetura, bem como de outras áreas das ciências sociais, exatas e da natureza, com o objetivo de determinar tecnicamente o valor de um bem, de seus direitos, frutos e custos de produção.

A metodologia atualmente empregada para a avaliação dos imóveis da cidade de Juiz de Fora, para fins tributários, utiliza o "Método Evolutivo", que compreende procedimentos e fórmulas com o objetivo de definir os valores dos imóveis a partir da construção da soma de valores atribuídos ao terreno e dos custos das construções, corrigidos pelo fator de comercialização de acordo com:

$$V_i = (V_t + C_c) \times F_c \tag{01}$$

onde:

 V_i é o valor de mercado do imóvel;

 V_{t} o valor do terreno;

 C_c o custo da construção (de reprodução das benfeitorias existentes); e

 F_c o fator de comercialização.

Buscando o aprimoramento na avaliação dos imóveis, conforme diretrizes do Plano Estratégico Municipal de Assentamentos Subnormais, a Prefeitura de Juiz de Fora começa a planejar a alteração do método de avaliação, sendo escolhido o

"Método Comparativo Direto de Dados do Mercado" (NBR 14653-2:2004), pelo qual o valor do imóvel é obtido comparando-se as suas características com as de outros imóveis que foram negociados no mercado, pois a norma estabelece que deva ser priorizado o uso deste método. No entanto, para a implantação definitiva deste método pelo Município é necessário que o mesmo seja testado e seguro, para subsidiar as decisões administrativas, tendo em vista as implicações que tais mudanças podem gerar para toda a população.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é utilizar a técnica de Regressão Linear Múltipla, como ferramenta auxiliar na determinação do valor venal de imóveis urbanos, para fins de tributação, comparando-a com o método atualmente utilizado pela Prefeitura, utilizando basicamente, os dados do Cadastro Imobiliário Municipal. Desta forma busca-se melhorar a precisão na determinação destes valores, selecionando quais são as variáveis mais significativas, que irão compor o modelo final.

1.3. JUSTIFICATIVAS

Grande parte dos municípios brasileiros avalia os imóveis através da planta de valores, lei pela qual os Municípios atribuem valores para o metro quadrado de terreno e de edificação, através de tabelas com especificações gerais, baseada no Cadastro Técnico Imobiliário, que em muitas vezes não é elaborada de acordo com os métodos recomendados pela Norma Brasileira. Desta forma, os imóveis situados em um mesmo setor apresentam o mesmo valor por metro quadrado, independentemente de suas características individuais.

O mercado imobiliário, por sua vez, reveste-se de características especiais, pois tanto é bem de uso, quanto de investimento, estando muitas vezes ligados a fenômenos culturais e sócio-econômicos. Assim a população de imóveis é muito heterogênea, gerando amostras heterogêneas. A heterogeneidade do mercado imobiliário e as peculiaridades deste segmento implicam em que nem sempre é possível desenvolver um modelo único que seja totalmente representativo da realidade do conjunto de imóveis.

Pretende-se neste trabalho identificar quais variáveis serão tratadas através da Análise de Regressão, e que realmente são importantes para se obter um modelo matemático representativo do valor do bem, mais próximo da realidade mercadológica.

1.4. CONDIÇÕES DE CONTORNO

O estudo de caso será limitado a uma única tipologia de imóveis, no caso, os imóveis residenciais do tipo "apartamento" de alguns loteamentos da cidade de Juiz de Fora. Serão considerados somente os dados disponíveis no Cadastro Imobiliário Municipal e os dados provenientes de levantamento realizado pela Secretaria de Receita do Município para desenvolvimento do processo de alteração de metodologia, como já citado anteriormente.

Como o objetivo é inferir valores de mercado para imóveis através da análise de regressão utilizaremos como variável dependente nas amostras, os valores de mercado levantados pela Secretaria de Receita, quando há tributação para os valores dos imóveis negociados, ou seja, quando a transação imobiliária recolhe o Imposto de Transmissão de Bens Intervivos (ITBI). Este é mais um fator limitante, uma vez que os dados da amostra, que serão dados de corte, podem ser limitados ao número de imóveis, com a tipologia "apartamento" que efetuam a transação imobiliária junto a Prefeitura, restringindo assim o número de elementos da amostra.

Outro fator limitante é o valor dos imóveis informados na transação imobiliária e que estão em desacordo com o mercado imobiliário, pois como o ITBI é um imposto cobrado com base na informação do valor do bem, às vezes este valor é informado, pelo comprador, abaixo do real valor negociado, para por conseqüência ser cobrado o imposto menor. No entanto é uma fonte de baixo custo, visto que o Município dispõe desses dados atualizados a cada imposto cobrado e os mesmos já estão inseridos no sistema fazendário.

1.5. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido junto a duas Secretarias da Prefeitura de Juiz de Fora, Secretaria de Receita e Controle Interno e Secretaria de Política Urbana. A primeira por conter as informações referentes à receita gerada e ser a precursora da alteração da metodologia de cálculo, a segunda por conter o banco de dados com as informações dos imóveis cadastrados. As etapas para a realização do trabalho estão dividas da seguinte forma:

- i) Revisão Bibliográfica: Estudos dos atuais métodos de avaliação de imóveis que utilizam a inferência estatística para este fim, com especial atenção aos que utilizam Modelo de Regressão Linear e pesquisas sobre a implantação do Método Comparativo de Dados de Mercado, buscando verificar possíveis limitações e aplicações deste método.
- ii) Coleta de dados: Os dados necessários para a realização do trabalho foram coletados no Departamento de Cadastro Imobiliário Municipal, que é o

responsável pela manutenção de toda a base de dados imobiliários do Município. Os dados serão codificados a fim de se manter sigilo das informações fiscais dos contribuintes.

- iii) Modelagem dos dados: O tratamento estatístico dos dados foi efetuado utilizando o software "SisPlanV" desenvolvido para a elaboração de plantas genéricas de valores e avaliações comparativas do mercado imobiliário. Este software proporciona várias saídas dos resultados, permitindo uma análise para a escolha do modelo mais adequado para a tipologia de imóvel em estudo. A escolha do modelo final foi realizada pela análise desses resultados e respectiva escolha das variáveis.
- iv) Análise dos resultados: Nesta etapa foi efetuada a análise dos resultados dos modelos gerados, sendo analisados e descritos os índices que comprovam matematicamente que o modelo é representativo.
- v) Comparação entre os métodos: Com o modelo matemático final definido foram realizadas comparações com o método atualmente utilizado pelo Município, ou seja, Método Evolutivo, com o Método Comparativo Direto de Dados de Mercado.
- vi) Considerações finais: Nesta são apresentadas as conclusões e considerações de todo o processo de avaliação de imóveis por analise de regressão, para avaliar se o método proposto é representativo e quais as suas limitações e possíveis melhoramentos.

1.6. ESTRUTURA DO TCC

O Trabalho de Conclusão de Curso proposto está estruturado em quatro capítulos assim divididos:

O capítulo I contem a apresentação do tema do trabalho, os objetivos que devem ser alcançados, as justificativas para a realização do mesmo, suas limitações ou condições de contorno, além da metodologia utilizada para a realização e conclusão do trabalho.

O capítulo II apresenta a revisão bibliográfica que tem como objetivo mostrar a evolução da avaliação de imóveis através da inferência estatística, as atuais técnicas utilizadas para avaliação e os principais conceitos da Análise de Regressão Múltipla.

O estudo de caso será abordado no capítulo III, que descreverá a instituição na qual o trabalho foi realizado, principalmente o Departamento de Cadastro Imobiliário, local em que os dados foram coletados. Também neste capítulo será apresentada a modelagem e a analise dos resultados para o modelo proposto e sua comparação com o método atualmente empregado para a avaliação de imóveis.

O capítulo IV apresenta as considerações finais sobre o trabalho de conclusão de curso e a conclusão do estudo de caso proposto.

CAPITULO II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUÇÃO

De acordo com DANTAS (2006), a Engenharia de Avaliações no Brasil evoluiu bastante na última década, principalmente pela introdução da metodologia científica como ferramenta essencial a um trabalho avaliatório, que tem como objetivo orientar o avaliador, desde a escolha das informações de interesse, a forma como coletá-las, analisá-las e tratá-las, na busca de modelos que expliquem a variabilidade observada nos preços e no mercado que se estuda. Conforme a NBR 14653:2004 da ABNT, os principais métodos para identificar o valor de um bem, de seus frutos e direitos são:

- Método Comparativo Direto de Dados do Mercado identifica o valor de mercado do bem por meio de tratamento técnico dos atributos dos elementos comparáveis, constituintes da amostra.
- Método Evolutivo identifica o valor do bem pelo somatório das parcelas componentes do mesmo. Caso a finalidade seja a identificação do valor de mercado, deve ser considerado o Fator de Comercialização, preferencialmente medido por comparação no mercado.
- Método da Capitalização da Renda identifica o valor do bem, com base na capitalização presente da sua renda líquida prevista, considerando-se cenários viáveis.

