

ESTUDO DA VARIÁVEL LOCALIZAÇÃO EM MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR, ESPACIAL E GEOESTATÍSTICA EM AVALIAÇÕES DE IMÓVEIS

Study Of The Factor Location In Numerical Models Of Linear, Spatial Regression And Geostatistics In Property Valuation

Caroline Bernardo Silva

Universidade Federal de Santa Catarina

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
CTC/ECV/PPGTG Secretaria – Bloco A – Sala 102-A - 2o Andar. CEP: 88.040-970 –Florianópolis/SC
carolinebernardosilva@gmail.com

Norberto Hochheim

Universidade Federal de Santa Catarina

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
CTC/ECV/PPGTG Secretaria – Bloco A – Sala 102-A - 2o Andar. CEP: 88.040-970 –Florianópolis/SC
hochheim@gmail.com

Everton Silva

Universidade Federal de Santa Catarina

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
CTC/ECV/PPGTG Secretaria – Bloco A – Sala 102-A - 2o Andar. CEP: 88.040-970 –Florianópolis/SC
everton.silva@ufsc.br

Resumo:

Nesse trabalho será abordada a importância da variável localização em modelos de regressão linear e espacial, além do uso da geoestatística em avaliações de imóveis. Serão demonstradas alternativas de variáveis que podem representar e caracterizar a localização do imóvel, como distância ou inserção ao polo valorizante e o uso renda familiar. Para tal, foi escolhida como região de estudo o bairro Centro em Florianópolis, Santa Catarina. Para a área de estudo um fator que se demonstrou eficaz foi a renda do IBGE, apresentando ótimos resultados provando que para a amostra em questão, os locais com as maiores rendas familiares tendem a apresentar os maiores valores de imóveis.

Palavras-chave: Avaliações. Imóveis. Localização.

Abstract

In this academic work will be discuss the importance of the factor location in numerical models of linear and spatial regression, and the use of geostatistics in property valuation Also will be presented alternatives of factos to represent and characterize the location of the property, such distance or insertion in the chosen area of valorization and use of family income. The chosen study area was the downtown of Florianopolis, Santa Catarina. The study the factor income of IBGE has demonstrated an great effect, presenting excellent results proving, for the sample in question, the places with the highest household incomes, have a tendency to higher real estate values.

Keywords: Valuation. Property. Location.

1 INTRODUÇÃO

As várias políticas de planejamento, sejam nacionais, estaduais, e mesmo locais, como de Florianópolis, sofrem influências diretas dos processos políticos, históricos e econômicos que interferem diretamente no ordenamento urbano da cidade (JESUS *et al.*, 2015). Esse ordenamento acaba criando zonas de valorização no mercado imobiliário, podendo ser de difícil mensuração e explicação.

Além disso, o comportamento mercado habitacional é definido por uma grande quantidade de fatores, como distância ou inserção aos polos valorizadores, quantidade de quartos, área do imóvel e até mesmo a renda familiar encontrada na região, entre outros, sendo que os mesmos irão pesar e definir os valores das habitações. É clara a necessidade de testar interações entre as características estruturais do espaço urbano, e incorporar aquelas específicas dos imóveis que são relacionadas (SILVA, 2006), para se buscar uma explicação fidedigna do comportamento e previsões de mercado, garantias habitacionais e demanda por habitação.

A não consideração de contextos sociais, políticos e econômicos da região em estudo pode gerar um desempenho insatisfatório nas avaliações de imóveis. A escolha de métodos e aplicações, além de pressupostos coerentes com a realidade do mercado passam a ser cruciais nas estimativas de valores.

Um dos fatores com maior dificuldade para ser representado se trata do peso que a localização da habitação tem no valor do imóvel. Este pode ser influenciado pela presença de polos valorizadores (MCCLUSKEY, 1999), como shoppings, orlas marítimas, vias de acesso, ou polos desvalorizadores como a presença de favelas.

A localização pode ser representada de várias maneiras utilizando os métodos de regressão linear, como distância ao polo valorizador, ou dicotômicas, de acordo com o imóvel pertencer ou não ao local de valorização. Além do possível uso da renda familiar como maneira de suprir o fator de localização do imóvel. Outra opção é o uso de regressão espacial para representar a ligação entre os valores dos imóveis e suas localizações, conforme será demonstrado durante este trabalho.

O uso da geostatística também será demonstrado como uma estratégia de análise da variável localização na tendência de valorização dos imóveis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da localização e procedimentos para sua análise

Na maioria dos casos, segundo MCCLUSKEY (1999), é de senso comum que a localização incrementa substancialmente o valor da propriedade, porém essa intuição é baseada em experiência e conhecimento da região. Sendo considerado um dos principais fatores que afetam os preços, a localização é de complexa mensuração (CESARE, 2012).

Segundo GALLIMORE (1996), a influência da localização não tem origem única, principalmente no âmbito residencial, podendo ser atribuída à acessibilidade, comércio, facilidade de educação, lazer, segurança, entre outras, tais estudos recomendam que esses atributos sejam considerados de forma conjunta, porém essas variáveis são de difícil mensuração numérica e podem não ser validadas nos modelos numéricos com relação ao preço dos imóveis.

Além disso, os procedimentos de modelagem hedônica podem não ser representativos se contarem somente com análises espaciais, como distâncias, sendo necessário a incorporação de

variáveis que representem o espaço urbano (SILVA, 2006).

A importância da localização pode ser observada, por exemplo, na existência de apartamentos com características construtivas semelhantes, como área privativa e total, número de vagas, número de suítes, padrão de acabamento e afins, em duas localidades diferentes, com preços significativamente diferentes.

Existem várias abordagens, mesmo que nem todas aplicáveis, para sanar ou ao menos atenuar os problemas. Entre elas, pode-se definir zonas homogêneas adotando valores que representem as mesmas, porém lida-se com o dificuldade de definição da transição de zonas vizinhas e distância de suas influências (SILVA, 2006)

Segundo MCCLUSKEY(1999), a forma mais comum de abordagem para análise da influência da acessibilidade local seria a tomada de distância dos chamados Central Business District (CBD), implicando numa região que o comércio seja monocentralizado, não condizendo com as maiores cidades atuais.

Também é possível a criação de uma variável dicotômica considerando o dado inserido ou não na zona da valorização ou uso de códigos alocados de acordo com a valorização da região, porém esse critério pode ser subjetivo, se tratando de uma opinião pessoal. Outra maneira de sanar o problema da localização seria o uso da renda familiar, apesar de se tratar de uma variável proxy, conseguiria representar as característica do entorno do imóvel.

