

# O Uso de Análises espaciais para apoiar a Avaliação em Massa de Imóveis

Dr. Everton da Silva <sup>1</sup>  
Dr. Carlos Loch <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tekoha Engenharia e Consultoria Ltda.  
Blumenau, SC  
veto68@terra.com.br ou everton@tekoha.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Catarina — UFSC.  
Campus Universitário – Florianópolis/SC  
loch@ecv.ufsc.br

**Resumo:** o mercado imobiliário possui uma estreita relação com a localização, que pode ser traduzida por atributos de acessibilidade, potencial de uso do solo e de circunvizinhança. As análises espaciais, envolvendo métodos estatísticos ou não, tem possibilitado, em conjunto com os sistemas de informações geográficas, a extração de atributos ou variáveis que expressão de forma satisfatória as características de localização. Neste sentido, o presente trabalho tem o objetivo de mostrar alguns exemplos desses usos para apoiar a avaliação em massa de imóveis. São apresentadas técnicas de análise espacial, procedimentos para definição de variáveis e estatísticas do relacionamento dos atributos de localização com dados de mercado.

Palavras chaves: Cadastro Técnico Multifinalitário, Padronização de Dados, Sistema Cadastral.

**Abstract:** the real estate market has a narrow relation with the localization, that it can be translated by accessibility attributes, potential of use of the ground and neighborhood. The space analyses, involving statistical methods or not, have made possible, in set with the systems of geographic information, the extration of attributes or variable that expression of satisfactory form the localization characteristics. In this direction, the present work has the objective to show some examples of these uses to support the real estate mass appraisal. Techniques of space analysis are presented, procedures for definition of variable and statisticians of the relationship of the attributes of localization with market data.

Key words: Multi-purpose Technical Cadastre, Data Standardized, Cadastral System.

## 1. Considerações Iniciais

O presente trabalho é parte do resultado de uma pesquisa desenvolvida em uma área de estudo na cidade de Blumenau – SC (SILVA, 2006), que teve como objetivo principal avaliar e demonstrar a importância do cadastro técnico para avaliação em massa de imóveis.

Discorre-se sobre a importância da localização na composição dos valores de mercado dos imóveis, e apresenta-se dois exemplos de variáveis relacionadas ao espaço que podem auxiliar no entendimento do comportamento deste mercado. Neste trabalho, evidencia-se o potencial das análises espaciais para este fim, onde se fez uso de geoestatística para se definir superfícies de onde podem se obter, por meio do cruzamento (*overlay*) de níveis de informações, os valores dos atributos para cada imóvel ou outra entidade geográfica, como os trechos de logradouros, por exemplo.

Na referida área de estudo foi realizada uma pesquisa no mercado imobiliário visando constituir uma base de eventos relacionada ao cadastro técnico. Os eventos foram obtidos em fontes ofertas e de transações (ITBI – Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis), e totalizaram 1.538 unidades distribuídas em 1.431 lotes. Trata-se de eventos em terrenos vagos ou baldios.

## 2. Importância da Localização para o Mercado Imobiliário

Uma cidade, ao crescer, vê aumentarem as distâncias; e a combinação de densidade demográfica, distância em relação ao centro e renda da população faz aparecerem importantes subcentros de comércio e serviços, o que evita que moradores dos diferentes bairros precisem, necessariamente, se deslocar para o CBD sempre que precisarem adquirir um bem mais sofisticado que pão, leite ou jornais (SOUZA, 2003).

Esta configuração, que sobretudo se acentua na medida em que as cidades crescem, é, de certo modo, fruto das rápidas mudanças social e econômica, que acabam por provocar a reestruturação da distribuição das atividades em geral, e, por conseguinte, a demanda por moradias (TRÉRIault *et al.*, 2001).

A dinâmica urbana, sobretudo os investimentos públicos, exerce uma considerável influência nos aspectos econômicos e sociais da população e, na maioria das vezes, acabam por valorizar os imóveis. Este fato, evidentemente, induz a ganhos imobiliários a alguns proprietários (SMOLKA e FURTADO 2001).

“A localização é um ponto determinante do valor de um imóvel – localização com respeito a oportunidades de remuneração econômica; localização relativa à paisagem e outras amenidades que definem um bom lugar para se viver; localização conveniente para a rede de transporte”; e assim por diante – (ATAK e MARGO, 1998).

Neste sentido, pode-se afirmar, segundo GONZÁLEZ *et al.* (2002), que o mercado imobiliário é espacialmente dependente, tornando a localização um fator muito importante na composição do valor de uma propriedade. Os efeitos deste fator podem ser divididos em dois aspectos: circunvizinhança e acessibilidade. Estes aspectos envolvem vários fatores influentes, tais como: taxa de criminalidade; poluição; renda e grau de escolaridade dos vizinhos; disponibilidade de transporte público; acessibilidade a shopping, locais para lazer e trabalho; dentre outros. Como consequência, propriedades similares e próximas têm valores de mercado similares e, a medida em que a distância aumenta a similaridade é reduzida. Além disso, o valor de uma propriedade tende a ser influenciada por propriedades vizinhas.

Corroborando com o disposto sobre a importância da localização na formação dos valores das propriedades, considerações importantes sobre a caracterização do ambiente construído versus mercado imobiliário são tecidas por THÉRIault *et al.* (2001). Os autores acreditam que a influência de propriedades específicas sobre os preços dos imóveis é, em si mesma, influenciada pela variabilidade espacial da demanda, que está ligada a heterogeneidade na distribuição dos tipos de imóveis e serviços na cidade. Portanto, os procedimentos de modelagem hedônica não podem contar somente com os coeficientes fixos do espaço (distâncias, por exemplo). Há uma clara necessidade de testar, e eventualmente incorporar, interações entre as características estruturais do espaço urbano e aquelas específicas dos imóveis que são relacionadas a elas.

De fato, a dimensão espacial é o principal diferenciador que tem contribuído para a criação de um campo de estudo em separado. Pode-se afirmar que com o desenvolvimento dos Sistemas de

Informações Geográficas, tornou-se mais eficaz a medição do impacto da localização nos modelos explicativos do mercado imobiliário (CLAPP e RODRIGUEZ, 1998). Todavia, ainda existe muito que fazer para que o processo de avaliação em massa dos imóveis possa contar com maior operacionalidade do fator localização nas análises.

### 3. Técnicas de Análises Espaciais

Compreender a distribuição espacial de dados oriundos de fenômenos ocorridos no espaço constitui um grande desafio para a elucidação de questões centrais em diversas áreas do conhecimento. Tal compreensão tem sido cada vez mais possível devido à disponibilidade de sistemas de informações geográficas (SIG), que nos permite realizar diferentes análises espaciais, de acordo com o tipo de fenômeno que se pretende estudar (CÂMARA *et al.*, 2004, pág. 21).

A ênfase da análise espacial está em mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita. Neste sentido, a taxionomia mais utilizada para caracterizar os problemas de análise espacial considera três tipos de dados: 1) eventos ou padrões pontuais; 2) superfícies contínuas; e 3) áreas com contagens ou taxas agregadas (BAILEY e GATRELLA *apud* DIAS *et al.*, 2002, pág. 91). Todavia, tanto os dados do tipo 2 e 3 utilizam-se de pontos para tornar possíveis as respectivas análises.

