



VI Encontro Brasileiro de Administração Pública
6 e 7 de Junho de 2019
Salvador – Bahia, Brasil



GT4 - Gestão de Organizações Públicas

Aplicação de Modelos Estatísticos para Geração da PVG de um Município de Pequeno Porte

Reynaldo Furtado Faria Filho, UFV – Campus Rio Paranaíba, Brasil
Rosiane Maria Lima Gonçalves, UFV – Campus Rio Paranaíba, Brasil
Henrique Tadeu Gomes Luiz, UFV – Campus Rio Paranaíba, Brasil

Resumo: O IPTU incide sobre os imóveis localizados na área urbana das cidades e sua base de cálculo é o valor venal do imóvel, estabelecido pela Planta de Valores Genéricos (PVG), a qual está desatualizada na maior parte dos municípios brasileiros. Assim, o objetivo deste trabalho foi utilizar a econometria espacial para gerar um modelo que permita determinar o valor venal de cada imóvel da área urbana de um município de pequeno porte. A metodologia foi desenvolvida com a aplicação do modelo clássico de regressão e os modelos de defasagem espacial (*spatial lag*) e espacial do erro (*spatial error*). O fator de localização foi definido pela variável homogeneizada e a análise da qualidade final dos modelos gerados por meio do Coeficiente de Dispersão (COD). Os resultados obtidos demonstraram que os modelos que apresentaram melhor resultado foram os que empregaram a variável independente homogeneizada, gerada a partir da regressão espacial.

Palavras-chave: valor venal do imóvel. econometria espacial. Planta de Valores Genéricos (PVG).

Introdução

O IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano, representa para muitos municípios uma fonte de arrecadação própria que está distante de sua capacidade de promover a justiça fiscal, dada a falta de atualização constante do cadastro e do valor venal dos imóveis, o qual é estabelecido pela Planta de Valores Genéricos (PVG).

Conforme Florêncio (2010), a PVG da maior parte dos municípios está desatualizada ou foi atualizada mediante índices de inflação. Alguns aspectos que explicam distorções no cálculo das Plantas de Valores Genéricos (PVG) são a dificuldade em quantificar e qualificar os diversos atributos (características físicas, locais e econômicas) que definem o valor do imóvel; e a utilização de modelos de Regressão Linear, os quais necessitam considerar alguns pressupostos básicos como verdadeiros, que nem sempre são válidos para o mercado imobiliário.

Uma alternativa para a melhor determinação da PVG é a utilização da avaliação em massa, uma vez que para o cálculo do valor de um imóvel deve-se levar em consideração os valores construtivos como a valorização do imóvel em decorrência de sua localização, acessibilidade, infraestrutura (coleta de lixo, esgoto, pavimentação, iluminação pública etc.),

proximidade com hospitais, parques, centros comerciais, dentre outros (MEDVEDCHIKOFF, 2009).

Metodologicamente, apesar de não existir um consenso na literatura quanto a melhor metodologia para determinação do valor venal do imóvel, a avaliação em massa por meio da utilização de técnicas que empregam a econometria espacial é a recomendada pela da Norma Brasileira de Avaliações de Bens (NBR 14.653). Trivelloni (2005) utilizou a econometria espacial com a análise e modelagem dos fatores de localização dos imóveis. Ao final do trabalho, obteve o valor do m² médio de cada face de quadra da sua área de estudo, gerando a PVG do município de São José, Santa Catarina.

A determinação do valor venal dos imóveis para municípios de pequeno porte¹ foi encontrada nos estudos de Malaman & Amorim (2017) e Faria Filho et al. (2017), sendo a econometria espacial utilizada somente no estudo de Faria Filho et al. (2017).

Os municípios de pequeno porte estão entre os que mais carecem de informações e técnicas referente à avaliação de imóveis, uma vez que em muitos desses municípios o IPTU tem cobrança irrisória, deixando de arrecadar recursos que poderiam ser revertidos para sociedade na forma de melhor prestação de serviços. Faltam a estes municípios pessoal capacitado e recursos financeiros para determinar com qualidade metodológica o valor venal dos imóveis.

Nesse sentido, este estudo propõe verificar a aplicabilidade e a confiabilidade da econometria espacial juntamente com a modelagem dos fatores de localização na geração dos valores venais de imóveis da área urbana de uma cidade de pequeno porte, Rio Paranaíba/MG, com a finalidade de gerar a PVG para a mesma. Especificamente, pretende-se aplicar o método comparativo de dados de mercado, por meio da avaliação em massa, para gerar o valor venal de cada imóvel da área urbana de Rio Paranaíba - MG; comparar os resultados dos modelos de regressão espacial com o modelo clássico de regressão linear; e verificar quais variáveis são significativas na determinação do valor dos imóveis para o local estudado.