Ainda, conforme a NBR 14653:2004 o método comparativo direto de dados do mercado consiste em obter uma amostra representativa de dados de mercado de imóveis com características, tanto quanto possível, semelhantes às do bem avaliado, usando-se toda a evidência possível.

Segundo BAPTISTELLA (2005) o modelo de Regressão Linear Múltipla é o preferido dos avaliadores, por ter se mostrado bastante eficiente, embora fatores tais como: a complexibilidade dos modelos, dificuldades de implementação, excesso de variáveis envolvidas e desconhecimento da relação entre estas variáveis, possam comprometer a análise. Para tanto, é fundamental a existência de imóveis para comparação, ou seja, uma mostra de dados do mercado imobiliário, formada pelos imóveis de referência, assim denominados pela NBR14653:2004. Ao utilizar este método, deve-se fazer o tratamento estatístico dos dados pesquisados.

Assim o capitulo II tem por finalidade apresentar os conceitos relacionados a Análise de Regressão para embasamento das conclusões a respeito dos resultados obtidos.

2.1.1. O Mercado Imobiliário

Para o conhecimento do estudo das metodologias de avaliação de bens do mercado imobiliário, se faz necessário o entendimento do mercado imobiliário e seu funcionamento, bem como compreender os mecanismos existentes e suas diferenças com outros mercados.

O mercado pode ser definido como o local onde são efetuadas transações comerciais envolvendo troca de bens, tangíveis ou intangíveis, ou direitos sobre os mesmos. Aqui o termo mercado refere-se àquele de concorrência perfeita, contendo em geral as seguintes características: Todos os que participam o fazem voluntariamente, e têm conhecimento pleno das condições vigentes, nenhum participante sozinho, é capaz de alterar as condições estabelecidas, cada transação é feita de maneira independente das demais (BATISTELA, 2005)

O mercado imobiliário é distinto dos outros mercados, como de automóveis, eletrodomésticos e outros bens desta natureza. Seus principais fatores que o distinguem são, segundo PELLI (2003) a vida útil elevada, a singularidade, a sua localização, e as interferências das leis municipais, estaduais ou federais.

Diferentemente de outros bens onde as características não são muito diferenciadas, os imóveis do mercado imobiliário são singulares, por mais semelhantes que sejam dois determinados imóveis, pelo menos uma de suas características serão diferentes, como localização ou posição, assim não há no mercado imobiliário um imóvel igual a outro.

Neste sentido, segundo PELLI (2003), a avaliação de um bem do mercado imobiliário não é trivial e requer a aplicação de conhecimentos científicos, que estudem os componentes básicos do mercado imobiliário, que são:

- Os bens levados a mercado.
- As partes interessadas na venda.
- As partes interessadas na compra.

Ainda segundo PELLI (2003), o estudo estatístico do valor dos imóveis, somente terá bons resultados se houver um equilíbrio entre os três componentes básicos, sendo a situação perfeita é aquela onde no mercado existam muitos vendedores, muitos compradores e uma grande disponibilidade de bens imóveis de diversas fontes, contudo não existe, na prática, o mercado perfeito.

O imóvel é também um bem imperfeito, diferente de todos os outros bens econômicos; mesmo que semelhantes, dois ou mais imóveis sempre trarão, pelo menos uma peculiaridade que os diferencia. Logo, o mercado imobiliário poderá ser concorrencial imperfeito sempre (BATISTELA, 2005).

Assim o valor de um bem imóvel oferecido à venda, nem sempre é aquele valor final pelo qual o bem foi negociado. A NBR 14.653:2004 define da seguinte forma o Valor de Mercado: "Valor de Mercado: Quantia mais provável pela qual se negociaria voluntariamente e conscientemente um bem, numa data de referência, dentro das condições do mercado vigente."

Esta probabilidade do valor a ser negociado não é necessariamente o preço pelo qual este bem será negociado, ou seja, o valor de mercado é uma projeção do valor a ser negociado, enquanto que o preço é o valor efetivamente pago pelo bem. O Valor de Mercado é resultado de um processo de modelagem de dados, obtido através da coleta de informações sobre os preços pelos quais imóveis com características semelhantes estão sendo negociados. Portanto, preço e valor de mercado são referências distintas, pois o primeiro se refere a um valor provável e o segundo a quantia monetária que um bem é negociado (PELLI, 2003). Assim é comum o resultado de uma avaliação ser diferente do preço em negociação, o que não é esperado é que esta diferença seja grande, pois neste caso existem outros fatores que não foram levados em consideração na modelagem dos dados.

2.2. CONCEITOS BÁSICOS PARA A ANÁLISE DE REGRESSÃO

A idéia principal da análise de regressão, segundo GUJARATI (2004) é estudar a dependência estatística de uma variável, a variável dependente, em relação a uma ou mais variáveis, as variáveis explicativas, estimando assim a média ou valor médio da variável dependente com base em valores conhecidos das demais variáveis. Existem inúmeros fenômenos que envolvem muitas variáveis independentes, no estudo de caso proposto as variáveis independentes representam as características intrínsecas e extrínsecas dos imóveis e a variável dependente representa o valor de mercado.

A notação empregada para as variáveis será a seguinte:

- Letra Y representará a variável dependente.
- As letras X (X₁, X₂, X₃, ..., X_k) representa as variáveis explicativa ou independente.

2.2.1. Construção das variáveis

Segundo GUJARATI (2004) para obter resultados satisfatórios em qualquer análise econométrica os dados disponíveis devem ser apropriados, ainda segundo GUJARATI (2004) existem três tipos de dados: Dados de série temporal, de corte e combinados.

- Dados de Serie Temporal: Uma série temporal é um conjunto de observações de valores que uma variável assume em diferentes momentos.
- Dados de Corte: S\u00e3o dados de uma ou mais vari\u00e1veis coletados no mesmo ponto do tempo.
- Dados combinados: Há elementos tanto de séries temporais como de dados de corte.

Segundo PELLI (2003) na engenharia de avaliações as variáveis são representações das características dos imóveis, essas variáveis podem ainda ser divididas basicamente em quatro grupos: Quantitativas, qualitativas, proxy e dicotômicas.

- Variáveis Quantitativas: Representam os valores dos atributos que podem ser contados ou medidos em cada elemento da amostra. Essas variáveis, por serem de valores objetivos, segundo PELLI (2003), devem ser sempre utilizadas como variáveis chaves do processo.
- Variáveis Qualitativas: Representam atributos não mensuráveis do elemento da amostra, possibilitam classificar, denominar e diferenciar conceitos.
- Variáveis Proxy: São utilizadas para substituir outras variáveis de difícil mensuração e que se presume guardar relação de pertinência com outras variáveis. Um exemplo para este tipo de variável é a localização expressa pelo índice fiscal ou o padrão construtivo expresso pelo custo unitário básico.
- Variáveis Dicotômicas: Assumem somente dois valores. São comumente utilizadas para expressar a ausência ou não de atributos do elemento.

2.2.2. Variação dos valores em torno da média

Em qualquer amostra aleatória é encontrada uma variação dos valores estudados em torno da média. PELLI (2003) define esta variação para o mercado imobiliário como Variação Total (V_t) , que é o somatório do quadrado das diferenças entre os dados e a média, e contém parcelas relativas a aleatoriedade e diferenças físicas entre os dados.

O seguinte exemplo é proposto: Para medir o valor médio de lotes situados em uma mesma região foram apresentados os seguintes dados:

LOTE		VALOR MÉDIO* $\left(\overline{y} ight)$	Diferença $\left(y_i - \overline{y}\right)$	Quad. da diferença $ig(y_i-\overline{y}ig)^2$
1	20	20	0	0
2	25	20	-5	25
3	15	20	5	25
4	30	20	-10	100
5	10	20	10	100
* Valores em rea	ais	\sum =	0	250

Tabela 01 - Exemplo I: Valor Médio / Diferença

Assim, a Variação total é: $V_t = 250$

O valor médio esperado esta representado pela média aritmética desta amostra que é R\$20.000,00. Nota-se que nenhuma outra característica dos elementos da amostra esta sendo levada em consideração somente o seu atributo "valor". No entanto sabe-se que principalmente no mercado imobiliário, diversos outros fatores influenciam no valor de um bem.