Nas análises relacionadas ao mercado imobiliário, os tipos de dados relacionam-se a áreas e superfícies. Os eventos de mercado relacionam-se as parcelas ou áreas, assim como os atributos espaciais que explicam o comportamento dos valores no espaço. A partir dos dados de área, que estão representados por pontos, utilizam-se técnicas de geração de superfícies para poder-se inferir valores para áreas de todo o universo em estudo. Assim, DES ROSIERS *et al.* (2001) explicam que a distribuição espacial dos eventos de mercado é importante nas análises, de maneira que se possa capturar todo o fenômeno espacial operando em nível regional. Quanto mais distribuída for a amostra, melhor.

Neste viés, CÂMARA *et al.* (2004, pág. 33) enfatizam que um conceito-chave na compreensão e análise de fenômenos espaciais é a dependência espacial. Parte do princípio de que as coisas mais próximas são mais parecidas do que as mais distantes. O grau de dependência espacial pode ser expresso computacionalmente (estatisticamente) por meio da autocorrelação espacial, que verifica como a mesma varia, a partir da comparação entre os valores de uma mesma variável em diferentes localizações.

Uma simples maneira de identificar a presença de dependência espacial é a verificação de agrupamentos de resíduos de um mesmo sinal em uma certa área, ao longo de rodovias, ou outros locais que tendem a se destacar no mercado imobiliário; situação esta que contribui para violação da suposição de observações independentes na modelagem pelo método dos mínimos quadrados em análise de regressão. Para contrapor a esta situação, a estatística espacial disponibiliza duas formas de se trabalhar com os dados espaciais para produzir melhores ajustes nos modelos de regressão: especificando suficientemente bem o conjunto de variáveis  $\mu(X)$  de maneira que os resíduos não apresentem qualquer configuração de grupos sobre o espaço; ou modelando a possível dependência dos erros  $\varepsilon$  (PACE *et al.*, 1998).

RODRIGUEZ *et al.* (1995), em trabalho relacionado a estudos do mercado imobiliário, chamam a atenção para a questão da autocorrelação espacial, uma vez que cada localização na superfície da terra é influenciada por outra, devendo, então, as análises econométricas estarem atentas a este fato. DES ROSIERS e THÉRIAULT (1999) explicam que a autocorrelação espacial mede o grau de semelhança ou dissimilaridade entre lugares ou pontos como uma função da distância que os separa. Recomendam que antes de iniciar um estudo sobre os fatores geográficos relacionados com a variação de preços dos imóveis, é muito importante confirmar a existência de tal estrutura espacial na distribuição geográfica dos mesmos. Há um certo número de procedimentos que possibilitam medir o grau de autocorrelação espacial, sendo que o mais comumente utilizado, por ter maior robustez sob o ponto de vista matemático, é o método de “Moran’s I”.

### 4. Emprego de Análises Espaciais na Avaliação em Massa

Para que se possa empregar de maneira adequada as técnicas de análises espaciais, é condição necessária a organização do material cartográfico, segundo as regras estabelecidas para o processamento em sistemas de informações geográficas. No presente trabalho, diversos foram os níveis (camadas) de dados/informações disponibilizados pelo mapeamento da cidade de Blumenau que, juntamente com níveis

produzidos ou levantados em outras fontes, formaram a base gráfica que se entendeu necessária ao desenvolvimento das análises.

O nível malha de lotes, que forma com a combinação de outros a planta de referência cadastral ou cartografia cadastral, foi a base para efetivação de análises que visaram evidenciar os pólos de valorização e funções que determinam valores para variáveis explicativas do mercado imobiliário. Alguns níveis de dados/informações foram produzidos e outros incorporados à base cartográfica, para complementar o material cartográfico necessário, como: eixos de logradouros, setores censitários do IBGE e zoneamento do plano diretor de desenvolvimento urbano.

Todos os níveis de informações que formam a base gráfica desta pesquisa foram modelados para permitir a definição de topologias de banco de dados geográfico, de forma a possibilitar o emprego de pesquisas e análises espaciais disponíveis em programas que possibilitam a construção de sistemas de informações geográficas.

A cada entidade espacial foi associada uma tabela de banco de dados que contém dados referentes às mesmas, por exemplo: os lotes foram associados ao cadastro territorial; os arcos da rede viária ou trechos de logradouros, a uma tabela contendo dados de infra-estrutura e serviços e do plano diretor; os setores censitários, a uma tabela com dados sócio-econômicos; o zoneamento do plano diretor, a uma tabela com índices urbanísticos.

A partir disso foi possível conjugar as relações de proximidade, pertinência, adjacência, intersecção, entre outras, possibilitadas pela topologia de banco de dados geográfico, com os dados descritivos das tabelas de banco de dados (alfanumérico ou descritivo), e assim, viabilizou-se a extração do maior número de variáveis possíveis para as análises que foram realizadas.

As análises espaciais foram desenvolvidas no intuito de se extrair do conjunto de dados disponíveis os atributos que poderiam contribuir para o entendimento e modelagem do mercado imobiliário. A obtenção destes atributos se deu pela relação entre as entidades gráficas e entre estas e seus correspondentes dados descritivos, utilizando-se funções de pertinência e de proximidade possibilitadas pelas respectivas topologias, bem como por representações coropléticas de determinadas características.

Algumas características foram tratadas por meio do emprego de modelagem estatística (krigeagem) ou determinística para se gerar superfícies que pudessem representar de maneira mais eficaz a dependência espacial das mesmas, para posteriormente gerar valores para os atributos empregados na modelagem do comportamento do mercado imobiliário, tendo-se como principal objetivo a redução/eliminação da autocorrelação espacial dos resíduos.

No presente texto serão apresentados os procedimentos empregados para geração de superfícies ou grades regulares (modelagem estatística) para os seguintes atributos: área média das residências e renda média por setor censitário. Para a renda média, a amostra foi definida pelos centróides dos setores censitários, e, para a área média das residências, pela seleção de trechos de logradouros que se entendeu melhores representativos da ocupação do espaço urbano. Este filtro encontra-se detalhado no item 4.2.

#### **4.1. Dados sócio-econômicos do censo 2000 – IBGE**

O IBGE apresentou no último censo uma série de inovações, dentre as quais: a possibilidade de dispor de uma série de dados e informações do Município, organizados por setores censitários em um CD. Ressalta-se que, além dos dados descritivos, estão disponíveis também alguns dados gráficos, como: os setores censitários (imagem) individualizados e a malha de setores.

Em consulta aos técnicos do IBGE, verificou-se que a definição dos setores censitários procura levar em consideração os limites de bairros, sendo estes, então, divididos em setores com aproximadamente 300 (trezentos) domicílios cada um, na área urbana. Este procedimento, de certo modo, facilita a integração dos dados censitários com os do cadastro técnico da Prefeitura (imobiliário, infra-estrutura e serviços urbanos e atividades, por exemplo).