Com a criação das variáveis de localização é possível testar suas validades através de modelos de regressão múltipla linear, modelos de regressão espacial, além de modelos geoestatísticos, como a krigagem, utilizando como base um sistema de informação geográfica.

2.1.1 Renda familiar

Sendo fornecida pelo IBGE através de dados socioeconômicos do censo, a renda familiar é definida por setores censitários, esses levam em conta os limites dos bairros e são delimitados por um número de aproximadamente 300 residências cada, na área urbana (SILVA, 2006). A mesma é homogeneizada nesses setores através de tratamento estatístico, normalmente representando bem a região.

Consistindo em na soma dos rendimentos mensais dos componentes da família, inclusive os das pessoas cuja condição na família fosse pensionista, empregado doméstico ou parente do empregado doméstico (IBGE, 2015) e a mesma é atualizada somente por pesquisa.

A utilização da renda em modelos estatísticos de avaliações de imóveis, pode ser uma maneira de sanar a não existência de um fator de localização, isso partindo do pressuposto que locais com maiores renda familiares, possuem imóveis com maior valorização. Porém deve ser utilizada com cautela e análises mais profundas, em alguns tipos de imóveis a renda pode não refletir sua realidade, por exemplo, em zonas industriais e terrenos próximos a rodovias federais (como BR-101), que mesmo estando inseridos em zonas de baixa renda familiar, possuem grande valorização. Sendo recomendado um melhor estudo quanto ao uso da renda em zonas tais quais essas citadas.

2.2 Técnicas de modelagem

2.2.1 Modelo de regressão linear múltipla

No modelo de regressão linear múltipla é levado em conta a influência de diversas variáveis, no caso características, para melhor explicar a variável dependente. As equações múltiplas lineares de maneira genérica podem ser representadas, conforme equação (1) a seguir:

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad i=1,2,\dots,k \quad (1)$$

Sendo:

Y : Valor esperado ou estimativa da variável dependente.

α e β : Parâmetros.

ε : Erro.

X: Regressores.

Na abordagem tradicional lida-se com técnicas bem estabelecidas pela estatística, abordagens como média, variância, desvio padrão, conceitos de normalidade, partindo do princípio de hipóteses e modelos lineares no qual supõe independência entre os dados (CARDIM, 2000). Quando a estatística tradicional falha nesses conceitos, apresentando uma certa continuidade nos dados de acordo com a localidade, a amostra passa a apresentar dependência espacial demonstrando autocorrelação, sendo melhor representada através de modelos espaciais (TRIVELLONI, 2005).

2.3.2 Modelos espaciais

Os modelos de regressão espacial partem do princípio da existência de dependência espacial da área de estudo para melhor representação de seus valores.

2.3.2.1 Modelos geostatísticos

O modelo geoestatístico parte do princípio de um comportamento homogêneo da estrutura de correlação espacial, através do conceito de estacionariedade e utiliza superfícies para reconstrução desse cenário. (TRIVELLONI, 2005)

Os dados são representados pontualmente, para gerar essas superfícies se utiliza de procedimentos de interpolação. Podendo essa interpolação considerar:

- Cada ponto da superfície como uma simples interpolação dos dados mais próximos, sendo utilizado esse procedimento para representar micro polos;
- Uma superfície de tendências, no qual a mesma é ajustada por meio de uma polinomial dos dados, utilizando um processo de regressão múltipla entre os valores do atributo e as localizações geográficas (TRIVELLONI, 2005);
- Utilizando semivariograma para determinação dos pesos que serão usados na interpolação dos dados, esse processo é conhecido como krigagem.

A estacionariedade supõe que a correlação espacial da região de estudo é homogênea (DRUCK, S. *et al*, 2004)

2.3.2.2 Modelos de regressão espacial

A localização espacial dos dados e a consequência de suas interações espaciais tem sido de crescente atenção principalmente pelo desenvolvimento de novas técnicas e metodologias (PERUZZO, 2006). Para utilização de regressão espacial é necessário que haja autocorrelação espacial nas variáveis utilizadas. O termo autocorrelação vem do conceito de correlação que envolve o mensuração da relação entre duas variáveis aleatórias, junto com a preposição “auto” indicando que a correlação é realizada na mesma variável aleatória em dois lugares diferentes no espaço. (DRUCK, S. *et al*, 2004).

A dependência espacial parte basicamente da primeira lei da geografia: “Todas as coisas são parecidas, mas coisas mais próximas se parecem mais que coisas mais distantes” (TOBLER, 1979). Serão demonstrados os testes que estão disponíveis no programa utilizado, SisPLANV versão 1.66. Além disso, dependência espacial leva a uma perda de poder explicativo se ignorada (DRUCK, S. *et al*, 2004).

Dentre esses testes estão:

- Teste de Moran I: Apesar de não identificar o tipo de erro, defasagem ou erro, é considerado um dos mais utilizados nos estudos de unidades geográficas (SILVA, 2009).
- Teste de Multiplicador de Lagrange Robusto (erro): Este teste trabalha sob a não existência de autocorrelação no termo erro no caso de hipótese nula. Sendo rejeitada a hipótese de não autocorrelação espacial nos resíduos caso o valor da estatística do teste for superior ao ponto crítico da distribuição Qui-quadrado (SILVA, 2009).
- Teste de Multiplicador de Lagrange Robusto (defasagem): Da mesma forma que o teste de Robusto para erro, esse teste leva em conta a não existência de defasagem espacial na variável dependente em caso de hipótese nula. Sendo a hipótese rejeitada caso o valor do ponto crítico da distribuição for superior ao valor da estatística do teste (SILVA, 2009).

3 METODO E MATERIAIS

Definida a área de estudo, obteve-se um banco de dados com uma amostra contendo informações de ofertas e transações, de diversas fontes fornecidas pela Caixa Econômica Federal (CEF) – setor de Avaliações de Imóveis.

Os dados foram tabelados e lançados em planilhas utilizando o Microsoft Office Excel, sendo identificadas as variáveis que serão utilizadas para a realização dos modelos de regressão, além da criação de variáveis que possam contribuir ao estudo.