Revisão De Literatura

Planta de valores genéricos (PVG)

A NBR 14653-2 (2011, p.6) define PVG “como representação gráfica ou listagem dos valores genéricos do metro quadrado de terreno ou do imóvel em uma mesma data”. Enquanto que para Möller (1995, p.17), a planta de valores é definida como a “planta do perímetro urbano onde são plotados os valores unitários do m² dos terrenos/imóvel, para cada face de

¹ Municípios até de 20.000 habitantes (IBGE, 2001).

quadra, devidamente homogêneos com relação aos seus diversos atributos e referidos a uma mesma data”.

A principal referência para o cálculo do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) é a Planta de Valores Genéricos (PVG). Os valores venais contidos na PVG são multiplicados pela área do terreno/edificação e em alguns municípios ainda são atribuídos coeficientes de ponderação, os quais consideram a área construída e/ou o padrão construtivo e/ou as características dos terrenos. Assim, é importante que o valor venal seja o mais próximo possível do valor de mercado dos imóveis. (CARVALHO JR., 2010).

Conforme Möller (1995), entre as diversas vantagens de se ter uma PVG atualizada e divulgada periodicamente por parte do Poder Público Municipal, tem-se a utilidade como base de cálculo para a cobrança de impostos como IPTU e ITBI; o auxílio no planejamento urbano, contribuindo para estimativas de custos de desapropriação; ser referência para as transações no mercado imobiliário, reduzindo as especulações; e o controle da evolução dos valores em zonas fiscais beneficiadas como equipamentos e serviços públicos.

Para Carvalho Jr. (2010), o fato da planta de valores genéricos ser elaborada pela administração municipal e ter que passar pela Câmara de Vereadores para aprovação pode torná-la excessivamente defasada. Esse fato é justificado, pois os vereadores estão sujeitos a uma pressão por parte da sociedade, além do IPTU ser um imposto direto e altamente visível, tornando-se um objeto de aversão pelos contribuintes.

Em um trabalho anterior, Carvalho Jr. (2006) relata que é comum, em pequenas cidades do Brasil, a administração municipal adotar critérios políticos ou grosseiros para avaliação de imóveis, no qual em muitos casos é criada uma comissão de vereadores para atualizar a PVG sem nenhum critério técnico.

A elaboração da PVG deve ser feita por profissionais qualificados, o que demanda investimento por parte dos municípios. Além das características construtivas é preciso considerar a localização do imóvel, variável que exerce forte influência sobre o valor de mercado.

Determinação do valor da localização

Segundo González (2002), em função da imobilidade dos imóveis, a determinação das variações dos preços no mercado está relacionada às suas características de acessibilidade e qualidade de vizinhança, ou seja, sua localização. Assim, Brondino (1999) afirma que o valor da localização é de extrema importância na avaliação de um imóvel, devido a sua grande influência no valor do mesmo.

Os modelos tradicionais (Modelo Clássico de Regressão Linear - MCRL) apresentam algumas limitações para modelar os fatores referente à localização dos imóveis. Resumidamente, podem ser citados duas limitações: consideram individualmente cada fator

de localização (por exemplo, distância ao centro, metrô, etc), o que implica na necessidade de se ter mais amostras; e há dificuldade em determinar quais fatores de localização realmente influenciam no valor dos imóveis. Esses fatores podem gerar a autocorrelação espacial dos resíduos invalidando a hipótese de resíduos não correlacionados.

Dubin (1988) propôs utilizar como variáveis explicativas do MCRL apenas as características construtivas das edificações, fazendo com que os efeitos das variáveis de localização estejam embutidos nos resíduos do modelo. Assim, o efeito de vizinhança seria determinado pela média ponderada destes resíduos. Portanto, o MCRL teria como variáveis explicativas aquelas referentes à construção, um polinômio formado pelas coordenadas dos imóveis e um termo representando os efeitos da localização obtidos por krigagem dos resíduos.

Na avaliação em massa de imóveis o modelo geral para determinar o valor do imóvel pode ser representado pela Equação 1:

$$V = f(L, T, CF_T) \quad (1)$$

em que V , valor dos imóveis; L , variáveis de localização; T , tipo de imóvel (terrenos, casas, apartamentos, quitinetes, comerciais,...); e CF_T , características físicas/construtivas dos imóveis em função do tipo.