Nesta perspectiva, viu-se a possibilidade de agregar nas análises que seriam desenvolvidas alguns dados sócio-econômicos, uma vez que a homogeneização ou generalização das estatísticas do censo para determinada porção do território não deve ser significativa a ponto de levar a interpretações muito distorcidas. Todavia, DIAS *et al.* (2002, p. 91) lembram que esta premissa nem sempre é verdadeira e não

há qualquer garantia de que a distribuição do evento seja homogênea dentro dessas unidades, visto que as unidades de levantamento são definidas, no caso dos setores censitários, por critérios operacionais. E, no caso de países com grandes contrastes sociais como o Brasil, é freqüente que estejam agregados em uma mesma área de coleta grupos sociais distintos, resultando em indicadores que representam a média de diferentes populações.

Conclui-se, então, que os indicadores oriundos de dados agregados devem ser utilizados dentro de certos limites e com cautela, bem como de forma mais exploratória do que inferencial. Ressalta-se que além do problema da ausência de homogeneidade, há o efeito da escala com que se define os setores censitários, uma vez que a definição espacial das fronteiras afeta os resultados obtidos. Sendo este problema conhecido, segundo DIAS *et al.* (2002, p. 92), como “problema da unidade de área modificável”.

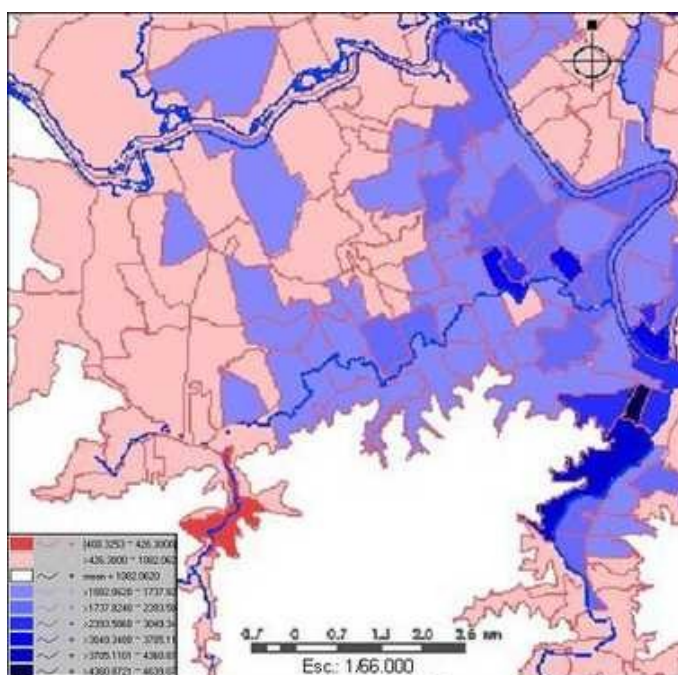
É possível afirmar, por senso prático, que o padrão de ocupação possui uma forte relação com a condição sócio-econômica dos ocupantes dos imóveis. Sendo assim, estes dados são muito importantes para os procedimentos de avaliação e definição de políticas tributárias.

A malha de setores censitários foi importada para um CAD e posteriormente editada para possibilitar a geração de um bando de dados topológicos. Assim, pôde-se relacionar os dados do cadastro imobiliário com os do censo, por meio da superposição dos setores censitários com a malha fundiária. Neste caso, utilizou-se os centróides dos lotes, uma vez que um lote não pode estar contido em mais de um setor, evitando-se, em razão da imprecisão da superposição dos limites dos setores no interior das quadras, que um lote ficasse em mais de um setor.

Os códigos dos setores censitários foram armazenados nas respectivas parcelas (lotes) no cadastro territorial, de modo a permitir o relacionamento com a tabela de atributos dos setores censitários. As características que se entendeu importantes para as análises e que passaram a compor a tabela de dados dos setores no sistema, de maneira que possam ser utilizadas posteriormente.

O objetivo maior de ter estas variáveis é procurar verificar os níveis de correlação com os valores dos imóveis pesquisados, procurando desta maneira direcionar as estratégias e procedimentos para a modelagem do comportamento do mercado imobiliário. Um dos atributos sócio-econômicos que se sabe exercer forte influência no mercado imobiliário é a renda. Neste sentido, fez-se uma análise exploratória para avaliar a distribuição espacial dos níveis de renda na área de estudo.

A FIGURA 1 a seguir apresenta um mapa coroplético com intervalos de renda média do responsável (com renda) do domicílio.



**Figura 1:** Distribuição estatística da renda dos responsáveis por setor censitário.

Os dados do censo 2000 do IBGE apontam para uma variação da renda na cidade de Blumenau de R\$400,32 a R\$4.639,07, em termos de renda média do responsável pelo domicílio, ficando a renda média dos setores censitários em R\$1.082,06. A área de estudo, que compreende o centro e a parte oeste da cidade, apresenta um número significativo de setores censitários com valores acima da renda média da população, diferentemente das demais regiões. Os setores próximos ao centro possuem rendas mais expressivas e à medida que se afasta do mesmo esta renda tendem a diminuir, como era esperado, uma vez que as facilidades urbanas tornam o espaço mais demandado e atrai as pessoas com condições mais privilegiadas de ganho.

Este comportamento da renda sobre o espaço seguramente possui alguma correlação com o mercado imobiliário. Para proceder à investigação deste relacionamento desenvolveu-se uma superfície contínua com os dados de renda utilizando-se um interpolador estatístico (krigeagem), de modo a tentar modelar melhor a real continuidade deste atributo, e assim poder-se definir para cada imóvel um valor de renda média.

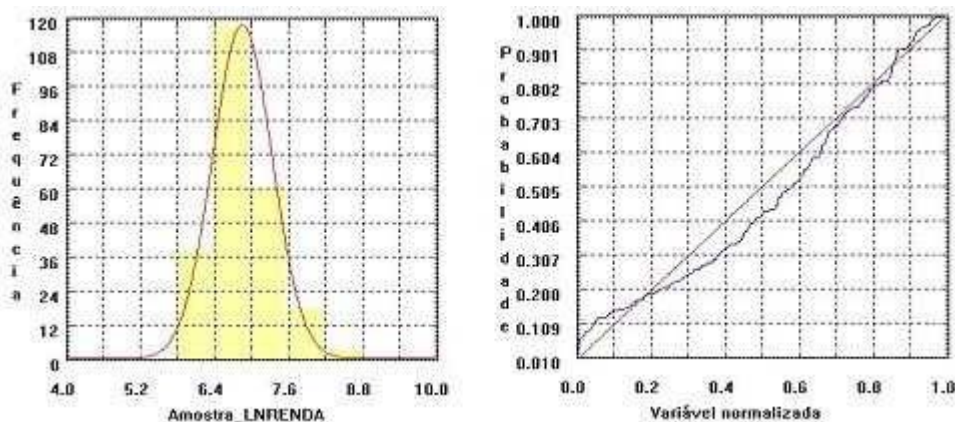
Evidentemente que as análises posteriormente desenvolvidas tiveram apenas cunho exploratório, uma vez que se sabe que em razão dos procedimentos de definição dos setores censitários e da não garantia de homogeneidade dos mesmos, os dados agregados podem não representar com fidedignidade o real comportamento<sup>1</sup>. Todavia, não se pode contar com dados individualizados, sendo esta a alternativa disponível para poder desenvolver as investigações de interesse.