Para os procedimentos envolvendo análise geostatística foi utilizado o QGIS. Primeiramente foi analisada a renda da área de estudo, sendo realizado um processo de krigagem na mesma. Com todos os dados georreferenciados foi extraída a renda, para uso como variável, de cada ponto da amostra através do software QGIS. Sendo que as rendas em questão correspondem a dados informados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2010, sendo definida por setores.

Com os dados colocados em planilhas e todas as variáveis definidas, foram realizadas as modelagens de regressão linear múltipla e espacial, utilizando o software SisPLANV versão 1.66

como ferramenta de análise de comportamento da amostra.

4 . ÁREA DE ESTUDO

4.1 Caracterização da região

Em Florianópolis foi nos anos de 1980 para 1990 que o valor da terra começou a crescer e seu ordenamento urbano sofreu influência direta de processos políticos, históricos e econômicos (JESUS *et al.*, 2015).

Devido ao centro da cidade possuir uma alta quantidade de serviços, se tornou um grande atrativo. O centro de Florianópolis tem como característica ter o valor dos imóveis influenciado devido a sua posição geográfica, possuindo uma orla marítima que valoriza os imóveis na região, ou seja, o valor dos imóveis é altamente influenciado por sua localização.

Dentre os fatores que foram estudados quanto a influência na valoração dos imóveis podem ser citados o pertencimento a Beira Mar Norte, ponto conhecido devido a sua alta valorização, inserção nas ruas Trompowsky, avenida Rio Branco, rua Esteves Junior e distância de pontos comerciais.

A área de estudo tem apresentado uma liquidez média nos últimos anos, porém atualmente com o mercado em queda está tendendo a uma baixa liquidez, possui alta concentração de prédios comerciais e residenciais multifamiliares, sendo a última a escolhida como tipologia padrão para o estudo.

4.2 Base de dados

Os dados foram fornecidos pela Caixa Econômica Federal através do setor de Avaliações de Imóveis de Florianópolis-SC, os dados coletados são datados de janeiro de 2013 até março de 2015. Inicialmente a base continha 289 dados, com transações e ofertas, diferentes padrões construtivos e diversas variáveis que serão descritas a seguir.

Figura 1 – Variáveis

| Variável | Descrição |
|-----------------------------|---|
| Endereço | Localidade física do dado |
| Edifício | Nome do residencial |
| λ e Φ | Coordenadas angulares |
| Área Total | Quantitativa, área total do imóvel |
| Área Privativa | Quantitativa, área privativa do imóvel |
| Número Dormitórios | Quantitativa, total de dormitórios |
| Número Quartos empregada | Quantitativa, total de quartos de empregada. |
| Número banheiros | Quantitativa, número total de banheiros. |
| Vagas Garagem Coberta | Quantitativa, número de vagas de garagem coberta do dado. |
| Vagas Garagem Descoberta | Quantitativa, número de vagas de garagem descoberta do dado. |
| Quantidade Vagas de Garagem | Quantitativa, soma das vagas de garagem coberta e descobertas |
| Vagas de Garagem | Dicotômica, existência (1) ou não (0) de vaga de garagem |

| | |
|--------------------------|--|
| Quantidade de Elevadores | Quantitativa, total de elevadores. |
| Elevador | Dicotômica, existência (1) ou não (0) de elevador. |
| Idade | Quantitativa, idade real e/ou aparente da edificação. |
| Andar | Quantitativa, pavimento do dado. |
| Sacada | Quantitativa, total de sacadas. |
| Churrasqueira | Dicotômica, existência (1) ou não (0) de churrasqueira no imóvel. |
| Sacada com churrasqueira | Dicotômica, existência (1) ou não (0) de sacada com churrasqueira no imóvel. |
| Cobertura com Terraço | Dicotômica, o dado é uma cobertura (1) ou não (0) . |
| Equipamentos do Edifício | Qualitativa, total de equipamentos comuns existentes na edificação. |
| Evento | Dicotômica, oferta (2) e transação(1). |
| Valor Total | Quantitativa, preço total, em reais. |
| Valor Unitário | Quantitativa, o valor unitário, em R\$/m ² . |
| Distância ao Polo | Quantitativa, em metros, Distância aos polos valorizantes. |
| Inserção no Polo | Dicotômica, pertencer ao polo (1) ou não (0) |
| Renda | Proxy, renda média familiar IBGE 2010. |
| Padrão | Dicotômica sequencial, padrão baixo, normal ou alto do edifício. |
| Estado de Conservação | Dicotômica sequencial, conservação do edifício regular, bom ou novo. |
| Mês | Quantitativa, mês, janeiro de 2013 (1) até março de 2015 (27). |

Fonte: Acervo próprio

4.4 Saneamento

Inicialmente o banco de dados continha 289 dados, contendo ofertas e transações de mercado foi realizado um saneamento retirando dados repetidos, com valores incoerentes, número de banheiros zero, não contendo data, entre outras inconsistências, restando 228 dados.

Foram retirados 15 dados como teste de validação dos modelos. E devido a quantidade de dados insuficiente de dados de coberturas, causando micronumerosidade, foram retirados todos os dados que representavam a mesma, e a variável foi desconsiderada, sobrando 228 dados para análise.

Além disso, o banco de dados continha coordenadas angulares que foram transformadas para coordenadas métricas, por exigência do software utilizado.

5 RESULTADOS

Foram realizadas várias técnicas de modelagem para testar maneiras de representar a localização. Inicialmente foram realizadas análises utilizando geoestatística através do QGIS, definindo-se assim os polos valorizantes. Em seguida foi realizada a regressão linear múltipla e foram analisados os seus resultados, passou-se então para o modelo de regressão espacial.

5.1 Geostatística

5.1.1 Dados Espacializados

Com todos os dados georreferenciados, os mesmo foram espacializados para uma análise do comportamento da amostra. Nota-se que a mesma se encontra bem distribuída pela área escolhida como de estudo. Conforme Figura 1.