Os imóveis podem ter seus valores determinados por meio de modelos aditivos ($V_{\text{Total}} = V_{\text{Terreno}} + V_{\text{Construção}}$) que somam o valor do terreno e da construção e por modelos multiplicativos ($V_{\text{Total}} = F_1 * \dots * F_n$) que utilizam produto de fatores. Os modelos multiplicativos permitem a utilização do logaritmo da variável independente valor total ou unitário dos imóveis ($\text{Log}(V_{\text{Total}}) = \text{Log}(F_1 * \dots * F_n)$ ou $\text{Log}(V_{\text{Total}}) = \text{Log} F_1 + \dots + \text{Log} F_n$) (TRIVELLONI, 2005). Para Dantas (2005, p. 143) a utilização da transformação logarítmica é bastante coerente “*uma vez que as variáveis explicadas possuindo valores no campo dos reais positivos garante que o campo de variação dos valores ajustados correspondentes também serão reais positivos*”.

Em avaliações de imóveis é comum utilizar somente a variável dependente transformada. Assim, nesse caso, a variável dependente valor unitário, por exemplo, pode ser determinada pelo antilogaritmo conforme apresentado na Equação 2:

$$VU = \beta_0 * \beta_1^{VL_i} * \beta_2^{CF_i} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

em que VU , valor unitário dos imóveis; β_0 , intercepto;

β_1 a β_k : coeficientes parciais de inclinação;

VL_i : variáveis independentes de localização;

CF_i : variáveis independentes referente às características físicas dos imóveis;

i : i-ésima variável independente; e

n : número total de variáveis independentes relativa a cada característica.

A variável de localização (VL) é influenciada pelos polos de valorização e desvalorização de uma cidade. Assim, o valor da localização é proporcional à distância que o imóvel se encontra destes polos, apresentando, com isso, características de dependência e autocorrelação espacial. O valor da localização também considera as características de vizinhança, como a qualidade do ambiente natural, a estrutura urbana e os serviços públicos, as características socioeconômicas e culturais, entre outras (TRIVELLONI, 2005).

Assim, para determinar a variável VL é necessário homogeneizar os dados de mercado, ou seja, retirar o efeito no seu valor de todos os outros fatores ou variáveis, deixando somente a influência devido à localização dos imóveis. Para obter o fator de homogeneização Trivelloni (2005) utilizou o modelo de regressão espacial do erro, conforme Equação 5. Nesta equação o termo do erro da regressão espacial ($\varepsilon = \lambda W\varepsilon + u$) absorve todos os efeitos de localização.

Por fim, a variável homogeneizada (VH) pode ser obtida dividindo o valor unitário do imóvel (VU) pelo resultado modelo de regressão espacial do erro sem a sua constante e o Lambda (λ). A variável homogeneizada (VH) representa o valor da localização de cada imóvel e pode ser modelada por métodos geoestatísticos.

Metodologia

O estudo foi desenvolvido na cidade de Rio Paranaíba/MG, localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. O município arrecadou com impostos R\$2.798.976,71, o que representou 5,79% da arrecadação corrente, no ano de 2017, a qual é composta, em grande parte, por transferências governamentais (TCEMG, 2018). Conforme Balancete publicado no Portal da Transparência do Município (Rio Paranaíba, 2019), a arrecadação com IPTU foi de R\$218.269,58, em 2017, o que indica baixa participação na geração das receitas próprias municipais.

Foram utilizadas as avaliações de imóveis realizadas pela Caixa Econômica Federal no período de 2012 e 2017, na cidade de Rio Paranaíba/MG, sendo que as informações de 2012 e 2015 foram fornecidas diretamente por representantes da instituição e as de 2015 em diante por engenheiros de avaliações da Caixa. As variáveis disponíveis no laudo de avaliação foram divididas em quatro categorias, a saber: preço do imóvel; características do terreno; características construtivas da edificação; e características da avaliação (Quadro 1). As imobiliárias da cidade não disponibilizaram dados para a pesquisa.

Os dados foram tabulados em uma planilha do Excel e foi realizada a verificação de inconsistências² dos mesmos. Assim, foram utilizadas 19 amostras de apartamentos (Apto), 57 amostras de casa e 34 amostras de terrenos.

² Exemplo: laudos sem endereço ou com endereço errado, laudos sem informações completas, entre outros.

QUADRO 1- Variáveis disponíveis nas avaliações dos imóveis utilizados como amostras