#### 4.1.1. Superfície contínua da renda

Para tornar possível a efetivação das análises visando a definição de uma superfície contínua da renda, utilizou-se os centróides dos setores censitários como pontos amostrais do espaço, onde o valor agregado da renda média foi a dimensão "Z" ou cota. Como o método de interpolação utilizado foi o da krigeagem ordinária, fez-se necessária à efetivação de análises prévias para averiguar a forma de distribuição dos dados, uma vez que a garantia das propriedades ótimas deste estimador é assegurada quando se tem uma distribuição normal. Todavia, CRESSIE (1991) *apud* GONÇALVES *et al.* (2001) afirmam que a normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, e que é conveniente, apenas, que a distribuição não apresente caudas muito alongadas e que sejam suficientemente simétricas.

Observou-se que a distribuição dos dados originais de renda apresentava-se assimétrica, com uma cauda alongada para a direita, ou para o sentido dos maiores valores. Isto se explica pelo fato de que são poucos os setores censitários com valores de renda mais elevados. De maneira a contornar esta situação, fez-se à transformação desta variável utilizando-se a função logarítmica natural, que achatou os valores e diminuiu o efeito dos valores extremos. Os valores mínimo e máximo passaram a ser 5,99 e 8,44, respectivamente.

A FIGURA 2 apresenta o histograma e o gráfico da probabilidade normal dos dados de renda.



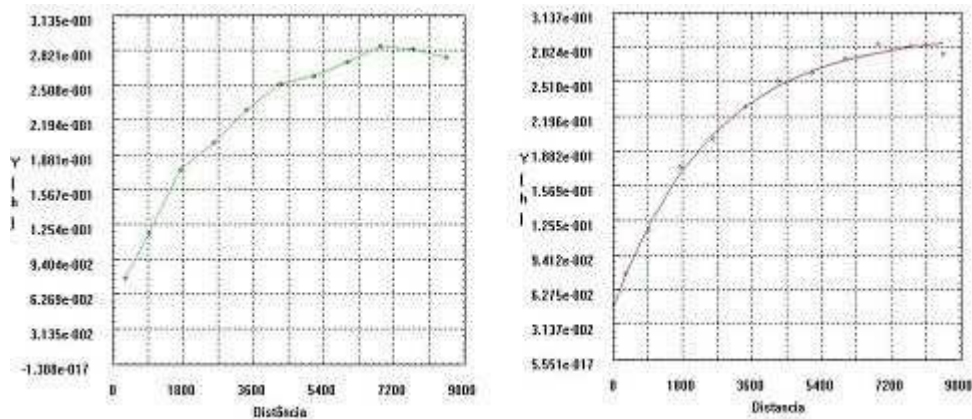
**Figura 2** : Distribuição da variável renda transformada.  
a) Freqüência relativa, b) Gráfico de probabilidade normal

1 CÂMARA *et al.* (2004, págs. 183 a 189) sugerem a utilização de um estimador bayesiano empírico para melhorar a qualidade dos dados agregados por área.

Observa-se pelo comportamento dos gráficos que a distribuição da variável renda transformada se aproxima da normal, apresentando-se simétrica e sem caudas alongadas, valores normalizados próximos da reta, e com os valores da média (6,85) e mediana (6,76) suficientemente próximos. Entende-se, deste modo, que é possível aplicar um interpolador geoestatístico, sem maiores prejuízos às análises posteriores.

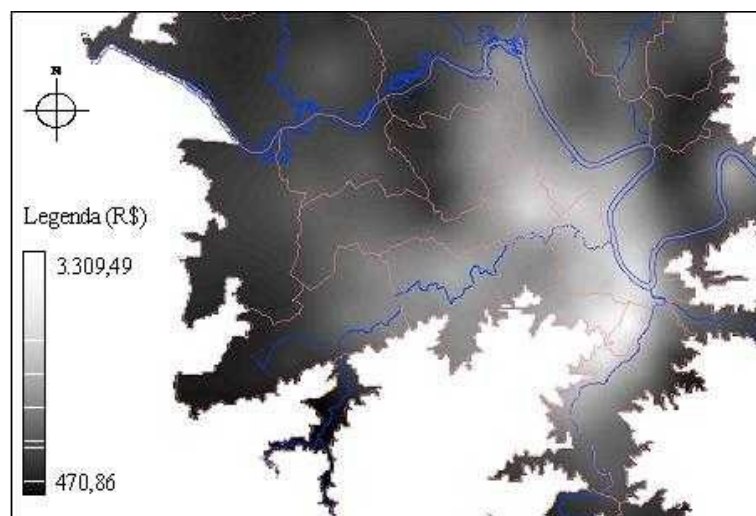
Os índices de Moran calculados para a variável apontam para existência de dependência espacial. O índice para o primeiro LAG (858,56m) foi de 0,4425 e decresce à medida que as distâncias entre os pares aumentam, indicando que a proximidade exerce influência na distribuição espacial da renda.

A partir da constatação da existência de uma estrutura de correlação espacial, fez-se a análise da variabilidade espacial por meio de um semivariograma unidirecional para possibilitar a modelagem deste comportamento. Após uma série de observações chegou-se a conclusão que a renda tem um comportamento isotrópico, variando apenas em razão da distância entre as amostras ou setores censitários. A determinação experimental do semivariograma considerou um ângulo de  $0^\circ$  com tolerância de  $90^\circ$  e distância de LAG igual a 858m como tolerância de 429m. O modelo teórico ajustado ao semivariograma foi o exponencial, com os seguintes parâmetros: efeito pepita ( $C_0$ ) = 0,045; contribuição ( $C_1$ ) = 0,249; e alcance ( $a$ ) = 7734,980. A FIGURA 3 mostra o semivariograma experimental e o modelo teórico.



**Figura 3:** semivariograma unidirecional e modelo exponencial da renda.

O modelo ajustado apresentou resultados satisfatórios na estatística dos erros, com média próxima de zero e variância constante, estando desta forma apto para produzir as estimativas por meio da krigagem ordinária. A FIGURA 4 apresenta a superfície obtida pela modelagem previamente estabelecida. Acrescentou-se os limites de bairros e a drenagem para facilitar visualização espacial. A imagem encontra-se em tons de cinza e os valores maiores estão nos tons mais claros.



**Figura 4 :** superfície contínua da renda média do responsável.

Os valores máximo e mínimo após a krigagem passaram a ser 6,15 e 8,10, respectivamente. Os mesmos, quando retornados a unidade de origem (R\$) tomaram os seguintes valores mínimo e máximo, respectivamente: R\$ 470,86 e R\$ 3.309,49. Observa-se por estes valores que não ocorreu perda significativa nos valores ajustados, sendo os coeficientes de correlação parcial entre os valores observados e estimados (krigeagem) de 0,951 para os dados em reais (originais) e 0,965 para os dados transformados (logaritmo), indicando que o comportamento é similar. Corroborando com esta conclusão, destaca-se que no teste de comparação de médias entre dados pareados, a hipótese de igualdade entre as médias não foi rejeitada ao nível de significância de 5% para os dados transformados. Todavia, para os valores originais a hipótese de igualdade foi rejeitada a este nível de significância. Deste modo, entende-se que os valores estimados podem ser utilizados para as análises relacionadas ao mercado imobiliário, mas com a ciência de que a perda de informação pode implicar em algum grau de dificuldade para determinados usos, como a modelagem, por exemplo.