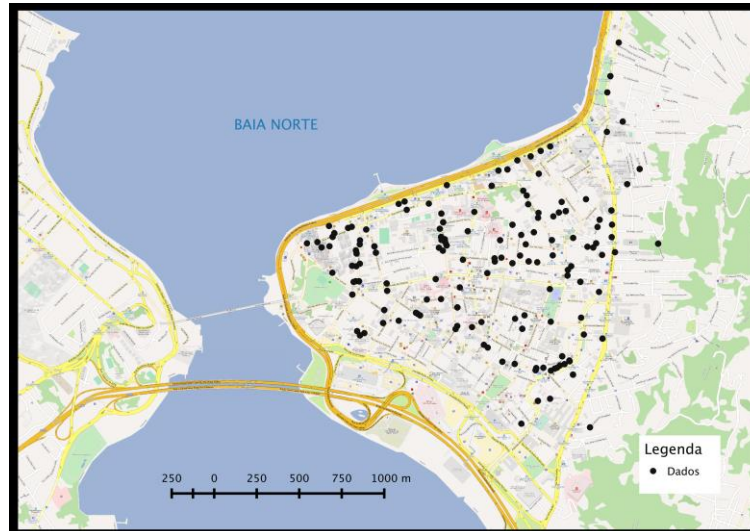


Figura 1 – Dados Espacializados
Fonte: Acervo próprio

5.1.2 Mapa dos setores Censitários e Faixa de Renda Média

Foram utilizadas as camadas contendo a renda e setores censitários encontrados no IBGE e os representado os mesmo de forma graduada, no qual quanto mais vermelho maior a renda. Fazendo uma análise nota-se que as maiores rendas encontram-se na região da avenida beira mar e nas proximidades da avenida Trompowsky. Sendo esse um comportamento similar ao encontrado no mercado imobiliário da área estudada.

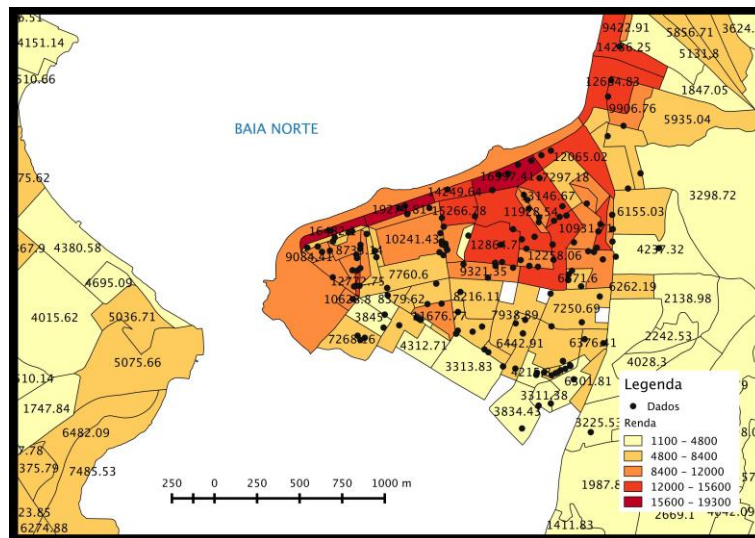


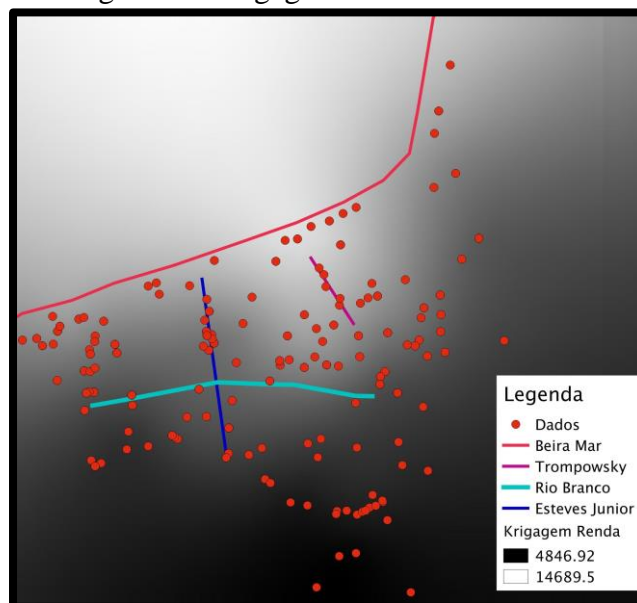
Figura 2 – Rendas IBGE 2010

Fonte: Acervo próprio

5.1.3 Krigagem da variável Renda IBGE 2010

A título de análise exploratória, foi realizado o processo de krigagem com a renda na região de estudo, no qual foi representado de maneira graduada em que o branco representa as maiores rendas. Analisando as áreas com maiores rendas, foram definidos os polos valorizantes, sendo os mesmos: a avenida Trompowsky, rua Esteves Junior, avenida Beira Mar e avenida Rio Branco.

Figura 3 – Krigagem Renda IBGE 2010



Fonte: Acervo próprio

5.1.4 Zonas de Valorização Espacializadas

Anais do COBRAC 2016 - Florianópolis –SC – Brasil - UFSC – de 16 à 20 de outubro 2016

Como apresentado no item 6.1.3, foram escolhidas algumas zonas de valorização para estudo. Dentre elas estão a avenida Trompowsky, rua Esteves Junior, avenida Beira Mar e avenida Rio Branco. Para isso foram desenhadas linhas utilizando o QGIS, a partir dessas mesmas foram retiradas as distância dos pontos até os polos escolhidos utilizando o software, a visualização dos polos pode ser observada na Figura 4:



Figura 4 – Zonas de Valorização Espacializadas
Fonte: Acervo próprio

5.2 Análise exploratória

Inicialmente foi realizada uma análise exploratória dos dados e das variáveis, foram retiradas as variáveis com micro numerosidade e inconsistentes.

5.3 Modelos de Regressão Múltipla Linear (RL)

Foram realizadas diversas abordagens até ser encontrado o modelo final. Sendo retiradas as variáveis que não se demonstraram significantes, inconsistentes e que não atenderam a norma. Inicialmente foram consideradas todas as variáveis que correspondem a localização.

5.3.1 Resultados Estatísticos

Dentre as variáveis estudadas 18 responderam bem ao modelo, possuindo significância relevante, estando de acordo com a norma e apresentando sinais coerentes, as outras 5 variáveis deixadas no modelo correspondem a caracterização e/ou controle individual de cada dado, sendo o mesmo: Controle, ID do Edifício, X, Y e Valor Total.

Além disso foram estudados 228 dados após um saneamento inicial, no qual foram retirados dados incoerentes ou de características não estudadas. Conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Variáveis e dados considerados na RL.

| | |
|----------------------------------|-----|
| Número de variáveis | 23 |
| Número de variáveis consideradas | 18 |
| Número de dados | 228 |
| Número de dados considerados | 222 |

Fonte: Acervo próprio.