Categoria	Variável	Sigla	Descrição/definição da variável	Unidade
Preço do imóvel	Valor total imóvel	VT	Valor total do imóvel avaliado	Reais
	Valor unitário do imóvel	VU	Valor total do imóvel avaliado/área construída	Reais/m ²
Características do terreno	Forma do terreno	FO	Irregular ou Triangular = 0 Retangular ou Trapezoidal = 1	-
	Cota/Greide do terreno	CT1, CT2	Se CT1 = 0; CT2 = 0: Abaixo do nível da rua Se CT1 = 0; CT2 = 1: Acima do nível da rua Se CT1 = 1; CT2 = 0: No nível da rua	-
	Inclinação do terreno	IT1	Se IT1 = 0: Aclive/Declive Se IT1 = 1: Plano	-
	Área do terreno	AT	Área total do terreno do imóvel avaliado	(m ²)
	Frente do terreno	FT	Medida da frente do terreno	(m)
	Fundos do terreno	FU	Medida dos fundos do terreno	(m)
	Lado esquerdo do terreno	LE	Medida do lado esquerdo do terreno	(m)
	Lado direito do terreno	LD	Medida do lado direito do terreno	(m)
	Situação do terreno	ST	Posição do terreno em relação a quadra: Meio de quadra = 0 Esquina = 1	-
Características construtivas da edificação	Número de pavimentos	NP	Número de pavimentos da construção	-
	Idade	ID	Idade da construção	(anos)
	Padrão de acabamento	PA1, PA2	Se PA1 = 0; PA2 = 0: Baixo ou Entre normal e baixo Se PA2 = 1; PA1 = 0: Normal ou Entre normal e alto Se PA1 = 1; PA2 = 0: Alto	-
	Estado de conservação do imóvel	EC1, EC2	Se EC1 = 0; EC2 = 0: Regular Se EC1 = 1; EC2 = 0: Novo Se EC1 = 0; EC2 = 1: Bom	-
	Garagem	GA	Número de vagas de garagem cobertas	-
	Área construída	AC	Área total construída do imóvel avaliado	(m ²)
	Número de Quartos	NQ	Número total de quartos do imóvel avaliado	-
	Número de Suítes	NS	Número total de suítes do imóvel avaliado	-
	Número de Salas	NSA	Número total de salas do imóvel avaliado	-
	Número de cozinhas	NC	Número total de cozinhas do imóvel avaliado	-
Número de Banheiros	NB	Número total de banheiros do imóvel avaliado	-	
Características da avaliação	Data da avaliação	DA	Ano da avaliação do imóvel (2017 subtraído da data de avaliação (variou de 0 à 5)	-
Outras variáveis	Renda	Renda	Esta variável foi ajustada como base em um Semivariograma do tipo exponencial	Reais
	Distância das ruas principais	Distância	Distância das amostras até as ruas Capitão Franklin de Castro e João Leandro. Obtida por meio do da ferramenta "Euclidean Distance" do software ArcGis	(m)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram geradas outras duas variáveis: renda e distância das ruas principais de Rio Paranaíba. A variável renda foi extraída da base de dados da renda dos setores censitários divulgados pelo censo 2010 do IBGE (2010). Esta variável foi ajustada como base em um Semivariograma do tipo exponencial. Enquanto que a variável distância foi obtida com o cálculo da distância das amostras até as ruas Capitão Franklin de Castro e João Leandro, por meio da ferramenta “*Euclidean Distance*”, do *software* ArcGis.

Modelo Clássico de Regressão Linear (MCRL)

Inicialmente, foi gerada a matriz de correlação das variáveis, por meio do *software* estatístico SPSS *Statitics Data Editor* 17. Após gerar a matriz de correlação foi aplicada a técnica *stepwise* para obtenção do modelo de regressão somente com as variáveis relevantes de forma automática. Foram testados os modelos lineares (lin-lin), semilog (log-lin), logarítmico (log-log). Foram realizados os testes de normalidade, heterocedasticidade e multicolinearidade de todos os modelos de regressão gerados.

Modelo de Regressão Espacial

Anselin (1988) desenvolveu a metodologia que utiliza técnicas econométricas para estudar a existência da dependência espacial. Esta dependência ocorre quando as observações de um local i dependem de outras observações situadas em outros locais j , sendo que $i \neq j$, podendo ser modelada de duas formas:

✓ **modelo de defasagem espacial (*spatial lag*):** no caso do valor dos imóveis, esta ocorre quando o valor de um imóvel é influenciado pelo valor das transações realizadas na vizinhança. A Equação 3 apresenta o modelo de defasagem espacial:

$$Y = X\beta + \rho WY + \varepsilon \quad (3)$$

em que Y , variável dependente; X , variáveis independentes; e β , parâmetros do modelo; ρ , coeficiente de autocorrelação espacial que representa a influência média da unidade vizinha; W , é uma matriz espacial de pesos que relaciona as variáveis em locais diferentes; e ε , resíduos do modelo.

✓ **modelo espacial do erro (*spatial error*):** ocorre quando o termo do erro de um local está correlacionado com os valores do erro de outros locais vizinhos. Na Equação 4 apresenta-se o modelo espacial do erro:

$$Y = X\beta + \lambda W\varepsilon + u \quad (4)$$

em que Y , variável dependente; X , variáveis independentes; β , parâmetros do modelo; λ , coeficiente de autocorrelação espacial; W , é uma matriz espacial de pesos que relaciona as variáveis em locais diferentes; ε , resíduos do modelo; e u , resíduos não correlacionados.