Por fim, fez-se o cruzamento dos planos de informação da superfície (grade) com os eventos de mercado, de maneira a determinar um valor para cada lote pesquisado.

#### 4.2. Características da ocupação do solo

As características de uso e ocupação do solo exercem parcela de influência no mercado imobiliário. Um determinado predomínio de um tipo de uso/ocupação pode valorizar ou desvalorizar os valores dos imóveis de sua circunvizinhança. A questão que surge é como medir estes atributos para poderem ser utilizados na modelagem do comportamento do mercado de imóveis. A definição de zonas homogêneas tem sido uma das alternativas para mensurar o relacionamento com os valores das propriedades. Todavia, traz algumas implicações, como: existência de limites e forma/unidade de relacionamento (quantitativa ou qualitativa), por exemplo. Quanto ao método de definição das zonas, os multivariados combinados com classificação hierárquica têm se tornado uma alternativa interessante. Todavia, os procedimentos normalmente empregados nas administrações municipais baseiam-se em métodos subjetivos. A inexistência de cadastros atualizados pode ser um dos motivos.

Evidencia-se no presente trabalho o emprego de análises espaciais para utilizar-se de forma objetiva os dados de uso e ocupação do solo. Três atributos foram analisados no sentido de tentar-se buscar uma forma de entrada na modelagem posterior do mercado imobiliário: área média das residências, percentual de residências e índice de verticalização. A idéia inicial era de produzir superfícies contínuas para cada um desses atributos. No entanto, somente para o primeiro caso foi possível, por cumprir satisfatoriamente com as premissas da modelagem de superfícies por geoestatística. Os detalhes serão tratados de maneira específica para cada um dos mesmos. Buscando um primeiro entendimento do padrão de ocupação do solo na área de estudo, fez-se análises descritivas dos usos existentes, bem como das tipologias das unidades. Em relação ao uso, pode-se sintetizar a ocupação das parcelas conforme a TABELA 1.

TABELA 1: síntese dos usos de unidades autônomas na área de estudo.

Uso	Unidades Autônomas	% Total Unidades Autônomas	Área Construída (m <sup>2</sup> )	% Total Área Construída
Residencial	33.164	81,43	5.163.788,83	66,57
Industrial	399	0,98	596.519,70	7,69
Comercial/Serviços	6.687	16,42	1.390.649,48	17,93
Saúde	102	0,25	54.669,45	0,70
Ensino/Cultura	159	0,39	299.647,44	3,86
Outros Usos	217	0,53	251.939,09	3,26
<b>Total</b>	<b>40.728</b>	<b>100</b>	<b>7.757.213,99</b>	<b>100</b>

Quando são analisados os percentuais do número de unidades e da área em cada tipo de uso da unidade autônoma, percebe-se uma diminuição significativa do percentual de residências relativo ao número de unidades, cuja diferença se distribui a outros usos e de maneira mais acentuada ao uso industrial. Isto pode ser explicado pelo fato desses outros usos se caracterizarem por edificações de maior porte. Em termos de área a representatividade dos usos muda de maneira considerável.

Num contexto geral (macro), pode-se dividir a influência dos usos sobre o mercado imobiliário em residencial e não residencial. Evidentemente que alguns imóveis específicos podem exercer influência em sua circunvizinhança, como o caso de shopping center e supermercados, por exemplo; sobretudo quando

se encontram mais afastados dos centros de comércio e serviços de uma cidade.

O uso residencial pode exercer influência positiva e negativa nos valores dos imóveis. Em uma área que se apresenta ocupada por residências de um padrão construtivo mais elevado, os imóveis, dentro dessa área e na circunvizinhança, tendem a ser mais valorizados. O oposto, residências de um padrão mais simples, tende a não valorizar os imóveis vizinhos. Neste sentido, entende-se que mapear o padrão de ocupação residencial pode dar uma contribuição significativa as análises do comportamento do mercado imobiliário.

Da mesma forma que o residencial, o uso não residencial também produz efeitos positivos e negativos no mercado imobiliário. Talvez de maneira mais intensa na valorização imobiliária, uma vez que normalmente produz facilidades aos imóveis circunvizinhos; exercendo maior ou menor influência segundo densidade e tipo de ocupação.

Em relação a tipos de imóveis, tem-se no universo de estudo, dos 28.609 lotes, 6.153 (21,51%) vagos (baldios), 470 (1,64%) em processo de construção e 21.986 (76,85%) construídos. Dentre os terrenos baldios, tem-se áreas que vão de 11,72m<sup>2</sup> a 439.941,00m<sup>2</sup>. Já na amostra de dados de mercado as áreas estão compreendidas entre 102,00m<sup>2</sup> e 69.042,00m<sup>2</sup>. As médias das áreas são 2.769,18m<sup>2</sup> e 1.052,92m<sup>2</sup> para o universo e amostra, respectivamente. Nota-se que as médias apresentam uma diferença significativa, que se explica pelo número de parcelas de grande área que exacerbam o limite máximo de área contida na amostra.

É importante ressaltar que os números apresentados são oriundos de uma base de dados de um dado momento e, que, pela dinâmica que possui o ambiente construído, os mesmos podem variar de maneira significativa ao longo do tempo. Neste sentido, é importante que os dados cadastrais sejam sempre mantidos atualizados e que as análises sobre o espaço urbano passem a ser uma constante, pois o mercado imobiliário também sofre os efeitos das mutantes configurações deste ambiente.

A TABELA 2 apresenta os números relativos aos tipos de unidades de avaliação ou edificações existentes na área de estudo.

TABELA 2: distribuição das unidades de avaliação por tipologia.

Tipologia	Unidades de Avaliação	% Total Unidades de Avaliação	Área Construída (m <sup>2</sup> )	% Total Área Construída
Casa	25.623	45,22	3.799.697,00	48,99
Apartamento	9.520	16,80	1.187.632,53	15,31
Sala	3.290	5,81	260.552,25	3,36
Loja	1.109	1,96	260.460,39	3,36
Galpão	1.042	1,84	644.214,49	8,31
Garagem	9.717	17,15	337.313,93	4,35
Piscina	1.339	2,36	35.384,07	0,46
Ed. Complementar	3.099	5,47	158.136,15	2,04
Telheiro	1.260	2,22	110.310,57	1,42
Conjunto	616	1,09	745.343,63	9,61
Indústria	39	0,07	199.454,14	2,57
Especial	12	0,02	17.311,68	0,22
<b>Total</b>	<b>56.671</b>	<b>100,00</b>	<b>7.755.810,83</b>	<b>100,00</b>

Percebe-se pelos números da tabela que as medidas relativas quanto às unidades tendem a ser mais elevadas para as edificações normalmente utilizadas para fins residenciais, como: casas, apartamentos e garagens, por exemplo. Comportamento este semelhante ao do uso (TABELA 1). No entanto, quando se observa a representatividade em termos de área, os usos não residenciais tendem a aumentar. Entendeu-se que para a efetivação das análises espaciais seria mais prudente utilizar a área como unidade para observação do comportamento do uso e ocupação do solo.

Observa-se ainda que os tipos de edificações citados (casas e apartamentos) e aquelas assessorias, como: garagem, edificação complementar e piscina, são as que possuem maior número de eventos no mercado imobiliário e que, por esta razão, são os tipos de unidades que apresentam condições de trabalhar com o método comparativo de dados de mercado nas avaliações. Da mesma forma para os terrenos baldios.