Os resultados estatísticos podem ser observados na tabela 3. Sendo que no coeficiente de determinação ajustado, que representada o poder de predição do modelo, foi encontrado o valor de 0,7660, ou seja, 76,60% da variabilidade dos preços encontram-se explicados pelo modelo adotado. No coeficiente de correlação foi encontrado um valor de 0,8854, sendo considerado então uma relação forte entre a variável dependente e as variáveis independentes do modelo.

Tabela 3 – Resultados estatísticos na Regressão Linear

| | |
|-----------------------------------|--------|
| Coeficiente de Correlação | 0,8854 |
| Coeficiente Determinação Ajustado | 0,7660 |
| Confiabilidade Mínima | 0,99 |
| Significância | 0,01 |

Fonte: Acervo próprio

A normalidade dos resíduos, pode ser observada na Figura 5. No qual 67% dos resíduos estão situados entre $-1s$ e $+1s$, 89% dos resíduos estão situados entre $-1,64s$ e $+1,64s$ e 96% dos resíduos estão situados entre $-1,96s$ e $+1,96s$, ou seja, a distribuição de frequências dos dados apresenta normalidade.

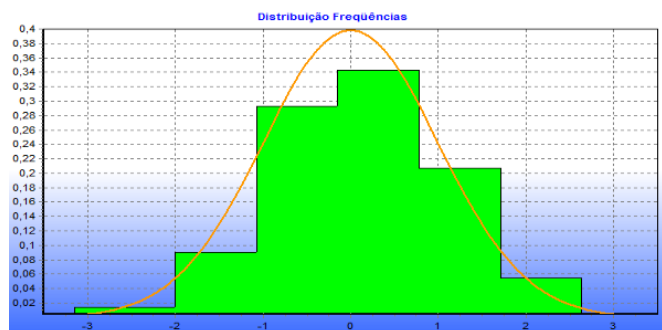


Figura 5 –Normalidade dos Resíduos na RL - Resíduos x Frequência

Fonte: SisPLANV 1.66

Observando-se Figura 6 nota-se a presença de 6 elementos com desvio padrão maior do que 2, representando 2,7% dos dados. Por estarem distribuídos aleatoriamente, não foram considerados outliers. Interpretando a mesma pode-se concluir que a amostra está disposta de maneira aleatória sem apresentar um padrão definido, sendo concluído assim, que o modelo é homocedástico.

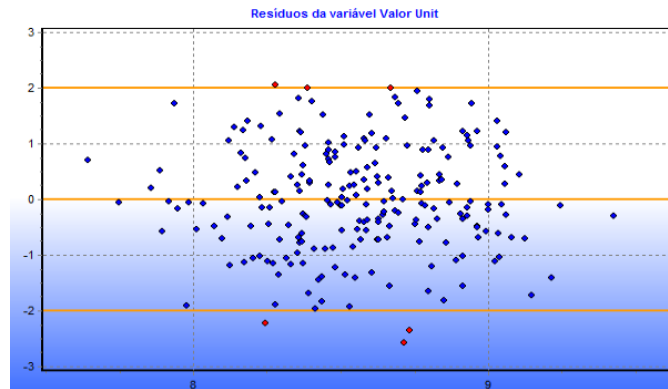


Figura 6 – Resíduos da variável Valor Unitário na RL.
Fonte: SisPLANV 1.66

Observando as correlações com influência para o valor unitário, Figura 7, nota-se que a variável com maior correlação no valor do imóvel é a área privativa com 56%, representada pelo número 6 no gráfico. Esse comportamento é esperado, pois com o aumento da área privativa pode-se ter uma maior quantidade de quartos, banheiros, suítes e sacadas no apartamento logo aumentasse o valor do imóvel. A segunda variável com maior correlação é o total de vagas de garagem, com 43%, representada pelo número 14 na figura 7, esse comportamento é esperado, pois com a presença de vaga de garagem na área de estudo o valor unitário aumenta consideravelmente na área de estudo.

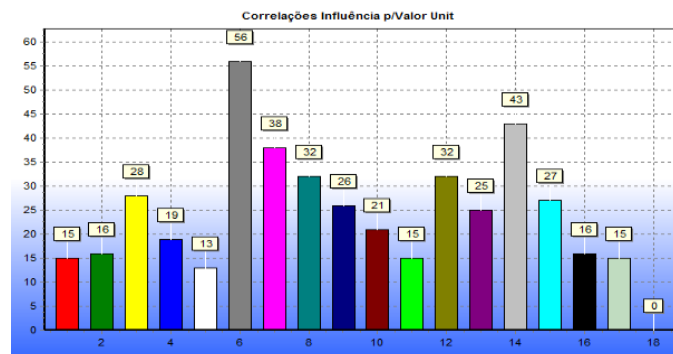


Figura 7 – Correlação com Influência para Valor Unitário RL - Variável x Correlação
Fonte: SisPLANV 1.66

Quanto a aderência pode-se observar na Figura 8 que os pontos se encontram bem distribuídos ao redor da reta não se apresentando valores de forma tendenciosa nem para os valores e baixo valor unitário quanto de alto valor unitário.

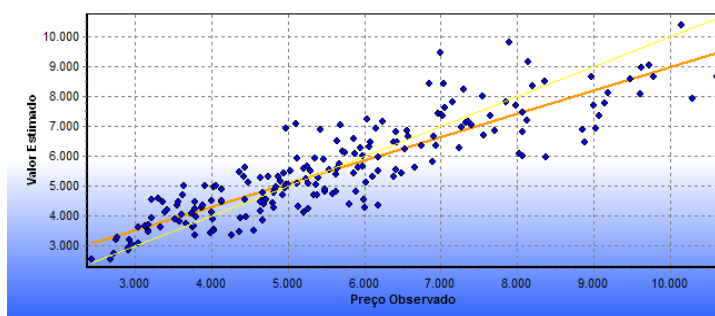


Figura 8 – Aderência RL

Fonte: SisPLANV 1.66.

Na Tabela 4 estão os regressores encontrados assim como suas transformações e devidas significância, todas as significâncias encontradas foram menores de 10%.