A verificação da existência de autocorrelação espacial foi realizada pelo Multiplicador de Lagrange Robusto (LM). A geração da matriz de pesos espaciais e do modelo foi por meio do *software GeoDaSpace*.

Quando os modelos MQO apresentaram dependência espacial no erro foi determinada uma nova variável homogeneizada que englobou o fator localização. Para isso, foi determinado um novo valor homogeneizado (VH) de cada amostra a partir da divisão do Valor Total (variável dependente) pelo resultado do modelo espacial do erro sem a sua constante e sem o Lambda.

Esta nova variável homogeneizada que representa o fator localização, quando gerada, foi utilizada como variável independente de um novo modelo de regressão linear (MQO) utilizando a técnica *stepwise*. Ao final foi realizada uma nova verificação da existência de autocorrelação espacial por meio do teste Multiplicador de Lagrange Robusto (LM) da defasagem espacial e do erro. Para a determinação da variável homogeneizada (VH) para qualquer imóvel presente na área de estudo foi realizada a interpolação da mesma utilizando-se a krigagem.

Para análise do desempenho dos modelos gerados foi aplicada a metodologia recomendada pela IAAO (*International Association of Assessing Officers*). Essa associação diz que a medida de variabilidade ou uniformidade de uma avaliação deve ser realizada por meio do Coeficiente de Dispersão (COD) (IAAO, 2013). Dessa forma, a escolha do melhor modelo de regressão se deu a partir da análise do menor COD, bem como pelo atendimento aos pressupostos do modelo de regressão linear.

Resultados e Discussão

Foram gerados diversos modelos para as espécies analisadas, testando todas as variáveis independentes disponíveis, bem como as variáveis dependentes (VT, Ln(VT), VU e Ln(VU)), de forma a identificar o modelo com melhor ajuste. Em seguida, foi verificado o atendimento aos pressupostos do MCRL de normalidade, homocedasticidade e multicolinearidade.

Nestes modelos estimados pelo MCRL, foi também analisada a existência da dependência espacial, gerando a matriz de pesos espaciais. A distância de corte para que dois imóveis fossem considerados vizinhos foi de 500 metros para casa e apartamento e 600 metros para terreno. Estes valores foram obtidos a partir de alguns testes com as distâncias de corte variando de 100 a 1500 m. A matriz resultante recebeu valor um para um imóvel considerado vizinho e zero caso contrário.

A autocorrelação espacial foi identificada por meio dos testes Multiplicador de Lagrange Robusto do erro e da defasagem espacial utilizando a matriz de pesos espaciais gerada. Todos os modelos apresentaram autocorrelação espacial nos resíduos. Dessa forma,

foi aplicada a metodologia sugerida por Trivelloni (2005), na qual é gerada uma variável homogeneizada referente à localização do imóvel. Assim, inicialmente foi gerado o modelo espacial do erro, por meio do *software GeoDaSpace*. O valor total homogeneizado (VH_T) para cada imóvel foi determinado a partir da divisão do valor total do imóvel pelo resultado do modelo espacial do erro sem a sua constante e o coeficiente de autocorrelação espacial (Lambda), como apresentado nas equações 5, 6 e 7.

$$VH_{T \text{ casa}} = VT / \exp(-0,0246 * DA - 0,1020 * CT1 - 0,1486 * CT2 - 3,6330E-04 * Distância + 0,1834 * EC1 + 0,0922 * EC2 - 8,2800E-05 * FT + 0,0385 * FU + 0,0341 * ID + 7,4185E-03 * LD + 4,0791E-03 * LE + 0,1295 * NB + 0,1679 * NC - 0,3007 * NSA + 0,0656 * GA - 0,1198 * NP + 0,1504 * NQ + 0,3726 * NS + 0,8091 * PA1 - 0,0384 * PA2 + 1,6550E-03 * AC + 2,6470E-04 * AT - 3,6930E-04 * Renda - 0,0362 * ST) \quad (5)$$

$$VH_{T \text{ apartamento}} = VT / \exp(-0,4257 * DA - 0,0047 * Distância - 0,0842 * EC1 - 0,0261 * FT - 0,2779 * ID - 0,9158 * NB - 0,4822 * GA + 0,2173 * NP - 0,8476 * NS + 2,1764 * PA1 + 0,3804 * PA2 + 0,0255 * AC - 0,0031 * Renda) \quad (6)$$

$$VH_{T \text{ terreno}} = VT / \exp(-0,0782 * DA + 0,2640 * CT1 + 0,2264 * CT2 - 8,4920E-04 * Distância + 0,0229 * FT + 1,9823E-03 * AT - 4,0300E-05 * Renda + 0,1458 * ST) \quad (7)$$

Com o valor VH_T calculado para cada amostra das espécies analisadas foi possível gerar um novo modelo MQO com esta variável, denominado M_2 , M_4 e M_6 . Estes modelos diminuíram os efeitos espaciais que influenciaram de forma negativa os modelos M_1 , M_3 e M_5 , gerados inicialmente, pois seus efeitos foram captados pela variável VH_T .