A seguir, discorre-se sobre as análises espaciais desenvolvidas para o entendimento das

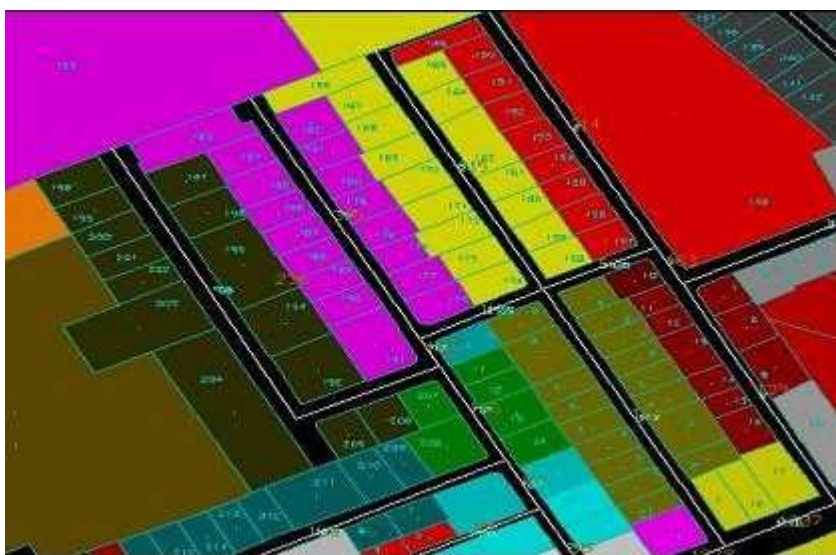
características de uso e ocupação do solo urbano na área de estudo.

#### 4.2.1. Área média das residências

No intuito de verificar se o padrão construtivo das residências, aqui definido pela área média das residências, exerce influência sobre o valor das propriedades vizinhas, desenvolveu-se análises visando construir uma superfície contínua que pudesse representar o padrão de comportamento da ocupação residencial no espaço urbano.

Para tornar possível a geração de uma superfície fez-se necessário agregar os valores das áreas residenciais em pontos que pudessem representar uma dada área. A referência espacial utilizada para poder-se agregar os dados foi o trecho de logradouro, que corresponde a um arco de uma rede compreendido entre dois nós. Assim, determinou-se para cada trecho de logradouro a área construída residencial e dividiu-se este valor pelo número de unidades autônomas residenciais vinculadas ao trecho. Deste modo, obteve-se a área média residencial para a superfície no entorno de cada arco. Pode-se afirmar que se trata de uma situação similar aos dados censitários, onde os valores de uma determinada área ou setor encontram-se agregados.

A FIGURA 5 auxilia o entendimento do procedimento adotado para definição dos pontos amostrais. Cada parcela encontra-se colorida conforme trecho de logradouro que se vincula, de maneira que é possível perceber as áreas de influência dos mesmos. Como visto anteriormente, os valores médios de áreas residenciais foram estabelecidos em razão do conjunto de imóveis que formam cada uma dessas áreas em torno do trecho.

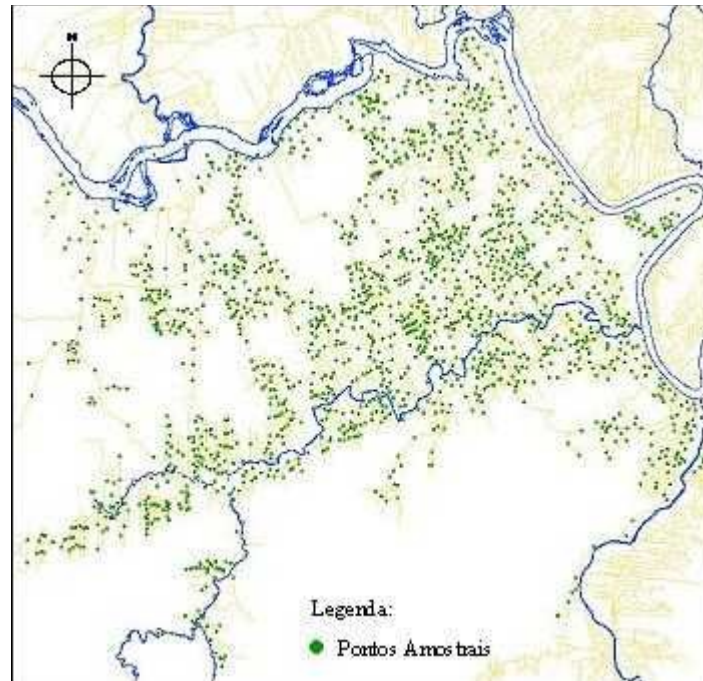


**Figura 5** : áreas em torno dos trechos de logradouros.

Como o tipo de dado para efetivar a interpolação que leva a uma superfície é pontual, adotou-se o ponto central de cada arco para vincular o atributo ou a dimensão "Z". Todavia, nem todos os trechos apresentam-se em condições de participar das análises quando se deseja buscar as características marcantes de padrão de ocupação do solo. Observou-se inúmeros trechos de logradouros sem imóveis vinculados aos mesmos ou com um número baixo de unidades. Ora por tratarem-se de trechos de curto comprimento ou ora por tratarem-se de transversais de logradouros principais. Assim, aplicou-se um filtro para eliminar estes casos, pois, seguramente, a utilização de todos os trechos não reuniria as condições satisfatórias para emprego de um interpolador estatístico, uma vez que se teria uma heterogeneidade considerável proveniente das razões apresentadas, e que, por conseguinte, dificultaria a análise de variabilidade ou a geração do semivariograma.

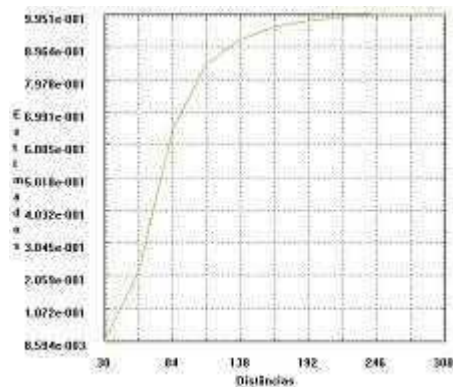
Para determinar os pontos que se entendiam mais representativos definiu-se que os trechos de logradouros teriam que ter pelo menos 50m de comprimento, com no mínimo 3 lotes edificados e que o número de unidades autônomas residenciais fosse igual ou superior a 5. Deste modo, dos 2.953 trechos

de logradouros existentes na área de estudo, restaram 1.651 após a aplicação deste filtro. A FIGURA 6 apresenta a distribuição espacial dos pontos amostrais.