Ainda segundo PELLI (2003), como no valor da variação Total $\left(V_{t}\right)$ além da aleatoriedade, estão incluídas parcelas relativas às diferenças físicas dos imóveis, é necessário buscar identificar a variação causada por estas diferenças, ou seja, buscar novos dados (variáveis) com clara influência na variável dependente.

Assim o exemplo hipotético segue supondo que a "Área total" do lote é uma característica que reúne esses atributos, pois provavelmente quanto maior a "Área total" maior será o valor do bem.

LOTE	(y_i)	VALOR MÉDIO* $\left(\overline{y}\right)$	Área do lote
1	20	20	400
2	25	20	500
3	15	20	400
4	30	20	600
5	10	20	300

^{*} Valores em mil reais

Tabela 02 – Exemplo I: Valor médio / Áreas

Nota-se que embora as áreas dos lotes, representados por x, apresentem diferenças significativas entre si, o valor médio não se altera e a Variação Total dos dados em torno desta média, ainda é 250 ($V_{\scriptscriptstyle f}=250$)

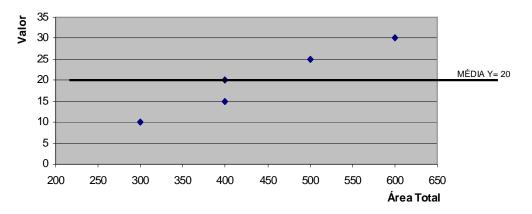


Figura 01 - Gráfico: Exemplo I - Valor Médio

Como o objetivo da análise de regressão, segundo GUJARATI (2004) é estimar a média da população ou valor médio da variável dependente em termos das outras variáveis explicativas, é necessário buscar a representação de uma reta que aproxime os pontos, reduzindo assim a dispersão dos pontos em torno desta nova reta.

2.2.3. Identificação gráfica

Define-se por Variação Residual (V_r) , o somatório dos quadrados dos resíduos $\left(\sum e_i^2\right)$, isto é, o somatório do quadrado da distância dos dados à equação de regressão. Espera-se que esta Variação Residual apresente um montante inferior a variação Total.

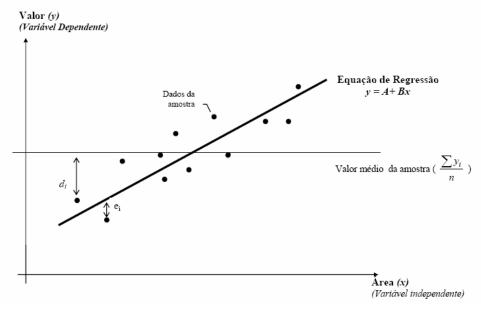


Figura 02 - Exemplo de Reta da equação de regressão

Graficamente, podemos verificar, intuitivamente, que existe uma infinidade de retas que satisfazem à situação descrita acima, no entanto o objetivo é encontraR a que apresente a menor Variação Residual.

2.2.4. Cálculo dos coeficientes

Representando por $\left(e_i\right)$ as distâncias dos pontos à reta de regressão, tem-se: $e_i=y_i-(A+Bx_i)$, como a Variação Residual esta definida como sendo o somatório dos quadrados destas distâncias, ou seja, $\left(e_i^2\right)$, a seguinte expressão para a Variação Residual pode ser assim descrita:

$$V_r = \sum_{i=1}^{n} (y_i - A - Bx_i)^2$$
 (2)

Segundo PELLI (2003) a reta de regressão que minimiza este somatório é aquela em que as derivadas parciais deste somatório em relação aos coeficientes A e B são nulas.

Para o exemplo apresentado os coeficientes encontrados foram: A=-9,615 e B=0,067.

2.2.5. Variação Residual

O montante da variação residual, ou seja, o somatório dos quadrados das diferenças entre os valores dos dados e a média estimada para cada um deles é obtido primeiramente com o Valor Médio representativo para cada elemento da amostra. Para o exemplo tem-se:

LOTE	$\begin{array}{c} \mathbf{VALOR}^* \\ \left(y_i\right) \end{array}$	MÉDIA ESTIMADA* (y_i)	Diferença $\left(e_i^{} ight)$	Quad. da diferença $\left(e_i^{2} ight)$
1	20	17,308	-2,692	7,247
2	25	24,038	-0,962	0,925
3	15	17,308	2,308	5,327
4	30	30,769	0,769	0,591
5	10	10,577	0,577	0,333
* Valores em re	eais	<u> </u>	0	14,42

Tabela 03 – Exemplo I: Variação residual

2.2.6. Coeficiente de determinação (r²) e correlação (r)

Determinação: PELLI (2003) define como Variação Explicada (V_e) a diferença entre a Variação Total (V_t) e a Variação Residual (V_r). Para o exemplo proposto temse então os seguintes valores:

$$V_e = V_t - V_r = 250 - 14{,}42$$
 (3)

$$V_{p} = 235,58$$
 (4)

A relação entre a variação explicada e a variação total, resulta no Coeficiente de Determinação (r^2) , que ainda segundo PELLI (2003) é um dos indicadores de eficiência da equação de regressão.

"O coeficiente de determinação define o percentual da variação total dos valores dos dados da amostra em torno da sua média aritmética, originado nas diferenças analisadas pela equação de regressão." (PELLI:2003)

Para o exemplo I tem-se que o coeficiente de determinação é:

$$r^2 = \frac{235,58}{250,00} = 0,9423 \tag{5}$$

Isto significa, para o exemplo, que 94,23% da variação dos valores dos lotes em torno da média aritmética, se deve a variação das áreas dos mesmos. O restante da variação 5,77% para esse exemplo, se deve a aleatoriedade do mercado, além de outras características não estudadas.

Correlação: Segundo GUJARATI (2004) o coeficiente de correlação (r) é intimamente relacionado com r^2 , mas conceitualmente diferente, pois trata-se de uma medida do grau de associação entre duas variáveis. Coeficiente de determinação fornece um indicador de eficiência da equação de regressão. Este indicador, no entanto, refere-se às dimensões quadráticas.

"O coeficiente de correlação indica a força de causa e efeito entre a variação da variável explicada (y) e a variação da variável explicativa (x)." (PELLI :2003)

$$r^2 = \frac{\sum d_i^2 - \sum e_i^2}{\sum d_i^2}$$
 (6)

Para o exemplo proposto, tem-se que $r=\sqrt{(r^2)}=\sqrt{0.9423}=0.9707$

2.3. ANÁLISE DE REGRESSÃO MÚLTIPLA

No exemplo proposto anteriormente, estudou-se o modelo mais simples de relacionar uma variável dependente com apenas uma variável independente. Existem inúmeros fenômenos que envolvem muitas variáveis independentes. Agora, estudar-

se-á ainda uma relação linear entre mais de uma variável independente e a variável dependente, como a mostrada a seguir:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i + u_i \tag{7}$$

Essa equação é conhecida como "modelo de regressão linear múltipla". Com a seguinte notação, o parâmetro β_0 é conhecido como a interseção do plano ou coeficiente linear. Os outros parâmetros são conhecidos como coeficientes parciais de regressão, porque (no caso de duas variáveis independentes) β_1 mede a variação esperada em Y por unidade de variação em x_1 , quando x_2 for constante, e β_2 mede a variação esperada em Y por unidade de variação em x_2 , quando x_3 for constante. (GUJARATI, 2004)

No caso geral, o parâmetro β_j representa a variação esperada na resposta Y por unidade de variação unitária em x_j , quando todas as outras variáveis independentes ou regressores x_i ($i \neq j$) forem mantidas constantes.

O termo u_i é o erro estocástico ou perturbação estocástica, que segundo GUJARATI (2004), representa o desvio de um Y_i individual em torno do seu valor esperado, ou seja, $u_i = Y_i - E(Y/x_i)$. Ainda segundo GUJARATI (2004) este termo é um substituto de todas as variáveis omitidas do modelo, mas que coletivamente afetam Y.

2.3.1. A Função de Regressão Amostral

Segundo GUJARATI (2004) a Função de Regressão Populacional (FRP) é um conceito idealizado, uma vez, que na prática o que se tem é uma amostra de observações, por isto utiliza-se a Função de Regressão Amostral (FRA) para estimar a Função de Regressão Populacional. A notação adotada para a FRA será a seguinte:

FRP:
$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + ... + \beta_i x_i + u_i$$
 (8)

FRA:
$$Y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + ... + \hat{\beta}_i x_i + \hat{u}_i$$
 (9)

2.3.2. Estimativa por Mínimos Quadrados Ordinários

Segundo NAVIDI (2006) deverão primeiramente ser levadas em consideração as seguintes suposições:

- u_i são todos aleatórios e independentes;
- u_i tem média igual a zero;
- u₁ tem a mesma variança; e
- u_i são normalmente distribuídos.