A Tabela 1 apresenta os valores de COD e o resumo de todos os pressupostos de cada modelo gerado. O coeficiente de dispersão (COD) de todos os modelos atendeu a recomendação da IAAO de um valor abaixo de 15, exceto o M_5 . Para todas as espécies analisadas observou-se que os modelos ($M_{2,4 \text{ e } 6}$) com a variável VH_T apresentaram melhores resultados em todos os parâmetros analisados. Portanto, estes foram os modelos recomendados para a determinação do valor venal dos imóveis em Rio Paranaíba.

TABELA 2. Valores de COD e pressupostos de cada modelo gerado

Modelos	COD	R ² ajustado	Atendimento aos pressupostos			
			Normalidade	Heterocedasticidade		Multicolinearidade
			Jarque-Bera	Breusch-Pagan	Koenker-Bassett	
Casa						
M ₁	11,51	0,86	não	não	sim	sim
M ₂	8,34	0,95	sim	sim	sim	sim
Apto						
M ₃	8,48	0,79	sim	sim	sim	sim
M ₄	4,40	0,94	sim	sim	sim	sim
Terreno						
M ₅	18,01	0,76	sim	sim	sim	sim
M ₆	5,47	0,97	não	sim	sim	sim

Fonte: Elaborado pelos autores.

Determinação da variável homogeneizada VH_T e modelos de regressão para determinação do valor do imóvel em Rio Paranaíba

Para que os modelos M_2 , M_4 e M_6 pudessem ser aplicados para avaliar o valor venal de qualquer imóvel ou terreno da área urbana do município foi necessário determinar o valor da variável de localização, VH_T para toda a cidade. Para isso, utilizou-se a krigagem, na qual foram gerados o mapa da variável VH_T interpolada para cada espécie. Este mapa possibilita a sua obtenção para qualquer imóvel na área estudada.

A Figura 1 apresenta o mapa de VH_T espacializado a partir da krigagem para a espécie casa, o qual também foi feito para apartamento e terreno. Pode ser observado no mapa a escala de cores, em que o vermelho traz o VH_T de regiões onde a influência da localização é maior sobre o valor do imóvel, até a cor verde que representa valores menores da variável. Dessa forma, a partir das coordenadas de qualquer imóvel torna-se possível identificar o valor da variável de localização.

De posse das variáveis de localização e considerando os dados analisados o valor dos imóveis da cidade de Rio Paranaíba podem ser determinados mediante as seguintes equações: espécie casa recomenda-se a utilização do modelo M_2 ; espécie apto recomenda-se a utilização do modelo M_4 ; e espécie terreno recomenda-se a utilização do modelo M_6 , apresentados nas equações 8, 9 e 10, respectivamente.

$$VT_{\text{casa}} = \exp(10,4942 - 3,2872E-04 * \text{Distância das ruas principais} + 0,0524 * \text{vagas de garagem coberta} + 0,3515 * \text{número de suítes} + 0,8761 * \text{padrão de acabamento alto} + 0,0422 * \text{padrão de acabamento normal ou entre normal e alto} + 2,2569E-03 * \text{área construída} + 9,0179E-06 * \text{variável homogeneizada}) \quad (8)$$