Tabela 4 – Regressores e Equações RL

| Regressores | Equação | T-Observado | Sig.(%) |
|--------------------|-------------|-------------|---------|
| Renda IBGE 2010 | $\ln(x)$ | 2,31 | 2,20 |
| Esteves Junior | x | 2,34 | 2,02 |
| Dist. Beira Mar | $1/x^{1/2}$ | 4,61 | 0,01 |
| Dist. Trompowsky | $x^{1/2}$ | -2,82 | 0,53 |
| Dist. Rio Branco | $\ln(x)$ | -3,14 | 0,19 |
| Área Privativa | $\ln(x)$ | -9,31 | 0,01 |
| N BWC | x | 6,45 | 0,01 |
| Padrão Normal | x | 3,49 | 0,06 |
| Padrão Alto | x | 2,35 | 1,99 |
| Conserv. Regular | x | -4,24 | 0,01 |
| Conserv. Bom | x | -2,56 | 1,11 |
| Idade | x | -5,19 | 0,01 |
| Andar | x | 4,25 | 0,01 |
| Total VG | x | 5,66 | 0,01 |
| Equipamentos | x | 3,85 | 0,02 |
| Transação e Oferta | $1/x^{1/2}$ | -2,35 | 1,99 |
| Mês | $1/x^2$ | -2,52 | 1,26 |

Fonte: Acervo próprio

A função estimativa encontrada foi a seguinte (2):

Valor Unit = $e^{($

+10,01038833

-16,29869527 / Renda IBGE 2010^{1/2}

+0,1026694282 * Esteves Junior

+2,024490451 / Dist. Beira Mar^{1/2}

-0,004742487105 * Dist. Trompowsky^{1/2}

+0,516613018 / Dist. Rio Branco^{1/2}

-0,4047675959 * \ln (Área Privativa)

+0,1143263404 * N BWC

(2)

+0,2364687075 * Padrão Normal
 +0,2449129969 * Padrão Alto
 -0,1724318793 * Conserv. Regular
 -0,08905748636 * Conserv. Bom
 -0,007057645525 * Idade
 +0,01235489385 * Andar
 +0,1514326322 * Total VG
 +0,03508087648 * Equipamentos
 -0,1868848957 / Transação e Oferta^{1/2}
 +0,05552007062 * ln (Mês)

5.4 Modelos Espaciais

5.4.1 Regressão Espacial

Para melhor representação da modelagem utilizando regressão espacial, foram retirados todas as variáveis que de alguma forma representassem a localização, tal como a renda familiar, as dicotômicas representando as ruas principais e as distâncias das mesmas. Forçando assim uma autocorrelação no modelo.

5.4.1.1 Estatísticas

Dentre as variáveis estudadas 11 responderam bem ao modelo, possuindo significância relevante, estando de acordo com a norma e apresentando sinais coerentes. As outras 5 variáveis desconsideradas no modelo correspondem a caracterização e/ou controle individual de cada dado, sendo o mesmo: Controle, ID do Edifício, X, Y e Valor Total.

Além disso foram estudados 228 dados após um saneamento inicial, no qual foram retirados dados incoerentes ou de características não estudadas. Conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Variáveis e dados considerados na RE.

| | |
|----------------------------------|-----|
| Número de variáveis | 16 |
| Número de variáveis consideradas | 11 |
| Número de dados | 228 |
| Número de dados considerados | 218 |

Fonte: Acervo próprio

Foram realizados os testes de dependência espacial variando as distâncias para o cálculo da matriz de pesos. As distâncias foram variadas de 100m até 1500m. Em todos os casos o teste de LM Robusto (defasagem) e LM Robusto (erro) apresentaram resultados de significância inferiores de 1%, apresentando um indicio de forte correlação espacial. Foi utilizado o resultado de 300m para o cálculo da regressão espacial, pois foi o parâmetro que apresentou as menores significância, conforme os resultados mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Testes Moran I e LM Robusto RE.

| Índices de Moran I | |
|-----------------------|----------|
| Moran I | 0,09327 |
| Moran I – Estatística | 3,92427 |
| Significância | 0,00009 |
| Média | -0,00562 |
| Desvio Padrão | 0,02520 |
| Índices LM Robusto | |
| Erro espacial | 12,13025 |
| Erro (sig.) | 0,00050 |
| Defasagem espacial | 17,09997 |
| Defasagem (sig.) | 0,00003 |

Fonte: Acervo próprio.

Os resultados estatísticos podem ser observados na tabela 7. Sendo que no coeficiente de determinação ajustado, que representa o poder de predição do modelo, foi encontrado o valor de 0,7176, ou seja, 71,76% da variabilidade dos preços encontram-se explicados pelo modelo adotado. No coeficiente de correlação foi encontrado um valor de 0,8540, sendo considerado então uma relação forte entre a variável dependente e as variáveis independentes do modelo.

Tabela 7 – Resultados estatísticos na Regressão Espacial

| | |
|-----------------------------------|--------|
| Coeficiente de Correlação | 0,8540 |
| Coeficiente Determinação Ajustado | 0,7176 |

Fonte: Acervo próprio.

A normalidade dos resíduos, pode ser observada na Figura 27. No qual 65% dos resíduos estão situados entre $-1s$ e $+1s$, 89% dos resíduos estão situados entre $-1,64s$ e $+1,64s$ e 95% dos resíduos estão situados entre $-1,96s$ e $+1,96s$, ou seja, a distribuição de frequências dos dados apresenta normalidade.

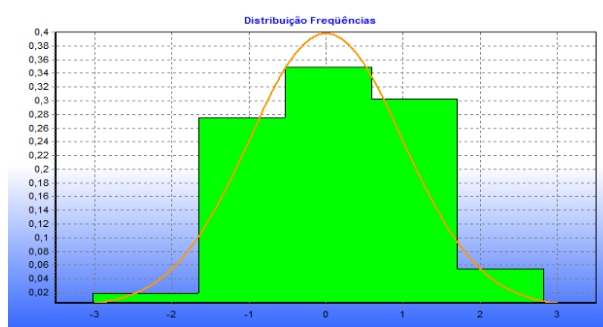


Figura 9 – Normalidade dos Resíduos na RE - Resíduos x Frequência

Fonte: SisPLANV 1.66

Observando a Figura 10 nota-se a presença de 7 elementos com desvio padrão maior do que 2, representando 3,21% dos dados. Por estarem distribuídos aleatoriamente, os mesmos não foram considerados outliers. Interpretando os mesmos gráficos pode-se concluir que a amostra está disposta de maneira aleatória sem apresentar um padrão definido, sendo concluído assim, que

o modelo é homocedástico.