A FRP não é diretamente observável, então é estimada a partir da FRA:

$$Y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \dots + \hat{\beta}_i x_i + \hat{u}_i$$
 (10)

$$Y = \hat{Y} + \hat{u}_i \tag{11}$$

$$\hat{u}_i = Y - \hat{Y} \tag{12}$$

$$\hat{u}_i = Y - \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \dots + \hat{\beta}_i x_i$$
(13)

Segundo GUJARATI (2004) o método dos Mínimos Quadrados Ordinários, busca que $\sum \hat{u}_i^2$ seja o menor possível, e a partir da soma dos resíduos elevados ao quadrado, encontrar os estimadores β_i .

$$\sum \hat{u}_i^2 = f(\beta_i) \tag{14}$$

$$\sum \hat{u}_i^2 = \sum \left(Y - \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \dots + \hat{\beta}_i x_i \right)^2$$
 (15)

Segundo PELLI (2003) a reta de regressão que minimiza este somatório é aquela em que as derivadas parciais deste somatório em relação aos coeficientes β_i são nulas.

2.3.3. Coeficiente Múltiplo de Determinação (R2)

Conforme NAVIDI (2006) valor de R² é calculado identicamente como o r² para a regressão linear simples, então:

$$R^{2} = \frac{\sum (y_{i} - \overline{y}_{i})^{2} - (y_{i} - \hat{\overline{y}}_{i})^{2}}{(y_{i} - \overline{y}_{i})^{2}}$$
(16)

GUJARATI (2004) diz que o coeficiente de Determinação R² mede o grau de ajuste da equação de regressão, ou seja, fornece a proporção da variação total na variável dependente explicada conjuntamente pelas variáveis independentes.

Segundo PELLI (2003) esse coeficiente não permite uma conclusão a priori sobre a consistência do modelo de regressão, indica apenas que uma parte da variação foi explicada. Um coeficiente elevado pode indicar uma variação excessiva dos dados em torno da média, muito comum em amostras heterogêneas.

2.3.4. A significância global da regressão múltipla – Teste F

O teste F, segundo NAVIDE (2006), consiste em testar a hipótese de que os coeficientes de inclinação da equação de regressão múltipla são simultaneamente zero, isto testa se nenhuma das variáveis independentes tem qualquer relação linear com a variável dependente:

- $H_0: \beta_2 = \beta_3 = ... = \beta = 0$
- $H_1: \beta \neq 0$ * Nem todos os coeficientes de inclinação são simultaneamente zero.

$$F = \frac{\left[\sum (y_i - \bar{y}_i)^2 - (y_i - \hat{\bar{y}}_i)^2 \right] / p}{(y_i - \bar{y}_i)^2 / (n - p - 1)}$$
(17)

Sendo o valor de p, segundo GUJARATI (2004), o mais baixo nível de significância com o qual a hipótese nula pode ser rejeitada.

2.3.5. Transformação de variáveis

O processo de cálculo dos coeficientes através dos mínimos quadrados identifica somente funções lineares, em alguns casos à relação entre as variáveis mostra dispersão não-linear. PELLI (2003) sugere como artifício algumas transformações matemáticas nas variáveis, as quais poderão linearizar esta relação. Neste caso uma nova variável, com dependência matemática da variável transformada, é utilizada ao processo de análise, como exemplo a transformação da variável $y \text{ em } z = \ln(y)$:

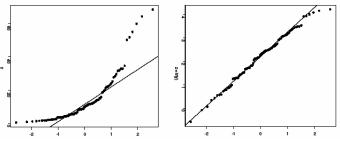


Figura 03 - Exemplo de transformações

Este raciocínio segundo PELLI (2003) amplia significativamente as alternativas de cálculo de uma equação, pois se calcula o coeficiente de determinação R² para cada situação diferente. Com a utilização de softwares específicos para este tipo de análise é possível realizar uma série de transformações nas variáveis, cabendo analisar qual a equação de regressão que mais se adequará ao caso.

2.3.6. Considerações do Modelo

Quando é utilizado um Modelo de Regressão geralmente admite-se como verdadeiro um conjunto de hipóteses, que se espera algum afastamento na realidade, mas que não pode ser significativo, sob pena de não se adaptarem os métodos e os resultados estudados, ou de deixarem de ser válidas as propriedades encontradas.

Segundo PELLI (2003), um estudo sobre uma aplicação de um modelo de regressão não deve ser resumido à estimação dos parâmetros, pois essa é apenas

uma das fases iniciais de uma análise mais detalhada, na qual inclui a representação gráfica dos dados, a confirmação das hipóteses assumidas e o melhoramento do próprio modelo com a introdução de novos regressores.

Para detectar possíveis problemas, há um conjunto de técnicas de diagnóstico que se baseiam, essencialmente, em análises gráficas dos dados e em análises de resíduos. A visualização dos dados quando possível é um ponto essencial. Em Modelos de Regressão Linear Múltipla, a representação gráfica tomada dois a dois, dos dados permite evidenciar tendências e padrões que podem escapar completamente perante um tratamento numérico.

Ainda segundo PELLI (2003) a maior parte desses indicadores estatísticos que sinalizam para maior ou menor a consistência de uma função dizem respeito a basicamente três situações:

- Aderência dos pontos à função estimativa;
- Homogeneidade da distribuição dos pontos em torno da função estimativa;
- Nível de influência de cada variável independente na variável dependente.

2.3.7. Escolha do Modelo

Para a escolha do modelo a ser utilizado, PELLI (2003) sugere que os seguintes critérios sejam verificados:

2.3.7.1. Análise dos coeficientes de determinação

Coeficientes elevados (Próximos a 1,0)

- Significa a princípio que as variáveis estão com bom poder de explicação, mas também pode ocorrer quando se tem uma variação total muito grande.
- Alto grau de colinearidade ou multicolinearidade entre as variáveis independentes.
- A Presença de outliers contribui significativamente para um aumento do coeficiente.

Coeficientes muito baixos (Abaixo de 0,5)

- Significa as variáveis não estão bem definidas ou as escalas utilizadas estão incorretas.
- Pode significar também que a variação total a ser explicada é pequena e que os dados são homogêneos.

2.3.7.2. Análise da significância dos regressores:

Ao rejeitar ou não rejeitar uma hipótese pode-se cometer erros, como por exemplo decidir rejeitar a hipótese nula, ou seja $H_0:\beta=0$, sendo ela verdadeira. Essa probabilidade de erro denomina-se nível de significância [PELLI , 2003].

Quanto maior o valor da significância maior será a probabilidade do erro ocorrer. No caso de avaliação de imóveis a intenção quando é formulada a hipótese que uma variável qualquer tenha influencia sobre o valor, é de mostrar que existe grande probabilidade de estar certo, por isso é necessário um nível de significância bastante reduzido.

2.3.7.3. Análise de sensibilidade - Teste da equação

A verificação gráfica do comportamento da variável dependente com a evolução de cada variável explicativa deve ser acompanhada de análise crítica, considerando os seguintes aspectos:

- Ao constatar inconsistências nas variáveis, deve identificar os dados que estão contribuindo para este fato.
- Os dados, em sua maioria, contrariam a hipótese formulada, neste caso, mais elementos devem ser trazidos à amostra.
- Análise numérica criteriosa dos dados para indicar inconsistências dos dados com a hipótese formulada.

2.3.7.4. Resíduos do modelo

Segundo PELLI (2003) a análise dos resíduos é uma das etapas mais importantes na definição da equação, devendo ser observados os seguintes pontos:

- A esperança dos desvios não é nula: A situação é a menos grave das consideradas, pois se os erros do modelo não tiverem esperança nula, o valor dessa esperança pode ser sempre incluído no termo constante.
- Os desvios do modelo são correlacionados: Quando os erros (ou desvios) do modelo são correlacionados, o modelo de regressão não é o modelo adequado para traduzir a relação de dependência. A correlação entre os erros aparece com freqüência associada a dados recolhidos ao longo do tempo. Por isso, é conveniente proceder a uma análise gráfica dos dados e também dos resíduos, que possa detectar estruturas de dependência.
- Os resíduos devem apresentar uma tendência a distribuição normal.
- A análise gráfica da dispersão dos dados em torno da média é importante para verificar se a distribuição é homogênea em torno da reta

representativa da média, isto possibilita a presença de heteroscedasticidade no modelo.

2.3.7.5. Heterocedasticidade

Segundo GUJARATI (2004), uma importante hipótese para os modelos de regressão é que as perturbações u_i sejam homoscedásticas, isto é, apresentem a mesma variança, então $E(u_i^2) = \sigma^2$.