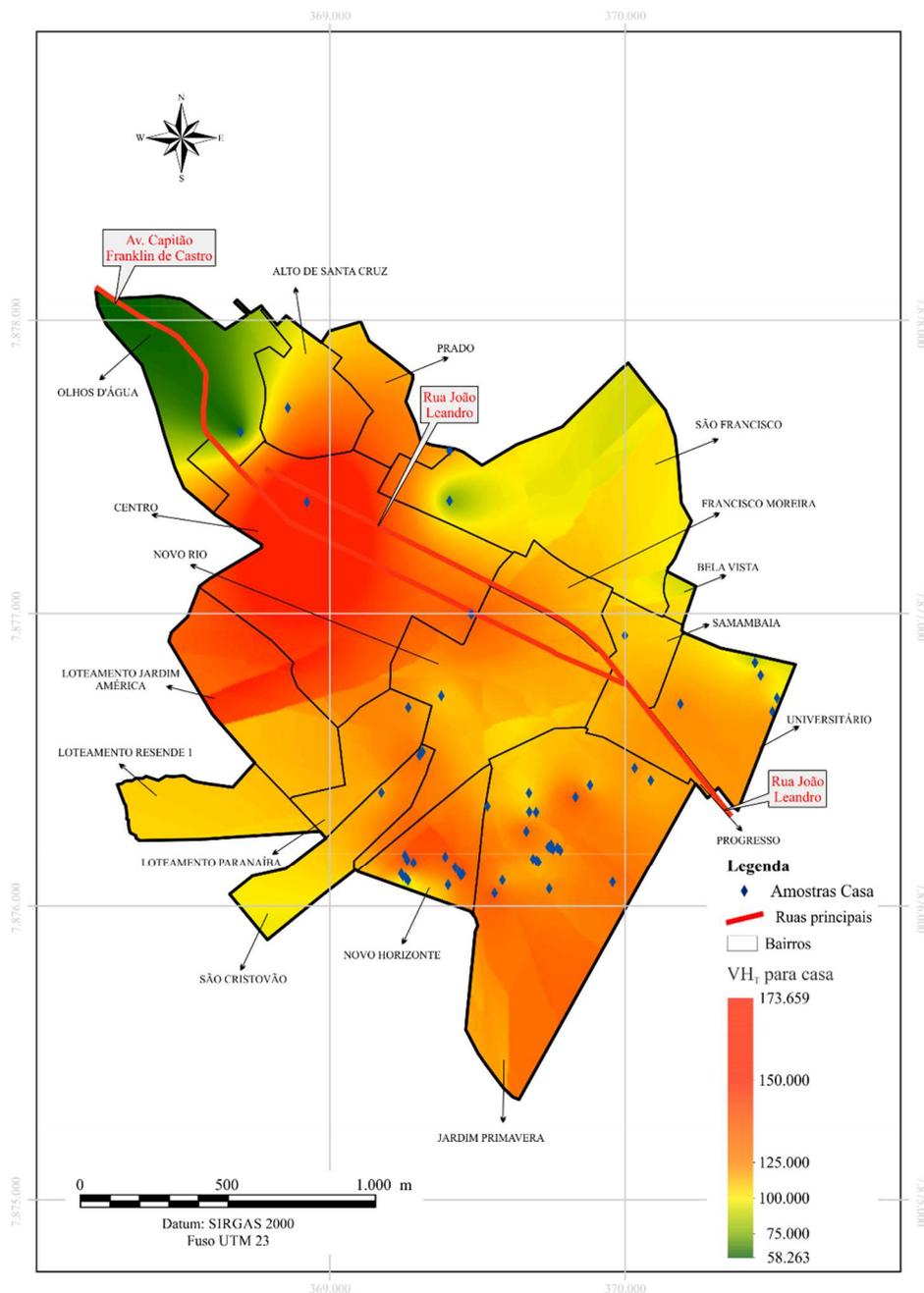
$VT_{\text{apto}} = \exp(9,8937 - 0,0986 * \text{data de avaliação} - 0,0647 * \text{idade da construção} + 0,0848 * \text{número de pavimentos} + 0,5691 * \text{padrão de acabamento alto} + 0,2263 * \text{padrão de acabamento normal ou entre normal e alto} + 0,0102 * \text{área construída} + 3,2981\text{E-}09 * \text{variável homogeneizada})$

(9)

$VT_{\text{terreno}} = \exp(8,8468 - 7,2657\text{E-}04 * \text{Distância das ruas principais} + 0,0274 * \text{frente do terreno} + 2,1847\text{E-}03 * \text{área do terreno} + 0,1457 * \text{situação do terreno} + 3,8095\text{E-}05 * \text{variável homogeneizada})$

(10)

FIGURA 1 - Mapa da variável VH_{τ} interpolada para a espécie casa



Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerações Finais

Tanto na Constituição Federal de 1988 quanto no Código Tributário Nacional está presente o princípio da igualdade ou isonomia, garantindo tratamento igual aos que se encontram em condições semelhantes. Assim, utilizar uma metodologia que consiga determinar o valor venal dos imóveis coerentes com os valores de mercado permite que a cobrança de tributos seja socialmente justa. Os gestores municipais precisam se conscientizar da importância de manter sua planta de valores atualizada, ampliando sua arrecadação própria com base em técnicas confiáveis e devolvendo os recursos à sociedade na forma de melhor prestação de serviços. Além disso, faz-se necessário a informatização dos sistemas de cobrança tributária do município, o que em conjunto exige dos gestores municipais um investimento financeiro que trará resultados no longo prazo.

A avaliação em massa, utilizando modelos de econometria espacial como recomendado NBR14653-2, exige uma ampla base de dados, fundamentada em valores de negociação de mercado. Assim, a parceria dos gestores públicos com instituições financeiras que fazem o financiamento imobiliário, bem como com as imobiliárias da cidade é fundamental para a qualidade do modelo gerado. Este é um processo que envolve tanto a mobilização da população de forma geral, quanto de representantes da sociedade civil. Uma das dificuldades na realização deste estudo foi o acesso aos dados das imobiliárias, as quais não se dispuseram a contribuir.