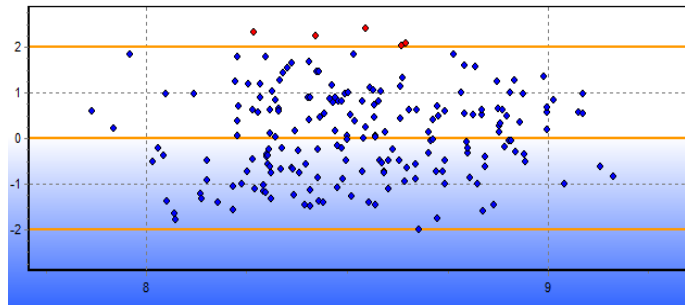


Figura 10 – Resíduos da variável Valor Unitário na RE
Fonte: SisPLANV 1.66

Observando as correlações com influência para o valor unitário, figura 11, nota-se que a variável com maior correlação no valor do imóvel é a área privativa com 55%, representada pelo número 6 no gráfico. Esse comportamento é esperado, pois com o aumento da área privativa pode-se ter uma maior quantidade de quartos, banheiros, suítes e sacadas no apartamento logo aumentasse o valor do imóvel. A segunda variável com maior correlação é o total de vagas de garagem, com 45%, representada pelo número 14 na figura 11, esse comportamento é esperado, pois com a presença de vaga de garagem na área de estudo o valor unitário aumenta consideravelmente na área de estudo.

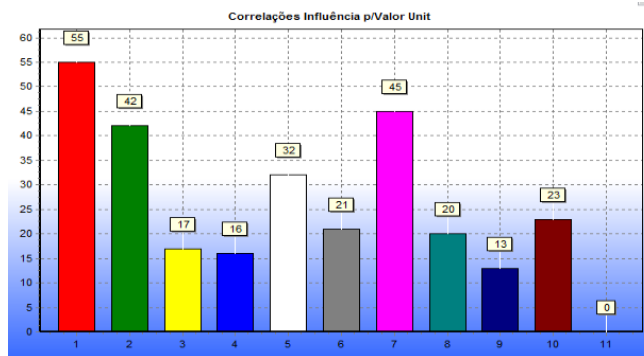


Figura 11 – Correlação com Influência para Valor Unitário RE - Variável x Correlação
Fonte: SisPLANV 1.66

Quanto a aderência pode-se observar na Figura 12 que os pontos se encontram bem distribuídos ao redor da reta, possuindo somente alguns pontos acima da reta que apresentam uma supervalorização.

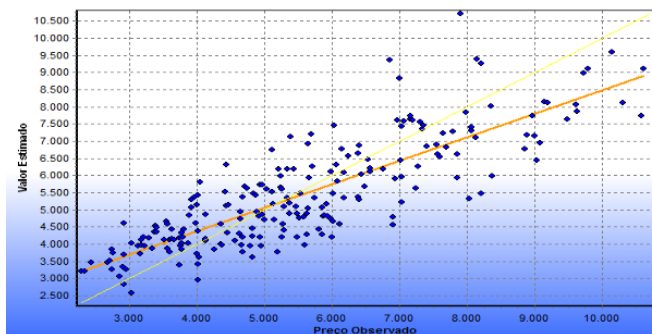


Figura 12 –Aderência RE

Fonte: SisPLANV 1.66

Na Tabela 8 estão os regressores encontrados assim como suas equações e devidas significância, sendo todas as significâncias encontradas menores de 10 %.

Tabela 8 – Regressores e Equações RE

| Regressores | Equação | T-Observado | Sig. |
|--------------------|-------------|-------------|------|
| Área Privativa | $x^{1/2}$ | -10,32 | 0,01 |
| N BWC | x | 6,76 | 0,01 |
| Padrão Normal | x | 2,23 | 2,56 |
| Padrão Alto | x | 1,92 | 5,44 |
| Idade | x | -5,78 | 0,01 |
| Andar | x | 2,96 | 0,30 |
| Total VG | x | 7,35 | 0,01 |
| Equipamentos | x | 1,74 | 8,05 |
| Transação e Oferta | x | -2,46 | 1,37 |
| Mês | $1/x^{1/2}$ | -2,81 | 0,48 |

Fonte: Acervo próprio

A função estimativa completa encontrada foi a seguinte(3):

$$\begin{aligned}
 \text{Valor Unit} = e^{(} \\
 +8,612310596 \\
 -0,08117863188 * \text{Área Privativa}^{1/2} \\
 +0,4714440762 * \text{N BWC}^{1/2} \\
 +0,1411554123 * \text{Padrão Normal} \\
 +0,1734786732 * \text{Padrão Alto} \\
 -0,007093281835 * \text{Idade} \\
 +0,01141997882 * \text{Andar} \\
 +0,1804542466 * \text{Total VG} \\
 +0,03052006847 * \text{Equipamentos} \\
 -0,1688663393 / \text{Transação e Oferta}^{1/2} \\
 -1,253843361 / \text{Mês})
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

5.5 Amostra Teste

Na Tabela 9, pode-se observar os resultados da amostra de controle, assim como as porcentagens de desvio dos valores estimados da regressão linear e espacial. Considerando o valor unitário observado como verdadeiro, os testes apresentaram bons resultados, com baixas porcentagens de desvio, tanto na regressão espacial quanto na linear.

O dado 238 apresentou um grande desvio do valor observado, principalmente na regressão espacial, isso porque o dado está localizado em uma área da região de estudo com alta valorização, perto do polo avenida Beira Mar e com uma renda de 16143, considerada alta se comparada com a região, porém seu valor observado apresenta valores abaixo dos preços de mercado no local, provavelmente devido a uma decisão de venda rápida do imóvel do proprietário.