A verificação da heteroscedasticidade, ou seja, a diferença da variança é realizada a partir do gráfico de resíduos da variável dependente. Sua presença pode ser observada quando a distribuição dos pontos em torno da reta representativa da média apresenta um comportamento bem definido, indicando uma variação gradativa da dispersão.

Ainda segundo GUJARATI (2004) o problema da heteroscedasticidade é mais comum em dados de corte do que em séries temporais, pois lidamos com membros de uma população em certo ponto do tempo.

2.3.7.6. Multicolinearidade

Segundo GUJARATI (2004), o termo multicolinearidade significa a existência de mais de uma relação linear, entre algumas variáveis explicativas de um modelo de regressão.

Por consequência dessa multicolinaridade, de acordo com PELLI (2003), muitas vezes a obtenção de resultados confiáveis é dificultada, por influir no resultando de \mathbb{R}^2 .

Ainda segundo PELLI (2003) am alguns modelos pode ser inevitável à correlação entre duas variáveis explicativas, como exemplo tem-se "área do terreno" e "frente do terreno", ou "área edificada" e "número de dormitórios", nestes casos é conveniente que o modelo seja utilizado para a avaliação de imóveis com as mesmas características das amostras.

CAPITULO III ESTUDO DE CASO

3.1. O Departamento de Cadastro Imobiliário Municipal

A principal função do Cadastro Técnico Imobiliário, em muitos municípios, bem como em Juiz de Fora, é a identificação dos imóveis e suas principais características para que seja realizado o cadastramento, para isto é necessário possuir dados cadastrais vinculados ao espaço e interligados, que identifiquem cada item relacionado à propriedade, ao uso, a ocupação, ao tipo, as dimensões principais, a funcionalidade e demais características intrínsecas e extrínsecas. Assim, o cadastro técnico compreende um conjunto integrado de subsistemas compatibilizado sobre uma base cartográfica comum.

O estudo de caso para a avaliação do valor de imóveis por análise de regressão, foi realizado no Departamento de Cadastro Imobiliário Municipal, departamento este, responsável por toda a atualização e manutenção do banco de dados dos imóveis da cidade. O departamento é estruturado para efetuar as atividades de cadastramento desde a coleta de dados em campo, passando por analises processos de construções e loteamentos, até a inclusão das informações no Sistema Fazendário do Município, para que os imóveis sejam devidamente cadastrados.

O Organograma atual do Departamento de Cadastro Imobiliário Municipal esta definido da seguinte forma:

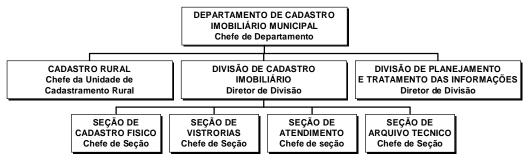


Figura 04 - Organograma

Assim o Departamento de Cadastro consiste de num conjunto de arquivos físico (Boletins de cadastramento, Plantas de loteamentos) e digital (Sistema Fazendário, Gerenciamento Eletrônico de Documentos, Geo-processamento) com informações da área urbana e rural, sobre imóveis, contribuintes, obras publicas, uso e ocupação do espaço urbano. A atualização periódica dos dados constantes no Cadastro Imobiliário é necessária para o acompanhamento sistemático das

modificações que as áreas do Município sofrem, através de novos loteamentos, desmembramentos, fusões, construções, reformas, demolições, invasões, etc.

A alteração da metodologia de cálculo dos valores dos imóveis vem sendo discutida pela prefeitura a fim de tornar mais eficiente e correta a avaliação dos imóveis e atender a NRB 14653-2:2004. Para isto é fundamental que os dados cadastrais utilizados no estudo estejam atualizados, conforme as características do imóvel na data da negociação.

3.2. Coleta de dados

A etapa da coleta de dados das propriedades é o ponto de partida para elaboração da avaliação, tendo em vista a gama de dados a serem coletados para explicar a formação dos valores dos imóveis de um município. Segundo ZANCAN (1996) as informações disponíveis nas empresas de saneamento, energia e telecomunicações, além das informações do cadastro imobiliário devem ser facilmente acessadas para a aplicação da metodologia científica no cálculo dos valores dos imóveis.

Outra fonte de pesquisa disponível seria o Cartório de Registro de Imóveis ou as guias de ITBI na Prefeitura Municipal. Essa última fonte, apesar de apresentar alguns valores subdeclarados de venda dos imóveis, sistematizadas proporcionam uma fonte de baixo custo, além da quantidade em face da demanda de declarações dos contribuintes, devendo ser complementadas nas imobiliárias ou com proprietários de imóveis, para uma melhor atualização do valor do imóvel. [ZANCAN ,1996]

No trabalho realizado a principal fonte para o valor dos imóveis (variável dependente) foi a informação constante nas guias de ITBI e apenas os dados cadastrais disponíveis no Cadastro Imobiliário foram utilizados (variáveis independentes), não sendo realizada nenhuma vistoria para incluir dados não constante na base de dados do Cadastro Imobiliário. As informações são referentes aos imóveis do tipo apartamento, que foram negociados nos meses de Abril, Maio, Junho e Julho do ano de 2007

Para a realização do estudo foram definidos 4 bairros: Morro da Glória, Jardim Gloria, Jardim Santa Helena e Paineiras. Fazendo parte da amostra inicial todos os apartamentos dessa região transacionados nos meses citados, totalizando 98 apartamentos. Inicialmente foram escolhidas dezessete características dos imóveis para a realização do estudo. A descrição e classificação dessas variáveis serão apresentadas no item seguinte que trata da modelagem dos dados

Os dados de identificação de proprietário, bem como os endereços dos imóveis analisados serão suprimidos, com a finalidade de preservar o sigilo fiscal dos contribuintes.

3.3. Modelagem dos dados.

Segundo PELLI (2003) geralmente os modelos criados são segmentados em submodelos, divididos em grupos relativamente homogêneos por tipologia ou categoria de imóveis. Os modelos precisam ser coerentes entre si e preferencialmente, devem ser de fácil entendimento, tendo em vista a apresentação dos mesmos para os contribuintes. Neste trabalho é proposta somente a modelagem, análise e comparação de um desses submodelos e para uma única tipologia de imóvel, no caso, apartamento, já que as modelagens dos demais submodelos são semelhantes, mas utilizam outros tipos de variáveis (características intrínsecas e extrínsecas dos imóveis), o que tornaria o trabalho complexo pelo número de variáveis de todas as tipologias existentes, como loja, casa, apartamento, sala comercial, galpões, telheiro e lote vago.

Todo o tratamento dos dados para a construção do modelo foi realizado através de software especifico para a avaliação de imóveis, denominado "SisPlanV". Este sistema trata os dados estatisticamente pela análise de regressão fornecendo diversos dados para a escolha do modelo a ser implantado, como por exemplo, gráficos de dispersão dos resíduos, teste F, coeficientes de determinação e correlação, transformação das variáveis para ajuste do modelo além de outras ferramentas estatísticas disponíveis.

3.3.1. Classificação das variáveis:

Para a realização da modelagem dos dados, inicialmente as variáveis foram classificadas em 3 grupos:

- Variáveis Quantitativas: São medidas diretamente as grandezas em estudo numa escala numérica conhecida. [ZANCAN,1996]
- Variáveis Qualitativas: Representam os conceitos ou qualidades que podemos associar a valores numéricos possibilitando medir a diferença entre os dados. [PELLI, 2003]
- Variáveis dicotômicas, dummy ou binárias: São aquelas que assumem dois valores, que se resume à existência ou não de determinados atributos. [PELLI, 2003]. Segundo ZANCAN (1996), a utilização do número zero deve ser evitada, pois em caso de serem usados logaritmos, eles podem levar a uma indeterminação.

A tabela a seguir mostra um resumo das variáveis apresentadas neste estudo.