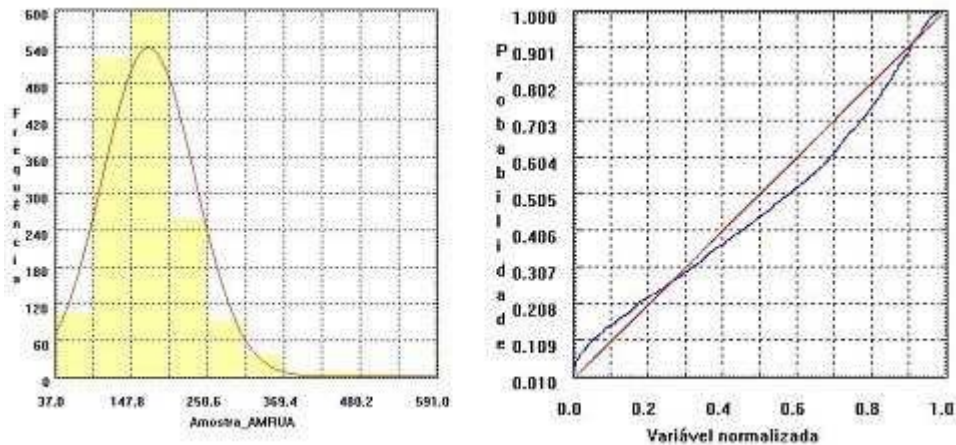
**Figura 6** : distribuição espacial dos pontos amostrais de área média residencial.

Pela distribuição dos pontos amostrais observa-se algumas áreas rarefeitas, sendo as mesmas de menor ocupação devido, principalmente, as condições do relevo. Por outro lado, nas áreas com relevo menos acidentado tem-se uma maior concentração de pontos. Deste modo tem-se uma distribuição que não é regular, evidenciando agrupamentos, como confirma o gráfico (FIGURA 7) da frequência acumulada da distância de cada ponto ao seu vizinho mais próximo, onde ocorre uma brusca elevação para distâncias menores.



**Figura 7** : função vizinho mais próximo para área média residencial.

Quanto à distribuição estatística, observa-se que ocorre uma cauda mais alongada para direita, fugindo ligeiramente aos parâmetros da normalidade, mas com uma condição satisfatória para utilização de um interpolador estatístico, como pode ser percebido pelo gráfico (FIGURA 8) de probabilidades acumuladas. O alongamento mais acentuado se dá devido à existência de poucas partes da cidade com área média de residências elevada.

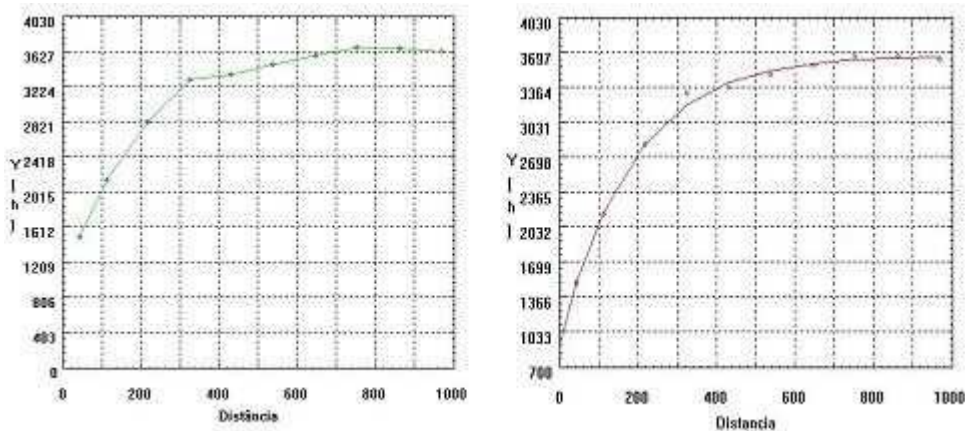


**Figura 8 :** Distribuição da variável área média residencial (AMRUA). **a)** Frequência relativa  
**b)** Gráfico de probabilidade normal

Após análise exploratória da variável foram retirados 22 pontos, por entender-se que se tratavam de casos atípicos, ficando 1629 para as análises posteriores. A média da variável é de 172,94m<sup>2</sup>, com desvio padrão de 67,02 e limites mínimo e máximo iguais a 39,49m<sup>2</sup> e 590,01m<sup>2</sup>, respectivamente.

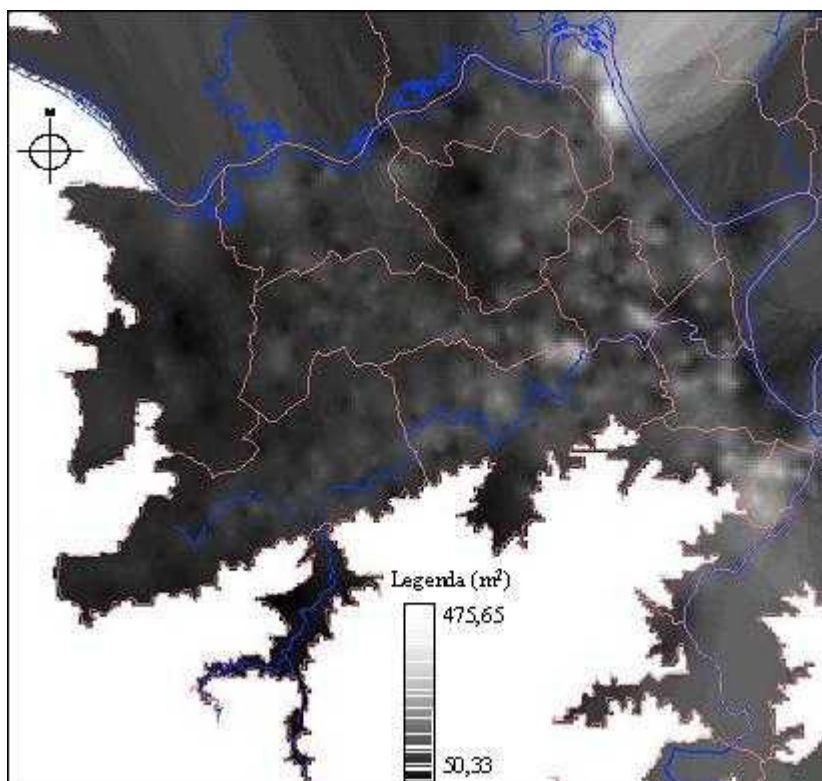
Os índices de Moran calculados para a variável apontam para existência de dependência espacial. O índice para o primeiro LAG (107,86m) foi de 0.4276 e decresce à medida que as distâncias entre os pares aumentam, indicando que a proximidade exerce influência na distribuição espacial da área das residências. O que de certo modo já era esperado, pelas diferentes formas que induzem a segregação do espaço, como a legislação territorial, o relevo, a renda, entre outros; que levam a fazer com que as edificações próximas sejam parecidas.

Constatada a dependência espacial da área das residências, desenvolveu-se a análise da variabilidade para modelar a superfície contínua deste atributo. Diferentes observações da variabilidade foram efetivadas por meio de semivariogramas gerados em direções e distâncias entre pares de pontos variados, de maneira que se pôde concluir que a área média das residências apresenta um comportamento isotrópico, sem tendências marcantes de variabilidade em razão de determinadas direções ou localizações. A determinação experimental final do semivariograma considerou um ângulo de 0° com tolerância de 90° e distância de LAG igual a 107,70m com tolerância de 53,85m. O modelo teórico ajustado ao semivariograma foi o exponencial, com os seguintes parâmetros: efeito pepita ( $C_0$ ) = 894,404; contribuição ( $C_1$ ) = 2772,692; alcance ( $a$ ) = 555,645; e número de LAGs igual a 8. A FIGURA 9 mostra o semivariograma experimental e o modelo teórico.