Tabela 9 – Amostra teste

| CONTROLE | VU Observado | VU médio RL | VU médio RE | % Desvio RL | % Desvio RE |
|----------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| 229 | 2475,8 | 2816,5 | 3091,4 | 13,76 | 24,86 |
| 230 | 4694,8 | 6135,8 | 4784,4 | 30,69 | 1,91 |
| 231 | 3970,1 | 5094,2 | 4638,9 | 28,31 | 16,85 |
| 232 | 6024,7 | 5662,4 | 6586,2 | 6,01 | 9,32 |
| 233 | 8937,0 | 8244,5 | 8111,6 | 7,75 | 9,24 |
| 234 | 5396,8 | 4908,7 | 5501,7 | 9,04 | 1,94 |
| 235 | 9784,6 | 7408,9 | 8507,0 | 24,28 | 13,06 |
| 236 | 5344,8 | 5636,4 | 5992,7 | 5,45 | 12,12 |
| 237 | 10615,4 | 7408,9 | 8507,0 | 30,21 | 19,86 |
| 238 | 4968,0 | 6848,3 | 8247,4 | 37,85 | 66,01 |
| 239 | 4905,3 | 4432,8 | 4390,2 | 9,63 | 10,50 |
| 240 | 10000,0 | 8961,1 | 9188,7 | 10,39 | 8,11 |
| 241 | 6679,0 | 6571,9 | 7034,4 | 1,60 | 5,32 |
| 242 | 8969,3 | 7686,5 | 7886,0 | 14,30 | 12,08 |
| 243 | 4896,0 | 4745,2 | 4453,9 | 3,08 | 9,03 |
| | | | Desvio médio | 9,85 | 9,18 |

Fonte: Acervo próprio

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Uma das características que possui grande peso na valorização do imóvel é o seu entorno. Isto se demonstrou efetivo durante esse trabalho, foi utilizada a distância e/ou inserção do dado no polo valorizador escolhido, apresentando a maior importância o fator representado pela distância a beira mar, o que era esperado, considerando que a orla marítima tende a subir os preços dos imóveis, além da existência de imóveis diferenciados no mesmo na zona de estudo.

Outro fator interessante que se demonstrou eficaz foi a Renda do IBGE. Apresentou ótimos resultados provando que para a amostra em questão que os locais com as maiores rendas familiares tendem a apresentar os maiores valores de imóveis. Validando o pressuposto que imóveis mais caros tendem a chamar outros imóveis do mesmo porte e no mesmo tendem a morar pessoas com renda familiar equivalente.

O uso da geostatística também se apresentou bem útil para a demonstração visual das situações esperadas, no qual as maiores rendas tanto brutas quanto krigadas foram encontradas nas ruas escolhidas como zonas de valorização, intensificando a afirmação do pressuposto ao se utilizar a renda para sanar o fator de localização.

Na renda, que pode ser observada pela Figura 3, nota-se que as cores mais avermelhadas (representando as maiores rendas) estão na beira mar e na avenida Trompowsky, assim como nos seus entornos. O interessante dessa análise é que mesmo a avenida Trompowsky não apresentando orla marítima, possui valores altos de renda, isso devido aos prédios de alto padrão que se instalaram na mesma. Nos modelos a dicotômica representando a inserção na avenida foi retirada devido a micro numerosidade, já que a amostra possuía poucos dados na mesma, mas pode-se observar que no entorno da zona os imóveis também se apresentam bem valorizados, funcionando bem para a amostra a variável representada pela distância da mesma.

A representação da renda através de krigagem, observada na Figura 4, também apresentou resultados condizentes com a realidade, no qual os maiores valores representados pelas cores mais claras estão ligados as zonas de valorização, além do fato de exibir tons em degrade a medida que se afastada das zona valorização. Sendo a krigagem uma abordagem diferenciada principalmente por levar em conta a influência dos valores da vizinhança.

Assim, se pode refletir sobre a importância do entorno do imóvel para o seu valor venal. Primeiramente é de suma importância que o avaliador conheça ou faça um estudo sobre as características que valorizam o imóvel em que será realizado o estudo, para que não se tome como verdade pressupostos falsos, além do mais pode-se chegar em um modelo perfeito estatisticamente, porém que não represente a realidade do mercado instaurado na região.

Pensando na realidade da área de estudo que foram definidas as variáveis que caracterizaram a valorização dos imóveis e representavam seu entorno, sendo que as mesmas demonstraram grande importância nos resultados. Podendo-se concluir que a ignorar esses fatores pode levar a um erro de avaliação caso haja dependência espacial entre os dados.

A krigagem pode ajudar a definir algumas características de valorização, como também ajudar delimitação das zonas homogêneas. Nesse estudo a melhor forma encontrada foi através do uso da renda familiar que apontou com eficácia a escolha dos polos de valorização.

SIG é uma forte ferramenta na área de avaliações, pois abre caminho não somente para análises visuais, mas também como para tratamento de variáveis importantes, como a renda, e também facilita a criação de outras, a obtenção da distância dos dados até os polos.

Referências Bibliográficas

CESARE, Cláudia M. de(2012). **Avaliação de Imóveis para fins Fiscais: Discussão, Análise e Identificação de Solução para Problemas e Casos Práticos**. Ed. Lincoln Institute of Land Policy ,2012, Brasília, DF.

DRUCK, S. Carvalho, M. S.,Câmara, G.,Miguel, e Monteiro, Vieira(2004). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Ed. EMBRAPA,Brasília, DF.

GALLIMORE, P.; M. Fletcher;M. Carter (1996). **Modelling the Influence of Location on Value**. **Journal of Property Valuation & Investment**. Internation Association of Assening, IAAO.2007. Standards on Ratio Studies.

JESUS, Giselle Ventura de; Bastos, José Messias (2015). **As políticas de planejamento e a valorização da terra: caso de Florianópolis (SC)**. Revista PerCursos, Florianópolis, SC.

MCCLUSKEY, William J.;Deddis, Mr william G. (1999) . **The Application of Spatially Derived Location Factors Within a GIS Environmont**. University of Lincoln.

SILVA, Ana Maria Milles; Heberle, André Luiz; Hochheim, Norberto. **Determinação de Zonas Homogêneas, usando Sistema de Informações Geográficas: Estudo de caso em Florianópolis (SC)**. Universidade Federal de Santa Catarina-Florianópolis,SC.

SILVA, Everton Da(2006). **Cadastro Técnico Multifinalitário: Base Fundamental para Avaliação de Imóveis em Massa**. Dissertação de mestrado. Florianópolis,SC.

SILVA, Ricardo Gevaerd (2009). **Comparativo entre modelo de regressão linear múltipla e o de regressão espacial para avaliação de apartamentos no município de São José/SC**. Especialização em Engenharia de Avaliações e Perícias, IBABE/SC, Florianópolis, SC.

TRIVELLONI, Carlos Alberto Peruzzo (2005). **Método para Determinação do Valor da Localização com o Uso de Técnicas Inferenciais e Geoestatísticas na Avaliação em Massa de Imóveis**. Tese de Doutorado, UFSC Florianópolis, SC.

TRIVELLONI, Carlos Alberto Peruzzo. (2006). **Curso de Regressão Espacial Aplicada às Avalições**. Florianópolis,SC.