VARIÁVEL	Classif.	DESCRIÇÃO
1 – AREA EDIF. REAL	QUANT	
2 – AREA EDIF. EQUIV.	QUANT	
3 - PADRÃO	QUALIT	Popular-1 Baixo-2 Regular-3 Bom-4 Ótimo-5
4 - GARAGEM (unid)	QUANT	
5 - DORMITÓRIOS (unid)	QUANT	
6 - BANHEIROS (Unid)	QUANT	
7 - PISCINA	DICOTOMICA	Não-1 Sim-2
8 - SIT. DA CONSTRUÇÃO	DICOTOMICA	Fundos-2 Frente-1
9 - ELEVADORES	DICOTOMICA	Não-1 Sim-2
10 - FACHADA	QUALIT	Pintura/Textura-1 Cerâmica/Fulget-2 Mármore/Granito-3
11 - ESTRUTURA	QUALIT	Alvenaria Estrutural-1 Concreto-2
12 - CONSERVAÇÃO	QUALIT	Ruim-1 Regular-2 Bom-3
13 - IDADE DO IMOVEL	QUALIT	Ano de 1º Lançamento do IPTU
14 - REGIÃO (TERRENO)	QUALIT	1 a 25
15 - SIT. TERRENO	QUALIT	Encravado-1 Uma Frente-2 Duas Frentes-3
16 – COTA DO TERRENO	QUANT	
17 - VALOR VENAL (R\$)	QUANT	

Tabela 04 - Variáveis do modelo inicial

3.3.2. Roteiro de modelagem:

O roteiro para a escolha do modelo foi desenvolvido de acordo com as instruções descritas no software "SisPlanV", sendo considerado alguns passos, que se repetem a cada novo processamento, visto que ajustes no modelo são necessários, como excluir outiliers, ou mesmo excluir uma variável que não seja representativa para o modelo final.

3.3.2.1. Opções no calculo da equação de Regressão

Este procedimento tem como foco definir os tipos de transformações matemáticas que as variáveis independentes podem sofrer, visto que a relação entre algumas variáveis independentes e a variável dependente mostra dispersão não linear, tal procedimento pode linearizar esta relação. [PELLI, 2003]

Para definir a equação de regressão que melhor se ajusta aos dados de mercado referente as variáveis explicativas, o software dispõe de três métodos diferentes de busca para o modelo matemático com melhor aderência aos dados amostrais, sendo eles o método geral, dirigido e simplificado, os quais possibilitam maximizar a relação quantidade de equações calculadas e tempo de resposta do sistema.

- O Método Geral: Calcula quantidade significativa de equações para modelos acima de 8 (oito) variáveis,
- O Método Simplificado: Efetua as transformações escolhidas pelo usuário em todas as variáveis, no entanto, são calculadas apenas as combinações que relacionam a variável dependente com cada uma das variáveis independentes.
- O Método Dirigido: Define-se qual a transformação que deseja adotar, para cada variável, dentre as formas disponíveis.

Segundo PELLI (2003) as opções mais simples devem ser as iniciais, pois normalmente descrevem melhor o comportamento do mercado, sendo elas: X, 1/X e Ln(X).

As demais: X^2 , $X^{1/2}$, $1/X^2$, $1/X^{1/2}$ devem ser utilizadas quando não for possível selecionar um modelo que descreva com consistência o comportamento do mercado.

Para o estudo de caso foi utilizado o método simplificado.

3.3.2.2. Coeficientes de correlação e determinação

Após a escolha das opções de calculo o sistema realiza os cálculos e disponibiliza os primeiros resultados a serem observados. Primeiramente deve-se observar os coeficientes de determinação e correlação que são dispostos em ordem decrescente.

No estudo de caso, no primeiro processamento, foram habilitadas as opções de transformações definidas no modo simplificado disponível no software, gerando desse modo 69 (sessenta e nove) equações de regressão, classificadas por ordem crescente do coeficiente de determinação.

- Coeficiente de determinação: Máximo: 0,9939924 e mínimo: 0,9374799.
- Coeficiente de correlação: Máximo: 0,9969917 e mínimo: 0,9682394.



Figura 05 – Resultado / 1º processamento

PELLI (2003) recomenda que alguns cuidados sejam adotados para a analise desses coeficientes:

- Coeficiente de determinação elevado: Pode significar que as variáveis adotadas estão com excelente poder de explicação, porém isto também ocorre quando há uma variação total muito elevada, ou alto grau de colinearidade ou multicolinearidade entre as variáveis independentes.
- Presença de algum dado com valor excessivamente disperso da média, porém com uma variável que o explique, provavelmente contribuirá para um aumento do coeficiente.
- Coeficientes de determinação baixos: Podem indicar que as variáveis adotadas não expliquem a variação do valor em torno da média, mas também pode ocorrer este fato devido a variação total ser muito pequena, não significando portanto que o modelo esteja inadequado. Outros resultados da regressão deverão ser analisados neste caso.

Além dos coeficientes de determinação e correlação deve-se observar a distribuição dos resíduos, segundo PELLI (2003) esta distribuição deve apresentar uma tendência a distribuição normal:

- 68% dos dados devem estar entre -1 e +1 desvios padrões da média
- 90% dos dados devem estar entre -1.64 e +1.64 desvios padrões da média
- 95% dos dados devem estar entre -1.96 e +1.96 desvios padrões da média

No primeiro processamento do calculo, a equação número 01 disponibilizada pelo sistema, foi a escolhida pelo fato de apresentar pouca diferença entre os coeficientes das demais equações, uma melhor distribuição dos resíduos e a presença de apenas um outilier.

Coeficiente de determinação: 0,9924251 Coeficiente de correlação: 0,9962054

Distribuição dos resíduos: 71% - 91% - 97%

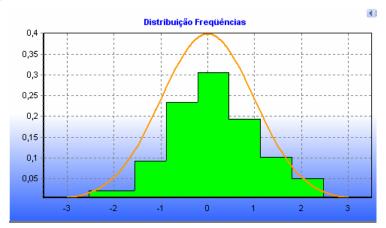


Figura 06 - Distribuição freqüências / 1º Processamento

3.3.2.3. Intervalo de confiança e teste de hipóteses

O teste de hipótese tem como objetivo de verificar a possibilidade de erros serem cometidos nas afirmações sobre a média populacional ou sobre a influencia de uma variável sobre outra.[PELLI, 2003]

Ainda segundo PELLI (2003) a hipótese é uma conjectura, que de acordo com certos critérios poderá ser rejeitada ou não-rejeitada.

Para o caso em estudo são definidas as seguintes hipóteses:

$$H_a: \beta = 0$$
 (Hipótese nula) (18)

$$H_a: \beta \neq 0 \tag{19}$$

Segundo ZANCAN (1996), na equação de regressão impõe-se que o parâmetro β seja diferente de zero, devendo estar assegurado em testes específicos dentro dos limites de confiança, considerado o nível de rigor desejado. Se caso $\beta=0$, isto significará que a variáveis conhecidas não são importantes na formação do valor, ou seja, não existe regressão.

PELLI (2003) define o nível de significância como a probabilidade de ocorrer erros ao se rejeitar uma hipótese verdadeira, portanto é importante que esta probabilidade seja pequena.

Assim a NBR 14.653-2 da ABNT, estabelece uma classificação quanto ao grau de fundamentação ao ser alcançado pelo trabalho de avaliação. Esse grau de avaliação pode ser classificado de acordo com os seguintes níveis: Expedito (I), normal (II) e Rigoroso (III). Os requisitos necessários para enquadrar uma avaliação em função do grau de fundamentação dependem, entre outros fatores, do nível de significância máximo para a rejeição da hipótese nula, conforme descrito:

- Grau I (Expedito) Nível de significância igual a 30%
- Grau II (Normal) Nível de significância igual a 20%
- Grau III (Rigoroso) Nível de significância igual a 10%

No caso de avaliação de imóveis, nossa intenção quando formulamos a hipótese de que uma variável qualquer tem influencia sobre o valor dos imóveis, é de mostramos que existe uma grande probabilidade de termos razão. Para tanto, buscamos uma amostra que apresente um nível de significância bastante reduzido (PELLI,2003).

Esta analise é importante na identificação de dados que podem estar elevando o nível de significância das variáveis, no entanto, a busca de sua redução será facilitada na analise de resíduos.

No primeiro processamento realizado, as variáveis Dormitórios e Situação do terreno apresentaram significância elevada, superior a 30%, enquanto que as variáveis Área equivalente, Padrão de acabamento e Número de banheiros apresentaram significância abaixo de 1%.

Com a retirada do outilier detectado no primeiro processamento a significância das variáveis: Dormitório e Situação do terreno reduzirão para níveis aceitáveis de acordo com a NR 14.653-2 da ABNT.

3.3.2.4. Análise de sensibilidade – Teste da equação

Nesta etapa é analisada a influencia de cada variável independente no resultado da equação, este procedimento, segundo PELLI (2003), é fundamental para a comprovação das hipóteses formuladas. Esta analise deve ser realizada com a verificação gráfica e analise critica do comportamento do valor obtido com a evolução de cada variável independente.

O software utilizado testa e disponibiliza, na última coluna, a variação percentual no resultado da equação quando a variável da linha correspondente sofre uma variação positiva de 10% de sua amplitude em torno do seu valor médio.