Por meio desse estudo foi possível perceber que a utilização indiscriminada do modelo clássico de regressão linear, sem considerar uma variável de localização pode acarretar em estimativas errôneas do valor venal dos imóveis. Nesse sentido, esse estudo se diferenciou dos demais por trabalhar com maior quantidade de variáveis, incluindo além das características construtivas as características do terreno; pela aplicação da metodologia que utiliza a econometria espacial em conjunto com a determinação do fator de localização a um município de pequeno porte, os quais mais carecem de informações e técnicas que se adequem a sua realidade quanto à avaliação de imóveis.

Os modelos gerados podem ser aplicados para cada imóvel individualmente no município estudado, sendo necessário obter as variáveis que foram significativas nos modelos finais, para cada espécie analisada.

A principal limitação do trabalho refere-se à obtenção de pequeno número de amostras nas regiões mais antigas da cidade, onde é baixa a ocorrência de transações imobiliárias, o que diminuiu a qualidade de predição do modelo para essas áreas. Outra limitação foi a impossibilidade de confrontar o valor venal obtido pelo modelo com o utilizado pela prefeitura de Rio Paranaíba, uma vez que as informações do cadastro dos imóveis estão desatualizadas ou não existem.

Referências

- ANSELIN, L. **Spatial Econometrics: Methods and Models**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988.
- BRONDINO, N. C. M. **Estudo da Influência da Acessibilidade no Valor de Lotes Urbanos Através do Uso de Redes Neurais**. 1999, 158p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Transportes) – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1999.
- CARVALHO Jr., P. H. B. Avaliação imobiliária para fins tributários em Curitiba, São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro. In: 10ª Conferência Internacional da Latin American Real Estate Society, 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2010. p. 1-20.
- CARVALHO JR., P. H. B. **O IPTU no Brasil: Progressividade, Arrecadação e Aspectos Extra-Fiscais**. Texto para Discussão nº 1251, Brasília, Ipea, dez. 2006.
- DANTAS, R. A. **Engenharia de Avaliações: uma introdução à metodologia científica**. São Paulo: Pini, 2005.
- DUBIN, R. **Estimation of Regression Coefficients in the Presence of Spatially Autocorrelated Error Terms**. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 70, 3, pp. 466-474, 1988.
- FARIA FILHO, Reynaldo Furtado; BRITO, Jorge Luís Silva; GONCALVES, Rosiane Maria Lima. Modelos estatísticos para geração de plantas de valores genéricos em áreas urbanas. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 24, n. 2, p. 279-294, Junho 2017.
- FLORÊNCIO, L. de A. **Engenharia de avaliações com base em modelos GAMLSS**. 2010. 125 f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.
- GONZÁLEZ, M. A. S. **Aplicação de Técnicas de Descobrimto de Conhecimento em Base de Dados e de Inteligência Artificial em Avaliações de Imóveis**. 2002. 296 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- IAAO - International Association of Assessing Officers. **Standard on Ratio Studies**. Disponível em < http://katastar.rgz.gov.rs/masovna-procena/Files/4.Standard_on_Ratio_Studies.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2013.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Comunicação Social, 2001**. Disponível em:<<https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/1704munic.shtm>. **Acesso em: 20/03/2019**.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico, 2010**. Recuperado em 15 de julho de 2018, de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=10410&tdo=wnloads>.

MALAMAN, Carolina Scherrer; AMORIM, Amilton. Método para Determinação de Valores na Avaliação Imobiliária: Comparação entre o Modelo de Regressão Linear e Lógica Fuzzy.

Boletim de Ciências Geodésicas, [S.l.], v. 23, n. 1, mar. 2017. Disponível em:

<<https://revistas.ufpr.br/bcg/article/view/51422>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

MEDVEDCHIKOFF, T. G. **Análise da planta genérica de valores por meio de estrato de renda no município de São Carlos**. 2009. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

Möller, L. F. C. **Planta de valores genéricos – avaliação de imóveis para fins tributários**. Porto Alegre: Sagra – DC Luzzatto Editores, 1995.

TCE_{MG} - Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais. **Fiscalizando com o TCE – Minas Transparente**. Disponível em:

<<https://fiscalizandocomtce.tce.mg.gov.br/#/public/balanco>>. Acesso em: 14/07/2018.

TRIVELLONI, C. A. P. **Método para determinação do valor da localização com uso de técnicas inferenciais e geoestatísticas na avaliação em massa de imóveis**. 2005. 157 f. Tese (Doutorado em Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.