**Figura 9 :** semivariograma unidirecional e modelo exponencial da variável AMRUA.

O modelo ajustado apresentou resultados satisfatórios na estatística dos erros, com média próxima de zero (-0,032). Todavia, a variância dos resíduos padronizados, vista graficamente, apresenta um comportamento que foge um pouco da aleatoriedade, tendencioso. Os maiores valores de área média de residências tendem a ter maiores resíduos. Embora seja um problema que provoque danos a processos inferenciais, definiu-se a superfície contínua a partir deste modelo, uma vez que o que se busca são as características marcantes em cada porção da cidade, pois se deduz que numa visão de mercado seja o que deva prevalecer. A FIGURA 10 apresenta a superfície obtida pela modelagem previamente estabelecida. Acrescentou-se os limites de bairros e a drenagem para facilitar visualização espacial. A imagem encontra-se em tons de cinza e os valores maiores estão nos tons mais claros.



**Figura 10** : superfície contínua da área média residencial (AMRUA).

Os valores máximo e mínimo após a krigagem passaram a ser 50,33m<sup>2</sup> e 475,65m<sup>2</sup>, respectivamente, com valor médio de 172,79m<sup>2</sup> e desvio padrão igual a 49,69. Observa-se por estes valores que não ocorreu perda significativa nos valores ajustados, sendo o coeficiente de correlação parcial entre os valores originais e estimados (krigagem) de 0,892, indicando que o comportamento é significativamente similar. Esta afirmação é ainda confirmada pelo teste de comparação de médias entre dados pareados, onde a hipótese de igualdade entre as médias não foi rejeitada ao nível de significância de 5%. Deste modo, entende-se que os valores estimados mantiveram suficientemente bem o comportamento dos valores observados e, assim, podem ser utilizados para as análises relacionadas ao mercado imobiliário.

O índice de Moran calculado para os valores estimados pela superfície evidencia ainda mais a dependência espacial da área média residencial, uma vez que passou de 0,4276 para 0,7650 no primeiro LAG (107,86m).

Por fim, fez-se o cruzamento dos planos de informação da superfície (grade) com os eventos de mercado, de maneira a determinar um valor estimado de área média residencial para cada lote pesquisado.

## 5. Considerações Finais

O mercado imobiliário é estreitamente relacionado à localização. Definir pesos para os atributos de localização é essencial para que se possam construir modelos de avaliação em massa dos imóveis. As técnicas de análise espacial, aliadas a análises estatísticas, mostraram possibilidades relevantes a este fim. Os atributos derivados das análises espaciais desenvolvidas mostraram-se importantes na explicação do comportamento do mercado imobiliário. Podendo ser visto em maiores detalhes em SILVA (2006).

Os sistemas de informações geográficas vêm com o decorrer do tempo sendo implementados com estas técnicas, permitindo que se avance na qualificação da avaliação dos imóveis. Todavia, algumas análises requerem que se determinasse individualmente, ou seja, para cada evento de mercado espacializado, a busca do valor do atributo, como a distância ao centro da cidade, por exemplo.

A aplicação de técnicas de análise de dados espaciais, depende, contudo, de uma adequada estruturação prévia do cadastro técnico. Os dados ou entidades espaciais que compõe o cadastro necessitam estar armazenados segundo um padrão de modelagem que possibilite o processamento dos dados geográficos, bem como a representação espacial de dados descritivos. Mais uma vez fica marcado a importância da estruturação do cadastro técnico de forma a possibilitar múltiplas finalidades.

## 6. Referências Bibliográficas

**BÄHR, H..** *Cartografia orientada ao cadastro : uma visão Alemã.* In : 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis. Anais, Tomo III : p. 84-91, 1994.

**ATACK, J.; MARGO, R. A..** "Location, location, location!" *The price gradient for vacant urban land : New York, 1835 to 1900.* Journal of Real Estate and Economics, Vol.16, n. 2, p. 151-172, 1998.

**CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; DRUK, S.; CARVALHO, M. Sá.** *Análise espacial e geoprocessamento.* In : DRUCK, S.; CARVALHO, M. Sá; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.. *Análise espacial de dados geográficos.* Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2004, 209 p..

**CLAPP, J.; RODRIGUEZ, M..** *Using a GIS for real estate market analysis : the problem of spatially aggregated data.* The Journal of Real Estate Research, vol. 16, n.1, 1998.

**DES ROSIERS, F.; THÉRIAULT, M..** *House prices and spatial dependence : towards an integrated procedure to model neighborhood dynamics.* In : AUREA Annual Meeting, New York, USA, 1999. Disponível : <http://www.fsa.ulaval.ca/rd>.

**DES ROSIERS, F.; THÉRIAULT, M.; KESTENS, Y.; VILLENEUVE, P..** *Neighborhood profiles and house values : dealing with spatial autocorrelation using kriging techniques.* Document de Travail, Faculte des Sciences de L'Administration, Université Laval, Québec, 2001a, 27 p.. Disponível : <http://www.fsa.ulaval.ca/rd>.

**DIAS, T. L.; OLIVEIRA, M. P. G.; CÂMARA, G.; CARVALHO, M. Sá.** *Problemas de escala e a relação área-indivíduo em análise espacial de dados censitários.* Informática Pública, Belo Horizonte, ano 4, n. 1, p. 89-104, junho de 2002,

**GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; DA MATA, J. D. V..** *Análise exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um argissolo vermelho.* Acta Scientiarum, Maringá, v. 23, n. 5, p 1149-1157, 2001. Disponível: <http://www.ppg.uem.br/Docs/ctf/Agronomia/2001/>.

**GONZÁLEZ, M. A. S.; SOIBELMAN, L.; FORMOSO, C. T..** *A new approach to spatial analysis in CAMA.* In : 9th European Real Estate Society Conference – ERES-, Glasgow, Scotland, 2002.

**PACE, R. K.; BARRY, R.; SIRMANS, C. F..** *Spatial statistics and real estate.* Journal of Real Estate Finance an Economics, Boston, vol. 17 : 1, 5-13, 1998.

**RODRIGUEZ, M.; SIRMANS, C. F.; MARKS, A. P..** *Using geographic information systems to improve real estate analysis.* The Journal of Real Estate Research, vol. 10, n. 2, p. 163-174, 1995.

**SILVA, E.** *Cadastro técnico multifinalitário: base fundamental para avaliação em massa de imóveis.* Florianópolis, 2006. Tese de pós-graduação em engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

**SMOLKA, M.; FURTADO, F.** *Recuperación de plusvalías en América Latina : alternativas para el desarrollo urbano.* 1. ed. Santiago – Chile : Ed. LOM Ediciones, 2001, 226 p..

**SOUZA, M. L. de.** *ABC do desenvolvimento urbano.* Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 2003, 192 p..

**THÉRIAULT, M.; DES ROSIERS, F.; VILLENEUVE, P.; KESTENS, Y.** *Modelling interactions of location with specific value of housing attributes.* Document de Travail, Faculte des Sciences de L'Administration, Université Laval, Québec, 2001-015, 37 p.. Disponível : <http://www.fsa.ulaval.ca/rd>.