Variável	Valor Médio	T Observado	Coef.Equação	Forma	Cresc
Area Equiv	111,1237	19,38	+0,689651	ln(x)	18,84
Padrão	3,0722	7,14	+0,1049	×	4,29
Garagem	0,9691	1,58	+0,0211214	×	0,64
Dormitórios	2,6701	1,17	+0,0222012	×	0,67
Banheiros	1,5876	5,48	+0,0902006	×	1,82
Piscina	1,1649	1,83	+0,0457269	×	0,92
Sit Const *	1,0000	-2,15	-0,108953	1/x	5,60
Elevador *	1,0000	3,25	+0,0705481	×	7,31
Fachada	2,0206	6,30	+0,0649045	×	1,31
Estrutura *	1,0000	3,30	+0,061132	×	6,30
Estado conservação	2,3608	-2,35	-0,0967114	1/x	0,32
lançamento	1992,2680	-9,61	-24270,8	1/x	2,91
Região	10,6804	-2,84	-0,0178905	In(x)	-0,36
V Venal	69722,5747	T-Indep	+19,4171	ln(x)	

Figura 07 - Resultado / Último processamento

3.3.2.5. Resíduos do modelo

A analise dos resíduos consiste nas observações da dispersão dos dados em torno da média, segundo PELLI (2003) a analise pode verificar a situação ideal, ou seja, uma distribuição homogênea dos dados em torno da reta representativa da média, e ainda possibilita verificar a presença heterocedasticidade no modelo.

Segundo ZANCAN (1996) a condição de normalidade dos resíduos não é necessária para a obtenção dos estimadores pelo método dos mínimos quadrados, mas para definição de intervalos de confiança e testes de significância.

Para a analise no estudo de caso proposto, foram disponibilizados gráficos de dispersão e tabelas que relacionam o desvio-padrão e sua relação com os resíduos.

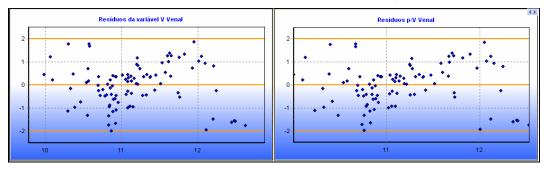


Figura 08 – Resíduos do modelo final – Ultimo Processamento

Conforme verificado, após a retirada do único outilier detectado no primeiro processamento, nenhum outro elemento da amostra teve o resíduo acima de dois desvios padrões.

A distribuição dos resíduos em torno da média, mostrada através do gráfico de distribuição, apresentou uma tendência à distribuição normal. Cumprindo-se assim, mais um dos requisitos para a aceitação do modelo de regressão proposto, conforme descrito no item 2.3.7.4.

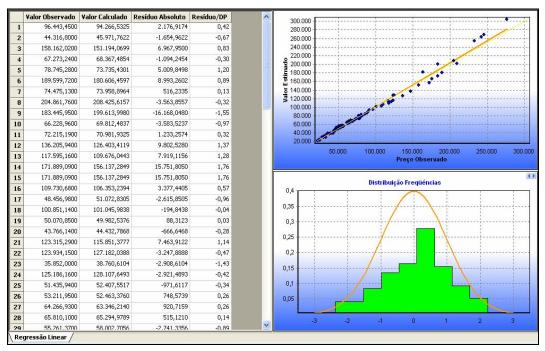


Figura 09 - Distribuição dos resíduos - Ultimo processamento

3.3.2.6. Homocedasticidade

A verificação da homocedasticidade é realizada a partir do gráfico de resíduos da variável dependente, e segundo PELLI (2003) a sua presença pode ser observada quando a distribuição dos pontos do gráfico em torno da reta representativa da média apresenta um comportamento bem definido, indicando a mesma variação da dispersão ao longo da reta.

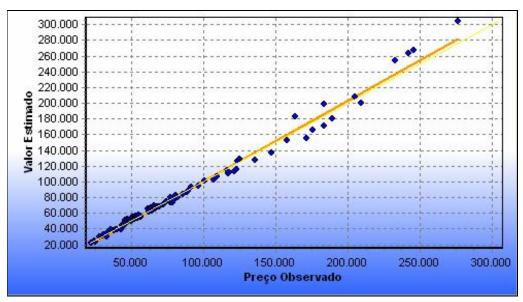


Figura 10 - Reta representativa da média - Ultimo processamento

3.3.2.7. Multicolinearidade

Multicolinearidade é o nome dado ao problema geral que surge quando algumas ou todas as variáveis explicativas de uma relação estão de tal forma correlacionadas uma às outras [ZACAN, 1996].

Segundo PELLI (2003) a presença de colinearidade ou multicolinearidade dificulta a obtenção de resultados confiáveis para o modelo, mas é esperada uma forte correlação entre cada variável independente e a variável dependente, mas isto não é fator predominante na consistência do modelo.

O modulo de colinearidade disponível no software utilizado para realização deste estudo de caso, permite observar numericamente e graficamente as correlações entre as variáveis.

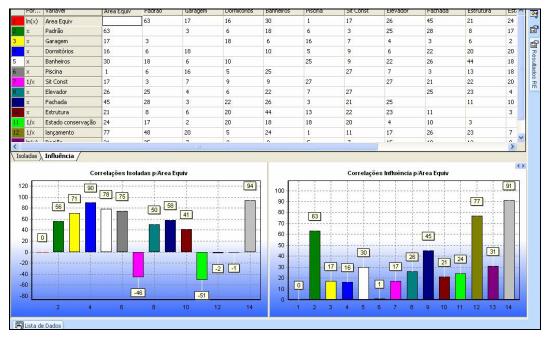


Figura 11 - Correlação entre variáveis

No estudo de caso foi observado forte influencia da variável Área equivalente, sobre a variável dependente, isto se justifica pelo fato de que no modelo atualmente empregado para a avaliação de imóveis pelo Município, ou seja o método evolutivo, esta variável (área equivalente) tem realmente grande influencia no valor venal do imóvel.

3.4. Analise e Resultados

Segundo PELLI (2003) para que as avaliações em massa tenham objetividade, eqüidade e justiça, sendo defensável perante os poderes públicos, demonstrando transparência, facilidade de aplicação e precisão, é necessária a utilização de metodologia científica

3.4.1. Regressão Linear Múltipla

Ajustou-se um modelo de Regressão Linear Múltipla para os dados observados após a análise dos principais componentes, conforme roteiro definido, utilizando os dados contidos na amostra.

No ajuste do modelo de regressão verificou-se que as variáveis: área real, cota de terreno e situação do terreno não são representativas devido aos seus valores de significância serem elevados. Assim, após alguns processamentos, estas variáveis também foram excluídas do modelo, restando então 14 variáveis que foram

consideradas, com este procedimento houve uma melhora no nível de significância de outras variáveis, como por exemplo número de dormitórios.

A tabela 05 apresenta os resultados obtidos no primeiro processamento para ajuste do modelo de regressão.

VARIÁVEL	TRANSFORMAÇÃO	CRESCIMENTO	T OBSERVADO	SIGNIFICANCIA
AREA EDIF. REAL	Ln (x)	2,17	1,05	29,85
AREA EDIF.	Ln (x)	17,37	7,23	0,01
PADRÃO	Ln (x)	3,76	9,01	0,01
GARAGEM	X	0,79	2,11	3,75
DORMITÓRIOS	X	0,35	0,69	49,14
BANHEIROS	1/x	1,52	-6,87	0,01
PISCINA	X	1,29	2,94	0,43
SIT. DA CONSTR.	X	2,99	1,28	20,26
ELEVADORES	X	9,16	4,93	5,65
FACHADA	X	1,07	5,65	0,01
ESTRUTURA	X	5,11	2,94	0,42
CONSERVAÇÃO	X	0,79	3,53	0,07
IDADE DO	1/x	2,68	-9,88	0,01
COTA TERRENO	Ln (x)	-0,68	-1,27	20,69
REGIÃO	X	-0,48	-3,01	0,35
SIT. TERRENO	X	-,019	-0,87	38,89
VALOR VENAL	Ln (x)			

Tabela 05 – Resultados Sisplanv - Ajuste do primeiro modelo de regressão

A tabela 06 apresenta as variáveis utilizadas no modelo final e seus respectivos valores de coeficientes.

VARIÁVEL	TRANSFORMAÇÃO	CRESCIMENTO	T OBSERVADO	SIGNIFICANCIA
AREA EDIF.	Ln (x)	18,84	19,38	0,01
PADRÃO	Ln (x)	4,29	7,14	0,01
GARAGEM	X	0,64	1,58	11,70
DORMITÓRIOS	X	0,67	1,17	24,65
BANHEIROS	1/x	1,82	5,48	0,01
PISCINA	X	0,92	1,83	7,03
SIT. DA CONSTR.	X	5,60	-2,15	3,42
ELEVADORES	X	7,31	3,25	0,17
FACHADA	Х	1,31	6,30	0,01
ESTRUTURA	X	6,30	3,30	0,14
CONSERVAÇÃO	X	0,32	-2,35	2,11
IDADE DO	1/x	2,91	-9,61	0,01
REGIÃO	X	-0,36	-2,84	0,57
VALOR VENAL	Ln (x)			

Tabela 06 – Resultados Sisplanv - Ajuste final do modelo de regressão

3.4.2. Resultado da estatística

O coeficiente de determinação múltipla (R2), que representa a proporção da variação em Y que é explicada através do conjunto de variáveis independentes selecionadas, apresentou um valor igual 0,9825, ou seja 98,25% da variação no valor venal pode ser explicada através da variação nas variáveis e 1,75% das variações nos valores dos imóveis são explicadas por outras variáveis que não constam no modelo.

É importante ressaltar, que apesar do alto valor obtido para o coeficiente de determinação, os valores dos imóveis coletados nas amostras para este estudo, foram retirados das guias de ITBI. Esses valores são, em sua maioria, valores calculados através do método evolutivo, que determina fatores a serem aplicados a cada variável já existente e não o valor de mercado. Isto ocorre devido ao fato dos valores das guias de ITBI serem subdeclarados, assim o Município decide que o maior valor prevalecerá para o pagamento do imposto, no caso os valores do Município.

Assim era esperado um coeficiente de determinação realmente elevado pois os valores venais dos imóveis já estavam, de certa forma, parametrizados pelos fatores aplicados no método evolutivo de calculo utilizado pelo Município.

No próximo item será feita uma avaliação com projeções de valores de imóveis ofertados na cidade, na região onde o estudo de caso foi realizado, com a finalidade de verificar a consistência dos valores encontrados com a realidade de mercado.

DESCRIÇÃO	RESULTADO		
Dados	98		
Dados considerados	97		
Variáveis	17		
Variáveis consideradas	14		
Coeficiente de Correlação	0,9924		
Coeficiente de Determinação (R2)	0,9825		
F Calculado	823,08		
Significância do modelo	0,01		
Desvio Padrão	0,054564		
Distribuição dos resíduos	69% - 90% - 100%		

Tabela 07 – Resultado da estatística – Saída Sisplanv

A equação de Regressão Linear Múltipla que descreve a relação entre o valor venal do imóvel e as variáveis independentes é:

V Venal = e^(+19,4171 + 0,6897 * In (Area Equiv) + 0,1049 * Padrão + 0,0211 * Garagem + 0,0222 * Dormitórios + 0,0902 * Banheiros + 0,0457 * Piscina - 0,1089 / Sit Const + 0,0705 * Elevador + 0,0649 * Fachada + 0,0611 * Estrutura- 0,0967 / Estado conservação -24270,8379 / lançamento - 0,0179 * In (Região))

3.4.3. Projeção de valores

Com a finalidade de verificar na prática a utilização do modelo de regressão proposto para a avaliação dos imóveis da cidade de Juiz de Fora, nas regiões atingidas por este estudo de caso, foram pesquisados os valores de imóveis (apartamentos) ofertados através de propagandas nos jornais de circulação da cidade, no mês de Outubro de 2007, os dados complementares como área edificada e localização exata foram verificados através de consulta as imobiliárias.

Com este procedimento busca-se avaliar se o modelo de regressão apresentado está coerente com os valores de mercado e por consequência com os valores que o município aplica aos imóveis. Deve-se considerar que o valor ofertado não é o valor que será realmente pago pelo imóvel, pelas características próprias de oferta e procura do mercado imobiliário, o que se pretende é oferecer apenas mais uma fonte de comparação entre os resultados obtidos.

IMÓVEL	ANUNCIO Trib. de Minas - Out/2007	Bairro / Região	Valor ofertado (R\$)	Valor Lançado (R\$)	Valor Projetado Regressão (R\$)
1	Amplo Apto sl 2 amb var 4 Qtos(st) arm hidro, coz planej, dce 2 vgs, sl festas	J. St ^a Helena / 12	300.000,00	245.705,00	256.665,08
2	Cobert, ot acab, 2 salas, var, 3 qtos terraço, 2 vgs	J. St ^a Helena / 3	330.000,00	291.539,00	278.739,70
3	Apto semi novo de frente arejado, sala, 2 qtos com var, coz com arm, gar	Paineiras / 18	110.000,00	72.219,00	78.279,39
4	Apto amplo, sl 2 amb c/ var, 3qtos, 2 banhos, area externa gar dupla	J. Gloria / 7	160.000,00	136.803,00	143.787,21
5	Amplo 3 qtos, ste, sala ampla, banho, copa/coz, dce 1 vaga	Paineiras / 13	135.000,00	141.071,00	139.792,48

Tabela 08 - Comparação de valores

A tabela 08 apresenta os valores dos imóveis pesquisados e seus respectivos valores calculados pelo método evolutivo (atualmente utilizado pela Prefeitura) e pelo modelo de regressão:

CAPITULO IV CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1. Conclusão

A análise científica do mercado imobiliário a partir da observação do comportamento apresentado pelas amostras colhidas, teve por objetivo a inferência de valores médios prováveis para qualquer imóvel pertencente à população estudada na amostra, para isto a regressão linear múltipla foi desenvolvida através de uma abordagem tradicional, procurando transformar as condições existentes, de modo a fazer a confirmação das hipóteses do modelo, às quais tiveram alguma diferença com a realidade do valor ofertado no mercado, no entanto, essa diferença não foi significativa, para os valores que efetivamente são declarados ao município quando da sua transação imobiliária.

Por isso, um estudo sobre a aplicação de um novo modelo para avaliação de imóveis, através da analise de regressão, ou outro método, não deve estar resumido à estimação dos parâmetros, pois esse procedimento deve ser considerado como uma das fases iniciais de um processo mais abrangente, na qual se inclui a pesquisa de soluções para contornar eventuais dificuldades encontradas, a melhor forma para a coleta de informações sobre os verdadeiros valores dos imóveis, a inclusão de novos regressores, o planejamento de como será realizada a coleta de dados, melhorando assim o próprio modelo.

Para a inclusão de novas variáveis no modelo de regressão, como pólos valorizantes da região, localização espacial (geo-referenciamento), infra-estutura do logradouro, entre outros dados, que ainda não estão disponíveis para o Cadastro Imobiliário, mas sim para outros setores da administração municipal, deverá ser realizada a integração dessas informações para que o modelo utilizado na avaliação disponha também dessas novas variáveis.

Para atender o que determina a NBR 14653:2004 quanto ao método de avaliação de imóveis, o município deverá alterar a sua metodologia de avaliação para o Método Comparativo Direto de Dados do Mercado, que utiliza a analise de regressão.

O método cientifico proposto neste estudo de caso, mostrou-se viável para sua implantação, pois as ferramentas e métodos para a obtenção dos dados cadastrais que se façam necessários já estão disponíveis nos diversos setores da Prefeitura de Juiz de Fora, devendo somente ser integradas tais informações, para que o modelo possa ser aprimorado constantemente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAPTISTELLA, M., O uso de redes neurais e regressão linear múltipla na engenharia de avaliações: Determinação dos valores venais de imóveis urbanos, Curitiba/PR, 2005.
- Código Tributário Nacional (Lei No 5172 de 25 de Outubro de 1966). 1990. 22ed., Saraiva: São Paulo, Brasil
- DANTAS R. A.; PORTUGAL J. L.; PRADO J. F. "Avaliação de cidades por inferência espacial: um estudo de caso para a cidade de Aracaju". In: Anais do XIII COBREAP 2006 Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. Fortaleza, Brasil, 2006.
- DANTAS, R. A., Engenharia de Avaliações: uma introdução à metodologia científica. 1.ª Ed. São Paulo: Pini, 2003.
- GUJARATI, D.N., Econometria Básica. 3.ed., São Paulo: Markon Books, 2004
- NAVIDI, W., Statistics for enginneers and scientists. New York. McGraw Hill Companies, 2006
- NBR-14.653-2: 2004 "Norma Para Avaliação de Imóveis Urbanos." ABNT.
- PELLI NETO, A., Curso de Engenharia de Avaliação Imobiliária Fundamentos e Aplicação da Estatística Inferencial, Belo Horizonte/MG, 2003.
- ZANCAN, E.C., *Avaliações de imóveis em massa para efeitos de tributos municipais.* 1.ª Ed. Florianópolis: Rocha, 1996.